

VIVIENDA Y COMUNIDADES SUSTENTABLES



enero - junio 2026 Año. 10 Núm. 19

Universidad de Guadalajara
Laboratorio Nacional de Vivienda y Comunidades Sustentables

REVISTA CIENTÍFICA

VIVIENDA Y COMUNIDADES SUSTENTABLES

Enero-Junio 2026 Año 10 Núm. 19
ISSN: 2594-0198

DOI: <https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i19>



LABORATORIO NACIONAL DE VIVIENDA
Y COMUNIDADES SUSTENTABLES



Universidad de Guadalajara
Laboratorio Nacional de Vivienda y Comunidades Sustentables

Directorio

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Rectoría General Karla Alejandrina Planter Pérez
Vicerrectoría Ejecutiva Héctor Raúl Solís Gadea

CENTRO UNIVERSITARIO DE ARTE, ARQUITECTURA Y DISEÑO

Rectoría Isabel López Pérez
Secretaría Académica Alejandra Robles Delgado Romero
Secretaría Administrativa Everardo Partida Granados

EQUIPO EDITORIAL

Director responsable Fernando Córdova Canela
Editor en jefe Mariana Villada Canela
Coordinación editorial Celina Yunuén Castillo Moya
Asistente editorial Carolina Ávila Escobedo

COMITÉ EJECUTIVO

Gabriel Castañeda Nolasco (Universidad Autónoma de Chiapas-México), José Luis Sandoval Granados (Universidad Autónoma de Ciudad Juárez-México), Alberto Muciño Vélez (Universidad Nacional Autónoma de México), José Manuel Ochoa de la Torre (Universidad de Sonora-México), María Guadalupe Alpuche Cruz (Universidad de Sonora, México), Glenda Bethina Yanes Ordiales (Universidad de Sonora-México).

CONSEJO EDITORIAL

Domingo Acosta (Universidad Central de Venezuela, Venezuela), Tanuja Ariyananda (Lanka Rain Water Harvesting Forum, Sri Lanka), Carlos Mauricio Bedoya Montoya (Universidad Nacional de Colombia, Colombia), Guillermo Boils Morales (Universidad Nacional Autónoma de México, México), Luis Humberto Buitron Aguas (Universidad Central de Ecuador, Ecuador), Nájila Cabral (Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Ceará, Brasil), Adeildo Cabral da Silva (Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Ceará, Brasil), César Augusto Casiano Flores (Katholieke Universiteit Leuven, Bélgica), Helena Coch Roura (Universitat Politècnica de Catalunya, España), Jorge Daniel Czajkowski (Universidad Nacional de La Plata, Argentina), Evandro Fiorin (Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil), Jorge Alberto Galindo Díaz (Universidad Nacional de Colombia, Colombia), Yokasta Inmaculada García Frómata, Pontificia (Universidad Católica Madre y Maestra, República Dominicana), Elena García Nevado (Université de Pau et des Pays de l'Adour, Francia), Tomás García Salgado (Universidad Nacional Autónoma de México, México), José Guerra Ramírez (Universidad Católica del Norte, Chile), Luis Fernando Guerrero Baca (Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco, México), Agustín Hernández Aja (Universidad Politécnica de Madrid, España), Néstor Saúl López Iriás (Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua), Denis Leonardo Mayta Ponce (Universidad Católica San Pablo, Perú), Eloy Méndez Sainz (Universidad Autónoma de Puebla, México), Alicia Mimbacas (Universidad de la República, Uruguay), Carlos Freddy Miranda Zuleta (Universidad Católica del Norte, Chile), Tomas Antonio Moreira (Universidad de São Paulo, Brasil), Roberto Adrián Moreno García (Universidad Autónoma de Chile, Chile), Laura Munguía Sánchez (Universidad Técnica de Košice, Eslovaquia), Adolfo Narváez Tijerina (Universidad Autónoma de Nuevo León, México), Sergio Nasarre Asnar (Universidad Rovira i Virgili, España), Mara Regina Pagliuso Rodrigues (Instituto federal de São Paulo, Brasil), Nuria Pérez Gallardo (Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil), Ingrid Ethel Roche Lowczy (Universidad de la República, Uruguay), Ricardo Víctor Rodríguez Barbosa (Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Brasil), Isabel Rodríguez Chumillas (Universidad Autónoma de Madrid, España), Gilkauris María Rojas Cortorreal (Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, República Dominicana), Ariel Sergio Ruchansky Lemes (Universidad de la República, Uruguay), Marco Schmidt (Universidad Tecnológica de Berlín, Alemania), Mónica Marcela Suárez Pradilla (Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Colombia), Isabel Valdivia Fernández (Universidad De La Habana, Cuba), Humberto Varum (Universidad de Porto, Portugal), Martín Franz Wieser Rey (Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú).

Vivienda y Comunidades Sustentables, Año 10, Núm 19, enero-junio 2026 es una publicación digital, en forma semestral editada por la Universidad de Guadalajara a través del Laboratorio Nacional de Vivienda y Comunidades Sustentables (LNVCS) SECIHTI del Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño. Ubicada en Calzada Independencia Norte 5075, Edificio LNVCS, Col. Huentitán el Bajo, C.P. 44250, Guadalajara, Jalisco, México. Tel. (+52 33)1202-3000 Ext. 38589 revista.lnvcs@gmail.com Dirección web: <http://www.revistavivienda.cuaad.udg.mx>. Editora Responsable: Mariana Villada Canela. Reserva de Derecho al Uso Exclusivo: 04-2016-1115122500-203. ISSN: 2594-0198, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Fecha de publicación: 01 de enero de 2026.

Las opiniones y los comentarios expresados por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

ACERCA DE LA REVISTA

La Revista *Vivienda y Comunidades Sustentables*, es un espacio de difusión del conocimiento científico y tecnológico original en materia de vivienda y comunidades sustentables, que considera a este binomio como un objeto de estudio complejo, cuyos procesos inciden de manera importante en los procesos de la ciudad y el territorio, por lo tanto su estudio puede llevarse a cabo desde diferentes disciplinas y con distintos alcances, desde su estudio como área de conocimiento que requiere de la atención por parte del sector industrial, que requiere ser considerado como un derecho humano fundamental y como una oportunidad para coadyuvar la sustentabilidad en sus diferentes acepciones y escalas de intervención urbana y territorial. Esta revista busca generar un espacio de difusión del conocimiento, con un enfoque innovador, plural, experimental y multidisciplinar, y se encuentra vinculada con el Laboratorio Nacional de Vivienda y Comunidades Sustentables SECIHTI, al formar parte de su estrategia editorial.

Contenido

Editorial.

Hábitat sustentable y justicia espacial 7
Mariana Villada Canela

La autoconstrucción como disputa por la reapropiación social de la naturaleza 9
Ana Garay y Diego Ignacio Domínguez

Del concepto a la implementación: análisis de la hipoteca verde y su impacto (2009-2023) 31
Mónica Guadalupe González Yñigo, Alberto Javier Villar Calvo y Yadira Contreras Juárez

Condiciones residenciales de la población flotante en Mexicali, México 49
Carlos Gándara Woongg, Adriana Margarita Arias Vallejo y Alan García Haro

Evaluación de las propiedades físicas, geométricas y mecánicas del bloque hueco de concreto utilizado estructuralmente en la construcción de vivienda de interés social en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México 67
Alejandro Ruiz Sibaja, Eber Godínez Domínguez y Marco Antonio Solís

Patrones de uso que influyen en el consumo eléctrico por enfriamiento en edificios educativos. Caso de estudio Universidad de Sonora 89
Alma Virginia Yeomans Fimbres, María Guadalupe Alpuche Cruz y Ana Cecilia Borbon Almada

Transformación de residuos para la producción de artesanías: residuos de la industria tequilera en Jalisco	119
Ana Larisa Esparza Ponce	
La hibridación del proyecto arquitectónico como posibilidad para superar el debate entre lo digital y analógico	131
María Luisa García Yerena, José Alejandro Madrid Rea y Jesús Mauricio Jaramillo Villalobos	
<i>Acerca de los autores</i>	151

Editorial. Habitat sustentable y justicia espacial

MARIANA VILLADA CANELA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO. ORCID: 0000-0003-1282-3250

Correo electrónico: mvilladac@uabc.edu.mx

Pensar la vivienda y las comunidades sustentables en el siglo XXI exige reconocer que los retos del hábitat no son sólo técnicos o arquitectónicos, sino también sociales, políticos y culturales. La producción del espacio habitable (desde la escala doméstica hasta la territorial) se enfrenta hoy a la necesidad de conciliar derechos, recursos, tecnologías e imaginarios en contextos de desigualdad y cambio climático. Este número de *Vivienda y Comunidades Sustentables* reúne siete artículos que, desde distintos enfoques y escalas, exploran esas tensiones y transiciones hacia formas más equitativas, sostenibles e innovadoras de habitar.

El número abre con “La autoconstrucción como disputa por la reapropiación social de la naturaleza”, un texto que replantea la autoconstrucción más allá de su carácter funcional o económico. A partir de un enfoque crítico y de ecología política, se examina cómo los procesos de autoproducción del hábitat constituyen actos de resistencia frente a la mercantilización de la vivienda y la naturaleza. La autoconstrucción emerge así como una práctica política de reapropiación del territorio y de reconstrucción de vínculos comunitarios, que reinterpreta la sustentabilidad no como un conjunto de indicadores técnicos, sino como un proceso social de emancipación y justicia espacial.

En contraste (y en diálogo), en el artículo “Del concepto a la implementación: análisis de la Hipoteca Verde y su impacto (2009-2023)” se examina una de las principales políticas institucionales de sustentabilidad habitacional en México. A través de un análisis histórico y documental, se revela cómo la “sustentabilidad” fue traducida a criterios energéticos y financieros, dejando en segundo plano dimensiones sociales o culturales del habitar. Este artículo induce a reflexionar sobre las limitaciones y potencialidades de las políticas públicas que, aunque orientadas a mejorar la eficiencia ambiental, corren el riesgo de reproducir visiones tecnocráticas o descontextualizadas. Junto con el texto anterior, plantea una pregunta de fondo: ¿cómo equilibrar la acción colectiva desde abajo y la intervención estatal desde arriba para construir un hábitat verdaderamente sustentable?

El tercer artículo, “Condiciones residenciales de la población flotante en Mexicali, México”, lleva la discusión a la escala urbana y fronteriza. A partir de un análisis empírico sobre vivienda temporal y movilidad laboral, se muestran las precarias condiciones habitacionales de grupos migrantes y trabajadores transfronterizos. La investigación visibiliza una realidad poco abordada: la del “habitar transitorio”, donde el acceso a vivienda digna se ve obstaculizado por la informalidad, la desigualdad y la falta de planeación

urbana. Este estudio aporta una perspectiva indispensable para comprender las nuevas formas de exclusión residencial en las ciudades del norte de México, donde la frontera no sólo delimita territorios, sino también derechos.

Los dos artículos siguientes se centran en los materiales y el desempeño físico de las edificaciones, aportando una mirada técnica esencial para vincular sustentabilidad y calidad constructiva. “Evaluación de las propiedades físicas, geométricas y mecánicas del bloque hueco de concreto utilizado estructuralmente en la construcción de vivienda de interés social en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas” ofrece un estudio detallado sobre la calidad y resistencia de materiales empleados en proyectos de vivienda masiva. Los resultados evidencian la necesidad de revisar estándares de producción y normativas locales para garantizar edificaciones seguras, asequibles y duraderas. Este trabajo recuerda que la sustentabilidad también pasa por la solidez de lo construido y por la calidad del entorno físico donde se desarrolla la vida cotidiana.

De manera complementaria, “Patrones de uso que influyen en el consumo eléctrico por enfriamiento en edificios educativos. Caso de estudio Universidad de Sonora.” aborda el problema energético y térmico de los espacios educativos. A partir de simulaciones y mediciones en campo, se demuestra que la implementación de estrategias pasivas y mejoras constructivas puede reducir significativamente la demanda eléctrica, contribuyendo tanto al confort térmico como a la eficiencia energética. Aunque centrado en escuelas, el estudio ofrece aprendizajes extrapolables al diseño y rehabilitación de vivienda social en regiones áridas, donde el calor extremo y los costos energéticos son problemas cada vez más agudos.

En el sexto texto, “Transformación de residuos para la producción de artesanías: residuos de la

industria tequilera en Jalisco”, la sustentabilidad adopta una dimensión socioeconómica y cultural. A través del aprovechamiento de subproductos del agave, se proponen alternativas productivas que vinculan economía circular, identidad local y empleo comunitario. Más que una estrategia de reciclaje, el trabajo muestra cómo los residuos pueden convertirse en recurso creativo y vehículo de cohesión social. Este artículo abre la reflexión sobre la posibilidad de una sustentabilidad con rostro humano, enraizada en las capacidades locales y en los saberes tradicionales.

Finalmente, “La hibridación del proyecto arquitectónico como posibilidad para superar el debate entre lo digital y lo analógico” cierra el número con una mirada prospectiva. En el texto se plantea que la arquitectura contemporánea se encuentra en un punto de convergencia entre tecnologías digitales y procesos creativos tradicionales, donde la hibridación metodológica puede abrir nuevas formas de diseñar, representar y materializar el espacio habitable. Esta reflexión ofrece un cierre estimulante: pensar la innovación no como ruptura, sino como diálogo entre lo técnico y lo artesanal, entre el cálculo y la intuición.

En conjunto, los artículos reunidos en esta edición trazan un recorrido que va del territorio a la innovación, revelando la complejidad multidimensional del hábitat sustentable. Desde las prácticas comunitarias hasta las políticas institucionales, desde la materia constructiva hasta las interfaces digitales, cada investigación aporta una pieza al entramado de la sustentabilidad. Leídas en secuencia, estas contribuciones muestran que los avances hacia comunidades más equitativas y sostenibles no dependen sólo de la eficiencia energética o de los indicadores técnicos, sino además de la capacidad de tejer vínculos entre lo social, lo ambiental, lo cultural y lo tecnológico.

La autoconstrucción como disputa por la reapropiación social de la naturaleza

Self-building as a dispute for the social reappropriation of nature

DOI: <https://10.32870/rvcs.v0i19.325>

ANA GARAY*

Instituto Gino Germani, Conicet, Argentina. ORCID: 0000-0003-4517-5093

Correo electrónico: anagaray289@gmail.com

DIEGO IGNACIO DOMÍNGUEZ

Instituto Gino Germani, Conicet, Argentina. ORCID: 0000-0002-9434-4677

Correo electrónico: didominguez1@yahoo.com

Recepción: 25 de marzo de 2025 Aceptación: 10 de julio de 2025

RESUMEN

La autoconstrucción ha sido históricamente cuestionada por los patrones hegemónicos de construcción. Sin embargo, es un elemento central en la producción social del espacio propio de las poblaciones locales que sostienen un vínculo directo con los ecosistemas. Inclusive, ante los procesos actuales de modernización y desarrollo que no las incluyen, estas poblaciones reivindican la autoconstrucción como parte de sus modos de vida y defensa de sus territorios. En este contexto nos proponemos analizar las prácticas de autoconstrucción en las islas y humedales del Delta del Río Paraná y en el monte semiárido de Santiago del Estero, en escenarios de disputa por la reapropiación social de la naturaleza. Para ello, desde un abordaje entre la ecología política y la geografía crítica, se utilizará una metodología cualitativa a partir de las siguientes técnicas: análisis de documentos, registro de acciones colectivas, entrevistas a pobladores/as y observación en ambas zonas. Se hará hincapié en: normativas,

ABSTRACT

Self-building has historically been questioned by hegemonic construction patterns. However, it is a central element in the social production of space for local populations that keep a direct connection with the ecosystems. Even in the face of current modernization and development processes that do not include them, these populations claim self-construction as part of their way of life and as a way of defending their territories. In this context, we propose to analyze the practices of self-construction in the islands and wetlands of Delta of Paraná River and in the semi-arid forest of Santiago del Estero, in a scenario of disputes for the social reappropriation of nature. For this purpose, from an approach based on political ecology and critical geography, a qualitative methodology will be used through the following techniques: document analysis, documenting collective initiatives, interviews with local residents and observation in both areas. The focus will be placed on: regulations, public discourses,

*. El orden de los autores es meramente alfabético y no debe tomarse para indicar alguna jerarquía o cantidad relativa de pensamiento o escritura



discursos públicos, procesos constructivos y materiales, participantes de la construcción y sus relaciones, organización y gestión de la obra e identificación con este tipo de construcción. Finalmente, en el artículo se muestra cómo tales prácticas están asociadas con la recreación de diferentes niveles de autonomía y sustentabilidad.

Palabras clave: producción social del espacio, disputa por el hábitat, autoconstrucción, rancho.

INTRODUCCIÓN

Asistimos al creciente interés académico y político por los procesos de producción social del espacio, sobre todo a la luz de la emergente cuestión ambiental, y la importancia que alcanzaron los conflictos por el control y uso de los bienes naturales. Dan cuenta de ello, la recuperación por parte de las ciencias sociales del “espacio” como dimensión de análisis, o el uso extendido del concepto de “territorio” más allá de las fronteras epistémicas de la geografía, así como la importancia adquirida por los movimientos socioterritoriales, entre otros indicadores. En este marco, nos interesa poner el foco en la gestión y producción del hábitat por parte de las comunidades locales, con énfasis en las prácticas de autoconstrucción.

Ésta es una práctica que ha sido históricamente cuestionada, poco reconocida y generalmente descalificada por los patrones hegemónicos de construcción (Di Virgilio y Rodríguez, 2013), basados en los principios urbanos, antropocéntricos y coloniales de la modernidad occidental (Vanoli, 2022). Se trata de la heteronomización de la producción del espacio, sostenida por la dependencia del mercado (materiales, insumos, etc.), los saberes expertos, las reglamentaciones estatales, etc. Lo que se pone en crisis es la posibilidad de los individuos y comunidades de ser autónomos en la producción de su espacialidad. El Estado, el mercado y el conocimiento científico han desempeñado un rol determinante en la subalternización de estas prácticas, en la producción monocultural del hábitat en general y de la construcción de viviendas en particular.

construction processes and materials, the participants of the constructions and their relationships, the organization and management of the project, and the identification with this type of construction. Finally, the article shows how such practices are associated with the recreation of different levels of autonomy and sustainability.

Keywords: social production of space, dispute over habitat, self-building, rancho.

Sin embargo, existen poblaciones locales que siguen reivindicando sus formas de producción del hábitat, con el fin de generar procesos de autonomía y de defensa de sus territorios y modos de vida, ante los procesos de modernización y desarrollo que no las incluyen. En efecto, la autoconstrucción ha sido vinculada con la soberanía popular y la desmercantilización del suelo urbano y rural, y con las consecuentes tensiones que trae a los procesos de territorialización capitalista (Di Virgilio y Rodríguez, 2013).

Particularmente en este trabajo entenderemos la autoconstrucción como una práctica social, que se aleja de la materialidad seriada e industrializada propuesta por las corrientes modernas de la arquitectura, y que en cambio utiliza tecnología popularmente conocida y al alcance de las poblaciones debido a su presencia en la naturaleza (Sauquet Llonch, 2013). Su análisis nos ha llevado a recorrer y profundizar las dimensiones de “sustentabilidad” y “autonomía” presentes en esta práctica popular. Esto permite poner el foco en la persistencia de la autoconstrucción como disputa de sentido y ruptura con la estigmatización sufrida históricamente, pudiendo ser comprendida como parte del actual proceso de reapropiación social de la naturaleza.

En este contexto nos proponemos analizar dos tipologías de rancho, a partir de las condiciones sociales y ambientales en las que se desenvuelven. En efecto, pretendemos caracterizar el rancho como parte de un tipo de producción social del espacio (hábitat) que expresa la autoconstrucción adaptada a los ecosistemas de islas del Delta Paraná y del monte santiagueño.

A su vez, abordaremos los dispositivos que operan en la desarticulación de estas prácticas, en dos escenarios neo-extractivistas (agronegocio y desarrollo inmobiliario). Se trata de escenarios de intensa presión sobre las prácticas de autonomía, incluidas aquellas ligadas a la construcción de viviendas como parte del propio hábitat, y donde la apelación a la sustentabilidad se vuelve un punto crítico entre la modernización ecológica como transición heterónoma, y la rehabilitación estratégica de las comunidades que luchan por su reconocimiento.

En este contexto, como hipótesis proponemos analizar la recreación de las prácticas de autoconstrucción como parte de las resistencias territoriales de las comunidades locales, a partir de las condiciones de autonomía y sustentabilidad en las que se desenvuelven.

Desde un abordaje entre la ecología política y la geografía crítica se utilizará una metodología cualitativa a partir de las siguientes técnicas: análisis de documentos, registro de acciones colectivas, entrevistas a pobladores/as y observación en ambas zonas. Se hará hincapié en: normativas, discursos públicos, procesos constructivos y materiales, participantes de la construcción y sus relaciones, organización y gestión de la obra e identificación con este tipo de construcción.

MARCO TEÓRICO: BREVE PROBLEMATIZACIÓN DE LA AUTOCONSTRUCCIÓN

El análisis de las prácticas de autoconstrucción de viviendas requiere hacer una breve referencia a la cuestión más amplia del hábitat. La definición de hábitat ha estado marcada por debates y abordajes diferentes, oscilando entre miradas que van de la objetualización, a lo sistémico (Gutiérrez Flórez, 2009). Aplicada a la vida moderna y a las ciudades latinoamericanas en particular, este concepto se acabó solapando con el de vivienda. El punto es que, si bien están emparentados, se trata de dos conceptos diferentes, y su indistinción, así como su abordaje en clave exclusiva-

mente urbana, ha traído consecuencias para la comprensión de la autoconstrucción.

En este sentido, Echeverría Ramírez (2009) advierte que esto tiene efectos de teoría sobre las políticas públicas de hábitat y vivienda (ejemplo de los programas de vivienda de interés social) y reduce *ad-infinitum* las condiciones físico-espaciales con las que se piensa la habitabilidad humana digna. El hábitat incluye la vivienda, pero no se reduce a ella. La vivienda por su parte debe proveer condiciones básicas para el resguardo del cuerpo, pero es mucho más, en tanto lugar que es resignificado y reconstruido permanentemente mediante el acto creativo. Como resultado, el hábitat pierde atributos y condiciones, quedando acotado al espacio de la vivienda y los servicios urbanos que le dan viabilidad. En ese contexto, la noción de autoconstrucción queda desvinculada del ecosistema donde se inscribe como práctica social, en términos de saberes locales, accesibilidad a recursos y apropiación de la naturaleza, entendiéndose sólo como el uso de las “propias manos” para la edificación de viviendas. En efecto, un “hábitat” arrinconado, escindido de su potencial para brindar condiciones materiales y simbólicas necesarias, hace que la autoconstrucción de viviendas quede fracturada de su entorno y que el sujeto constructor, despojado de esas condiciones de producción con las cuales interactúa y forma una trama de vida, quede reducido a su fuerza vital de trabajo, su mano de obra. En este sentido, entendemos que el vaciamiento o reducción del concepto de autoconstrucción se ha dado en un contexto histórico de alienación del trabajo, y de mercantilización y artefactualización industrial de la naturaleza (Castoriadis, 2006; Almazán, 2017).

Detrás de este régimen tecnológico y económico de hábitat, en su carácter epistémico y representacional de verdad (Giraldo, 2015), lo que opera es la “producción de ausencias”, propia de la razón metonímica (Santos, 2000). Es decir, estas definiciones han quedado predominantemente circunscritas al paradigma de la modernización, aplicando una reducción monocultural en las miradas urbanísticas, negando o impugnando

otras formas de producir habitabilidad humana. Es el caso del hábitat campesino, cuya vigencia es invisibilizada por parte del campo de la arquitectura y la intervención de las políticas públicas (Vanoli, 2022).

Ahora bien, el hábitat, en clave de sistemas complejos puede entenderse como el espacio que asienta a una comunidad, interponiendo condiciones físicas y ecológicas al hecho de habitar, que por su parte lo irá simbolizando y transformando con sus prácticas culturales y reproductivas. Los humanos han grafiado siempre su hábitat, tratando de darle un sentido al acto y forma de habitar el mundo (Porto Gonçalves, 2002; Leff, 1998).

Recurriendo a una imagen metafórica, el hábitat propio de la experiencia humana es el resultado del intento de domesticación (humanización) del tiempo y del espacio (Leroi-Gourhan, 1971). El hábitat sobre el cual se realiza la producción social del espacio (en su materialidad e inmaterialidad), incluyendo la construcción de la vivienda, se caracteriza en tanto proceso dinámico cargado de historicidad, y una interface socioambiental, atravesada por relaciones de poder (Yujnovsky, 1984).

Históricamente, las comunidades han tratado de gestar y gestionar su hábitat a través de un saber-hacer, un conocimiento técnico particular que va pasando de generación en generación para garantizar las condiciones de habitabilidad, en un ambiente específico con el cual se interactúa. El mismo es “fruto de un largo aprendizaje y de una larga experiencia, y que no separa el esfuerzo físico de la inteligencia, la capacidad de ejecución del poder de creación” (Lequin, [1992]1997, citado en Ferro, 2021: 7), y resulta de: “las intervenciones de los pobladores, el Estado y el mercado, las cuales responden a pautas culturales y sociales que tienen diferentes lógicas” (Garay, 2019: 6). Es por esto que su distribución y características particulares son resultado de los procesos sociales representativos de esa sociedad en un momento dado, es decir, a cada hábito nuevo corresponde un hábitat diferente (Bolsi, 1995).

Siguiendo a Leff (2004), “la racionalidad económica y la urbanización de la civilización mo-

derna” produce, por un lado, una ruptura (entrópica) en las formas sustentables de habitabilidad del mundo, desarticulando el hábitat como “soporte físico y trama ecológica” donde se inscribe y con el cual coevoluciona una población humana a partir de su cultura, capacidad productiva, valores estéticos y afectividades, y por otro, la homogenización del espacio supeditado a una matriz tecnológica universal y a la valorización del capital. Este proceso trajo aparejado un modelo de producción del espacio centrado en las ciudades modernas, hipostasiadas como hábitat de lo propiamente humano.

En estas condiciones de heteronomización y complejas mediaciones en el vínculo con el hábitat, se vio afectado el acceso a la vivienda por la vía de la autoconstrucción. Con el despliegue de las relaciones capitalistas en las diferentes esferas de la vida, la vivienda se tornó un valor de cambio, y en este contexto la autoconstrucción comenzó a ser cuestionada (Wiesenfeld, 2001: 89). Reducida a su carácter de mercancía, la vivienda se torna objeto de apropiación privada bajo las leyes del mercado, o como un servicio del Estado, supeditando las necesidades de los ciudadanos. Sin embargo, consideramos que la vivienda siguió siendo “un elemento clave en la calidad de vida de las familias en tanto que incide directamente en la calidad de modo de vida de sus habitantes” (Lemus Yáñez, 2012: 2). El abordaje de la vivienda implica por un lado, la resolución de los satisfactores habitacionales tangibles, los cuales proveen albergue y son escenario para la vida doméstica (la casa, las construcciones exteriores —refugios, corrales, huertas, chacras, jardines, frutales—), y la conexión a las redes o servicios (pozos, agua, luz, gas); y por otro, los satisfactores habitacionales intangibles, los cuales resuelven las tramas de relación social dentro del sistema, la escala de distancias físicas y sociales y el repertorio de valores simbólicos que definen el estilo de vida y su identidad (Pelli, 2007).

A medida que la vivienda fue quedando sujeta a la lógica del mercado y de la urbanización, en el marco de la producción capitalista del espacio social, su acceso se hizo más restrictivo. La casa

dejó de estar ligada a la racionalidad requerida por el uso familiar o comunitario y, al contrario, pasó a ubicar a la población al servicio de la casa con sus materiales industriales, los saberes expertos y sus regulaciones estatales, exigiendo una vida entera de trabajo asalariado para obtenerla, en el mejor de los casos. De este modo, la desarticulación de la gestión social y comunitaria de la vivienda, que se forjó al calor de su mercantilización, supuso la uniformización y masificación de las formas de construir viviendas, sobre todo en áreas urbanas. En efecto, para el caso de la formación de las ciudades latinoamericanas, se ha registrado largamente la desorganización de las prácticas tradicionales de autoconstrucción, debido a los procesos de urbanización modernos (Abramo, Rodríguez Mancilla y Espinosa, 2016).

Sin embargo, pese a la intensa desarticulación sufrida, la autoconstrucción espontánea o dirigida, antes que desvanecerse se mantuvo arraigada en los sectores subalternos urbanos, en las comunidades rurales e incluso fue recuperada en las décadas de 1960 y 1970 desde ámbitos académicos y políticas públicas para vivienda social, con especial énfasis en diferentes países de América Latina (Argentina, Brasil, Colombia, Venezuela, Perú, entre otros) (Turner, 2018; Diéguez, 2005; Driant y Riofrío, 1987).

Sin embargo, la reivindicación de la autoconstrucción en Latinoamérica² se ha dado en un contexto de “urbanización acelerada” bajo los procesos de éxodo rural-urbano producto de la industrialización sustitutiva y las economías agroexportadoras (Martínez, 2011). En este escenario, más que una valoración de las formas autoconstructivas locales y las tecnologías tradicionales o populares, predominaron los intentos de ordenar las formas paralelas de “hacer ciudad”, resultado de las ocupaciones y asentamientos “ilegales”, donde las poblaciones rurales migrantes reproducen sus múltiples experiencias

constructivas. La autoconstrucción ha pervivido en ciertas iniciativas e intervenciones estatales o privadas en áreas urbanas, aunque en tensión con la estandarización de prácticas y materiales. Mientras que en las áreas rurales se han visto afectadas por escenarios de arrinconamiento ecosistémico y de mercado, o por el despojo directo en los territorios, dada la intensa presión que generan los diferentes frentes de desarrollo extractivistas (Garay, 2018).

La autoconstrucción ha sido definida como proceso heterogéneo, dinámico, complejo y controversial. Según Wiesenfeld: “su heterogeneidad radica en que se puede llevar a cabo de diversas maneras: individual o colectiva, legal o ilegal, espontánea o dirigida, independiente por parte de los pobladores u organizada por agentes externos tales como partidos políticos, organismos públicos o privados nacional o internacionales” (2001: 87).

Es dinámico porque ha ido variando a lo largo del tiempo y los contextos, su manera de ser concebido e implementado. A la vez, la autoconstrucción puede estar vinculada al trabajo con diversos materiales, ya sean disponibles en el mercado o en la naturaleza, pero involucra la posibilidad de hacerlo con las propias manos. Desde los estudios latinoamericanos sobre la arquitectura vernácula, se señala que la autoconstrucción es una modalidad capaz de hacer uso de recursos “endémicos”, a partir de conocimientos tradicionales transmitidos oralmente, combinando técnicas propias y extra locales para las “resoluciones espaciales”.

Siguiendo a Wiesenfeld (2001), se establecen dos niveles fundamentales para referirse a la autoconstrucción: a) como práctica social: se refiere al proceso mediante el cual individuos o grupos se involucran en actividades orientadas a la satisfacción de una necesidad básica como es la vivienda, como indica Ward (1982) es “un proceso en el que las personas tienen responsabilidad en la planificación, organización e implementación de tareas particulares tendentes a la provisión y mantenimiento de la vivienda y la infraestructura residencial” (citado en Wiesenfeld, 2001: 87); b)

2. Según Venettia Romagnoli (2012), en diálogo con Edgardo Martínez (2011), en Latinoamérica se transpoló fuera de contexto, un modelo de “hacer ciudad” importado de la Europa de posguerra, donde la reconstrucción de las ciudades arrasadas tras los bombardeos se basó en la construcción de viviendas estandarizadas, en asentamientos periféricos al centro de la ciudad.

como parte de la política gubernamental: pone el énfasis en el análisis e implementación de programas de vivienda promovidos por el Estado, que involucran a los beneficiarios.

Consideramos, no obstante, que la recuperación del concepto de autoconstrucción ligado a la vivienda da cuenta de su actual vigencia histórica. Por un lado, traccionada por la persistencia con la cual las comunidades defienden sus prácticas cotidianas y su derecho al hábitat. Por otro, puesto que el polisémico debate conceptual en el que se inscribe expresa una disputa por la apropiación de la naturaleza, como se refleja en la agenda académica y en las políticas públicas (nacionales y globales), en el contexto de lo que Harvey denomina “crisis urbana” o “crisis de la vida en las ciudades” (Aruguete, 2011).

METODOLOGÍA DEL TRABAJO: TIPOS DE RANCHO

Para alcanzar los objetivos de nuestro análisis hemos seleccionado dos tipologías de rancho, en dos ambientes diferentes: el monte semiárido (en provincia de Santiago del Estero) y los humedales del Delta del Río Paraná (en provincia de Buenos Aires) (figura 1). Definimos el rancho³ como sistema autoconstruido y eco-integrado, que supone formas situadas de saber-hacer, prácticas y conocimientos de los que disponen las comunidades locales de productores directos de hábitat. Entre las prácticas constructivas que destacamos se encuentran la edificación con tierra y la palafítica. En efecto, nuestra selección entonces hace

foco en prácticas que forman parte de sistemas de autoconstrucción adaptados a escenarios socioambientales específicos.

Nuestro abordaje, desde la lógica cualitativa, se ha guiado a partir de tres ejes. Por un lado, la dimensión de la *sustentabilidad* del hábitat ligada a los conocimientos y prácticas de autoconstrucción “con recursos del lugar” (Mandrini, Cejas y Bazán, 2018). En el caso del monte, a través del uso de tierra y madera como horcones, y en el caso de las islas, con el uso de palos de madera para elevarse del terreno. Por otro lado, es de interés abordar las diferentes políticas y dinámicas de mercado que tienden a plantear medidas para modernizar (regular/desarticular) la vivienda autoconstruida. Finalmente, analizamos las acciones que sostienen las comunidades para recrear sus propios sistemas constructivos y por ende afirmar grados de *autonomía*.

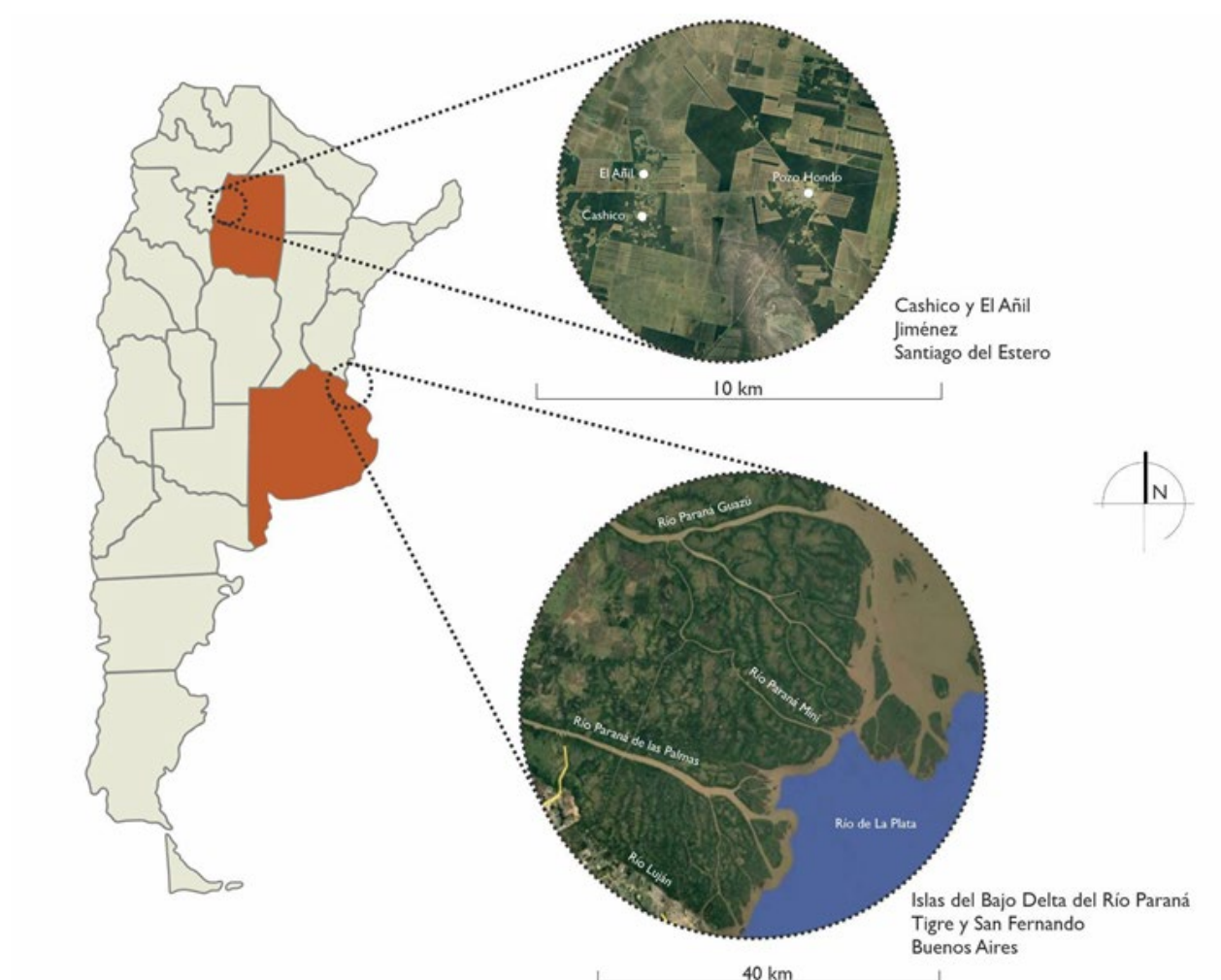
Para el registro de las prácticas de autoconstrucción realizamos observación participante y entrevistas semiestructuradas (individuales y colectivas) a pobladores entre los años 2023 y 2024. Las mismas se basaron en las siguientes preguntas: ¿qué materiales usan, dónde se consiguen y quiénes los recolectan? ¿Cómo es el proceso constructivo? ¿Quiénes participan en la construcción, qué relaciones tienen y cómo se distribuyen las tareas? ¿De dónde lo aprendieron? ¿Quiénes siguen construyendo de este modo? ¿Cuál es la valoración que tienen sobre el rancho? En el monte santiagueño se entrevistaron a integrantes de las comunidades de Cashico y El Añil (departamento Jiménez, Santiago del Estero), las cuales están compuestas por familias campesinas que permanecen en un hábitat disperso con bosque nativo altamente fragmentado por la actividad agrícola intensiva. La mayoría de ellas se dedican a la cría de animales de granja (gallinas, cabritos, chanchos), a la huerta, a la fabricación y venta de carbón, al aprovechamiento de la algarroba, fabricación de harina y venta de productos artesanales, entre otras cosas. En los humedales del Delta del Río Paraná se entrevistaron a integrantes de familias isleñas del frente de avance (islas de Tigre y San Fernando, Buenos Aires), en el

3. El rancho ha sido señalado como representación de la arquitectura vernácula y/o tradicional en sus diferentes materialidades, siendo siempre la expresión de los pueblos (Sastre, 1943[1939]; Di Lullo y Garay, 1969). Es un modo genérico de nominar un amplio conjunto de sistemas constructivos propios de diferentes espacios socioambientales. “El rancho es pura racionalidad, pues es el albergue del hombre para el hombre y no la funcionalidad artificiosa del hombre al servicio de la casa y de los materiales industriales que se imponen agresivamente” (Di Lullo y Garay, 1969: 47-49). Desde la mirada de la arquitectura popular, el rancho constituye un ejemplo de patrimonio material (modesto) e inmaterial (Mandrini, Cejas y Bazán, 2018), capaz de atestiguar la historia de una comunidad (Vanoli, 2022).

límite con el Río de La Plata. Estas familias se dedican a las actividades de pesca, recolección de junco, frutihorticultura y cría de animales de granja (gallina, chivo, chanco). En ambos casos la economía familiar se combina con actividades asalariadas y “changas”.

A su vez, realizamos análisis de documentos (leyes y programas, noticias, informes, comunicados de organizaciones sociales) y análisis bibliográfico sobre la temática.

Figura 1
Área de estudio en el monte santiagueño y en los humedales del Delta Paraná



Fuente: elaboración propia con imágenes de Google Earth.

AUTOCONSTRUCCIÓN EN DOS ESCENARIOS SOCIOAMBIENTALES

En este apartado analizaremos dos tipologías de rancho a partir de las condiciones sociales y ambientales en las que se desenvuelven. En esta

clave pretendemos comprender en qué medida la autoconstrucción significa un tipo de producción social del espacio (hábitat) adaptada a los ambientes (monte semiárido chaqueño y humedales del delta paranaense).

Figura 2

Rancho del monte santiagueño

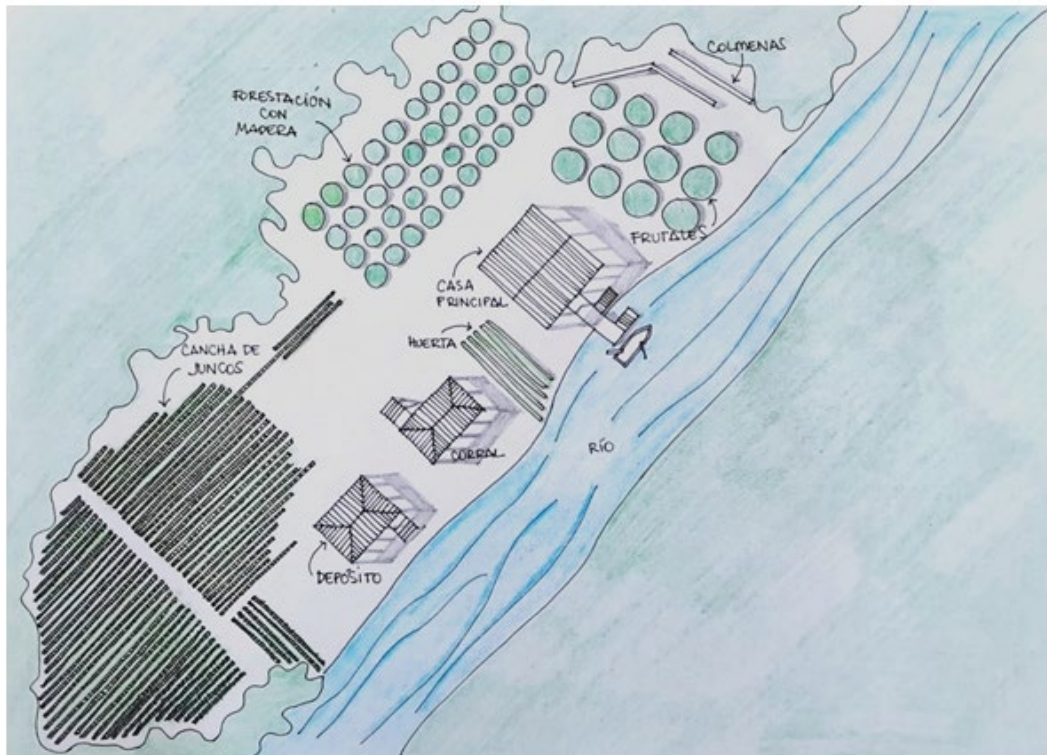


Planta sin escala

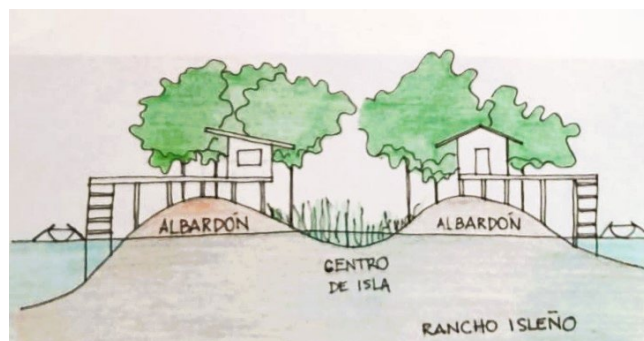


Corte sin escala

Rancho de las islas del Delta



Planta sin escala



Corte sin escala

Fuente: elaboración propia.

EL RANCHO EN EL MONTE SANTIAGUEÑO

El “rancho de tierra” ha sido caracterizado como la expresión más simple de la vivienda popular de Santiago del Estero (Di Lullo y Garay, 1969). El mismo es característico en Latinoamérica, particularmente por adaptarse climáticamente al medio, dado que posee alta inercia térmica, porque son económicos, sustentables y tienen reducido impacto ambiental en el proceso constructivo (Tomasi y Bellmann, 2018).

Generalmente la vivienda se compone de varias construcciones que son características de los modos de habitar de estas poblaciones y, a la vez, éstas se vinculan a elementos de la naturaleza que generan diversas espacialidades. En la construcción principal se encuentran las habitaciones, el comedor y una galería, donde se puede observar en algunos casos la cocina. El baño, que históricamente fue una construcción exterior que contenía la letrina y el espacio para higienizarse, en los últimos años ha sido incorporado a la construcción principal, aplicando nuevas tecnologías que le permiten un mejor saneamiento. Con esto nos referimos a que las aguas negras son llevadas a través de caños por un sistema de cloacas a pozo ciego. Otras construcciones que aún permanecen en el exterior son: el horno, los depósitos y corrales. El patio continúa siendo la extensión de la casa, el cual se desarrolla alrededor de un árbol y continúa a la galería. Siempre y cuando haya un vínculo entre la vivienda y la parcela productiva (corrales y plantaciones), esta última también se encuentra en relación estrecha con todas las construcciones antes mencionadas. Esta vivienda crece según la necesidad de la familia, adosando nuevas construcciones que se levantan, en su mayoría, con materiales del monte. Tal como afirma un entrevistado: “Utilizamos las ramas de los árboles para cerrar los corrales [...] generalmente árbol negro, porque hay mucho aquí” (entrevista a R., de Cashico, marzo de 2024).

El sistema estructural del rancho santiagueño es puntual. Históricamente, ha sido sostenido principalmente por horcones de madera de quebracho colorado y la cubierta se compone por un techo de tirantes y soleras de quebracho blanco, con ramas de jarilla que cubren con torta de ba-

rro o tierra apisonada. Entre las mejoras, Di Lullo y Garay (1969) observan que se realizaba una elaboración a base de tierra vegetal, estiércol o paja desmenuzada, o restos de lana o crin con la finalidad de que la misma sea más compacta y firme; a su vez, en algunos casos se agrega leche o jugo de la penca, o grasa para hacerla impermeable. Este techo tiene aleros que permiten proteger del agua de lluvia a las paredes de barro. El cielorraso se hace de cañizo con ataduras de tiento, guasca y guasquillas.

Esta casa tiene 150 años, tiene madera de quebracho que son los puntales, son todo quebracho colorado, no otra madera. Y ahí están las soleras, que le dicen, que son las más gruesas, ésas son de quebracho blanco porque es más resistente, no se quiebran fácil. Por ejemplo, ésa es la diferencia que tiene el quebracho blanco y el quebracho colorado. El quebracho, el colorado, vos lo ponés así en horizontal y le pones una carga, se quiebra. Es como el cemento sin hierro. En cambio el quebracho blanco es diferente. Otra madera, otra fibra. Y de ahí, de ahí vienen las varas, que son las que van, así [...] Que son, digamos, el último ya [...] Ésas son de algarrobo negro, las varas y alguna que ha agarrado el quebracho blanco también. Eso es, eso se puede variar ahí [...] Y ahí arriba tiene hojas de palma y ahí tienen, aibe. Y aibe [...] y de ahí recién va la tierra [...] bueno, éste tiene chapa, pero los de antes [...] La gente antes [...] Mi abuelo, por ejemplo, no ponía chapa ni nylon, le ponía simplemente tierra y no caía una gota (entrevista a B., de Cashico, marzo de 2024).

Estas viviendas generalmente tienen techos bajos condicionados por el largo de los horcones disponibles y las aberturas en la pared son de pequeñas dimensiones, para lo cual se le hacen jambas, dinteles y umbrales de madera.

Las paredes, que no cumplen una función portante sino sólo de cerramiento, se construyen con ladrillos de tierra cruda (adobe) o con quinchá, y se registran anchos entre 40 y 60 cm. Se conoce con el término adobe al bloque de tierra moldeado secado al sol que se utiliza como mampuesto. En la actualidad, las dimensiones de los

bloques de adobe han tendido a estandarizarse en 40x20x10 cm y 40x30x10 cm (Tomasi y Bellmann, 2018). La quinchá es la empalizada de palo a pique, cuyos intersticios se rellenan con barro (Di Lullo y Garay, 1969). En algunos casos se le realiza un cimientado corrido de piedra o zócalos con mayor proporción de cemento, lo que no permite la ascensión de la humedad del suelo. Sobre esto, se coloca el revoque, que es una delgada capa de barro fino y estiércol menudamente pulverizado.

Para una mejor terminación, se blanqueaba la pared con una lechada de cal y ceniza, en cuya preparación se dejaba diluir el zumo de la penca y a veces aparecían capiteles en columnas o puntales (Di Lullo y Garay, 1969). En algunos casos, el piso de tierra era y es el mismo que el patio que lo circunda, y en otros casos han ido incluyendo diferentes materiales del mercado en los pisos: cemento alisado, pisos cerámicos, etcétera.

En la actualidad se observa que el rancho santiagueño ha ido mutando su sistema constructivo en pos de la incorporación de materiales del mercado. Aun cuando sostiene su sistema estructural puntual, se abre la puerta a la incorporación del hormigón armado para la construcción de la estructura, así como de los ladrillos comunes cocidos o huecos o del bloque de hormigón. En este sentido, cuando el rancho necesita crecer para dar cobijo a nuevas actividades y/o integrantes, el mismo se convierte en una vivienda híbrida, resultado del mantenimiento de las antiguas formas de autoconstrucción y las nuevas.

Generalmente el rancho santiagueño se autoconstruye. La familia es quien construye, organiza y gestiona la obra, junto con sus vecinos y familiares lejanos que colaboran en la construcción, y de esta manera los saberes se trasladan de generación en generación. En la actualidad se observa que hay contratación de mano de obra que no es familiar, la cual se fundamenta en la desvinculación de los saberes ancestrales de construcción con tierra, así como en la incorporación de materiales del mercado y la poca disponibilidad de tiempo para dedicarle a esto, dada la diversidad de trabajos que se deben sostener.

Entre las ventajas de la construcción con tierra se observa que: a) es un material accesible ya que

se encuentra naturalmente disponible y su costo está asociado al tiempo que nos lleva excavar e hidratarla para su uso; b) su empleo implica un bajo impacto ambiental dado que su extracción, preparación y puesta en obra no genera emisiones de dióxido de carbono, responsable del calentamiento global; c) es inocua, por lo que puede ser trabajada no sólo con herramientas sino también con las “propias manos”. Esto abre la posibilidad a la autoconstrucción familiar: desde los niños hasta los ancianos pueden estar presentes y participar de la obra; d) regula la humedad de los espacios construidos; esto es debido a su capacidad de absorción y desorción del vapor de agua; e) conserva temperaturas interiores estables gracias a la inercia térmica y a la termicidad de los muros de barro (Belanco, 2020).

Sin embargo, se puede observar que, como consecuencia de la diversificación de actividades productivas que no se encuentran ligadas al trabajo en el predio familiar y los procesos de desterritorialización de algunos integrantes de las familias, ha disminuido el tiempo disponible de las mismas y la cantidad de mano de obra para sostener la autoconstrucción. A su vez, el ideal de progreso sostenido por los discursos hegemónicos han profundizado la tendencia a la elección de materiales del mercado vinculado a un saber-hacer más especializado.

EL RANCHO EN LAS ISLAS DEL DELTA

El sistema constructivo en palafito puede definirse como viviendas o edificaciones con pilares o “palos” sobre agua (lagunas, ríos, mar, etc.) o superficies inundables (riberas, manglares, islas, etc.), aunque no se reduce a construir “sobre palos”, sino que es también una organización y volumetría en la configuración de asentamientos.⁴ En términos generales, se lo ha abordado como un tipo particular de autoconstrucción,

4. En Latinoamérica se ha señalado la presencia y persistencia de “culturas palafíticas”, que siguen empleando múltiples respuestas sustentables y eficientes: “la arquitectura palafítica ha respondido a la necesidad de adaptarse a los ambientes a partir de materiales que provenían de los humedales cercanos, asociándose de esta forma al patrimonio material inmueble y al patrimonio inmaterial” (Roy-Pinot, 2023: 6).

muy extendido en diferentes zonas de América Latina, caracterizado por ser una forma de habitar que se adapta a su espacio natural, sobre todo en ambientes de humedales, incluso cuando ha pasado por procesos significativos de “modernización” (Zepeda Arancibia, 2015).⁵

En el caso de la autoconstrucción en palafito de las islas del Delta del Paraná, hacemos referencia a la “morada del isleño” o “rancho isleño”: “rústico y pintoresco albergue” (Sastre, 1943).⁶ La autoconstrucción en palafito como práctica social está arraigada al modo de vida y cotidiano isleño:

Nosotros teníamos plantación de limón, 600 o 700 plantas, 200 o 300 plantas de naranja, manzana, durazno, pera, y todo lo que producías a veces ibas al puerto de Tigre y tenías que tirarla porque los tipos te querían dar dos centavos. Era un sacrificio terrible, pero decí que nosotros teníamos todo. Cuando no había azúcar teníamos miel. Hacíamos el pan casero. Todo, todo lo de la isla se hacía en mi casa. Lo único que se compraba era la sal, la yerba, el tabaco, y después nada más. [...] Hacíamos los ranchos nosotros, arreglábamos todo lo que se rompía, se estropeaba un palo, una tabla, se cambiaba, se reponía. Desde tempranito se arrancaba y se hacía todo lo necesario, no se dejaba nada abandonado (entrevista a P., del arroyo Anguilas, primera sección de islas, julio de 2021).

La vivienda isleña, el rancho en palafito, está compuesto por una serie de construcciones y disposiciones espaciales, que en general ocupan el albardón de las islas (sin avanzar con infraes-

tructura sobre el centro de isla).⁷ Se observa un tipo básico de vivienda (de 10x10mt aproximadamente), conformado por una planta en cuadrado o rectangular, elevada sobre pilotes con zapatas enterradas, de un piso, que sostienen un techo de una o dos aguas, por lo general de chapa de zinc. La edificación principal en general consta de comedor-cocina, habitaciones y galería con escalera. Hoy día el baño tiende a estar con mayor frecuencia dentro de esta parte de la vivienda, aunque puede ser una construcción independiente, con una gama amplia de sistemas de tratamiento doméstico de las aguas (cámara séptica, pozo ciego, con y sin drenaje al fondo de isla, zanjas de filtrado, etc.). Siguen otras estructuras palafíticas en altura como galpón-depósito, gallinero, pequeñas huertas, apiarios y el muelle. En algunos casos se registran pasarelas en altura que conectan las edificaciones entre sí. Luego siguen canchas de secado de junco, plantaciones forestales o de mimbres, zanjas, monte de frutales aporcados para evitar anegamiento excesivo, etcétera.

Si bien el diseño tradicional se ha mantenido en mayor o menor medida, los materiales con los cuales se construye han variado.⁸ Según los testimonios de las entrevistas, “antes”⁹ o “los viejos” utilizaban sauce pelado y tratado con brea o con sulfato de cobre, mientras que hoy predomina el uso de poste o palo “palmera” (madera de eucalipto grandis) impregnado o tratado (con preservantes químicos), que se obtiene en el mercado. A pesar de que las viviendas mantienen las características culturales en función del diseño de autoconstrucción en palafito, el cambio en los materiales ha significado adoptar nuevos cono-

5. Los motivos de la construcción de viviendas palafíticas son variados: utilización de la madera de los bosques aledaños y selvas vecinas y uso del agua como protección contra los animales, medio de transporte y base de su economía. “Antes de la llegada de los españoles a América, varias culturas indígenas desarrollaron sus viviendas en torno al agua” (Zepeda Arancibia, 2015: 6).

6. “Pudiera dudarse de que fueran habitables unas islas anegadas si el hecho de estar pobladas desde tiempo inmemorial, no demostrara que esas inundaciones no presentan inconveniente alguno. Ni las numerosas ranchadas [habitaciones temporarias], ni los ranchos estables ocupados por los isleños y sus familias, han sido jamás destruidos por el impulso de las aguas o los vientos” (Sastre, 1943[1939]: 20).

7. El albardón es el sector más alto de las islas, conforma su orilla, que encierra un área deprimida en su interior (centro de isla), generando un patrón cubetiforme, una eco-forma de “platos hondos”, con perímetro alto por la acumulación de sedimentos más gruesos y centros bajos, lagunas u ojos de agua (Sirolli, Torrella y Kalesnik, 2021; Mines y Galarza, 2021).

8. Actualmente, si bien se mantiene el uso de madera de sauce disponible en el monte o en las forestaciones familiares, se utilizan maderas duras o semiduras disponibles en el mercado.

9. La variación de los materiales no es un fenómeno reciente. Hasta las primeras décadas del siglo XX mayormente se utilizaba la madera del monte nativo, sauce, paja, caña, etcétera.

cimientos, desplazando otros ancestrales, o bien alteraciones tecnológicas con nuevas herramientas y técnicas constructivas.

Más allá de las transformaciones que fue atravesando la construcción palafítica, su objetivo principal sigue siendo elevar las casas y otras construcciones del suelo para evitar las crecidas del río que anegan los terrenos. Es una solución ante lo inundable de las islas, sobre todo en el “Bajo Delta”, debida al ciclo de mareas y a eventos climáticos como la “sudestada” o el viento sudeste que también hace subir el nivel de las aguas, o eventualmente a otros factores, como el nivel del caudal que trae el río Paraná.

Desde un punto de vista ambientalista, se ha señalado que la arquitectura palafítica es una respuesta constructiva bajo el principio de la “transparencia hidráulica”,¹⁰ que permite la libre circulación del agua, fundamental para la sustentabilidad del humedal isleño.¹¹ En efecto, las construcciones en palafito han sido distinguidas como un patrón constructivo apropiado para los ambientes de humedales.

En la construcción de las viviendas, como lo indican los testimonios recogidos, participaba de un modo u otro toda la familia, aunque las tareas de construcción propiamente dichas eran asumidas por los hombres. Era común recibir la colaboración de parientes y vecinos, a quienes se les devolvía el “favor”. Actualmente aún persisten estas modalidades de ayuda mutua que algunos denominan como parte del “código isleño”. Sin embargo, adquieren cada vez mayor presencia los intercambios remunerados, cuando se solicita colaboración a parientes o vecinos. Es habitual

recibir asistencia, que puede incluso ocuparse de la obra, y por su trabajo reciba un pago, que en promedio respeta los valores del mercado local para estas tareas.

En cuanto al proceso de transmisión, lo que se destaca es que se enseña y se aprende por la vía de la experiencia; como nos compartía un entrevistado: “haciendo se aprende”. Los conocimientos tradicionales se reproducen en el contexto de una comunidad epistémica que comparte los contenidos técnicos y las pautas de transmisión. No obstante, los constructores isleños han desplegado la capacidad de generar o de incorporar nuevos materiales y herramientas, así como procedimientos constructivos.

Como puede observarse en el apartado, las viviendas isleñas han variado en el diseño de sus formas y materiales, incluso en la dinámica social de trabajo que las hace posible; sin embargo, siguen manteniendo su condición palafítica y autoconstruida. Cabe aclarar, no obstante, que recientemente la construcción palafítica en islas es también utilizada por empresas para sus desarrollos inmobiliarios o turísticos (apropiación heterónoma), revalorizando el sistema constructivo, pero en un contexto de profundas transformaciones territoriales que implican paradójicamente el despojo y desplazamiento de la población que tradicionalmente edificó sus viviendas en palafito.¹²

DESARTICULACIÓN DE LA AUTOCONSTRUCCIÓN COMO DESPOJO

La desarticulación de las prácticas de autoconstrucción, como ya señalamos, no es un proceso novedoso, sino que ha sido constitutivo de la modernidad capitalista¹³ en su lógica monocultural.

10. Desde el ambientalismo del Delta del Paraná, se viene insistiendo hace décadas con la “transparencia hidráulica” como parte de la defensa de los humedales y el Estado ha recogido este punto, como en el caso de las normativas del municipio de Tigre sobre la regulación de las construcciones en las islas: “libre circulación de las aguas entre los centros de isla y los cursos de agua circundantes, y entre éstos entre sí en condiciones de mareas ordinarias y extraordinarias” (Plan de Manejo del Delta de Tigre, 2013: 24).

11. Según Wetlands, la ONG de origen holandés, que se ocupa de la defensa de los humedales, las “estructuras palafíticas” son “modalidades específicas para humedales”: “al apoyarse sobre pilotes permiten el escurrimiento natural de las aguas del humedal involucrado” (Molvany, 2019).

12. Este proceso puede observarse en otros lugares, como en la isla de Chiloé de Chile, donde se ha mantenido también la autoconstrucción en palafito de forma emblemática (Zepeda Arancibia, 2015).

13. “Dicho claramente, la Gran Frontera que abrió la era capitalista consiguió eso haciendo más o menos disponibles de forma barata los bienes libres de la naturaleza —los de la naturaleza humana también— para aquellos que disponían de capital y poder” (Moore, 2013: 13).

En este contexto nos interesa señalar algunos aspectos de esta desarticulación en el caso específico del actual arrinconamiento ecológico y despojo directo que ocurre en las fronteras de la mercantilización¹⁴ o del neo-extractivismo¹⁵ en el sur global (Moore, 2013; Svampa, 2019). El neo-extractivismo implica la reprimarización de las economías nacionales bajo una orientación exportadora de bienes (básicamente agropecuarios, minerales y metalíferos, hidrocarburos, energéticos, etc.), y una intensificación extrema de la presión urbana e industrial sobre los ambientes y agro-ecosistemas, bajo esquemas de enclave y segregación. De esta forma se reedita un escenario de apropiación privada de bienes comunes y de sobre-mercantilización de la naturaleza (tierra, agua, bosques, biodiversidad, etc.), asociadas al desplazamiento de comunidades y la ruptura socio-metabólica con sus condiciones naturales de reproducción (Martínez Alier, 1992; Leff, 2006).

A continuación abordaremos la desarticulación de las prácticas de autoconstrucción, en dos escenarios de frontera neo-extractivista, como son el agronegocio (en semiárido) y el desarrollo inmobiliario-turístico (en humedales), a partir de las modalidades con las que opera: a) la regulación estatal; b) la estigmatización social, y c) los cercamientos de mercado.

REGULACIÓN ESTATAL (PROCEDIMIENTOS EXCLUYENTES)

El escenario de políticas públicas está signado por la ausencia de normativas nacionales para construcciones en adobe o en palafito, excepto en algunas localidades. Entre ellas podemos destacar casos de política pública que pretendieron

regular la autoconstrucción del rancho: de palafito en los humedales de la primera sección de islas del Delta (Plan de Manejo del Delta de Tigre del año 2013),¹⁶ y de tierra en el monte semiárido santiagueño (Programa de Viviendas Sociales de Santiago del Estero perteneciente al Ministerio de Desarrollo Social, Promoción Humana y Relaciones Institucionales con la Comunidad del año 2014).¹⁷ Son políticas que abordan el derecho al hábitat, incluso la revalorización de las arquitecturas locales, pero paradójicamente definen procedimientos y normativas cuyo cumplimiento es restrictivo o problemático para las poblaciones rurales, y a la vez introducen el uso de materiales accesibles exclusivamente vía mercado. Con tales condiciones se produce la desvalorización (técnica, cultural y económica) de las viviendas autoconstruidas, que bajo distintos argumentos (de higiene, seguridad, o ecología) deben ser desmanteladas o erradicadas. En este contexto, lo que se observa es que la intervención estatal impulsa la separación entre la construcción de viviendas y el sujeto constructor, escindiendo e incluso oponiendo el “arte del buen construir” y la autoconstrucción.

ESTIGMATIZACIÓN SOCIAL (IMPUGNACIÓN EPISTÉMICA)

El rancho representa a la vivienda popular como parte de la identidad cultural de los pueblos (en el Delta y en Santiago del Estero). Aun así, la mirada hegemónica asume una postura que lo relaciona con la carencia, espontaneidad o anomia (sin reglas), descalificándolo a partir de un discurso higienista moderno (Mendióroz, 1942). Desde esta mirada, los sistemas constructivos que analizamos son impugnados, como pudo observarse en las audiencias públicas y debates en el Honorable Concejo Deliberante sobre el Plan de Manejo del Delta (Tigre en 2013) o en las notas periodísticas y documentos en torno de las medidas contra el “flagelo del chagas” que contemplaba el Programa de Vivienda Sociales

14. “La frontera de la mercancía’ se refiere a espacios de mínima mercantilización/máxima apropiación y las contradicciones que se derivan de las presiones recurrentes emitidas por el movimiento a zonas siempre por explotar. A su vez, ofrece una forma de ver los ‘modos de producción’ y los ‘modos de extracción’” (Moore, 2013: 18).

15. La actualización del antiguo extractivismo “puede ser caracterizado como un modelo de desarrollo basado en la sobreexplotación de bienes naturales, cada vez más escasos, en gran parte no renovables, así como en la expansión de las fronteras de explotación hacia territorios antes considerados como improductivos desde el punto de vista del capital” (Svampa, 2019: 21).

16. Véase: https://www.tigre.gob.ar/urbanismo/plan_manejo_delta

17. Véase: <http://www.mdssde.gob.ar/index.php/institucion/>

(Santiago del Estero en 2014). La autoconstrucción popular es concebida como precaria por ser realizada con aquello que las familias tienen al alcance de sus manos en la naturaleza que los rodea, con sus propias manos a través del trabajo y la gestión familiar (en algunos casos, comunitaria), y porque no hay reglamentación posible que encauce ese manejo “espontáneo”. Se conforma un encadenamiento discursivo que va de la estigmatización y deslegitimación, a la declaración de amenaza (argumentos que llegan a fundamentar incluso la ilegalidad) que pesaría sobre los sistemas constructivos isleños o campesinos.

Detrás del cuestionamiento a los sistemas de autoconstrucción existe un ideal de progreso moderno, que impacta en los modos de vida y de habitar de las comunidades, despojándolas de sus saberes y prácticas. Como contrapartida se trata de erigir como hegemónico un patrón constructivo de vivienda que trae diversas consecuencias: pérdida de costumbres; desalojo de tierras ocupadas por campesinos e isleños, y en consecuencia mayor concentración de la misma; fragmentación de la parcela productiva y la vivienda; aceleración de los procesos de urbanización y sedentarización de la población; ruptura de las redes familiares preexistentes y de solidaridad (Garay, 2018; Garay y Gómez López, 2021).

A pesar de la existencia de estos discursos, diversos autores/as han verificado que el rancho en sí mismo no refleja *a priori* malas condiciones de vida para el hogar rural (Cejas y Mandrini, 2021; Krapovickas y Garay, 2017; Rolón *et al.*, 2016). A su vez, otros estudios sostienen que la elección del tipo de materiales de la vivienda depende más de factores culturales y simbólicos, que de factores económicos (Krapovickas *et al.*, 2017).

CERCAMIENTO DE MERCADO (DISPONIBILIDAD DE MATERIALES DESDE EL MERCADO Y LA FACTORÍA INDUSTRIAL)

Tal como vimos en los dos modos de desarticulación anteriores, los discursos y las políticas públicas no han favorecido a la autoconstrucción, ni al “encuentro de saberes”. Por el contrario, la imposición de un modelo hegemónico de viviendas con materiales presentes en el mercado (ladri-

llo, cemento, hierro y maderas de reforestación industrial) ha creado una nueva necesidad que aumentó la dependencia de los pobladores hacia el mismo, ya que impedía la autoconstrucción en su totalidad (Garay, 2018).

Este modo se ve reforzado en la medida que los territorios alcanzan ciertos patrones que destacan potencialidad para los intereses del mercado.¹⁸ Cuando esto sucede, el capital avanza sobre los mismos, extrayendo materia prima, deforestando y despojando de sus tierras y recursos naturales a las comunidades. En paralelo, el Estado construye infraestructura (y viviendas) mayormente en pueblos o en zonas rurales con población concentrada, con la excusa de reducir los costos que significa dotar con los mismos servicios y mejores condiciones de vida a las zonas rurales con población dispersa.

En este sentido, la mayor accesibilidad en el territorio tiene una relación dialéctica con la menor accesibilidad a los recursos y la posibilidad de sostener los modos de vida y de habitar de las poblaciones originarias. Las mismas son excluidas ante la pérdida de la diversidad, el deterioro de la salud de la población, las condiciones de trabajo, el aumento de la contaminación por la concentración, la fragmentación parcela-vivienda y la acumulación de tierras por parte de las grandes empresas (Garay, 2018).

Es notorio cómo opera un proceso complejo de cercamiento en los dos casos de estudio: en las islas los desarrollos inmobiliarios (barrios cerrados náuticos, grandes loteos, áreas privadas de reserva natural, etc.) acaparan extensiones de tierra (con sus ríos, arroyos y canales), restringiendo las zonas de acceso a recursos naturales para la población isleña (juncuales, centros de isla, tierras fiscales o públicas, nuevas islas, porciones de bosque nativo, etc.), a la vez que se concentra el mercado de oferta maderera o metalúrgica para la construcción (chapas, varillas, clavos, herrajes, cerramientos, etc.); en el semiárido, el avance del

18. La potencialidad de los territorios para la territorialización de los modos de producción capitalista se da principalmente por las condiciones orográficas, de comunicación con las rutas principales y sus instalaciones que facilitan el desarrollo de la actividad agrícola, como el riego.

agronegocio con sus monocultivos de gran escala procede bajo la misma lógica, restringiendo el acceso y explotando los recursos del monte con los que subsisten y construyen su hábitat las comunidades, y a su vez, los materiales que antes se encontraban en la naturaleza (madera, tierra, fibras, etc.) son reemplazados por materiales industriales del mercado.

En resumen, el capital extrae la manufactura local restringiendo el acceso de las comunidades, y a la vez impone condiciones monopólicas (disponibilidad y costos) para acceder a los materiales de construcción.

LA AUTOCONSTRUCCIÓN COMO RESISTENCIA DESDE LOS TERRITORIOS: AUTONOMÍA Y SUSTENTABILIDAD

En este apartado abordaremos la recreación de las prácticas de autoconstrucción como parte de las resistencias territoriales de las comunidades locales. Para ello retomamos el análisis de las dos tipologías de ranchos a partir de las condiciones de autonomía y sustentabilidad en las que se desenvuelven.

Como vimos, las prácticas de autoconstrucción se despliegan en escenarios de intensa presión. Enfrentan diferentes modalidades de desarticulación que las impugnan o subordinan a mecanismos heterónomos (bajo la lógica del Estado y del mercado), en un contexto de avance de las fronteras neo-extractivistas, tales como el desarrollo inmobiliario (en islas) y los agronegocios (en el monte). Como resultado de esta presión, la producción social del espacio, sostenida en prácticas de autoconstrucción, se ve afectada, ya sea a partir del arrinconamiento epistémico y ecosistémico, o del despojo directo, generando una ruptura en la relación directa con los bienes naturales en términos materiales y simbólicos.

Frente a estos escenarios las comunidades producen diversas respuestas: desde las más visibles como son las acciones colectivas, hasta el replanteo o reasignación en el uso de los materiales que entrega el Estado en sus políticas de vivienda, o la transmisión subrepticia tanto

familiar como comunitaria de los conocimientos de autoconstrucción, o la resistencia pasiva a los funcionarios (ingenieros, arquitectos y urbanistas) de los programas de vivienda, etc. En este sentido, la autoconstrucción actualmente es recuperada por movimientos sociales críticos de las condiciones y consumos urbano-industriales (movimiento agroecológico, permacultural, antroposófico-biodinámico, etc.), y por sectores marginados como consecuencia de las políticas neoliberales implementadas desde la década de 1990, que en algunos casos han gestado experiencias de “contraurbanización” y proyectos de vivienda social (movimientos de ocupantes e inquilinos, movimientos de desocupados, trabajadores de la economía popular, etcétera).¹⁹

En el caso de Santiago del Estero, podemos observar que hay una resistencia pasiva al modelo hegemónico de vivienda impuesta, a través de la evasión a “erradicar” el rancho, siendo éste un requisito específico para ser beneficiario de la vivienda social. También se puede observar que la negativa a desarmar los propios ranchos es parte de una estrategia de adaptación a los nuevos escenarios de avance de la frontera, en la medida en que las propias construcciones permiten dar cuenta de su disposición en el territorio y su presencia histórica, incluso para fundamentar el derecho posesorio o comunitario (en las comunidades campesino-indígenas), en los litigios legales frente a las acciones de apropiación de tierras.

Por otro lado, destacamos aquí un caso de resistencia activa y de acción colectiva en defensa de las prácticas de autoconstrucción. La población isleña del Delta se opuso a la implementación por parte del municipio de Tigre de la ya mencionada “normativa de construcción” que integraba el Plan de Manejo del Delta. El conflicto giró en torno a la reivindicación del derecho a la “autoconstrucción”. Específicamente el punto de disputa recayó sobre el código de construcción, que por un lado establece la modalidad palafítica,

19. En otros países latinoamericanos existen también experiencias notables, por caso el movimiento de reconocimiento de barrios autoconstruidos en Venezuela, a partir de la década de 1960.

y por otro exige un conjunto de requisitos para habilitar las construcciones. Los isleños rechazaban la reglamentación sobre sus usos y costumbres, ya que el establecimiento de criterios y procedimientos para la construcción en islas se percibía como una intromisión al propio modo de vida. En efecto, por un lado se cuestionaba el carácter inalcanzable de los requisitos para los habitantes (véase Normativa de construcción del Plan Manejo Delta), y a la vez se denunciaba la descalificación de la cultura local, subestimando los “conocimientos tradicionales”, y el agravio a los derechos isleños, a su “libertad” y “dignidad” para organizar y edificar su lugar de vida. La ebullición isleña se fue intensificando, interpelando una gran diversidad de sectores, hasta confluir el día 31 de mayo de 2013 en una gran movilización,²⁰ denominada “La Marcha de las Botas”,²¹ al centro de Tigre frente a las puertas de la intendencia. Allí fueron recibidos por el intendente (Julio Zamora), a quien se le entregó en mano un petitorio con los siguientes puntos:²² a) veto o derogación de la Normativa de construcciones del Delta, y creación de otra que refleje los usos y costumbres tradicionales de los trabajadores de todos los rubros con la participación de los sectores sociales y productivos isleños; b) inmediata suspensión de todas las clausuras a las obras y tareas tradicionales isleñas, y la derogación de cualquier multa o sanción al trabajo de la población isleña, no así a las de los grandes emprendimientos de barrios privados, que son los únicos que afectan el medio ambiente y la sociabilidad isleña; c) creación de un espacio de participación y gestión de la población isleña sobre todo lo concerniente al Plan de Manejo de Islas; d) gestión isleña del Puerto de Frutos, espacio donado por su propietario original para uso exclusivo de la comunidad de las islas (Petitorio entregado por los delegados

isleños al intendente Julio Zamora, 31/5/2013). En el discurso de la movilización isleña se puede vislumbrar que la lucha por el derecho a la autoconstrucción es parte de una conflictividad general por la producción social del espacio, donde se confrontan diferentes modelos de territorio: “la verdadera causa de los problemas isleños: contaminación de los ríos proveniente del río Reconquista, barrios privados, inversores turísticos no isleños, recreos superpoblados de turistas, etc.” (Petitorio entregado por los delegados isleños al intendente Julio Zamora, 31/5/2013).

En términos generales, la defensa de la autoconstrucción, en los diferentes registros de análisis que marcamos, se presenta como parte de una disputa más amplia por la afirmación del propio territorio de vida, un lugar permanentemente amenazado, bajo riesgo de descomposición. El caso más extremo es la violencia física sobre las poblaciones, y los desalojos de campesinos y de isleños, por el avance del frente sojero o del frente inmobiliario, y también a partir de los desmontes e incendios a gran escala.

Las comunidades en estudio, como registramos en entrevistas y documentos públicos, reivindican su capacidad de autoconstrucción del hábitat, y en particular de la vivienda, asumiendo que se trata de una práctica subalterna que se sostiene en resistencia a las determinaciones hegemónicas de invisibilización, estigmatización y apropiación heterónoma, y que en todo caso su persistencia está sujeta a la dinámica de diferentes y complejos escenarios de disputa.

La defensa de la autoconstrucción, sea como práctica subrepticia y cotidiana o como acción colectiva, aparece siempre como reivindicación de los propios modos de vida. En este punto, la autoconstrucción está ligada con la producción de autonomía material y simbólica, y se asocia con prácticas sustentables y saberes ancestrales para la reproducción social en un ambiente específico.

En relación con el análisis de la *autonomía* como condición de las unidades familiares de productores directos (agricultores, pastores, ganaderos, pescadores, recolectores, artesanos, etc.), es pertinente recurrir a la tradición chayanoviana de los estudios campesinos. En esta

20. Esta movilización daría nacimiento a la Asamblea Vecinal Isleña “1° de Mayo”.

21. La consigna de los isleños e isleñas fue movilizarse con las botas de goma, un calzado que se ha vuelto habitual en las islas por las condiciones de humedad e inundabilidad que tiene.

22. A nivel de la respuesta estatal, la movilización logró que se derogue provisionalmente la normativa de construcción hasta que se complete el proceso participativo: decreto 574/14 prorroga la aplicación de ordenanza 3345/13.

línea, el sistema familiar de vida —a diferencia de otros sistemas socioeconómicos— se reproduce bajo la lógica de un conjunto de “balances” entre autonomía-dependencia (Van der Ploeg, 2016).²³ Es decir, la autoconstrucción de viviendas, en el monte o en las islas, ha participado históricamente del sistema de evaluación/decisión familiar que determina los “grados de mercantilización”, de la unidad socioeconómica, entre un extremo de independencia del mercado o por el contrario de subordinación absoluta, con el consecuente aumento de la pauperización y proletarización bajo riesgo de desarticulación total del modo de vida (Van der Ploeg, 2016).

Tanto las familias campesinas del monte semiárido santiagueño, como las familias isleñas de los humedales del Delta paranaense, han garantizado históricamente la producción y reproducción de las viviendas y de la infraestructura general del hábitat familiar (galpones, corrales, zarzos, zanjas, senderos, áreas de cultivo, depósitos, fuentes de agua, muelles, etc.), recurriendo lo menos posible a la dependencia del mercado (o del Estado). En efecto, la autoconstrucción en estas unidades familiares de productores directos está integrada a los balances para la autonomía, o sea que es parte de la evaluación general que hacen las familias para garantizar la reproducción de la unidad observando una maximización del bienestar con el menor desgaste de sus condiciones de producción (energía vital humana, recursos naturales e infraestructura social). Si bien es cierto que se ha extendido la compra de materiales disponibles exclusivamente en el mercado y a su vez la retribución del trabajo con dinero, incluso entre parientes y vecinos, también perdura el uso de materiales disponibles en el ambiente (maderas, fibras, insumos reciclados de la ciudad, etc.) o el intercambio social de trabajo, recurriendo a una contraparte no mercantil, que va en un

amplio abanico de devolución de favores: ayuda con trabajo, préstamo de herramientas, entrega de materiales, etcétera.

Respecto a la *sustentabilidad* en los casos de autoconstrucción analizados, no se trata de una elaboración ecologista,²⁴ o desde el paradigma de la eco-eficiencia. Frente a estas claves, las comunidades en cuestión han tomado distancia e incluso han expresado su divergencia. Este tipo de hábitat autoconstruido se destaca por: a) su reducido consumo energético; b) el uso de materiales disponibles localmente en relativa abundancia (tierra o ciertas especies vegetales nativas para fibra o madera); c) la respuesta adaptativa a específicas condiciones del ambiente (a las crecidas y bajantes del río, y a las altas temperaturas), y d) el resultado de un saber contra-experto gestionado como bien común.

Estamos frente a un tipo de sustentabilidad que se refiere al modo de uso de los bienes naturales por parte de un sujeto socioeconómico subalterno arraigado a un ambiente específico, en contraste con otras formas de asumir la sustentabilidad ambiental. Es decir, en contraste con aquellas versiones de sustentabilidad que emanan del ecomodernismo, el “culto de la vida silvestre”, la economía verde, o el desarrollo sustentable, entre tantas otras. En este sentido, la sustentabilidad de los sistemas de autoconstrucción analizados difiere tanto de aquella sustentabilidad ligada a un ambiente no intervenido humanamente, como de aquella ligada a un ambiente extremadamente artefactualizado por innovaciones industriales (energías renovables como la solar, eólica, hidroeléctricas, incluso nuclear, o biotecnologías, o geoingeniería, etc.), o de mercado (eco-impuesto, bonos verdes, mercados de carbono, inversiones sustentables, fondos verdes, etcétera).

23. En su actualización del modelo analítico chayanoviano, Van der Ploeg (2016) señala que la lógica familiar se expresa en un conjunto de balances, entre autonomía y dependencia del mercado, para lograr el equilibrio. En la medida en que la unidad familiar refuerce la base de recursos autocontrolados tendrá más capacidad de enfrentar condiciones adversas, pudiendo ser medida como “grado de mercantilización”.

24. Desde la mirada arquitectónica, la sustentabilidad se asocia con la construcción de casas ecológicas, definidas por lograr “condiciones óptimas de habitabilidad con el mínimo consumo energético, teniendo en cuenta la orientación de la construcción, el terreno y la naturaleza que lo rodea. Deben ser autosuficientes y autorreguladas, con un mantenimiento que no dependa de fuentes no locales de energía” (<https://arquitecturayempresa.es/noticia/herencia-ecologica-en-america-los-palafitos>).

La autoconstrucción se inscribe entonces en una disputa por defender modos de vida, con sus prácticas socioeconómicas, pero también culturales, y a su vez con sus formas específicas de uso y control de la naturaleza, lo que supone concepciones y conocimientos muy precisos sobre la vida (que van de la composición química de los materiales constructivos hasta el efecto de las fases de la luna en el clima local). En este sentido, proponemos pensar la persistencia de ambos tipos de ranchos (el isleño y el santiagueño) como parte de lo que Enrique Leff llama procesos de “reapropiación social de la naturaleza”, característicos de las experiencias subalternas y populares en la actual crisis paradigmática y transición civilizatoria. Según Leff (2006), la reapropiación social de la naturaleza es un tipo de acción política de reconstrucción de sociedades sustentables, ligada a una disputa práctica y conceptual, frente a la “sobre-economización del mundo” y la “racionalidad de la modernidad insustentable”.

CONCLUSIONES

Con este trabajo se propuso analizar las prácticas de autoconstrucción como parte de la producción social del espacio en humedales de las islas del Delta paranaense, y en el monte semiárido santiagueño. Para ello hemos analizado dos tipos de ranchos, el isleño y el santiagueño, a partir de las condiciones de autonomía y sustentabilidad en las que se desenvuelven.

En ambos casos se registra la adaptación al entorno ya sea para dar respuesta a las características ambientales y climáticas del lugar, el uso de materiales ambientalmente disponibles, la existencia de un conocimiento de base local heredado a partir de la oralidad, de la experiencia y el diálogo. Ambos casos se integran con otras formas constructivas de las cuales se obtienen elementos siempre integrados al propio sistema, y la presencia de formas de trabajo ligadas a la cooperación familiar y comunitaria. Sin embargo, sobre esto último hemos observado también una tensión entre los vínculos sociales de ayuda

mutua y la mercantilización de las actividades de construcción.

También hemos observado que, en escenarios neo-extractivistas, las comunidades se enfrentan a intensas modalidades de desarticulación de la práctica de la autoconstrucción, en tanto producción social del espacio, particularmente de la vivienda. Pusimos la mirada en cómo operan tales modalidades o dispositivos sobre la autoconstrucción de ranchos en los bosques semiáridos y humedales isleños. Pero sobre todo destacamos cómo justamente en escenarios neo-extractivistas se están recreando no obstante prácticas de autoconstrucción adaptadas a su ambiente específico, allí donde las comunidades siguen manteniendo cierto control directo sobre las condiciones de su (re)producción social. Es decir, allí donde se abrieron recientemente fronteras de sobre mercantilización de la naturaleza y extrema intervención industrial de los ambientes, son sostenidas y recuperadas prácticas constructivas que componen formas de resistencia, pero a la vez pueden instituir alternativas. En esta dinámica contradictoria emergen como sujeto social y político las comunidades locales que también están atravesadas por intensos y abigarrados procesos de recomposición en condiciones críticas.

Contra cualquier universalización y esencialización de modos de vida y de habitar, nuestra intención fue analizar las dificultades a las que se enfrentan las comunidades que autoconstruyen su hábitat, y por otro lado, dar cuenta y justipreciar las estrategias de reapropiación social de la naturaleza que les permiten lograr diferentes niveles de autonomía y sustentabilidad.

REFERENCIAS

- Abramo, Pedro. (2011). *La producción de las ciudades latinoamericanas. Mercado inmobiliario y estructura urbana*. OLACCHI.
- Abramo, Pedro, Rodríguez Mancilla, Marcelo, y Espinosa, Jaime Erazo. (2016). *Ciudades populares en disputa: ¿Acceso a suelo urbano para todos?* En: Pedro Abramo y coordinadores. Quito, Ecuador: Ediciones Abya-Yala/CLACSO/Uni-

- versidad Federal de Río de Janeiro/Universidad Politécnica Salesiana.
- Almazán, A. (2017). El ecomodernismo y su noción de Antropoceno. Un análisis crítico desde la obra de Castoriadis. *Iberoamérica Social: Revista-red de Estudios Sociales*, VII, 60-89. Disponible en <http://iberoamericasocial.com/el-ecomodernismo-y-su-nocion-de-antropoceno-un-analisis-critico-desde-la-obra-deCastoriadis>
- Aruguete, N. (2011). "La crisis capitalista..." Entrevista a David Harvey. *Existe una relación entre urbanización y formación de la crisis*. Disponible en: www.pagina12.com.ar
- Belanko, J. (2020). *La casa de barro. Técnica: Quincha en bastidores ensamblados*. Talleres Trama.
- Bolsi, A. (1995). Sociedad, naturaleza y equidad. *Actas del 1º Congreso de Investigación Social: Región y Sociedad en Latinoamérica. Su problemática en el noroeste argentino* (pp. 183-87). Tucumán: Facultad de Filosofía y Letras.
- Castoriadis, Cornelius. (2006). Reflexiones sobre el "desarrollo" y la "racionalidad". Texto incluido en el libro *El mito del desarrollo* (Cornelius Castoriadis). Kairós, 1980. Edición digital de la Fundación Andreu Nin, 2/2006. Disponible en: <https://fundanin.net/2019/03/20/reflexiones-sobre-el-desarrollo/>
- Cejas, N., y Mandrini, M. R. (2021). Saberes incorporados. Enfoques contrahegemónicos para la producción del hábitat. Pd de Prácticas y Discursos. *Cuadernos de Ciencias Sociales*, 10(15), 1-19. doi: <http://dx.doi.org/10.30972/dpd.10154808>
- Diéguez, G. (2005). Vivienda económica de interés social: Del experimento estatal al ensayo civil. *Revista Summa+*, 71, 62 y 63.
- Di Lullo, O., y Garay, L. (1969). *La vivienda popular de Santiago del Estero*. Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán-Facultad de Filosofía y Letras.
- Di Virgilio, M., y Rodríguez, C. (2013). Introducción. En: Di Virgilio, M. y Rodríguez, C. (comps.), *Producción social del hábitat* (pp. 21-35). Café de las Ciudades.
- Driant, J. C., y Riofrío, G. (Ed.). (1987). *¿Qué vivienda han construido? Nuevos problemas en viejas barriadas*. Institut français d'études andines.
- Echeverría Ramírez, M. C. (2009). Hábitat: Concepto, campo y trama de vida. *¿Qué es el hábitat?: Las preguntas por el hábitat*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia sede Medellín-Escuela del Hábitat CEHAP-Facultad de Arquitectura.
- Ferro, S. (2021). *El concreto como arma*. TF/TK Reading Group. Disponible en: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7617493/mod_resource/content/1/Ferro%202021%20Concreto%20como%20arma.pdf
- Garay, A. (2018). *Hábitat rural y condiciones de vida en Tucumán*. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de Tucumán-Facultad de Filosofía y Letras.
- . (2019). Configuración del hábitat rural y condiciones de vida. Modelo conceptual para un abordaje relacional. *Estudios del Hábitat*, 17(1).
- Garay, A., y Gómez López, C. (2021). Una aproximación al estudio de las políticas públicas de vivienda rural en Tucumán. *Hábitat y Sociedad*, 14, 303-323. doi: <https://doi.org/10.12795/HabitatySociedad.2021.14.16>
- Giraldo, Omar Felipe. (2015). Agroextractivismo y acaparamiento de tierras en América Latina: Una lectura desde la ecología política. *Revista Mexicana de Sociología [online]*, 77(4), 637-662.
- Gutiérrez Flórez, F. (2009). Entre objetos y sistemas, "Hábitat", una propuesta disciplinar. *¿Qué es el hábitat?: Las preguntas por el hábitat*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia sede Medellín-Escuela del Hábitat CEHAP-Facultad de Arquitectura.
- Krapovickas, J., Mikkelsen, C., y Garay, A. (2019). Lo rural fragmentado. Evidencias en el noroeste argentino y la región pampeana. En: Paolasso, P., Loghi, F. & Velázquez, G. (Comps.), *Desigualdades y fragmentación territorial en la Argentina durante la primera década del siglo XXI* (pp. 59-95). Buenos Aires: Imago Mundi.
- Krapovickas, J., y Garay, A. (2017). Una aproximación descriptiva a la desigualdad socio-territorial en ámbitos rurales del noroeste argentino en la primera década del siglo XXI. *Estudios Geográficos*, pp. 605-632.
- Leff, Enrique. (1998). *Saber ambiental. Sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder*. Siglo XXI Editores.
- . (2004). *Racionalidad ambiental. La reapropiación social de la naturaleza*. Siglo XXI Editores.
- . (2006). La ecología política en América Latina. Un campo en construcción. En: Alimonda, H. (Comp.), *Los tormentos de la materia. Aportes*

- para una ecología política latinoamericana. Buenos Aires: CLACSO.
- Lemus Yáñez, F. J. (2012). Vivienda rural: Problemática, programas y evaluación. *Seminario de Investigación de Desarrollo Local en el IIS-UNAM*. Disponible en: https://www.academia.edu/1975817/Vivienda_rural_en_M%C3%A9xico
- Leroi-Gourhan, A. (1971). *El gesto y la palabra*. Ediciones de la Biblioteca de la Universidad Central de Venezuela.
- Mandrini, M. R., Cejas, N. V., y Bazán, A. (2018). Erradicación de ranchos, ¿erradicación de saberes? Reflexiones sobre la región noroeste de la provincia de Córdoba, Argentina. *Revista Anales. Editorial del Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas*, pp. 82-94.
- Martínez Alier, Joan. (1992). Prefacio, capítulo I y capítulo XI. *El ecologismo de los pobres*. Barcelona: Icaria.
- Martínez, E. (2011). *Paradigmas de intervención pública latinoamericana en hábitat urbano. Impulso y freno del aporte regional a la innovación del hacer ciudad con sus pobladores*. Editorial CSIC.
- Mendióroz, C. (1942). Tucumán y su vivienda rural. *La Habitación Popular. Órgano Oficial de la Comisión Nacional de Casas Baratas*, año VIII, núm. 30-31, pp. 9-40. Buenos Aires: Talleres gráficos Tomás Palumbo.
- Mines, Patricia Beatriz, y Galarza, Andrea de los Milagros. (2021). Un río muy ancho, lleno de islas. La fuerza territorial del paisaje insular. *ÁREA*. Universidad Nacional del Litoral-Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. <https://area.fadu.uba.ar/area-2702/mines-galarza2702/>
- Moore, Jason. (2013). El auge de la ecología-mundo capitalista. Las fronteras mercantiles en el auge y decadencia de la apropiación máxima. *Filosofía, Política y Economía en el Laberinto*, 38, 9-26.
- Mulvany, S. (2019). *Análisis del ordenamiento territorial e indicadores de uso, intensidades y ocupación del suelo del sector de islas del Delta del Paraná - Provincia de Buenos Aires*. Buenos Aires, Argentina: Programa Corredor Azul/Fundación Humedales/Wetlands International. Disponible en: https://lac.wetlands.org/wp-content/uploads/sites/2/dlm_uploads/2019/12/An%C3%A1lisis-del-ordenamiento-territorial-e-indicadores-de-uso-intensidades-y-ocupaci%C3%B3n-del-suelo-del-sector-de-islas-del-Delta-d.pdf
- Pelli, V. (2007). *Habitar, participar, pertenecer: Acceder a la vivienda: Incluirse en la sociedad*. Nobuko.
- Porto Gonçalves, Carlos Walter. (2002). Da geografia às geo-grafias: Um mundo em busca de novas territorialidades. *La guerra infinita: Hegemonía y terror mundial* (pp. 217-256). Buenos Aires: CLACSO/Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales. <https://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/gt/20101018013328/11porto.pdf>
- Rolón, G., Olivarez, J., Dorado, P., y Varela Freire, G. (2016). Las construcciones del espacio domiciliar y peridomiciliar rural como factores de riesgo de la enfermedad de chagas. *Construcción con Tierra CT7*.
- Romagnoli, V. (2012). Cuaderno urbano. *Espacio, Cultura, Sociedad*, 12(12), 192-195.
- Santos, B. de S. (2000). *Crítica de la razón indolente. Contra el desperdicio de la experiencia*. Editorial Desclée de Brouwer.
- Sastre, M. (1943). *El tempe argentino*. Editorial Sopena.
- Sauquet Llonch, R. J. (2013). La autoconstrucción como sistema. *Palimpsesto*, 8. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/41773481.pdf>
- Sirolli, Horacio, Torrella, Sebastián, y Kalesnik, Fabio Alberto. (2021). Composición y estructura de los bosques de albardón del delta frontal del río Paraná, Argentina. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, vol. 92. México. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2021.92.3558>
- Swampa, M. (2019). *Las fronteras del neoextractivismo en América Latina. Conflictos socioambientales, giro ecoterritorial y nuevas dependencias*. CALAS. Disponible en: <https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/libros/pm.5179/pm.5179.pdf>
- Tomasi, J., y Bellmann, L. (2018). Adobe. En: Prados, S. (Coord.), *Bioarquitectura: Diseño y construcción con tierra* (pp. 18-27). Universidad Nacional de Córdoba-Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño.
- Turner, John. (2018). *Autoconstrucción. Por una autonomía del habitar*. Pepitas de Calabaza.
- Van der Ploeg, J. (2016). El campesinado y el arte de la agricultura. Un manifiesto chayanoviano. *Estudios Críticos Agrarios. Perspectivas Agroecológicas*, 13.
- Vanoli, F. (2022). Arquitectura rural. El hábitat campesino como patrimonio vigente. *Revista de Sociología*, 34, 55-68. doi: <https://doi.org/10.15381/rsoc.n34.24221>

- Wiesenfeld, E. (2001). *La autoconstrucción. Un estudio psicosocial del significado de la vivienda*. Ed. CEP-FHE.
- Yujnovsky, O. (1984). *Claves políticas del problema habitacional argentino, 1955-1981*. Grupo Editor Latinoamericano, Col. Estudios Políticos y Sociales: Serie Mayor, vol. 1.
- Zepeda Arancibia, C. (2015). *Habitar el Bordemar. Gestación, evolución y perspectivas del patrimonio popular palafítico en el Archipiélago de Chiloé*. Disponible en: <http://www.palafitodelmar.cl>

FUENTES

- Honorable Concejo Deliberante Tigre. (2013). *Plan de Manejo del Delta de Tigre*. Fundación Metropolitana. Disponible en: https://www.tigre.gob.ar/urbanismo/plan_manejo_delta
- Ministerio de Desarrollo Social, Promoción Humana y Relaciones Institucionales con la Comunidad. (2023). *Programa de Viviendas Sociales*. Disponible en: <http://www.mdssde.gob.ar/index.php/institucion/>

Del concepto a la implementación: análisis de la Hipoteca Verde y su impacto (2009-2023)

*From concept to implementation:
analysis of the green mortgage and its impact (2009-2023)*

DOI: <https://10.32870/rvcs.v0i19.331>

MÓNICA GUADALUPE GONZÁLEZ YÑIGO

Universidad Autónoma del Estado de México, México. ORCID: 0000-0001-6984-2351

Correo electrónico: mgys09@gmail.com

ALBERTO JAVIER VILLAR CALVO

Universidad Autónoma del Estado de Mexico, México. ORCID: 0000-0003-3035-6166

Correo electrónico: betovillardf@gmail.com

YADIRA CONTRERAS JUÁREZ

Universidad Autónoma del Estado de Mexico, México. ORCID: 0000-0001-9313-7994

Correo electrónico: ycontrerasj@uaemex.mx

Recepción: 01 de julio de 2025 Aceptación: 01 de noviembre de 2025

RESUMEN

La degradación ambiental ha conllevado a la sociedad civil y gobiernos a generar propuestas de solución, vinculando la política pública con la sustentabilidad en diferentes ámbitos, resaltando su instrumentación en la vivienda.

En México, el Gobierno federal incorporó los principios de la sustentabilidad en el diseño e instrumentación, destacando el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (Infonavit) como uno de los principales organismos el cual mediante el programa de Hipoteca Verde se posicionó como referente; no obstante, éste transitó por diferentes modificaciones las cuales le valieron su desaparición en 2023, lo que marcó el término de dicho discurso.

De ahí que el objetivo del artículo es analizar Hipoteca Verde desde sus principios conceptuales, adopción de ecotecnologías y resultados, a fin de comprender su evolución e incidencia de la sustentabilidad en la política de vivienda en el periodo 2009-2023. Esto con base en el análisis

ABSTRACT

Environmental degradation has led civil society and governments to develop solutions, linking public policy with sustainability in various areas, especially in the housing sector.

In Mexico, the Federal Government incorporated the principles of sustainability into its design and implementation, with the National Workers' Housing Fund Institute (Infonavit) standing out as one of the main organizations, which, through the Green Mortgage program, positioned itself as a benchmark. However, it underwent various modifications that led to its demise in 2023, marking the end of said discourse.

Hence, the objective of this article is to analyze the Green Mortgage program from its conceptual principles, adoption of eco-technologies, and results, in order to understand its evolution and the impact of sustainability on housing policy during the 2009-2023 period. This is based on historical analysis and documentary techniques using the reports submitted by Infonavit. As a result, it was

histórico y la técnica documental mediante los informes presentados por el Infonavit. Como resultado se encontró que la sustentabilidad quedó sesgada, con una disparidad entre los principios planteados y lo reportado, además de que este programa se vio limitado por el protagonismo del enfoque economicista sobre las dimensiones social y ambiental.

Palabras clave: vivienda sustentable, Hipoteca Verde, Infonavit.

INTRODUCCIÓN

Hacia el último tercio del siglo XX, como resultado de la preocupación por el medio ambiente y sus implicaciones en la salud humana (Pérez Campuzano, 2011), se reconoció la existencia de la crisis ambiental mundializada, caracterizada por no sólo intercambios de materia y energía, sino por la puesta en riesgo y el entredicho de la continuidad de la vida social-natural (Arizmendi, 2005). Como consecuencia, a partir de la década de 1960 se iniciaron los esfuerzos por proteger y conservar el medio ambiente a través de encuentros internacionales (Club de Roma, Cumbre Mundial de la Tierra, Cumbre Mundial de Río de Janeiro, Agenda 21, Protocolos, etc.) (Valderrábano Almegua *et al.*, 2011), los cuales marcaron la pauta para la generación de un movimiento “que replantea la visión del mundo desde la perspectiva de una nueva ética, basada en el respeto y consideración a otros para la tierra” (Pérez, 2006: 47) resultando el concepto de desarrollo sustentable.

Es en el Informe Brundtland —referente a la crisis medioambiental resultado de la relación del desarrollo y el uso intensivo de los recursos (Naciones Unidas, 1987)— en donde por primera vez se puso de manifiesto la relación de la vida cotidiana y las afectaciones al medio ambiente; entre las cuales resaltó la vivienda como un ente altamente consumidor de recursos y productor de desechos (González-Yñigo & Méndez-Ramírez, 2018), por lo que se planteó la posibilidad de incorporar la sustentabilidad en la política pública de vivienda, dando origen a lo que ac-

found that sustainability was biased, revealing a disparity between the proposed principles and those reported. This program was also limited by the emphasis placed on the economic approach over the social and environmental dimensions.

Keywords: sustainable housing, Hipoteca Verde, Infonavit.

tualmente se entiende como política de vivienda sustentable.

La vivienda sustentable se conceptualizó desde dos perspectivas: por una parte, desde una visión arquitectónica se entiende como una vivienda que hace uso eficiente de los recursos naturales y aminora su impacto medioambiental (construcción y uso) (Arredondo Zambrano & Reyes Bernal, 2013); por otra, desde la visión institucional la Comisión Nacional de Vivienda (Conavi) la define como aquella que incluya atributos de calidad en su edificación, de su entorno y que favorezca la asunción de responsabilidad de los vecinos con su comunidad, abordándose en tres dimensiones: social, económica y ambiental.

La dimensión social se relaciona con el individuo y su calidad de vida, la vivienda se ubica como un lugar que brinde los servicios necesarios para su desarrollo como individuos y en comunidad. La dimensión económica se centra en el costo beneficio asociado con los servicios, ubicación y rentabilidad, mientras que la dimensión ambiental se enfoca en el conocimiento e implementación de medidas para la reducción de impactos en el medio ambiente (Fundación IDEA, 2013). En el plano ideal, la construcción de vivienda sustentable debe de incorporar las dimensiones referidas y centrar su desarrollo a los objetivos planteados.

En México, su adopción en la política pública de vivienda se incorporó desde la dimensión social con énfasis en sus implicaciones económicas bajo un marco de mitigación ambiental, por lo que se ajustó según los principios de la sustentabilidad y la adopción del modelo económico neoliberal, pudiéndose dividir en tres grandes periodos:

El primero de 2001 a 2007, se considera de formación pues en éste se desarrollaron el concepto de vivienda sustentable y las guías de diseño, incluyéndose en la Ley de Vivienda la Ley de Calidad y Sustentabilidad. En el segundo periodo, de 2008 a 2012, como resultado de la NAMA (Acciones Nacionalmente Apropiadas de Mitigación) se generaron los primeros programas piloto, la publicación de las leyes que son base para el marco normativo de la vivienda sustentable (Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía y la Ley General de Cambio Climático), las Normas Oficiales Mexicanas que establecen las características de los materiales de la vivienda y la eficiencia energética (NOM MX-C-460-ONNCCE-2009), así como el Programa Nacional de Vivienda hacia un Desarrollo Sustentable (2008-2012).

En el primero, de 2001 a 2007, se registró la incorporación del Título Sexto en la reforma de 2006 a la Ley de Vivienda (DOF, 2006), en la cual se incorporaron las disposiciones referentes a la calidad y sustentabilidad de la vivienda, estableciendo los principios y lineamientos que deberán considerarse para su producción en el país.

El periodo 2013-2017 se caracterizó por el objetivo nacional de transitar hacia un modelo de desarrollo urbano sustentable, esto mediante la implementación de la NAMA y la generación de iniciativas nacionales que lo respaldaban, tales como el Programa Nacional de Desarrollo Urbano (2013-2018), los Desarrollos Certificados y la Mesa Transversal de Vivienda Sustentable fundamentada en la Estrategia Nacional de Vivienda Sustentable.

En contraste, en el último periodo comprendido de 2017-2023, se transitó a una visión en la que la sustentabilidad era un objetivo complementario, comprobándose en el Programa Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Urbano (2021-2024) y el Programa Nacional de Vivienda (2019-2024), centrándose en el impacto ambiental, por lo que se desarrollaron herramientas de evaluación del entorno de vivienda y el sistema de evaluación de la vivienda verde (Sisevive), dejando de lado la visión social.

Dentro del marco de estas acciones destaca el Infonavit como un actor fundamental, ya que desde 2008 redirigió su marco operativo para im-

plementarlo a través de múltiples programas de fomento, resaltando entre ellos “Hipoteca Verde” como el programa rector para el fomento de la vivienda sustentable con amplio espectro, incorporando en él un conjunto diverso de disposiciones con impacto en las condiciones sociales y económicas de los derechohabientes y en la huella ambiental de la producción habitacional (Infonavit, 2009), que en el transcurso de su implementación fue perdiendo su objetivo original.

De esta forma, en menos de una década (Infonavit, 2009, 2017) este programa pasó de ser uno de fomento a la vivienda sustentable que además de dotar de ecotecnologías a la vivienda implicaba un fomento en la cohesión y participación social, mejora en las condiciones económicas de los derechohabientes a través de la reducción de costos de mantenimiento en servicios a la vivienda, y la mitigación ambiental en la edificación y la vida en la vivienda (informe 2009), a una opción centrada en la incorporación de ecotecnologías a la vivienda social, desvirtuado su propósito, lo que conllevó a su eliminación en 2023.

Esto tuvo un resultado paradójico, ya que “Hipoteca Verde” por 16 años se concibió como la herramienta fundamental para la instrumentación de la política de sustentabilidad en la vivienda producida a través del Infonavit en el país, mientras que en la realidad a partir de 2017 fue desapareciendo su protagonismo en el discurso oficial (informes desde 2017) hasta desaparecer en 2023.

METODOLOGÍA

La propuesta metodológica del estudio es de tipo longitudinal de carácter histórico, esto bajo el enfoque secuencial en el contexto del Infonavit, tomando como unidad de análisis el programa de Hipoteca Verde, a fin de generar una descripción detallada de este programa.

La investigación realizada fue de tipo descriptiva y de corte documental bajo el método exploratorio, en el cual se combinó la técnica documental y el análisis de los argumentos (Muñoz Serna *et al.*, 2021; Tinto Arandes, 2013), comprendiendo cuatro fases:

Discusión bibliográfica. Mediante la técnica documental se planteó el desarrollo teórico sobre la adopción de la sustentabilidad en la vivienda y su conformación como política de vivienda sustentable en el Instituto.

Las variables empleadas en el análisis empírico del programa se retoman de los informes de sustentabilidad y actividades de Infonavit de 2009 a 2023, con base en los cuales se definen las variables de: “principios”, “financiamiento”, “operación de ecotecnologías” y “resultados”. Cada una de las variables representa un componente esencial de la operación del programa, cubriendo las etapas de su proceso de funcionamiento.

Los principios se refieren a la orientación y énfasis del programa; el financiamiento traduce esos principios en mecanismos concretos para la asignación y ejecución de los créditos otorgados; la operación permite observar cómo se implementaron sus acciones y los resultados el grado de cumplimiento de los objetivos originales. De este modo, el análisis permite no sólo describir, sino evaluar la coherencia interna y la efectividad del programa, sin perder de vista su relación sobre los principios de sustentabilidad planteados por el Infonavit.

Análisis documental. Se desarrolló el análisis histórico del Infonavit basado en las categorías de orientación institucional, Ley Infonavit y concepción de vivienda; dichas categorías se eligieron ya que permiten articular las dimensiones discursiva, normativa y material, entendiendo la orientación institucional desde la dimensión ideológico-discursiva, la Ley Infonavit como el marco jurídico-institucional y la vivienda como la representación socioespacial. Tras el análisis de estas dimensiones se pudieron identificar las transformaciones del Estado mexicano, las políticas habitacionales y la transición a la sustentabilidad, por lo que a fin de comprender cómo se incorporó esta última en el Instituto, a través de los informes de sustentabilidad del Infonavit (2009-2017) y sus informes de actividades (2018-2023), se retomaron las categorías de estrategia de sustentabilidad, dimensiones y vivienda sustentable, las cuales se delimitaron ya que son las tres temáticas recurrentes en los informes del Instituto.

Tras el análisis de estas categorías se reconoció la importancia del programa de Hipoteca Verde como un eje articulador de la inmersión de la sustentabilidad en el Instituto, por lo que para su análisis histórico se identificaron las dimensiones de principios, operación, ecotecnologías y resultados, bajo un modelo de análisis histórico secuencial, ya que con esto se combinan el discurso normativo y político (principios), el mecanismo de gestión y aplicación (operación), la aplicabilidad de la tecnología medioambiental (ecotecnologías) y el análisis de los efectos sociales, económicos y ambientales (resultados).

Discusión de resultados. Tras el análisis documental y bibliográfico se presentan los principales hallazgos en cada una de las dimensiones de Hipoteca Verde.

LA POLÍTICA DE VIVIENDA EN EL INFONAVIT

El Infonavit surgió en 1972 como un fondo de vivienda para trabajadores de empresas privadas; sobre su objeto, el mismo ha transitado por modificaciones (DOF, 2014, 2025; Infonavit, 2002; Ley del Infonavit, 1972), las cuales han ayudado a consolidarlo como la institución de financiamiento de vivienda social más importante en cuanto al número de beneficios y créditos otorgados para el financiamiento de vivienda (Del Río Castillo & Guarría Laviada, 2000; Pardo & Velasco Sánchez, 2010).

De 1972 a 1992 se orientó a la consolidación como una institución que intervenía en la evaluación, planeación, construcción, ejecución y financiamiento de vivienda para los trabajadores afiliados (tabla 1).

Como resultado de los principios de privatización en la producción de vivienda a partir de la reforma del Infonavit de 1992, la desregulación y liberación del modelo neoliberal (Sosa Fuentes, 2012), se materializaron en la Ley Infonavit a través del cambio en su naturaleza, limitándose al financiamiento de la vivienda y cediendo al capital inmobiliario privado su construcción y, por ende, su participación en el proceso de urbanización de las ciudades y ámbitos rurales (González Yñigo

& Méndez Ramírez, 2018), situación que puede observarse en la concepción de la vivienda, ya que su objetivo y orientación cambió, entendi-
da esta última como la visión principal que rige al Instituto.

Tabla 1
Evolución de Infonavit

Categorías	1972-1991	1992-1997	1998-2000	2001- 2006	2007-2014	2019-2023
Orientación institucional	Encargado de construir y dotar vivienda	La hipotecaria social de los trabajadores, el trabajador decide	"Ser Infonavit"	"Vivir Infonavit"	"Infonavit para todos" y "Vida Integral Infonavit"	Nuevo comienzo
Ley Infonavit	Instrumentación de los criterios y mecanismos para consecución de recursos financieros, la asignación de los créditos y construcción de vivienda	Abandono de las actividades de construcción e inicio de operación del SAR. Forma de dar los créditos	Modificó la delimitación de las facultades y obligaciones del Gobierno y los organismos	Incorporación de la sustentabilidad. Incrementar patrimonio, financiar sus requerimientos en un entorno sostenible	Múltiples modificaciones en gestión	Acceso a vivienda, flexibilización de créditos
Concepción de vivienda	La vivienda como un problema de dotación de alojamiento y servicios básicos	La vivienda como un problema financiero del Infonavit y como una mercancía accesible con estándares mínimos	Compromiso del Instituto con la provisión de productos económicos con estándares	La vivienda como un problema de sustentabilidad social, económica y ambiental	La vivienda como un problema de accesibilidad con estándares de sustentabilidad	La vivienda como un problema social y financiero

Fuente: elaboración propia con base en Cámara de Diputados, 2023; González Arreola, 2006; Infonavit, 2010, 2011, 2012, 2013a, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020b, 2021a, 2023c; Pardo & Velasco Sánchez, 2010; Ramírez de la Cruz & Arellano Gault, 2014).

De 1992 a 1997 se reconoció al Instituto como un órgano autónomo fiscal que determinaba y asignaba créditos según el mercado, posicionándose la vivienda como un factor fundamental para el ordenamiento territorial. Su conceptualización se delimitó bajo una visión financiera, comenzando con el proceso de mercantilización, dejándose de lado la dimensión social y centrándose en la dimensión económica. Esto resultó en la reforma de la Ley Infonavit de 1997 sobre la necesidad de eficientar el proceso de financiamiento, dejando de ser un organismo eminentemente social, para convertirse en uno mercantil (Aguilar Martínez, 2010; Gutiérrez Garza & González Gaudiano, 2010). Cabe resaltar que a pesar de que la orientación institucional se centraba en “ser una hipotecaria social” y “el trabajador decide”, esto fue una forma de trasladar la responsabilidad de elección al trabajador, refrendando el abandono a la construcción y el protagonismo de lo financiero para el Instituto.

De 1998 a 2000 el Instituto se orientó a “Ser Infonavit”, entendido como un esquema de certificación cuyo objetivo primordial era regularizar los servicios de venta y atención al derechohabiente, lo que conllevó a modificaciones de la Ley Infonavit sobre las delimitaciones del organismo y obligaciones gubernamentales, proceso que continuó con la especialización del Instituto en la dotación de financiamiento, volviendo la conceptualización de la vivienda en un objetivo centrado en la dotación de mecanismos y productos financieros.

A partir de 2001, como resultado de la llegada de un nuevo equipo producto de la alternancia del Poder Ejecutivo Federal (González Arreola, 2006), el Instituto se orientó a incrementar los niveles de eficiencia y la capacidad de operación (Ramírez de la Cruz & Arellano Gault, 2014); asimismo, como cumplimiento del objetivo de promover y concretar programas y políticas para comprar, construir, rentar o mejorar su vivienda, se masificó la vivienda, por lo que se modificó la Ley del Infonavit sobre sus facultades y obligaciones del Gobierno y los organismos de la institución (González Arreola, 2006). La conceptualización de la vivienda se dirigió hacia el compromiso de brindar un producto de buena calidad y que cum-

pliera con los estándares internacionales; mediante la orientación “Ser Infonavit” se conjugó la visión económica (consolidación institucional a largo plazo) y la visión social (integración colaboradores del Instituto y comunidades) desde un proceso de certificación.

En 2006 el Instituto replanteó su misión, generando una “Nueva Visión” con el objetivo de convertirse en una institución en la que se materializara el esfuerzo de los trabajadores al financiar sus requerimientos de vivienda en un entorno sostenible (Pardo & Velasco Sánchez, 2010), por lo que en 2008, producto de la Reunión Anual de Planeación se definió la propuesta sobre *su reorientación hacia la sustentabilidad social, su relación con la economía nacional, el entorno y la mejora de la calidad de vida de los trabajadores* (Ramírez de la Cruz & Arellano Gault, 2014). Sobre la Ley del Instituto no se presentaron grandes cambios; sin embargo, sus objetivos se encaminaron a que el trabajador pudiera adquirir una vivienda basada en información de calidad, por lo que la propia concepción de vivienda se basó en el balance social, direccionado a los beneficios que producían las ecotecnologías¹ al individuo y a la comunidad.

En el periodo 2007-2014 se enfatizó el impulso de productos y estrategias que promovieran el acceso a más créditos para el financiamiento de vivienda, por lo que el Instituto se orientó hacia una visión integral de la mano del esquema de “Infonavit para todos” a fin de incorporar a todos al régimen de vivienda y en la ejecución del derecho al crédito (González Yñigo, 2018), razón por la cual la Ley sufrió múltiples modificaciones (veces salario mínimo a unidad de medida y actualización como la base para cálculo, se homologó el contenido con la Ley del Seguro Social y la Ley Federal del Trabajo y se adecuó para poder celebrar convenios con otras instituciones). Respecto a la concepción de vivienda, ésta se focalizó en optimizar la generación del valor a fin de ofrecer soluciones integrales, ubicando a la vivienda sustentable como uno de los ejes principales.

1. Infonavit señala que son accesorios ahorradores de agua, luz y gas (Infonavit, 2025b).

A partir de 2019 se enfatizó en un nuevo comienzo, con el que se buscaba recuperar la confianza de los trabajadores y enfocarse en la labor social del Instituto, siendo el derechohabiente el centro de las decisiones; respecto a la Ley Infonavit, los cambios se orientaron principalmente a temas financieros (créditos en pesos y tasas diferenciadas, eliminación de gastos de titulación, ampliación de opciones crediticias e incremento en el monto máximo de crédito), lo cual se encontraba en consonancia con el concepto de vivienda, ya que esta última se abordó desde una visión de solución financiera.

Los cambios jurídicos, conceptuales, financieros y políticos que sufrió el Instituto han sido la base para su posicionamiento como la mayor institución financiera de vivienda en el país; con la adopción de los principios de la sustentabilidad,

éste se convirtió en uno de los referentes a nivel internacional sobre su materialización.

LOS PRIMEROS PASOS: LA VIVIENDA SUSTENTABLE EN EL INFONAVIT

La Nueva Visión del Infonavit fue una transformación sutil en el ámbito conceptual, pero con grandes efectos en la instrumentación, ya que la sustentabilidad se convirtió en el eje central de la organización adoptando criterios técnicos, financieros y de desarrollo urbano (Ramírez de la Cruz & Arellano Gault, 2014) que apostaran por una vivienda que cubriera las necesidades del acreditado y que se encontrara en armonía con el entorno natural (Pardo & Velasco Sánchez, 2010). Su adopción en el Instituto se produjo de manera paulatina (tabla 2).

Tabla 2
Adopción de la sustentabilidad en el Infonavit

Categorías	2009-2012	2013-2017	2018-2023
<i>Estrategia de sustentabilidad</i>	Vivir Infonavit	Perspectiva integral	Elevar calidad de vida
<i>Dimensiones de sustentabilidad</i>	Ejes/desempeño	Desempeño/visión integral	Atributos
<i>Vivienda sustentable</i>	Vivienda como conjunto	Equilibrio componentes	Desarrolladores decisión propia

Fuente: elaboración propia con base en Infonavit, 2010, 2011, 2012, 2013a, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020b, 2021a, 2022, 2023.

Los primeros intentos de adopción de la sustentabilidad dentro del Instituto se pueden ubicar desde el año 2006 a través de su vinculación con algunos programas internacionales (Fundación IDEA, 2013); no obstante, no fue sino hasta 2009 cuando la estrategia de sustentabilidad permeó en el diseño e instrumentación dentro de las políticas, ya que se transitó de la molécula de sustentabilidad (económica, ecológica y social) hacia el programa Vivir Infonavit, en el cual se apostaba por la producción de vivienda de calidad en un entorno próspero que constituyera una

comunidad solidaria, fundamentado en los ejes de vivienda: entorno, comunidad y cultura. Respecto a las dimensiones, se combinó eje y desempeño, entendiendo el primero de éstos desde la propuesta conceptual de la sustentabilidad y el segundo desde su ejercicio. Por último, sobre el concepto de vivienda sustentable, se desarrollaron acciones dirigidas a la mejora de la calidad de vida, centrándose en el ente arquitectónico y su inserción en el medio urbano.

En el periodo 2013-2017 se apostó por la integración en todos los ámbitos, la estrategia de

sustentabilidad se centró en los ejes de vivienda, comunidad, entorno y orientación sustentable, lo que consolidó la idea de que los derechohabientes y la vivienda son la columna vertebral del Instituto. Sobre las dimensiones, los ejes continuaron integrados a la propuesta de desempeño, orientándose principalmente a los impactos de las actividades realizadas en materia social. Sobre el concepto de vivienda sustentable, se apostó por la investigación e implementación de ecotecnologías.

Por último, el periodo 2018-2023 se centró en la mejora de la calidad de vida. La estrategia de sustentabilidad continuó, pero dirigida a la investigación (Infonavit, 2024) y se dirigió a que la construcción se centrara en una perspectiva ecológica (Cámara de Diputados, 2023; Infonavit, 2023), lo que consolidó un concepto de vivienda ecológica vinculada a la vivienda sustentable (Infonavit, 2021b). Sobre las dimensiones de la sustentabilidad, se centraron en una serie de atributos (Infonavit, 2020a) mediante los cuales se legitimó la vivienda sustentable, por lo que su implementación se encontró sujeta al cumplimiento de éstos (Infonavit, 2021b), centrándose en el ente arquitectónico, dejando su instrumentación a los desarrolladores de vivienda.

La adopción de la vivienda sustentable en el Infonavit representó una oportunidad para el desarrollo de la sustentabilidad en México, instrumentándose a través de programas de fomento los cuales respondieron a la orientación del Instituto en cada uno de los periodos (véase tabla 1), englobándose en ejes y en desempeños, respectivamente. Dentro de éstos resaltó Hipoteca Verde como el programa clave para el desarrollo de la sustentabilidad en la vivienda.

HIPOTECA VERDE Y EL FOMENTO DE LA VIVIENDA SUSTENTABLE

En 2007 se desarrolló el proyecto Bases Técnicas para una Hipoteca Verde como el primer ejercicio por parte de profesores, becarios y alumnos para la instrumentación de la sustentabilidad, el

mismo despertó el interés por parte del Gobierno federal, por lo que se instrumentó a través de siete desarrolladores, materializándose en 647 créditos, los cuales reportaron amplia aceptación entre los derechohabientes, por lo que el Infonavit aprobó mediante el programa “Ésta es tu casa” que las nuevas viviendas financiadas incorporaran tecnologías para el uso eficiente de agua y energía, a fin de que los trabajadores con menores ingresos incrementaran su capacidad de compra (González Yñigo, 2015; Infonavit, 2009).

Hipoteca Verde se definió como un monto adicional al crédito de vivienda para el derechohabiente acreditado por el Infonavit, para que pudiera adquirir una vivienda con ecotecnologías que permitieran el uso eficiente de agua, gas y energía eléctrica, a fin de aumentar la calidad de vida de los trabajadores, la disminución del gasto familiar y la posibilidad de su redireccionamiento para la satisfacción de otras necesidades (RUV *et al.*, 2014). Asimismo, buscaba la sustentabilidad a través del impulso de una cultura ambiental que permitiera potenciar la capacidad de pago del derechohabiente a través del favorecimiento del ahorro en el gasto dedicado a pago de servicios, así como el aprovechamiento óptimo de los recursos naturales mediante la eficiencia de equipos y materiales de construcción (gráfica 1).

Gráfica 1
Círculo virtuoso Hipoteca Verde



Fuente: Infonavit, 2010.

El programa ha evolucionado desde su creación, comenzando como un programa piloto dirigido únicamente al sector de menores ingresos (grupo de derechohabientes que cotizaba en el Infonavit en los rangos menores); posteriormente se volvió obligatorio para todos los segmentos de los derechohabientes del Instituto (Infonavit, 2013a) y continuó de esta forma hasta 2018, cuando se reconvirtió en un programa opcional, volviéndose una queja constante por parte de los acreditados, lo que llevó a su término en el año 2023 (Cámara de Diputados, 2023; Infonavit, 2021a).

En su inicio el programa se encontraba dirigido al aprovechamiento racional del medio ambiente vinculado con la reducción del gasto familiar mediante el redireccionamiento a través de ecotecnologías y por ende a la mejora en la calidad de vida de la población beneficiaria. En 2016 este enfoque se modificó cuando se presentó Hipoteca Verde 2.0, el cual se dirigió a la generación de estimaciones, una ruta crítica para su revisión y mejorar los estándares de eficiencia energética (Infonavit, 2016), vinculándose con Sisevive a fin de consolidar una Estrategia Nacional de Vivienda Sostenible, dejando el programa sólo como un mecanismo para el financiamiento de tecnologías dirigidas al consumo eficiente de energía y agua (Infonavit, 2017).

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados del análisis del programa Hipoteca Verde se pueden ubicar en cuatro dimensiones: principios, financiamiento, operación de ecotecnologías y resultados.

PRINCIPIOS

El programa desde su implementación en 2009 hasta su término en 2023 se concibió como un crédito adicional al monto de financiamiento de vivienda, cuyo objetivo transitó por dos momentos: en primer lugar se desarrolló desde una visión meramente ambiental (impactos de la vivienda) y de la mejora de la calidad de vida del acreditado (Infonavit, 2010, 2011, 2012), y en

segundo lugar con un enfoque de desempeño e impacto de las ecotecnologías (Infonavit, 2013a, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018), esto marcado por la orientación del Instituto.

Desde su inicio, el programa de Hipoteca Verde se suscribió bajo la estrategia Vivir Infonavit (tabla 2), implementándose a través del eje vivienda, como la base para que en 2011 se conjuntara como un modelo de desarrollo en el que la vivienda articulara los ejes de comunidad, entorno y cultura, marcando la relevancia de la sustentabilidad como el centro de las acciones. No obstante, la apuesta por un programa que abordara las ecotecnologías como un eje fundamental para la sustentabilidad corta sus alcances, por lo que desde los principios se fue dejando de lado lo social y se centró en aminorar impactos ambientales bajo un beneficio económico.

En 2012 se instrumentó el programa “Balance Social” para medir el bienestar y la calidad de vida en cuatro ámbitos: económico, patrimonial, social y ambiental, suscribiendo el programa de Hipoteca Verde en este último, marcando el rumbo sobre el interés en el impacto en el medio ambiente. Como resultado, en 2013 se creó el programa “Vida Integral Infonavit: Vivienda Sustentable” como un programa en el que se fomenta la sustentabilidad ambiental, social y económica por medio de 20 atributos bajo los ejes de vivienda de calidad, entorno próspero, comunidad solidaria y responsable (Infonavit, 2013b), con este programa/sello se transitó a una visión de desempeño, por lo que se desarrollaron e instrumentaron los ejes estratégicos en el periodo 2014-2015 en los que resaltó Hipoteca Verde como referente en la materia. El protagonismo de cuestiones de desempeño sobre la vivienda sustentable significó el inicio de una visión economicista para la evaluación y medición del programa, reafirmando el protagonismo económico sobre la sustentabilidad.

Cabe señalar que en 2014 el Instituto desarrolló el sistema de evaluación de vivienda verde (Sisevive-Ecocasa) como una metodología que permite evaluar integralmente elementos de diseño, características constructivas y tecnológicas

de cualquier vivienda ubicada en México, esto bajo la premisa de confort térmico y consumo racional de agua (RUV *et al.*, 2014), buscando su integración con el programa de Hipoteca Verde, lo cual se consiguió y conllevó a cambiar la visión social hacia una metodología de cálculo.

Para 2016 se buscó desarrollar investigaciones centradas en la vivienda y la sustentabilidad, por lo que se creó el Centro de Investigación para Desarrollo Sostenible, mediante el cual se generaron estrategias fundamentadas en los tres ejes de Vida Integral Infonavit, ubicando al programa como eje central de la discusión, resultando Hipoteca Verde 2.0, el cual marcó la pauta para la evaluación del programa, dando paso a que en 2017 se conjuntara con Sisevive-Ecocasa; no obstante, en dicha integración Hipoteca Verde transitó a ser una herramienta complementaria de otro tipo de iniciativas y no como el eje de la discusión, con lo cual se puede marcar como el declive del programa.

En 2018, con el término de los informes de sustentabilidad, se marcó el cambio en la disponibilidad de información sobre el programa, si bien es notoria la relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y el interés del Instituto por continuar por la línea de la sostenibilidad,² éste se orientó a dar paso a la puesta en marcha del Plan Estratégico y Financiero centrado en operar, coordinar y solucionar la problemática financiera en el Instituto. En el caso de Hipoteca Verde, se siguieron presentando sus resultados y relevancia; sin embargo, comenzó la discusión sobre su ineficiencia debido a los reportes de quejas y aclaraciones, ubicándolo en los primeros lugares (Infonavit, 2019). Ante esto, en 2020 se constituyó el Grupo de Trabajo de Prevención de Pérdidas y Fraude como una estrategia para hacer frente a los problemas del programa.

En 2021 se desarrolló el concepto y acciones para la incorporación de Sisevive a Hipoteca Verde, esto de la mano de la Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional; si bien se buscaba su vinculación, Hipoteca Verde quedó como una

herramienta de vinculación en la que no se aclararon sus principios, objetivo o metodología, por lo que para 2022 desapareció de los informes y para 2023 se anunció su término y sustitución por el programa “Equipa tu Casa”, el cual se centra en un monto extra de crédito a fin de mejorar, remodelar, ampliar o reparar la vivienda, dejando como una opción el poder adquirir ecotecnologías, es decir, la idea original de sustentabilidad en la vivienda queda como una opción, desvirtuando su objetivo, principios y alcance.

FINANCIAMIENTO

El crédito de Hipoteca Verde era un monto adicional para financiar la vivienda sustentable, en dicho proceso el Infonavit planteó metas crecientes sobre los créditos otorgados y los beneficios que representaba el programa, esto bajo esquemas de coparticipación y de corresponsabilidad con los agentes del mercado, derechohabientes y el propio Instituto (Infonavit, 2010). Sobre su financiamiento, éste se dio por medio del monto adicional al crédito del derechohabiente, fijado por diferentes criterios que se ajustaron según las necesidades detectadas (gráfica 2).

2. Se marca el cambio en el discurso, del concepto de sustentabilidad a sostenibilidad.

Gráfica 2
Operación del crédito de Hipoteca Verde



Fuente: elaboración propia con base en Infonavit, 2010, 2011, 2012, 2013a, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020b, 2021a, 2023.

En el periodo de 2009 a 2010 el crédito se fijaba de acuerdo con el salario del acreditado y los accesorios (ecotecnologías) a instalarse, estableciendo un monto mínimo de \$18,000.00 MXN y un máximo de \$37,000.00 MXN, para trabajadores que ganaran cuatro veces el salario mínimo (VSM), pudiéndose emplear en vivienda nueva, usada, terreno propio y para el mejoramiento, reparación o adquisición de ecotecnología; por tanto, la accesibilidad a lo verde se encontraba en función del poder adquisitivo del trabajador, es decir, acceder a la sustentabilidad se sujetó a la visión económica.

En 2011 el crédito se extendió a los derechohabientes que ganaran hasta 10 VSM, lo que representó una mayor presencia en el mercado inmobiliario y según lo señalado por el Infonavit, posibilitó la implementación de la sustentabilidad en la vivienda a nivel nacional (Infonavit, 2011), situación que continuó de la misma forma para 2012, y en 2013 se incorporó un nuevo segmento salarial para trabajadores con ingresos menores a 1.60 VSM con un monto equivalente a los 2.00 VSM mensuales, con lo que se buscaba impactar en los sectores de menores ingresos.

Estas acciones continuaron de la misma forma en 2014 y ante los buenos resultados reportados por el Instituto (Infonavit, 2010, 2011, 2012, 2013a, 2014), permitieron que en 2015 se volviera obligatorio en todos los créditos, volviéndose todos verdes, es decir, que todos tuvieran acceso a ecotecnologías. Bajo este objetivo, en 2016 se revisó el programa, lo que resultó en Hipoteca Verde 2.0, el cual, bajo una estimación de ahorro y la generación de una ruta crítica para la revisión y mejora, conllevó a la liberación del monto máximo de crédito para el derechohabiente y en la consolidación del programa denominado como el mecanismo más importante de América Latina (Infonavit, 2016).

En 2017 se reportó que el programa era el número uno para el financiamiento de tecnologías para consumo eficiente de energía y agua (Infonavit, 2017); a pesar de esto, dejó de lado la obligatoriedad del programa y se volvió opcional, dicho cambio no se justificó en los informes, reportándose solamente la importancia de su coyuntura con Sisevive-Ecocasa; esta modificación es fundamental ya que pareciera que al no obtener los

resultados económicos previstos, poco a poco se fue dejando de lado su protagonismo.

Para 2018 esto cambió, con la incorporación y creciente protagonismo de Sisevive-Ecocasa, se estableció un estándar mínimo de eficiencia energética y ambiental en la vivienda nueva financiada por el Instituto, lo que significó que las viviendas nuevas ya contarán con un equipamiento mínimo de ecotecnologías en su precio, lo que representó que el derechohabiente ya no tenía que hacer uso del monto adicional, por lo que Hipoteca Verde quedó como una opción, y nuevamente fue minimizada la sustentabilidad.

En el periodo de 2019 a 2020 no se encontró información sobre la operación del programa; sin embargo, para 2021 se cambió el objetivo del programa y se quedó como una opción para que las y los derechohabientes que así lo desearan pudieran optar por mejoras adicionales en su vivienda, esto mediante la incorporación de ecotecnologías bajo un esquema de información al acreditado y su toma de decisión, dejando de lado la sustentabilidad y centrándose en temas de mejora. A pesar de esto, se detectaron múltiples fallas en materia de implementación, lo que llevó a su cancelación en el año 2023.

OPERACIÓN DE ECOTECNOLOGÍAS

En el inicio de la operación del programa, las ecotecnologías financiadas por Hipoteca Verde se establecían según la zona bioclimática, ofertándose en un solo paquete según el caso; esto cambió en 2011, ya que se buscó incorporar una combinación flexible en donde la medición de eficiencia en consumo de agua y energía se encontrara certificada por organismos autorizados, por lo que se certificaron y evaluaron los ahorros a través de la empresa Enervalia; asimismo, se establecieron criterios de selección de ecotecnologías (calidad, seguridad, eficiencia en consumo, garantías y vida útil) a fin de asegurar que se cumpliera con la normatividad nacional; además se generó un inventario de proveedores que distribuyeran e instalaran las ecotecnologías.

En el periodo de 2012 a 2014 se continuó con el mismo proceso, resaltando la incorporación de un simulador en el cual el acreditado seleccionaba

las ecotecnologías acorde con sus necesidades (personas que habitarían la vivienda, consumos, etc.) y la zona bioclimática, además que a fin de efficientar y transparentar el proceso se generó el Sistema Administrador de Ecotecnologías para la gestión del canje y pago de las constancias otorgadas por el Instituto, dichas constancias se obtenían después de que el acreditado concluía satisfactoriamente el taller “Saber para decidir”, en el cual se les explicaban los beneficios de una vivienda sustentable y la forma en cómo podía aumentar su calidad de vida, así como la ubicación de los desarrollos que cuentan con vivienda sustentable.

Para 2015 se amplió el catálogo y se incluyeron medidas que contribuían a reducir ganancia de calor en los climas cálidos, electrodomésticos de alta eficiencia y ecotecnologías de segunda generación; asimismo, se generó un fondo para mejorar y revisar que proveedores cedieran al Infonavit el 2% de cada constancia canjeada para verificar y mejorar el programa.

En 2016 se mostraron mediciones que señalaban la importancia de la eficacia de los electrodomésticos, lo que llevó a considerar nuevas medidas y potenciar las ecotecnologías de segunda generación; no obstante, para el periodo 2017-2018, al no ser obligatorio se promovió la incorporación de nuevas tecnologías y medidas a fin de dotar de más ecotecnologías para seleccionar en el catálogo y con ello promover la eficiencia energética de la vivienda y por ende el ahorro mensual para los trabajadores, razón por la cual se establecieron estándares mínimos de eficiencia energética y ambiental.

Ante la limitante de información en los informes de actividades sobre el programa, la última información sobre el proceso de aplicación se dio en 2021, en este año se trabajó en el desarrollo conceptual que permitiera la incorporación del catálogo al programa de Sisevive y en caso de quedar remanentes, los derechohabientes podrían optar por mejoras adicionales en su vivienda, incorporando otras ecotecnologías. A pesar de su desaparición como programa en 2023, el Instituto estableció como fecha límite hasta agosto de 2025 para poder ejecutar los créditos inscritos antes

del 18 de marzo de 2022 a fin de dar término al programa (Infonavit, 2025b). Cabe aclarar que en esta última iniciativa el monto ya no se dirigía sólo a ecotecnologías, sino que cualquier acreditado que contara con un crédito del Infonavit antes del 18 de marzo de 2022 y que contara con un remanente del monto de crédito para ecotecnologías, podría utilizar dicho monto para productos, materiales de construcción, herramientas, aparatos, utensilios o servicios (Infonavit, 2025a).

RESULTADOS DE HIPOTECA VERDE

Tras el análisis de los informes de sustentabilidad y de actividades del Instituto, se identificaron los resultados de la ejecución del programa en el Infonavit; una de las mayores limitantes es la disponibilidad de información, pudiéndose dividir en dos periodos:

- *Periodo 2009-2016.* Se caracterizó por presentar la información de manera constante en cada uno de sus informes (gráfica 3); sin embargo, esto varió: de 2009 a 2012 se reportó que el promedio de ahorro mensual promedio a nivel nacional en pago de luz, agua y gas de cada vivienda fue de \$229.00 MXN, una reducción de CO₂ de 0.78 toneladas promedio al año por

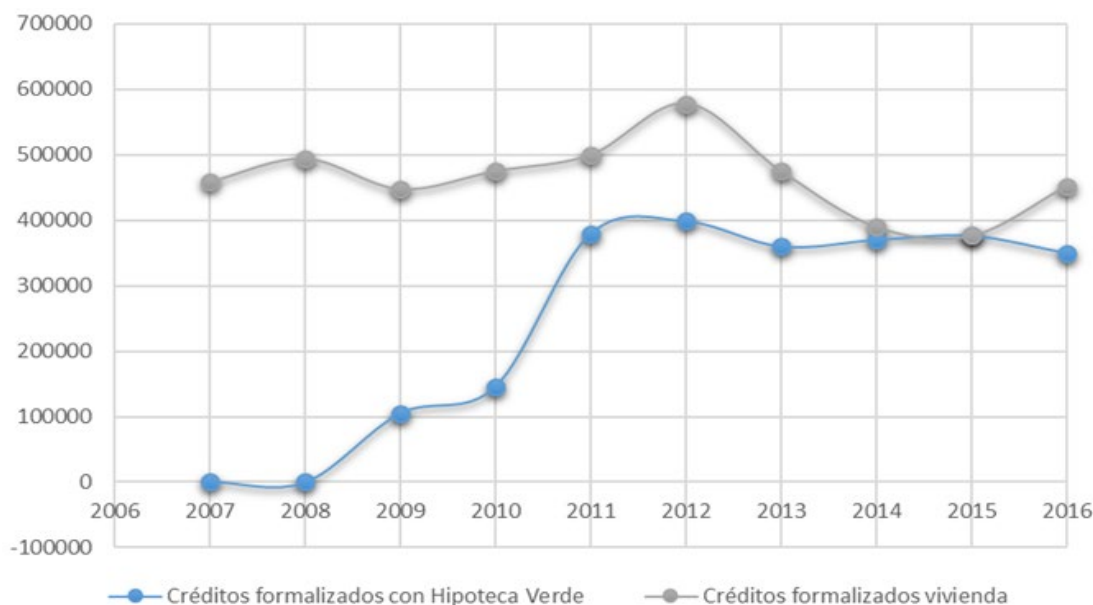
vivienda y un periodo de retorno del monto del programa de 4.1 años (Infonavit, 2012).

Para 2013 se amplió la presentación de resultados del programa por entidad federativa, abordando el periodo 2007-2013, señalando que fueron \$217.00 MXN de ahorro mensual promedio a nivel nacional en pago de luz, agua y gas de cada vivienda, se presentó un ahorro de 71 227 millones de kWh/mes en energía eléctrica y gas, además de que se mitigaron 257,474 toneladas de CO₂ (Infonavit, 2013a).

En 2014 sólo se presentaron los créditos acumulados (gráfica 3) (Infonavit, 2014), mientras que para 2015 se desagregó la información, señalando un ahorro promedio estimado por vivienda de \$2,556.00 MXN anuales por el pago de luz, gas y agua, un ahorro potencial total anual de 962 mdp, 89.14 millones de kwh/mes de energía eléctrica y gas, 35.0 millones de m³ de agua y mitigación de más de 395.7 mil toneladas de CO₂ (Infonavit, 2015).

En 2016 los resultados se centraron en las ecotecnologías, reportando el financiamiento de 146,714 electrodomésticos y tecnologías de segunda generación tales como 4,400 sistemas de captación de agua lluvia y 1,704 sistemas fotovoltaicos.

Gráfica 4
Histórico de créditos formalizados con Hipoteca Verde



Fuente: elaboración propia con base en Infonavit, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013a, 2014, 2015, 2016.

Cabe señalar que en este periodo, al comparar los datos presentados, éstos no son los mismos para 2009 y 2010. En caso de los resultados de 2009, en el informe de 2013 (Infonavit, 2013a) se reportaron 105,398 créditos formalizados con el programa, mientras que en el informe de 2015 para el mismo año se señalan 120,780 créditos formalizados con Hipoteca Verde (Infonavit, 2015). Para el caso de 2010, en el informe de 2013 se señalaron 146,328 (Infonavit, 2013a), mientras que en el de 2015 se reportaron 169,639, lo que muestra una discrepancia en los datos.

Al realizar la comparativa de créditos formalizados con Hipoteca Verde sobre los créditos totales financiados por el Infonavit, es posible observar la relación de los cambios del proceso de instrumentación de ecotecnologías, la operación del monto y su carácter de obligatoriedad. En 2010 es cuando se da un mayor financiamiento, lo que llevó a que se generaran nuevas alternativas y se abriera el segmento en 2013 y su universalidad en todos los créditos del Instituto para 2015, siendo este último año el periodo con mayor convergencia entre los créditos formalizados con el programa y los créditos formalizados por el Infonavit; a pesar de esto, debido a problemas en la instrumentación se volvió una herramienta de Sisevive Ecocasa y se puede ver su declive en el año 2016.

- *Periodo 2017-2023.* En cuanto a la información sobre los créditos aplicados, ésta se limitó progresivamente. En 2017 no se encontraron datos, para 2018 se reportaron 337,039 créditos, siendo 91.20% del total de créditos financiados por el Instituto (Infonavit, 2018); en contraste, fue la primera vez que se reportaron problemáticas con el programa (aplicación, financiamiento y elección de ecotecnologías), incluyéndolo en el *ranking* de quejas del Instituto.

Para 2019 el programa se incluyó en el proceso de aclaraciones, dejando de lado el reporte de créditos financiados, lo que conllevó a que en 2020 y 2021 la información reportada sobre Hipoteca Verde se encontrara dirigida al proceso de quejas, por lo que en 2022 desapareció de los informes y conllevó a que en 2023 se anunciara el tránsito a una nueva visión y su desaparición.

CONCLUSIONES

La política de vivienda es una de las áreas más importantes para la aplicación de principios que permite mitigar los impactos medioambientales; en el caso mexicano, la adopción de los principios de la sustentabilidad en la vivienda se desarrolló en el Estado neoliberal, impactando en las instituciones encargadas de su desarrollo, destacando las modificaciones que implementó el Infonavit desde sus principios (cambio de visión social, hacia la inclusión ambiental y su posterior abandono y reorientación a una visión financiera) e instrumentación mediante programas de fomento, con Hipoteca Verde como un claro resultado de ambas modificaciones.

Hipoteca Verde surgió y se posicionó como el programa insignia de la vivienda sustentable en el Instituto y por ende en el país; no obstante, desde su planteamiento se señaló su adopción desde la dimensión social con énfasis económico bajo un marco de mitigación ambiental; sin embargo, desde su instrumentación éste sólo se limitó a la cuestión económica y al reporte de sus implicaciones ambientales de manera general, siendo un claro ejemplo de cómo lo que se presentó como una política social, en realidad se limitó a criterios económicos, situación que se concluye fue lo que lo llevó al fracaso.

La descripción que se realizó en torno a la trayectoria de la instrumentación del programa en coyuntura con la adopción de la sustentabilidad en el Infonavit, probó que existió una clara disparidad entre los principios conceptuales y su instrumentación, ya que se demostró que según el discurso plasmado en los informes del Instituto, la sustentabilidad en la vivienda se encontraba basada en las tres dimensiones básicas propuestas (social, económica y ambiental); sin embargo, su desarrollo sólo se encontró centrado en la cuestión económica bajo un discurso de mitigación ambiental, dejando de lado lo social y sobre todo el carácter integral de estas tres dimensiones.

Sobre los resultados del programa se encontraron dos limitantes: en primer lugar, la disposición de información, ya que al analizar los informes es claro cómo a partir de 2018 desaparece el protago-

nismo de Hipoteca Verde y se centra la discusión en aspectos negativos, y en segundo lugar existe discordancia en los datos, no habiendo continuidad entre ellos, así como su cambio entre informes.

Conforme a los principios, sí existió un tránsito en consonancia con el Infonavit; sin embargo, a pesar de que desde su fundamento se presentaba desde una visión social, a lo largo del desarrollo del programa se pudo observar que se inmiscuyeron criterios económicos y se centró en su evaluación e implementación desde esta visión, lo que conllevó a la desvinculación de los principios con la realidad de la vivienda en el país.

Los resultados del trabajo documental comprueban que una de las mayores limitantes encontradas fue sobre su operación, ya que es notorio cómo el cambio en el enfoque (obligatorio a opcional y viceversa) conllevó a que los canales de ejecución no fueran claros, generando diferentes problemáticas tales como desinformación y evasión de responsabilidades. Asimismo, la implementación de las ecotecnologías ha sido uno de los puntos más criticados, al no haber canales claros para su instrumentación, y el cambio constante sobre los criterios para su elección dificultó el entendimiento del programa y su evaluación, siendo un ejemplo claro la forma de canje, ya que parece que lejos de favorecer al acreditado, éste se centraba en los proveedores.

En resumen, el estudio indica que los principales problemas del programa fueron: el canje y elección de ecotecnologías, la falta de continuidad en las opciones de financiamiento y el cambio en sus principios de una visión social a una económica. Además de que el programa sí ayudó a fomentar la sustentabilidad en la vivienda en México, pero desde el énfasis económico bajo una propuesta de mitigación ambiental, dejando de lado la cuestión social.

Este artículo contribuye a comprender la forma en cómo se planteó, instrumentó, ejecutó y evaluó la sustentabilidad en la vivienda en México, debiéndose de cuestionar y reflexionar sobre la forma de abordar paradigmas a favor de la mitigación medioambiental a través de la política pública, poniendo especial atención sobre la reflexión de si este objetivo se puede alcanzar bajo un enfoque neoliberal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Martínez, I. (2010). Nueva gestión pública en México: La experiencia del Instituto del Fondo Nacional de Vivienda para los Trabajadores. *Gestión del Cambio*, pp. 19-35.
- Arizmendi, L. (2005). La crisis ambiental mundializada en el siglo XXI y sus disyuntivas. *Mundo Siglo XXI*, 3, 17-37.
- Arredondo Zambrano, C. E., & Reyes Bernal, E. (2013). *Manual de vivienda sustentable. Principios básicos de diseño*. Trillas.
- Cámara de Diputados. (1972). Ley del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. *Diario Oficial de la Federación* (DOF). México.
- . (2006). Ley de Vivienda. *Diario Oficial de la Federación* (DOF). <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LViv.pdf>
- . (2014). Ley del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. *Diario Oficial de la Federación*. Gobierno de México. <https://www.dof.gob.mx/>
- . (2023). *Infonavit generará vivienda ecológica*. <https://www.cmic.org/infonavit-construiria-viviendas-perspectiva-de-sustentabilidad-ecologica/>
- . (2025). Ley del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. *Diario Oficial de la Federación*. Gobierno de México. <https://www.dof.gob.mx/>
- Fundación IDEA. (2013). *Estrategia nacional para la vivienda sustentable*. <https://ecotec.unam.mx/wp-content/uploads/EstrategiaNacionalparalaViviendaSustentableconuee.pdf>
- González Arreola, M. A. (2006). Cambio de las políticas institucionales. En: El Colegio de México (Ed.), *El proceso de modernización en el Infonavit 2001-2006* (pp. 77-99). El Colegio de México.
- González Yñigo, M. G. (2015). *Hipoteca Verde: Análisis de la metodología para la medición de la vivienda sustentable. Caso de estudio Real del Cid, Tecámac, Estado de México (2009-2012)*. (Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México).
- . (2018). *Análisis de la política de vivienda sustentable: Infonavit y sus programas de fomento (2007-2016)*. (Tesis de maestría, Universidad Autónoma del Estado de México-Facultad de Planeación Urbana y Regional).

- González Yñigo, M. G., & Méndez Ramírez, J. J. (2018). La política de vivienda sustentable en México: Producto de las transformaciones del Estado benefactor al Estado neoliberal. Caso Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores en México (2006-2015). *Quivera*, 20(1), 71-84. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9460264>
- Gutiérrez Garza, E., & González Gaudiano, É. (2010). *De las teorías del desarrollo al desarrollo sustentable*. Siglo XXI Editores/Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Infonavit. (2002). *Ley del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores: Antecedentes y reformas*. Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores.
- . (2009). *Reconvención económica: Hipoteca Verde (versión 1.8)*. Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. <https://www.cmic.org.mx/comisiones/sectoriales/vivienda/2009/infonavit/hipoteca%20Verde/01%20Reconversion%20Econ%20-%20HV%20v18%20dic1.pdf>
- . (2010). *Informe anual de sustentabilidad 2010*. Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. <https://infonavit.smart-ed.mx/cgi-bin/koha/opac-retrieve-file.pl?id=48a508b20978c469a0831b9f177772d3>
- . (2011). *Informe anual de sustentabilidad 2011*. Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. https://gaceta.diputados.gob.mx/Gaceta/62/2012/oct/Inf-Sustent_2011-20121025.pdf
- . (2012). *Informe anual de sustentabilidad 2012*. Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. <https://infonavit.smart-ed.mx/cgi-bin/koha/opac-retrieve-file.pl?id=c63302a9892cc7ae7a50809221e60d8>
- . (2013a). *Informe anual de sustentabilidad 2013*. Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. <https://infonavit.smart-ed.mx/cgi-bin/koha/opac-retrieve-file.pl?id=8bb42201c183c300bf8af33d6dea687e>
- . (2013b). *Manual explicativo del programa "Vida Integral Infonavit: Vivienda sustentable"*. Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. <https://covea.mx/blog/ManualVidaIntegralInfonavitViviendaSustentableAtributosMedicionyBeneficiosFebrero2013.pdf>
- . (2014). *Informe anual de sustentabilidad 2014*. Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. <https://infonavit.smart-ed.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=42049>
- . (2015). *Informe anual de sustentabilidad 2015*. Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. <https://infonavit.smart-ed.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=20575>
- . (2016). *Informe Anual de Sostenibilidad 2016*. Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. <https://busqueda.smart-ed.mx/vufind/Record/80787/Description?sid=39400794&lng=el>
- . (2017). *Informe anual de sostenibilidad 2017*. Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores.
- . (2018). *Informe anual de actividades 2018*. Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. https://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2019/11/asun_3958026_20191105_1572967265.pdf
- . (2019). *Informe anual de actividades 2019*. Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. https://portalmx.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/93cbdb8a-oc2d-4978-ab1a-18ce8cof1717/informe_anual_de_actividades_2019.pdf?mod=ajperes&cvid=ndjhc.k
- . (2020a). *Descripción operativa de los atributos de la vivienda sustentable*. Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. <https://portalmx.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/2f32bac8-ee68-4e65-a19b-4fd8662ca0c6/atributosviviendasustentable.pdf?mod=ajperes&cvid=n3lobky>
- . (2020b). *Informe anual de actividades 2020*. Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. https://portalmx.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/90b-667c1-9b87-4f8b-8b70-b26ef9b523ab/informe_anual_de_actividades_2020.pdf?mod=ajperes&cvid=nckzdx
- . (2021a). *Informe anual de actividades 2021*. Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. https://portalmx.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/off7c-748-f769-4060-98d2-d67b901ffc31/informe_anual_de_actividades_2021.pdf?mod=ajperes&cvid=025srb4

- . (2021b). *Manual explicativo de la vivienda ecológica 2021: Versión 4.0 Hipoteca Verde*. Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. <https://www.cmic.org/infonavit-construirla-viviendas-perspectiva-de-sustentabilidad-ecologica/>
- . (2022). *Informe anual de actividades 2022*. Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. <https://portalmx.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/1dae6778-8136-45d0-badf-4055118f123a/informeannualdeactividades.pdf?mod=ajperes&cvid=ovyupQa>
- . (2023). *Informe anual de actividades 2023*. Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. https://portalmx.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/3b6863cd-97b1-4fb2-847f-0c94c3c6fe4a/iaa_2023.pdf?mod=ajperes&cvid=oyhuw9q
- . (2024). *Revista Infonavit*. Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. <https://revistavivienda.infonavit.org.mx/tag/sustentabilidad/>
- . (2025a). *Aliados estratégicos*. Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. <https://share.google/od8wwyjs7rwvdsusv>
- . (2025b). *Hipoteca Verde. Proveedores de ecotecnologías*. Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. <https://share.google/ubg7qubxnvibzzxko>
- . (2025c). *Historia del Infonavit*. Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. https://portalmx.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/7cfo06d4-1466-48fe-88eb-78bc920a0624/historia_del_infonavit.pdf.pdf?mod=ajperes&convert_to=url&cacheid=roo-tworkspace-7cfo06d4-1466-48fe-88eb-78bc920a0624-nnroouf
- Muñoz Serna, Y. L., Franco Cortés, M. del P., Romero Olmedo, G. A., & Hurtado Ayala, A. (2021). Un acercamiento al proceso de transformación de la comunidad de Santiago de Cali: Análisis de contenido de los planes de desarrollo periodo 2016-2019. *Sotavento M. B. A.*, 32, 58-67. <https://doi.org/10.18601/01233734.n32.05>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo: Nuestro futuro común*. Organización de las Naciones Unidas.
- Pardo, M. del C., & Velasco Sánchez, E. (2010). *El proceso de modernización en el Infonavit 2001-2009*. El Colegio de México.
- Pérez Campuzano, E. (2011). Desarrollo urbano sustentable. *Medio ambiente, sociedad y políticas ambientales en el México contemporáneo: Una revisión interdisciplinaria* (1ª ed., pp. 45-68). Miguel Ángel Porrúa.
- Pérez, D. (2006). Ecodesarrollo y sustentabilidad: Visión integral de la realidad. Caso municipio Rafael Urdaneta, estado Miranda. *Sapiens. Revista Universitaria de Investigación*, 7(2), 41-55.
- Ramírez de la Cruz, E., & Arellano Gault, D. (2014). Estrategias, dilemas y oportunidades de la nueva misión y visión del Infonavit: Un estudio de caso. *Gestión y Política Pública*, 23(1), 121-183. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-10792014000100004
- RUV, Infonavit, SIF, Cooperación Alemana (GIZ), Embajada Británica en México, & Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2014). *Sistema de evaluación de la vivienda verde*.
- Sosa Fuentes, S. (2012). Otro mundo es posible: Crítica del pensamiento neoliberal y su visión universalista y lineal de las relaciones internacionales y el sistema mundial. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, 214, 55-86. <https://doi.org/10.22201/fcpys.2448492xe.2012.214.32516>
- Tinto Arandes, J. A. (2013). El análisis de contenido como herramienta de utilidad para la realización de una investigación descriptiva: Un ejemplo de aplicación práctica utilizado para conocer las investigaciones realizadas sobre la imagen de marca de España y el efecto país de origen. *Provincia*, 29, 135-173. <https://www.re-dalyc.org/articulo.oa?id=55530465007>
- Valderrábano Almegua, M. de la L., Castro Campos, J., Hernández Mendoza, R., & Trujillo Flores, M. M. (2011). Las políticas públicas ambientales y su gestión en México. *Medio ambiente, sociedad y políticas ambientales en el México contemporáneo: Una revisión interdisciplinaria*. (1ª ed., pp. 85-123). Miguel Ángel Porrúa.

Condiciones residenciales de la población flotante en Mexicali, México

Residential conditions of the floating population in Mexicali, Mexico

DOI: <https://10.32870/rvcs.v0i19.307>

CARLOS GÁNDARA WOONGG

Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID: 0000-0002-0938-1124

Correo electrónico: gandara.carlos@uabc.edu.mx

ADRIANA MARGARITA ARIAS VALLEJO

Universidad Autónoma del Estado de México, México. ORCID: 0000-0001-9137-8671

Correo electrónico: aarias91@uabc.edu.mx

ALAN GARCÍA HARO

Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID: 0000-0002-4302-6492

Correo electrónico: alan.garcia.haro@uabc.edu.mx

Recepción: 09 de septiembre de 2024 Aceptación: 07 de julio de 2025

RESUMEN

En este estudio se examinan las condiciones residenciales y el comportamiento de la población flotante al interior de las viviendas en Mexicali, una ciudad ubicada en la frontera norte de México. El término de población flotante se diferencia de la migración por estar integrado por residentes temporales sin intención de arraigo, a diferencia de los migrantes que buscan establecerse de forma permanente, lo que influye en gran medida en la percepción de las condiciones de su vivienda. En la investigación se utiliza una metodología mixta, combinando análisis cuantitativo y cualitativo para entender cómo esta población, caracterizada por su alta movilidad, se adapta a las condiciones de su vivienda. La limitante al investigar a la población flotante es la carencia de un censo confiable, lo que impide contar con una muestra representativa. Los resultados revelan que la mayoría de los pobladores flotantes residen en áreas de alta marginación y enfrentan desafíos significativos relacionados con la vivienda, como el hacinamiento y la falta de servicios básicos. Sin embargo, a pesar de estas dificultades, muchos de

ABSTRACT

This study examines the residential conditions and behavior of the floating population within housing in Mexicali, a city located on the northern border of Mexico. The term “floating population” differs from migration as it consists of temporary residents without the intention of settling down, unlike migrants who seek to establish themselves permanently, which greatly influences their perception of housing conditions. The research uses a mixed methodology, combining quantitative and qualitative analysis to understand how this population, characterized by its high mobility, adapts to the conditions of their housing. The limitation when researching the floating population is the lack of a reliable census, which prevents having a repeatable sample. The results reveal that the majority of floating population residents live in highly marginalized areas and face significant housing-related challenges, such as overcrowding and lack of basic services. However, despite these difficulties, many of the respondents overlook these situations due to the transitory nature of their stay.



los encuestados pasan por alto estas situaciones debido a la transitoriedad de su estancia. En el estudio se concluye que es crucial implementar políticas de vivienda inclusivas que consideren las necesidades de esta población para promover su bienestar y la cohesión social en Mexicali. Al ser un tema poco explorado, una de las mayores aportaciones a la disciplina son datos empíricos sobre el contexto de Mexicali, que pudieran dar pie a futuros estudios en otras ciudades.

Palabras clave: vivienda, población flotante, Mexicali.

INTRODUCCIÓN

La movilidad humana es una de las características impresas en la genética de la humanidad; no obstante, es preciso tener presente que ésta es diversa y la población es heterogénea, con diferentes causas y características, pero como consecuencia de la búsqueda de una situación vital mejor (Benlloch-Doménech y Barbé-Villarubia, 2020). En la actualidad el planeta experimenta cambios rápidos y profundos en múltiples frentes, lo que plantea desafíos y oportunidades significativas para individuos, comunidades y gobiernos en todo el mundo. Lo anterior invita a reflexionar sobre cómo enfrentar realidades cambiantes a las que no se les puede dar las mismas soluciones que en el pasado.

Lo anterior motiva y amplía las posibilidades de los individuos, no sólo a cambiar de residencia, sino a adoptar la idea de que el lugar en el que reside no tiene por qué ser permanente. Una vez asimilada la probabilidad de un constante cambio, es cuando surge la incógnita de cómo estos actores perciben y hacen uso del espacio. Los espacios que el ser humano requiere para su desarrollo son diversos; sin embargo, la vivienda es mucho más que un simple espacio físico, es un lugar donde se desarrolla la vida cotidiana, se forjan relaciones y se construyen memorias (Psarra, 2009). Por lo tanto, es comprensible que se considere una de las edificaciones más importantes en la vida de las personas.

The study concludes that it is crucial to implement inclusive housing policies that consider the needs of this population to promote their well-being and social cohesion in Mexicali. Since it is a little-explored topic, one of the greatest contributions to the discipline is empirical data about the context of Mexicali, which could pave the way for future studies in other cities.

Keywords: housing, floating population, Mexicali.

En los desplazamientos del hombre existen variaciones respecto a la escala, temporalidad y motivaciones, así como múltiples posibles combinaciones de estas variantes. Los estudios sobre movilidad humana suelen enfocarse en la migración tradicional, pero es importante reconocer que son tantas las variantes que se requiere de estudios específicos. Dentro del universo de posibilidades se encuentra un grupo que rompe con el paradigma de permanecer en un lugar y echar raíces, lo que incrementa el número de posibles lugares donde habitar. Este grupo está compuesto por nómadas, turistas, conmutadores, trashumantes y población flotante, quienes comparten la tendencia a desplazarse por diferentes regiones conforme las condiciones o intereses vayan cambiando, sin arraigarse en el lugar donde se encuentran.

Ante este contexto, esta investigación se centra en la población flotante, la cual consiste en individuos que se desplazan de un lugar a otro y residen temporalmente en un área específica, independientemente de la duración de su estancia, pero cuyo lugar de residencia habitual no es dicho sitio (Garrocho, 2011). Cabe aclarar que estos pobladores comparten similitudes y diferencias significativas con los migrantes, en los que se abundará más adelante, además es fundamental considerar que la transición de pobladores flotantes a migrantes es una posibilidad significativa que no debe pasarse por alto en el análisis.

Con base en lo anterior, este estudio tiene como objetivo principal revelar las condiciones y el comportamiento residencial de los poblado-

res flotantes en la ciudad mexicana de Mexicali, Baja California, que, debido a su condición de ciudad fronteriza, cuenta con un constante flujo de personas. Esto con el propósito de contribuir a una planificación urbana inclusiva, promover el bienestar de todos los residentes y fortalecer la cohesión social en la ciudad.

POBLACIÓN FLOTANTE Y VIVIENDA

Estudiar a la población flotante enfrenta varios desafíos, el principal es la falta de una definición estandarizada. Si bien este término es cada vez más utilizado en la prensa, en la academia se recurre poco a él, concentrándose principalmente en China, España y Latinoamérica, pero aún ahí resulta ambiguo, porque se realizan adaptaciones para cada estudio (Gándara, Padilla y Gutiérrez, 2020). Aunque el fin de este artículo no es profundizar en la discusión teórica sobre el concepto, es pertinente revisar algunos conceptos con el propósito de demarcar las similitudes y diferen-

cias con otros términos utilizados dentro de la movilidad humana.

El concepto con mayor aceptación es el de Goodkind y West (2002), que se refieren a este grupo demográfico como personas sin residencia permanente o simplemente a diversos subgrupos demográficos sin un lugar de residencia clara. Otros autores (Panaia, 2010; Mungaray, 2016; Rojas y Kuromiya, 2021; Garrocho 2011), más que esclarecer o acotar el término, realizan adaptaciones en función del contexto. Una de las mayores aportaciones es la de Bell y Ward (2000), que se centra en establecer las diferencias entre migrantes y población flotante, conceptos que a primera vista podrían considerarse como uno solo. Sin embargo, guardan diferencias, por lo que se hace necesario manejar claramente los dos conceptos por separado. Como se muestra en la tabla 1, las principales diferencias entre pobladores flotantes y migrantes radican en el objetivo, temporalidad, retorno, duración y frecuencia; no obstante, comparten la escala y motivación.

Tabla 1
Diferencias entre residente, migrante y poblador flotante

Población	Residente	Migrante	Poblador flotante
<i>Definición</i>	Sin intención de cambio	Cambio permanente de residencia habitual	Cambio no permanente
<i>Objetivo</i>	Permanencia	Arraigarse	Residencia temporal
<i>Temporalidad</i>	Vitalicia	Indefinida	Definida en la mayoría de los casos
<i>Retorno</i>	N/A	No hay intención	Existe la intención de regresar al hogar
<i>Duración</i>	Permanente	Última relocalización	Variable
<i>Frecuencia</i>	N/A	Una sola	Varían dependiendo de cada situación
<i>Escala</i>	Local	Regional, nacional e internacional	Regional, nacional e internacional
<i>Motivación</i>	Productivas y reproductivas	Productivas y reproductivas	Productivas y reproductivas

Fuente: elaboración propia.

Ante estos desafíos conceptuales podría ser cuestionable estudiar la población flotante y no simplemente a los migrantes, como usualmente se abordan estas temáticas. Pero la movilidad representa un acto liberador de estructuras, que requiere ampliar el campo de visión. ste es un fenómeno con conexiones flexibles entre los elementos, totalmente opuesto a una estructura rígida y jerárquica, compuesta por múltiples integrantes con perfiles heterogéneos. Por lo anterior se recurre a la “teoría del rizoma” de Deleuze y Guattari formulada en 1972, que permite romper el enfoque binario, en el que sólo participan residentes y migrantes, dando cabida a un sinnúmero de posibilidades, bajo el entendido de que las trayectorias son redes vivas, cambiantes y creativas. Todo esto aterrizza en reconocer que las formas de habitar de estos individuos en ocasiones representan resistencias y la creación del territorio mismo (Deleuze, Guattari y Pérez, 2004).

En este mismo orden de ideas, el espacio no sólo es un contenedor de prácticas humanas, sino el lugar donde se generan significados y relaciones, en el que la movilidad permite a los sujetos reconfigurar su entorno (Martínez, 2024). La ruptura con las estructuras, la creación de oportunidades y el desplazarse de un lugar a otro no es algo nuevo, sino que se remonta a épocas primitivas, cuando las sociedades nómadas adoptaron diversos enfoques para resolver sus necesidades de vivienda, al recurrir a construcciones, efímeras o portátiles. Ejemplos notables de estas arquitecturas son el tipi de los nativos americanos, la *yurta* de la tundra rusa y la *jaima* de los beduinos, que aún hoy en día continúan en uso, demostrando la durabilidad y eficacia de este método constructivo (Gándara y Robles, 2019).

El tema del diseño de espacios para poblaciones transitorias no sólo se enfoca desde una perspectiva constructiva, sino que también se abordan diversas posturas que resaltan su importancia. Solà (1996) destaca la relevancia arquitectónica de proyectos dirigidos a estos grupos, como casas para inmigrantes, viviendas individuales, soluciones temporales y proyectos para personas sin hogar. Estas exploraciones, a

menudo situadas en áreas marginales y con recursos limitados, suelen ser promovidas por la administración pública para usuarios con pocas alternativas. Este contexto permite a los arquitectos trascender el mero diseño comercial, al ofrecer oportunidad para redimir a la comunidad, conforme a su antigua aspiración iluminista. Asimismo, desafía el paradigma que considera la movilidad como una condición transitoria, que se subordina a la residencia como el núcleo estructural de la vida.

En un sentido filosófico, Constant Nieuwenhuys en 1974 propuso una ciudad utópica, la cual nombró la Nueva Babilonia, fundamentada en una crítica social, política y económica en la que propone que el hombre sería capaz de determinar libremente el tiempo y el espacio de su vivencia, y viviría como nómada. La emancipación del lugar de trabajo tendría como consecuencia la independencia respecto a la vivienda y al lugar donde se vive. La sociedad fluctuante favorecería en un alto grado los contactos y los encuentros fortuitos de las comunidades estables. Ésta tendría que ser una estructura móvil, flexible e indefinida, inspirada en la vida nómada de los gitanos y toma como modelo sus campamentos en Italia. Esas construcciones urbanas efímeras, en constante cambio, serían fabricadas con elementos transportables e intercambiables. Una casa compartida, una vivienda provisional, en constante transformación, un campamento nómada en un nivel global (Taracha, 2011).

El arquitecto y filósofo francés Yona Friedman, en su manifiesto sobre “arquitectura móvil” propone estrategias para adaptar la creación arquitectónica a las necesidades de la sociedad moderna en cuanto a movilidad social y física. Frente a la transitoriedad y la evolución constante de las relaciones humanas, sociales y económicas, Friedman abogaba por estructuras distintas a las tradicionalmente utilizadas para una casa, al sugerir que éstas deben ser más flexibles y dinámicas. En su enfoque, las viviendas se concebían como cápsulas de habitación autónomas, alimentadas por pilas fotoeléctricas, prefabricadas y desmontables, que podrían ser colocadas libremente sobre esqueletos

estructurales. Esta propuesta desafiaba la práctica convencional de los arquitectos, quienes solían imponer al cliente un modelo estándar o tipo de usuario, otorgándose a sí mismos la autoridad para tomar decisiones de manera autoritaria (Friedman, 2020). Un estilo de vida móvil que se base en la autonomía y adaptabilidad, interpela cítricamente a las estructuras normativas preestablecidas al reivindicar el poder decisonal a los propios usuarios del espacio. Las ideas y propuestas de estos autores resaltan la ruptura con la estructura tradicional de la ciudad, la cual limita al individuo a ciertos patrones de comportamiento y asentamiento, y proponen formas habitacionales que podrían promover la libertad como un valor social en el nuevo paisaje urbano. Aunque estas teorías suelen considerarse utópicas o visiones futuristas, en la sociedad globalizada actual comienzan a materializarse con adaptaciones específicas a cada región y contexto social.

Más allá de las ideas o propuestas teóricas que rodean a la vivienda y población flotante, hoy en día se requiere de un enfoque integrador con visión a futuro y responsable. Por lo anterior, son ineludibles sus implicaciones dentro del desarrollo sustentable. Para la Organización Internacional de Migración (OIM), se debe garantizar que las políticas del planeamiento urbano a las viviendas sean inclusivas de los migrantes y coherentes con las prioridades de la gobernanza migratoria, tanto así que esto queda plasmado en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Asimismo, considerar la incorporación de espacios verdes en la vivienda y sus alrededores, de forma tal que permita mejorar la calidad de vida de la población, aun cuando ésta no se encuentre establecida en forma permanente.

En el mismo orden de ideas, ONU-Hábitat destaca la contribución de la vivienda al cumplimiento de esta misma Agenda 2030. Aunque incide en cada uno de los Objetivos del Desarrollo Sustentable (ODS) ahí propuestos, la garantía del derecho de la vivienda se relaciona directamente con ocho de ellos, el 1, 3, 4, 5, 7, 10, 11 y 17. Cuando los individuos carecen de vivienda o ésta no cumple con las condiciones adecuadas, se pue-

den ver afectados diversos temas como: inclusión social, salud física y mental, desempeño escolar, desigualdad de género, pobreza energética y generar la transmisión intergeneracional de la pobreza (Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, 2019). Por su parte, Röbbel (2016) destaca que los espacios verdes en las ciudades ofrecen grandes oportunidades para el cambio positivo y el desarrollo sostenible.

Si bien el tema ha sido poco estudiado, la mayoría de estas investigaciones se concentran en China. Estudios como el de Wang *et al.* (2021) demuestran que ante la presencia de población flotante en grandes ciudades como Beijing y Guangzhou, se traduce en un alza en los precios y escasez de opciones asequibles. Según Jiang (2006), estos pobladores en su mayoría viven en colectivos en mal estado o incluso en sus lugares de trabajo; sin embargo, en otros casos las viviendas que habitan presentan mejores condiciones y servicios que las de su lugar de origen. Otra particularidad identificada por Wu y Logan (2016) es que al autorreconocerse como un grupo aislado, sus interacciones se dan en mayor medida con los vecinos, quienes probablemente se encuentren en la misma condición, lo que se traduce en una propensión de ayudar, esperando que de alguna forma esta actitud resulte en una acción recíproca que se transforme en una red de ayuda. Bajo esta perspectiva es que el acceso a la vivienda cumple un papel crucial no sólo en calidad de vida, sino que también contribuye en la inclusión social de la población flotante (Wang *et al.*, 2023).

En el contexto mexicano, la investigación acerca de este fenómeno específico es escasa. Se cuenta con pocos estudios enfocados en la generación de datos empíricos, como los de Mungaray (2016), Rojas y Kuromiya (2021), Gándara (2021), Gándara y Padilla (2024), todos orientados desde una perspectiva social o urbana. Estas investigaciones se centran principalmente en el análisis teórico de concepto, así como la caracterización de la población flotante; entre lo destacable están las similitudes, como centrarse en ciudades fronterizas y abordar temáticas como la seguridad, inclusión e infraestructura urbana, y aun-

que todos abordan la vivienda, en ninguno es el objetivo principal. Lo anterior invita a abundar el tema en más puntos de ambas fronteras con estudios longitudinales que permitan registrar la evolución de estos grupos a través del tiempo.

En resumen, la vivienda no sólo desempeña un papel crucial en la configuración urbana, sino que también influye de manera significativa en la vida no sólo de las poblaciones flotantes, sino de la sociedad en su conjunto. Por lo tanto, abordar el tema de la vivienda para estas poblaciones flotantes no sólo es una cuestión de necesidad básica, sino también una oportunidad para fomentar la inclusión, la igualdad y el desarrollo sostenible en todas las ciudades y comunidades del mundo.

CASO DE ESTUDIO

La ciudad de Mexicali, Baja California, se encuentra ubicada en la frontera noroeste de México, colindante con la frontera sur de Estados Unidos. Su posición estratégica la convierte en un destino constante para flujos migratorios con diversas dinámicas, tales como origen, tránsito, destino y retorno, un patrón que se ha repetido desde antes de la fundación de la ciudad en 1904. Su intenso tránsito transfronterizo se refleja en entradas y salidas constantes entre ambos países, donde las personas, sin importar su estatus migratorio, se congregan en áreas compartidas como albergues, plazas, calles, parques y avenidas del centro urbano y sus alrededores (Ramírez y Moreno, 2023). Estos espacios son testigos de interacciones cotidianas que incluyen la búsqueda de vivienda, empleo, alimentos, descanso y relajación.

A pesar del crecimiento significativo de la población nativa de Mexicali, una parte considerable de este aumento proviene de la llegada de migrantes. Según datos del Censo de Población y Vivienda 2020 realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la ciudad cuenta actualmente con una población de 854,186 habitantes. De este total, el 29.84% son personas nacidas en otra entidad federativa dentro de México, y un 4.19% corresponden a

individuos nacidos en otro país pero que residen en la ciudad. Estos datos reflejan claramente la relevancia de la migración en la conformación de la población mexicalense, al representar en conjunto el 34.03%.

Estas cifras subrayan la influencia significativa de las migraciones en la estructura demográfica de los residentes de Mexicali. No obstante, es crucial tener en cuenta que los censos poblacionales ofrecen una fotografía estática de la distribución de la población en un momento específico, con un intervalo de tiempo considerable entre cada relevamiento. Esto resulta insuficiente para capturar adecuadamente la movilidad poblacional, especialmente en zonas del país con un flujo migratorio intenso, como es el caso de Mexicali (Garrocho, 2011).

Abordar la temática de la vivienda en Mexicali, al igual que en el resto del país, representa un desafío debido a que se ha convertido en un problema estructural, principalmente debido a la escasez de viviendas, la deficiencia en la infraestructura, la falta de servicios básicos en las viviendas existentes y las fallas en la implementación de políticas de vivienda (Márquez y Pardo, 2024).

El estudio realizado por Salazar y Ley (2022) sobre la evaluación intraurbana de la vivienda inadecuada en Mexicali revela que cerca del 60% de las viviendas examinadas exhiben un nivel alto o muy alto de inhabitabilidad. Este fenómeno se atribuye principalmente a la fragilidad estructural de las edificaciones, al hacinamiento y a la percepción por parte de los residentes. Además, se señala que casi la mitad de estas viviendas carecen de proximidad a servicios urbanos básicos y oportunidades de empleo, y se localizan en zonas afectadas por la contaminación ambiental. Es importante destacar que prácticamente todas las viviendas en Mexicali enfrentan riesgos significativos relacionados con fenómenos geológicos e hidrometeorológicos, lo cual se explica en gran medida por la ubicación geográfica de la ciudad, situada en una de las áreas de mayor sismicidad en México.

En resumen, las condiciones y el comportamiento residencial de los pobladores flotantes en

Mexicali se ven influenciados por la combinación de factores que incluyen un alto flujo poblacional y condiciones extremas, como altas temperaturas y propensión a terremotos.

METODOLOGÍA

En este estudio se empleó una metodología mixta, como sugiere Meeus (2012) para triangular enfoques cualitativos y cuantitativos con fuentes primarias, de esta manera se contextualiza la investigación. La mezcla permite abrir diferentes perspectivas sobre la población flotante de manera simultánea. Por lo tanto, se adoptaron dos enfoques: uno centrado en el análisis cuantitativo para el comportamiento residencial de los pobladores flotantes, y otro enfoque cualitativo que recopila información por parte de personas relacionadas con el fenómeno, pero desde un enfoque externo.

Dado que el fenómeno de la población flotante es dinámico y cambia constantemente, es necesario realizar estudios seccionales para capturar su evolución. Por no disponer de un censo específico, se optó por trabajar bajo el supuesto de una población mayor de 10,000 casos. Para determinar el tamaño de la muestra, se utilizó la fórmula de muestreo aleatorio simple con un nivel de confianza del 95% y un nivel de precisión que no excede el 10% como máximo porcentaje de error. Además, se consideró una variabilidad esperada de 0.5 tanto para p (proporción estimada de la población con una característica específica) como para q (proporción estimada de que la población no tiene una característica específica), lo que resultó en una muestra de 96 individuos.

La herramienta es una encuesta, que se divide en tres apartados. Inicia con un filtro para identificar a los pobladores flotantes, compuesto por cuatro interrogaciones: ¿ciudad de nacimiento?, de esta manera se eliminan a todos los mexicalenses; ¿radicas en Mexicali de manera definitiva o tienes más de cinco años?, para descartar a las personas ya arraigadas; ¿tienes al menos 30 días viviendo en Mexicali?, al considerar éste como el mínimo

para generar criterio sobre la vivienda; por último ¿cuentas con alguna identificación oficial con domicilio en Mexicali (identificación para votar, licencia para conducir o pasaporte tramitado en la ciudad)?, de esta manera se elimina la posibilidad de que se cuente con registro oficial de su residencia en la ciudad. El cuestionario sólo se aplicó a personas que cumplieron satisfactoriamente las cuatro preguntas. Una vez identificados, en segunda instancia se acopiaron datos demográficos los cuales proporcionan un panorama general del grupo estudiado, y se finaliza con las variables que describen las condiciones y el comportamiento residencial de estos individuos.

Se propuso una distribución que considera diversas ocupaciones y sectores de la ciudad, donde existe una alta probabilidad de identificar a los pobladores flotantes, como: albergues, universidades, zona hospitalaria, parques industriales y colonias residenciales de alto nivel. La aplicación de la encuesta se realizó entre agosto de 2019 y enero de 2020 a los diferentes grupos y en los sectores que se especificaron.

La estrategia cualitativa se basa en el razonamiento inductivo, el cual parte de la observación de casos específicos para establecer generalizaciones, con el fin de determinar su aplicabilidad a otros casos específicos (Urzola, 2020). Para seleccionar los informantes clave, se llevó a cabo un proceso que involucró la observación directa en la ciudad, así como conversaciones breves con transeúntes y personas vinculadas a actividades relacionadas con la movilidad humana. Además, se hizo un seguimiento de los medios de comunicación y de difusión científica.

Los criterios de selección de los informantes clave estuvieron relacionados con su experiencia, conocimientos especializados, roles profesionales y afiliación a grupos específicos que tuvieran interacción con la población flotante y el tema de la vivienda. Se procuró seleccionar una muestra diversa de informantes, además su accesibilidad y disponibilidad para participar en el estudio. Los perfiles incorporados son: poblador flotante (PF), especialista en recursos humanos (RH), responsable de albergue religioso para migrantes (AR),

responsable de albergue laico para migrantes (AL), un académico responsable de cooperación internacional e intercambio de una universidad (AA), un funcionario público jefe de departamento de planeación estratégica (FP), una persona que se dedica al arrendamiento de inmuebles (RR) y un investigador especialista en la planeación de la ciudad (IP).

Se propuso emplear una entrevista como herramienta cualitativa, la cual se diseñó con un guion flexible que, al igual que la herramienta cuantitativa, se basa en los hallazgos de la literatura y la teoría revisada. Sin embargo, este guion se adapta para abordar cuestiones perceptibles desde el exterior. Las entrevistas se llevaron a cabo entre agosto de 2019 y diciembre del mismo año, en diversos lugares, como el lugar de trabajo del entrevistado, algún café o incluso en su propia vivienda. La duración de las entrevistas varió entre 30 y 60 minutos.

Los contenidos de las entrevistas fueron grabados y posteriormente transcritos, para preservar la identidad de los participantes, cuyos nombres fueron sustituidos por claves. Posteriormente se identificaron las respuestas en función de los objetivos de la investigación, dándole prioridad a aquellas que proporcionaban información reveladora o que contrastaba con las de otros informantes, y se incluyeron textualmente en el análisis.

RESULTADOS

CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA

Es importante tener en cuenta que estos resultados se basan en una muestra específica y no representativa de la población en su totalidad, lo que limita la generalización de los hallazgos a un contexto más amplio. Sin embargo, para comprender los resultados mostrados, más adelante se proporcionan los datos demográficos de los encuestados en la tabla 2.

Tabla 2
Perfil demográfico de la muestra

Variable	Cantidad	(%)
Sexo		
Masculino	44	45.84
Femenino	52	54.16
Edad		
18-25	33	34.38
26-35	43	44.79
36-45	17	17.71
46-55	2	2.08
56-65	0	0
66-68	1	1.04
Nacionalidad		
Mexicana	68	70.83
Extranjera	28	29.17
País de origen		
México	68	70.83
Honduras	13	10.42
Guatemala	10	13.54
El Salvador	1	1.04
España	1	1.04
Estados Unidos / México	1	1.04
Filipinas	1	1.04
Corea	1	1.04
Escolaridad		
Primaria incompleta	9	9.38
Primaria	9	9.38
Secundaria	15	15.63
Preparatoria	25	26.04
Técnico superior	7	7.29
Licenciatura	22	22.92
Posgrado	9	9.38
Ocupación		
Empleado	37	38.54
Desempleado	18	18.75
Empresario	1	1.04
Independiente	14	14.58
Estudiante (universitario)	22	22.92
Otro	4	4.17

Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS CUANTITATIVOS

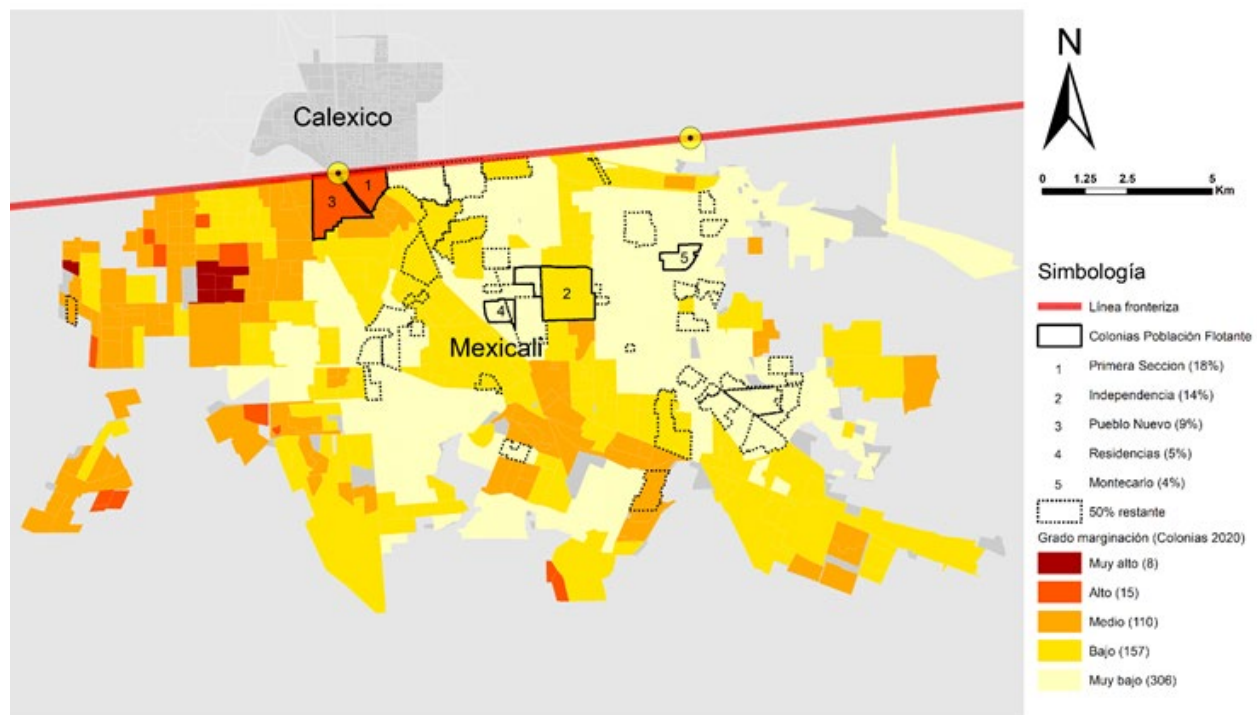
El comportamiento de los pobladores flotantes puede variar significativamente según sus recursos, necesidades, experiencias individuales y el contexto socioeconómico en el que se encuentran. Los resultados presentados a continuación reflejan cómo estos pobladores viven y perciben las condiciones de sus viviendas y los espacios

circundantes. La ubicación tiene un impacto significativo en la experiencia y el bienestar de los residentes y su percepción puede variar según las necesidades y preferencias individuales. Si bien la localización es el factor con mayor influencia en el valor de la propiedad, también está estrechamente relacionado con diversos aspectos que afectan la calidad de vida, la seguridad y la conveniencia.

Los primeros resultados de esta investigación registraron la existencia de una relación entre la distribución de la población flotante y los grados

de marginación (figura 1). La mayor concentración de la población flotante identificada tiende a ubicarse en áreas cercanas a la frontera y centrales, las cuales registran el mayor grado de marginación en la ciudad. Esta situación sugiere que la proximidad a zonas estratégicas para los desplazamientos hacia otras ciudades o el cruce fronterizo cumplen un papel importante en la concentración de la población flotante. Aunque también enfrentan desafíos significativos en términos de servicios y condiciones de vida que definen su grado de marginación.

Figura 1
Grado de marginación y población flotante en Mexicali



Fuente: elaboración propia con datos de Conapo (2021).

Los encuestados se encuentran distribuidos en un total de 41 colonias de la ciudad de Mexicali. De éstas, 34 son tradicionales y concentran el 85% de los encuestados, mientras que siete son fraccionamientos cerrados y concentran al 15% restante. Las colonias con mayor concentración de la población flotante son Primera Sección (18%) y Pueblo Nuevo (9%), ambas ubicadas

cerca del cruce fronterizo hacia Estados Unidos, lo que sugiere que la proximidad a la frontera atrae a la población flotante debido a la facilidad de movimiento transfronterizo y la accesibilidad a servicios transitorios. No obstante, el 14% de los encuestados se ubican en la colonia Independencia, que si bien se encuentra situada en los alrededores del centro geográfico de Mexicali,

alejada de la línea fronteriza, al ser una de las colonias más grandes de la ciudad y estar integrada totalmente a la red vial consolidada de la ciudad, se vuelve una zona accesible para la población temporal de la ciudad. Por otro lado, las colonias Residencias y Montecarlo registraron 4 y 5% de los encuestados, respectivamente. La primera se encuentra ubicada al centro sur de la ciudad, próxima a la colonia Independencia, y la segunda se encuentra al noroeste de Mexicali, una de las zonas habitacionales con mayor desarrollo de vivienda en las últimas décadas.

El otro 50% de los encuestados se encuentran distribuidos en el resto de colonias de la ciudad, sin registrar ninguna una concentración mayor al 2% de los encuestados por colonia. Por su parte, el 57% de encuestados residen en una colonia considerada popular, el 28% en fraccionamientos abiertos y el 15% en fraccionamientos cerrados. La explicación probable de la baja presencia de pobladores flotantes en fraccionamientos cerrados radica en el mayor costo de renta en comparación con otros tipos de colonias o fraccionamientos abiertos.

Con base en los resultados del Consejo Nacional de Población (CONAPO) sobre el grado de marginación urbana por colonia 2020 para la ciudad de Mexicali, ninguno de los encuestados vive en una zona de muy alta marginación (figura 1). No obstante, Pueblo Nuevo y Primera Sección registraron un grado alto de marginación, lo que implica que el 27% de los encuestados habitan dentro de esta condición. Seguido de la colonia Independencia con el 12% de los encuestados con un grado bajo de marginación, y Montecarlo y Residencias con muy bajo grado de marginación.

En general, el 49% de los encuestados habita en una colonia con muy bajo grado de marginación. Así como el 22% se ubican en zonas de bajo grado de marginación. Por su parte, tan sólo el 2% habita en una zona de medio grado de marginación. Mientras que el 27% se asienta en colonias con alto grado de marginación, correspondiente a las ya referidas.

Los tipos de vivienda se refieren a las diversas formas de residencia en las que las personas

pueden vivir, estos tipos pueden variar ampliamente en función de factores como: ubicación, cultura, presupuesto y preferencias individuales. El 71% de los encuestados reside en una vivienda particular, de quienes 42% en una casa y 29% en departamento, el 29% restante reside en una vivienda de uso temporal que según INEGI está destinada para vacacionar, descansar o vivir algunos días, semanas o meses, pero no tiene residentes habituales ni se ocupa como local comercial.

El 70% de estas viviendas resultó ser rentada, 22% prestada, 7% propia y 1% otra, esto concuerda con los resultados de los estudios de Logan, Fang y Zhang (2009), que afirman que los pobladores flotantes son más propensos a estar en viviendas de alquiler y menos probable que las personas más arraigadas localmente para construir o comprar sus casas. El promedio del alquiler pagado es de \$2,485.26 pesos, dentro de un rango que va desde los \$0.00 hasta los \$30,000.00, es imprescindible subrayar que 22.92% de los encuestados no sufragó monto alguno, de considerar sólo a los que pagan renta el monto promedio es de \$3,224.2 lo que significa un aumento del 29.73%. La generación de datos fiables sobre el precio promedio de las rentas se ve limitada debido a que la mayoría de los arrendamientos se realizan de manera informal. Los indicadores más confiables suelen ser proporcionados por empresas inmobiliarias, las cuales tienden a administrar propiedades de nivel medio-alto. Según estas fuentes, la renta promedio en Mexicali se estima entre \$13,000.00 y \$15,000.00. Sin embargo, las respuestas obtenidas no corresponden a este rango, ya que ninguna de ellas se encuentra dentro del mismo, con excepción de una que está considerablemente por encima.

Uno de los principales temas a tener en cuenta al estudiar la habitabilidad de la vivienda es el hacinamiento, esto se refiere a una situación en la que un número excesivo de personas comparten un espacio limitado, lo que resulta en una falta de espacio personal y privacidad. La ocupación promedio por habitación según los encuestados es de 11.42, pero la respuesta más común fue de una sola persona y la media de dos. Resulta indispensable aclarar que 26% de los encuestados habita

en albergues, en los cuales se vive en evidente hacinamiento que oscila entre dos y 80 personas en una misma habitación o espacio adaptado para esta función, con un promedio de 39 personas. Si al total se resta a este grupo de personas la ocupación por habitación, se reduce drásticamente hasta 1.45 personas; sin embargo, es alto al comparar el promedio de Mexicali según el Censo de Población y Vivienda 2020, donde el promedio de ocupantes por cuarto en viviendas particulares habitadas es de 0.82.

El número de cuartos por vivienda afecta directamente las condiciones de vida de sus habitantes. Una casa con un número adecuado de cuartos permite una apropiada distribución de los espacios, lo que proporciona privacidad y comodidad para los usuarios del inmueble. La muestra arrojó que el 6.25% reside en una casa con un solo cuarto, 19.79% dos cuartos y 73.96% en tres o más cuartos, lo que refleja una clara diferencia con los resultados del Censo de Población y Vivienda 2020, que revela los porcentajes de cuartos por casa de la población en general de Mexicali es de 1.73% un cuarto, 12.80% dos cuartos y 85.47% tres cuartos o más.

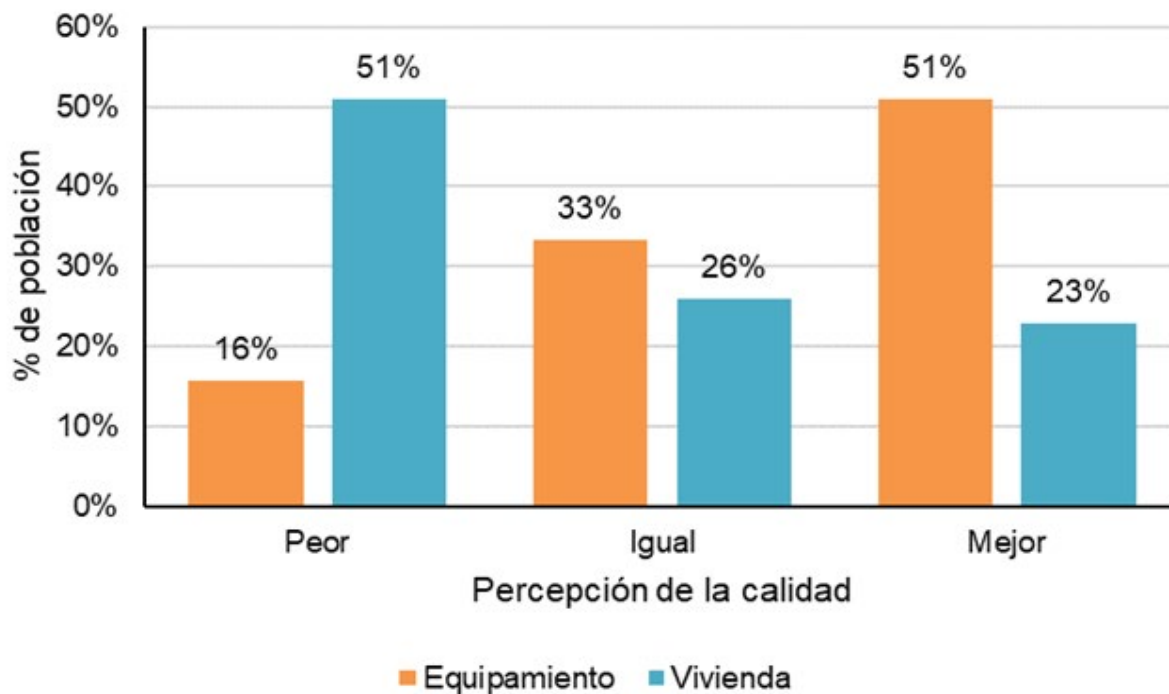
Según Shen y Huang (2003), la percepción de los pobladores flotantes tiende a mostrarse neutral o buena acerca de su vivienda a pesar del hecho de que viven hacinados y en edificios en malas condiciones, esto por ser conscientes de que su estadía es transitoria. Lo antes mencionado se corrobora con este estudio, ya que el 58% considera que la condición de la vivienda es

buena, 15% neutral, 11% muy buena, 8% muy mala y 7% mala. Sin embargo, esto cambia al compararla con la casa en la que vivían antes de llegar a Mexicali, puesto que el 51% se encontraba en peores condiciones, 26% igual y 23% mejor. Es importante tener en cuenta que esto es función de la percepción de los encuestados y no desde una evaluación objetiva de las edificaciones en las que viven.

La vivienda, el equipamiento y la infraestructura urbana están estrechamente interconectados y se influyen mutuamente. La accesibilidad de los pobladores flotantes a servicios y las comodidades proporcionadas por estos espacios contribuyen a una mejor calidad de vida. Sólo el 11.46% de los encuestados dice que su acceso a equipamiento e infraestructura ha sido limitado, además hay un 7.29% que dice no saber, el otro 81.25% expresa tener acceso a ambos rubros, lo que muestra que al menos en este aspecto la ciudad tiende a brindar acceso.

Los pobladores flotantes cuentan con un punto de referencia para ejercer un criterio en cuestiones urbanas, al contar con otra ciudad de residencia habitual o haber residido en diversas ciudades a lo largo de su vida. Por lo anterior se les solicitó confrontar la calidad de la infraestructura y equipamiento urbano de Mexicali con la última ciudad en la que residieron. Como se muestra en la figura 2, en ambos casos se percibe una clara percepción favorable a neutral respecto a la calidad de los servicios y espacios relacionados con la infraestructura y equipamiento urbano.

Figura 2
Percepción de la calidad en comparación con la ciudad que habitaba antes



Fuente: elaboración propia.

Lo anterior no es sorpresa puesto que según el *Anuario estadístico municipal 2019* de Mexicali, el rezago en servicios básicos (agua, electricidad, drenaje y alcantarillado) se encuentra por debajo de 1%, sólo resalta atraso en temas de la calidad y condiciones de las vialidades. En el mismo sentido, según el *Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2020* de la Secretaría de Bienestar, el grado de rezago social en Mexicali es muy bajo, al mostrar indicadores por debajo incluso que los del resto del estado en apartados de acceso: educación, servicios de salud, seguridad social, calidad y espacios de la vivienda y servicios básicos en la vivienda.

RESULTADOS CUALITATIVOS

Desde una óptica diferente, los informantes clave ofrecen perspectivas únicas a las que no se hubiera tenido acceso de otra manera, debido a su experiencia o posición en una organización o

comunidad. Esto suma para lograr una visión integral de los desafíos y oportunidades relacionados con el acceso a la vivienda y pueden ser fundamentales para informar de políticas y programas que aborden estas cuestiones de manera efectiva.

En este sentido su aportación es crucial para identificar el comportamiento y condiciones de la población flotante a la hora de elegir su vivienda, aunque ésta sea de manera efímera. Como era de esperarse, las respuestas de la entrevista fueron variadas según el perfil de los informantes, aunque en algunos casos específicos hubo evidentes similitudes. En otros casos claramente las respuestas difieren entre sí, porque responden a contextos específicos, esto imposibilita exponer caso por caso. El verdadero valor de esta diversidad no es entender cada una de las respuestas, sino ver el panorama general y tener en cuenta la pluralidad del fenómeno.

El acceso a la vivienda es un tema complejo y multifacético que varía significativamente según el país, la región y las políticas gubernamentales

vigentes. Además, presenta variaciones que dependen de cada segmento de la población. Ante esta situación, para la mayoría de los entrevistados los pobladores flotantes no tienen el mismo acceso que los residentes, entre las principales causas está el hecho de que sus opciones se reducen a rentar y queda descartada la compra de una casa; aunado a esto, se suman los requisitos para rentar, los elevados precios y la discriminación, esto último contradice lo dicho por RR, que afirma preferir inquilinos foráneos.

PF: Creo que eso depende del lugar de donde vengas, por ejemplo, yo vengo de una ciudad pequeña, entonces, al llegar aquí pues sí te das cuenta que a lo mejor es un poco más caro vivir aquí y no es tan accesible, pero puede ser que haya el caso contrario, que sea igual o se les haga mejor, no sé.

RH: Ahí hay un tema, en vivienda cuando tu vienes de afuera y quieres rentar, antes de comprar, te piden avales. No tienen el mismo acceso. Yo lo viví para rentar, pues la compañía de mi trabajo, pero para conseguir los avales y eso. Me fue muy difícil porque me pedían aval de la ciudad, y la compañía no da. Entonces, fue pedirle el favor a un compañero que casi vas conociendo, empezando a conocer.

AR: No creo, les cuesta un poquito más de trabajo, pero a fin al cabo cualquiera puede pagar \$1,500.00 por una renta y agarren. Se mete a trabajar y en dos años ya está solicitando crédito para una vivienda.

AA: Ahí no podría decir que sí. Más bien, debo contestar que no, pero eso obedece al hecho de que las empresas que aquí se desarrollan o empleadores que ofrecen fuentes de trabajo para las gentes y ese tipo de población flotante, los ingresos no van acordes, ni son realistas como para que una familia pueda adquirir una vivienda digna en corto plazo. Si no existen las condiciones en las que tendrán que hacer uso de vivienda que sea a través de la renta, y posteriormente al paso de los años terminan haciéndose de una propiedad y adquiriendo un patrimonio.

FP: Sí, finalmente es un tema de oferta y demanda, creo que eso no cambia, digo salvo que ellos

traigan una estructura de soporte muy limitada, contra un poblador que ya tiene muchos años de establecido aquí, finalmente eso te alcanza o no te alcanza para pagar una renta o lo que sea.

RR: Yo creo que tienen más acceso los de afuera que los de aquí. Yo le voy más rentarle a los de fuera que a los de aquí.

IP: Mira, el acceso a la vivienda en México está amarrada al trabajo. Si te refieres al acceso a una vivienda de interés social necesitas tener trabajo para tener acceso a esa vivienda. Tienes acceso para rentar una vivienda como cualquier persona, pero eso depende de tu condición económica. Si se trata de rentar vivienda yo creo que no hay problema, al contrario, los estudiantes, hay todo un mercado para eso. Se los pelean, ciertos empresarios que se dedican a eso.

Las autoridades tienen un papel fundamental en el acceso a la vivienda mediante el desarrollo e implementación de políticas inclusivas, la planificación urbana sensible y la provisión de infraestructura adecuada. Su acción puede marcar una gran diferencia en la calidad de vida y el bienestar de la población en general. Por lo anterior se consultó si tenían alguna idea o sugerencia de cómo las autoridades podrían contribuir al acceso a la vivienda para los pobladores flotantes.

La propuesta recurrente es utilizar las viviendas abandonadas una vez rehabilitadas, lo que independientemente para la población flotante es una problemática recurrente en las ciudades fronterizas del norte del país; sin embargo, es un problema con diferentes aristas como: legal, económico, seguridad, y principalmente de ubicación por encontrarse en las periferias, lo que ha dificultado diferentes programas de reutilización. Sumado a lo anterior, existen otras perspectivas que aportan soluciones de mercado o a sectores desfavorecidos.

RH: Yo creo que sí, debería haber un programa o un plan para población flotante. Desde tener áreas de vivienda, que a lo mejor sean de renta, y sirve que los ayudan a integrarse, buscan lo mismo de ellos. Yo creo que sería una buena opción, una buena oportunidad de negocio.

AA: Sólo mediante la implementación de albergues temporales con condiciones satisfactorias mínimas de vida, es difícil pensar en otra opción cuando estas personas están fuera del sistema. Implementar un plan de vivienda permanente con recursos del erario público sería muy impopular y podría motivar a confrontaciones políticas.

FP: Yo creo que la única responsabilidad del gobierno es ofertar estas estancias temporales para darles una oportunidad en su tránsito, pero de ahí en fuera igual podrían ayudar a cualquiera. Finalmente, el que vive aquí y trabaja aquí y hace un esfuerzo por pagarse una vivienda debiera tener las mismas oportunidades de otro que viene de afuera, y no sería justo que por el tema de ser inmigrante el gobierno subsidiara algún tipo de patrocinio adicional o ayuda adicional al de los demás. Finalmente, si tú te vas a vivir a otra ciudad, obviamente el gobierno no te va a ayudar a que tu vida sea más fácil, te vas a tener que esforzarte por cumplir tus objetivos económicos en cualquier ciudad donde estés.

La infraestructura urbana y la vivienda están estrechamente relacionadas y se influyen mutuamente, un enfoque integral que tenga en cuenta la interacción entre ambos aspectos es fundamental para promover ciudades sostenibles, inclusivas y habitables. Con base en esta dependencia, se cuestionó si los pobladores flotantes si acceden a estos servicios de igual manera que los residentes. Las únicas en considerar que esto no ocurre son AL, que explica que por tener miedo de conocer la ciudad se les limita el acceso a varios de los servicios de los que podrían hacer uso, y AA manifiesta que al ser de escasos recursos se les podría limitar acceder a los que no son gratuitos, es necesario aclarar que, en ambos casos, hacen referencia a grupos específicos de la población flotante y no a su totalidad.

AL: No. primero porque tienen mucho miedo a salir. Segundo no conocen la ciudad, por lo tanto, al no conocerla, carecen de nomás irse a lo poquito que conocen, y caminar, y regresar a su albergue. Entonces, no tienen la misma oportunidad

de los residentes y que tienen carro, movilidad para moverse. Entonces, te digo, no es la misma oportunidad, te voy a dar un ejemplo, de mi albergue nomás conocen la Plaza Cachanilla, ahora que estuvo haciendo mucho calor y yo no tenía tanta refrigeración, se iban a pasar ahí lo fresco.

AA: No, porque muchos de ellos son personas que cuentan con pocos recursos económicos, salvo que cuenten con un trabajo.

La capacidad de la infraestructura para atender a residentes y migrantes simultáneamente depende de varios factores, que incluye la planificación urbana, la disponibilidad de recursos, y acceso equitativo. En relación con lo anterior, se indaga sobre la capacidad de la infraestructura de Mexicali para atender a los residentes y a la población flotante simultáneamente, a lo que respondieron de manera dividida; sin embargo, en algunos de los casos reconocen que las carencias que se presentan no están relacionadas con una sobrecarga de servicios por la presencia de personas ajenas a la localidad.

PF: Sí, yo pienso que sí. porque en mi entorno siempre he visto que todos han tenido acceso a él, y no me ha tocado ver la otra parte, la verdad.

AA: Sí, no se trata de un gran número de población flotante que afecte en un momento la prestación de un servicio urbano a la población en general. Más bien tiene que ver con una forma de vida, creo que cuando una persona migrante adquiere un compromiso y un servicio de este tipo es porque piensa quedarse a residir en la ciudad y esto implica que ya tiene un trabajo más o menos formal.

FP: Yo creo que no hay ciudad en México, al menos en el país, que esté completamente cubierta toda su necesidad de infraestructura y de servicios. Yo creo que siempre nos queda un pequeño rezago y que vamos corriendo detrás del crecimiento de población. Creo que Mexicali tiene en relación con otras ciudades una muy buena cobertura de servicios y un nivel de servicios públicos bastante aceptable, pero nunca es suficiente ni para tu población existente local, si

a eso le aumentas una población que no sabes si va o viene, pues es imposible que la cubras toda.

RH: Pues falta, falta algo, sí le falta. Pues fíjate, pues yo estoy hablando en lo que yo me muevo, pero la población que viene de inmigrantes, ahí yo digo soy mala, pero porque permiten que vengan tanta gente. Si no vienen a trabajar, que no vengan, vienen a quitar. Y luego yo critico ahí: “ah vienen de afuera”, a los de aquí hay que ayudar, también a los de allá, pero a los de aquí primero.

IP: Hay muchas cosas que no son suficientes ni para la población residente. Muchos servicios que no son suficientes o que no están bien hechos. Por ejemplo, el transporte público es un tema que no está resuelto para la población residente y mucho menos para inmigrantes o población flotante. Pero los otros temas, por ejemplo, electricidad y servicio de recolección de basura está bien organizado.

El equipamiento urbano, entendido como los espacios que brindan servicios a la comunidad (hospitales, escuelas, mercados, parques, cines, etc.) están estrechamente relacionados en el contexto del desarrollo urbano y la calidad de vida en las ciudades. Estos espacios pueden ser un elemento clave en el desarrollo de comunidades vibrantes y cohesionadas, al servir como lugares de encuentro y promover la interacción social entre los residentes, fortaleciendo el tejido social de la comunidad. Es por ello que la población flotante debe tener el mismo acceso al equipamiento urbano que los residentes. La mayoría de los entrevistados afirmaron que los pobladores flotantes no ven limitado su acceso al equipamiento urbano. La principal limitante expresada, es no contar con los recursos suficientes para hacer uso de los que se requiere pagar una cuota.

RH: Pues el acceso sí, a la calidad puede ser diferente. Pienso que el grueso de la calidad flotante está en los niveles más bajos socioeconómicos, entonces, uno tiene acceso. Mexicali es una ciudad por la parte médica que tienes todo, o sea, tienes muy buenos especialistas, hospitales buenos, pero son caros, entonces no se tienen acceso a eso.

OL: No. volvemos a lo mismo, tú estás hablando de una persona flotante que no conoce Mexicali, no conoce cómo trasladarse de algún lugar a otro, ¿cómo se va a trasladar a un parque?, si no sabe cuál es la ruta de camión nueve, ¿hasta dónde se va? Los atrevidos se han dado la vuelta y dice “a partir de aquí le pregunto, ¿vas a regresar aquí donde me subí? Ah, pero se me hace eterno”. Entonces, volvemos a lo mismo, todos vamos a caer en lo mismo. Puede haber las condiciones de parte de la ciudad para los flotantes, pero a la vez no tienen esta información para que ellos lleguen a esto.

AA: Sí lo tienen, pero su acceso al mismo depende de sus posibilidades económicas, seguramente utilizan los supermercados, pero no creo, por ejemplo, que acudan al cine o a restaurantes. Esto en lo que se refiere a la población centroamericana que cuenta con pocos recursos económicos. La población de origen chino que llega con trabajo más fácilmente puede utilizar el equipamiento urbano, así como la población estudiantil o mexicana profesional o extranjera profesional.

FP: Sí, porque finalmente todo el equipamiento que es público y es para uso de la población no está limitado a un grupo étnico, una clase social o a un grupo económico, a menos que así lo establezca su propia naturaleza, pero eso ya es excluyente de por sí, no sería algo que para los inmigrantes o la población flotante, sería exclusivo. Finalmente, tú puedes entrar, yo creo que en Mexicali tú puedes entrar a cualquier recinto público, ya sea tu condición o tu origen.

IP: No creo. Si estás hablando de escuelas, no. Si estás hablando de parques, está bien, te puedes trasladar, puedes entrar, te van a cobrar una cuota porque aquí la mayoría no son gratis. Pero si estás hablando de escuela y servicios de salud, yo creo que no.

Para brindar acceso al equipamiento es imprescindible contar con el equipamiento urbano suficiente tanto para residentes como para población flotante a la vez. El punto de vista de los informantes sobre este partido por la mitad respecto a que Mexicali ofrece suficientes espacios

de equipamiento urbano. Sin embargo, tres de los informantes explican que esto es normal en toda ciudad y no necesariamente por la presencia de los ajenos a la localidad.

PF: Algunos. En mi caso a todos.

RH: No, y la realidad es que pensar en llegar a un punto suficiente, yo te puedo decir que ninguna ciudad en el mundo. Vamos a pensar en San Diego en que se hagan horas de tráfico, Los Ángeles que se hacen horas de tráfico, es porque no alcanza el equipamiento y no alcanza la infraestructura, y estás hablando de dos ciudades de nivel mundial. En una sociedad, en una ciudad creciente, pujante no veo que haya infraestructura y equipamiento suficiente, porque inclusive en esas ciudades empieza a ver otras necesidades, y necesidades de otras infraestructuras y de otros equipamientos. A la vez, la falta de infraestructura y equipamiento se convierte en oportunidades de negocio, de desarrollar nuevos negocios. Se me haría muy hipócrita pensar lugares que tenga todo lo necesario.

OR: Sí, si nos damos cuenta en los lugares, cuando vas al cine nunca está lleno, cuando vamos a un restaurante 10, 15 minutos, si no es día festivo, es lo máximo que esperamos.

OL: No es suficiente, además se encuentra mal distribuido y carente de información.

AA: Sí creo que es suficiente, más bien el problema es cómo podrían acceder al equipamiento urbano si no tienen en su gran mayoría documentos, un número de seguro social, ni dinero para pagarlo.

FP: Igual siempre hay un déficit de la cobertura. Es imposible, incluso hay zonas con mayor cobertura dentro de la ciudad, hay zonas con menor cobertura dentro de la ciudad. Estamos, creo que estamos dentro de los límites de los parámetros aceptables, creo que siempre se puede mejorar, pero no veo que sea particular para estos grupos.

R12: Equipamiento siempre falta. No es suficiente.

IP: No, generalmente hay un desfase de 10 años entre cómo va creciendo la ciudad y cómo va llegando el equipamiento. Y luego va llegando el equipamiento y lo que queda en las zonas más

antiguos pues ya nadie las usa, las escuelas, porque ya crecieron. Entonces, los ciclos digamos de la población no están empatados con los ciclos de la dosificación del equipamiento, entonces, siempre faltan escuelas, las clínicas llegan después de 10 años.

La idea de proporcionar equipamiento e infraestructura urbana exclusiva para pobladores flotantes puede surgir como una solución aparentemente rápida, es importante considerar los principios de equidad, integración y optimización de recursos para garantizar una convivencia armoniosa y una sociedad inclusiva. En línea con esta discusión, se cuestionó si debería de existir infraestructura y equipamiento exclusivo para ellos, a lo que todos los entrevistados coincidieron en que los pobladores flotantes deberían aprovechar lo ya establecido en la ciudad. Enfoques integrales y centrados en la igualdad pueden ser más efectivos a largo plazo para abordar las necesidades de los migrantes y promover la cohesión social en las ciudades.

CONCLUSIÓN

La vivienda se considera una extensión material de las formas de vida de las personas, que refleja los valores asociados con la articulación entre lo público y lo privado. Es en estos espacios donde se desenvuelve la vida cotidiana y se establecen los códigos de costumbres y reglas de orden (García, 2005). En este estudio se exploraron las condiciones y el comportamiento residencial de los pobladores flotantes en Mexicali, lo que condujo a las siguientes conjeturas.

Las preferencias de los pobladores flotantes respecto a la vivienda tienden a ser flexibles debido a la incertidumbre asociada con la movilidad humana. Esto se refleja en la elección de opciones de alquiler a corto plazo o contratos que permiten mudarse fácilmente si es necesario, incluso optando por viviendas temporales. El hacinamiento es una realidad para aquellos pobladores flotantes que se encuentran varados en la

ciudad y viven en albergues, condición generalizada para quienes se encuentran en espera de un juicio de asilo. Esto sugiere que las condiciones de vivienda para esta población están influenciadas por sus circunstancias particulares, donde el factor económico ejerce un papel decisivo.

La percepción inicialmente tiende a ser buena sobre las condiciones de vivienda, se transforma en negativa al compararlas con las de la ciudad de origen. Sin embargo, para profundizar en estos aspectos sería necesario recopilar más datos primarios o realizar encuestas más detalladas que revelen aspectos específicos de la vida cotidiana, como los espacios más utilizados en la vivienda o las deficiencias en las condiciones de vida.

En cuanto a la infraestructura y el equipamiento urbano, la escasa cantidad de literatura disponible puede atribuirse a la dificultad de los encuestados para comprender las definiciones y diferencias entre ambos conceptos, a pesar de que estos fueron definidos al momento de aplicar el cuestionario. Además, parece que los pobladores flotantes muestran poco interés en hacer uso de estos servicios o espacios, a menos que sea estrictamente necesario, y comparan favorablemente estos recursos con los de sus ciudades de origen. Sin embargo, aunque su presencia ejerce presión adicional sobre la infraestructura y el equipamiento, estos recursos existen independientemente de la presencia de los pobladores flotantes, como lo confirman los propios pobladores al no percibir limitaciones para hacer uso de ellos.

Para comprender las prácticas espaciales de estos pobladores, podemos referirnos a lo señalado por Tarrius (2019), quien los describe como nómadas cuya relación con el espacio es efímera y temporal. Su apropiación del espacio está marcada por la intensidad de los vínculos de intercambio entre ellos y la comunidad local, lo que puede limitar su sentido de pertenencia al lugar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bell, M., y Ward, G. (2000). Comparing temporary mobility with permanent. *Tourism Geographies*, 2(1), 97-107.

- Benlloch-Domènech, C., y Barbé-Villarubia, M. (2020, julio). Movilidad humana: Una revisión teórica aplicable de los flujos migratorios en España. *Forum. Revista Departamento de Ciencia Política*, 18, 35-63. <https://doi.org/10.15446/frdcp.m18.79873>
- Bringas, N., y Woo, O. (1992). Población flotante: Tipología de visitantes en Tijuana. *Estudios Fronterizos: Revista del Instituto de Investigaciones Sociales*, 27-28, 135. <https://doi.org/10.21670/ref.1992.27-28.a05>
- Consejo Nacional de Población (Conapo). (2021). *Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2020*. Gobierno de México. Recuperado de <https://www.gob.mx/conapo/articulos/indice-de-marginacion-por-entidad-federativa-y-municipio-2020-271404?idiom=es>
- Contreras, Y., Tapia, M., y Liberona, N. (2017). Movilidades y prácticas socioespaciales fronterizas entre Arica y Tacna. Del sentido de frontera a la transfronterización entre ciudades. *Diálogo Andino*, pp. 127-141.
- Deleuze, G., Guattari, P. F., y Pérez, J. V. (2004). *Mil mesetas*. Barcelona: Pre-textos.
- Friedman, Y. (2020). *L'architecture mobile (1958-2020): Vers une cité conçue par ses habitants eux-mêmes*. L'Eclat.
- Gándara, C. (2021). *Prácticas socio espaciales de la población flotante en las ciudades fronterizas. Análisis de la integración de los pobladores flotantes a la dinámica urbana en la ciudad de Mexicali, Baja California*. (Tesis para Doctorado en Ciencias de los Ámbitos Antrópicos). Universidad Autónoma de Aguascalientes. <http://hdl.handle.net/11317/2511>
- Gándara, C., y Padilla, F. (2024). Caracterización de la población flotante en Mexicali, Baja California, México. *Revista de Investigación Académica sin Frontera*, 1(42). <https://doi.org/10.46589/riaf.vii42.691>
- Gándara, C., y Robles, C. (2019). Hábitat sin raíces. *Contexto*, 13(18), 57-72. <https://doi.org/10.29105/contexto13.18-5>
- Gándara, C., Padilla, F., y Gutiérrez, P. (2020). Población flotante y ciudad desde una perspectiva socioespacial: Revisión de estudios recientes. *Sí Somos Americanos*, 20(1), 103-122. <https://doi.org/10.4067/S0719-09482020000100103>
- García, A. (2005). Vivienda, familia, identidad. La casa como prolongación de las relaciones humanas. *Trayectorias*, 7(17), 43-56.

- Garrocho, C. (2011). *Población flotante, población en movimiento: Conceptos clave y métodos de análisis exitosos*. México: Consejo Nacional de Población/El Colegio Mexiquense, A. C. <https://doi.org/10.15517/c.a.v18i1.45391>
- Jiang, L. (2006). Living conditions of the floating population in urban China. *Housing Studies*, 21(5), 719-744. <https://doi.org/10.1080/02673030600807431>
- Márquez, S., y Pardo, A. (2024). De la medición a la percepción: Condiciones de habitabilidad en la periferia de la Zona Metropolitana del Valle de México. *Territorios*, 50, 1-30.
- Martínez, A. (2024). El rizoma fantástico como metáfora del espacio globalizado en “Chico ventana también quisiera tener un submarino”. *Brumal*, 12(1), 263-283.
- Meeus, B. (2012). How to ‘catch’ floating populations? Research and the fixing of migration in space and time. *Ethnic & Racial Studies*, 35(10), 1,775-1,793.
- Mungaray, K. (2016). *Percepción de seguridad y su nexa con la población flotante en la frontera norte de México: El caso de Altar Sonora en el siglo XXI*. (Tesis para Maestría en Ciencias Sociales). El Colegio de Sonora.
- Panaia, M. (2010). Algunas precisiones sobre el concepto de población flotante en el ámbito del trabajo. *Pampa: Revista Interuniversitaria de Estudios Territoriales*, 6, 27-36.
- Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. (2019, 01 de abril). *Contribución de la vivienda al cumplimiento de la Agenda 2030*. Obtenido de [https://onuhabitat.org.mx/index.php/contribucion-de-la-vivienda-al-cumplimiento-de-la-agenda-2030#:~:text=La%20vivienda%20sostenible%20promueve%20en,trabajo%20seguro%20\(meta%208.8\)](https://onuhabitat.org.mx/index.php/contribucion-de-la-vivienda-al-cumplimiento-de-la-agenda-2030#:~:text=La%20vivienda%20sostenible%20promueve%20en,trabajo%20seguro%20(meta%208.8))
- Psarra, S. (2009). *Architecture and Narrative: The Formation of Space and Cultural Meaning*. (1ª edición). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203639672>
- Ramírez, K. R., y Moreno, A. (2023). Atención migrante en contextos de tránsito y permanencia. *Revista Controversia*, 220, 19-48. <https://doi.org/10.54118/controver.vi220.1283>
- Röbbel, N. (2016). Los espacios verdes: Un recurso indispensable para lograr una salud sostenible en las zonas urbanas. *United Nations Chronicle*. <https://www.un.org/es/chronicle/article/los-espacios-verdes-un-recurso-indispensable-para-lograr-una-salud-sostenible-en-las-zonas-urbanas>
- Rojas Pérez, Hugo Saúl, y Kuromiya, Aki. (2021). Población flotante y dinámica urbana en Ciudad Hidalgo, Chiapas: Migración centroamericana y desigualdad social. *Cuadernos Inter.c.a.mbio sobre Centroamérica y el Caribe*, 18(1), e45391. doi: <https://doi.org/10.15517/c.a.v18i1.45391>
- Salazar, J., y Ley García, J. (2022). Índice sintético para la evaluación intraurbana de la vivienda inadecuada y su aplicación en la ciudad de Mexicali. *Revista de Ciencias Tecnológicas*, 5(1). <https://doi.org/10.37636/recit.v5n1e208>
- Shen, J., y Huang, Y. (2003). The working and living space of the ‘floating population’ in China. *Asia Pacific Viewpoint*, 44(1), 51-62. <https://doi.org/10.1111/1467-8373.t01-1-00183>
- Solà-Morales, I. (1996). La arquitectura en las ciudades. Presente y futuros. *Arquitectura en las grandes ciudades* (pp. 10-23).
- Tarrius, A. (2019). Leer, describir, interpretar las circulaciones migratorias: Conveniencia de la noción de territorio circulatorio. Los nuevos hábitos de la identidad. *Relaciones. Estudios de Historia y Sociedad*, 21(83), 39-66.
- Trachana, A. (2011). Consecuencias de “New Babylon”. *Ángulo Recto. Revista de Estudios sobre la Ciudad como Espacio Plural*, 3(1) 195-222.
- Urzola, M. (2020). Método inductivo, deductivo y teoría de la pedagogía crítica. Petroglifos. *Revista Crítica Transdisciplinar*, 3(1), 36-42.
- Wang, J., Luo, Y., & Song, W. (2023). Spatial-temporal differentiation of housing burden of urban floating population and migration in China. *Buildings*, 13(4), 1043. <https://doi.org/10.3390/buildings13041043>
- Wu, F., y Logan, J. (2016). Do rural migrants ‘float’ in urban China? Neighboring and neighborhood sentiment in Beijing. *Urban Studies (Sage Publications Ltd.)*, 53(14), 2973-2990. <https://doi.org/10.1177/0042098015598745>

Evaluación de las propiedades físicas, geométricas y mecánicas del bloque hueco de concreto utilizado estructuralmente en la construcción de vivienda de interés social en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México

Evaluation of the physical, geometric and mechanical properties of the hollow concrete block for structural use in the construction of social interest housing in Tuxtla Gutierrez, Chiapas, Mexico

DOI: <https://10.32870/rvcs.v0i19.329>

ALEJANDRO RUIZ SIBAJA

Universidad Autónoma de Chiapas, México. ORCID: 0000-0002-7698-0522

Correo electrónico: asibaja@unach.mx

EBER GODÍNEZ DOMÍNGUEZ

Universidad Autónoma de Chiapas, México. ORCID: 0000-0003-2925-4592

Correo electrónico: eber.godinez@unach.mx

MARCO ANTONIO SOLÍS

Universidad Autónoma de Chiapas, México. ORCID: 0009-0009-3504-6707

Correo electrónico: marco.solis@unach.mx

Recepción: 12 junio de 2025 Aceptación: 19 de noviembre de 2025

RESUMEN

Se presentan los resultados de ensayos controlados para la caracterización física, geométrica y mecánica de bloques huecos de concreto (BHC) utilizados en edificaciones de mampostería en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Se incluyen también los resultados de pruebas de resistencia a compresión del mortero de pega. Los ensayos se realizaron en 2022 y sus resultados se revisaron contra las disposiciones de las normas vigentes de México. Debe notarse que, en Tuxtla Gutiérrez, como en la mayoría de los municipios de Chiapas, existen vacíos en lo referente a criterios normativos para el diseño de estructuras de mampostería. Se encontró que algunas de las dimensiones geométricas no cumplen con las normas de referencia. La resistencia de diseño a compresión

ABSTRACT

The results of controlled tests for the physical, geometric and mechanical characterization of hollow concrete blocks used in masonry buildings in Tuxtla Gutiérrez are presented in this paper. The compressive strength test results for the mortar, manufactured according to local construction practices, are also included. The tests were conducted in 2022, and their results were reviewed against the values specified in current Mexican codes. It is worth noting that, as in most municipalities in Chiapas, regulatory criteria gaps exist for the design of masonry structures in Tuxtla Gutiérrez. It was found that some of the geometric dimensions do not comply with the criteria specified in the reference standards. The design compressive strength of the mortar



del mortero cumple con los requisitos para considerarse tipo I. En la mayoría de las piezas ensayadas la absorción total de agua de los bloques es menor que el máximo permitido y su peso volumétrico supera el mínimo exigido en todos los casos. Las resistencias de diseño a compresión de piezas individuales y de pilas de bloques construidas con mortero tipo I son muy inferiores a las recomendadas en la normativa vigente. Se encontró que la mayoría de las piezas tampoco cumplen con la resistencia media a compresión necesaria para uso no estructural. Se emplea un criterio aleatorio para la selección de los diferentes proveedores de las piezas de BHC. Además, no fue posible obtener las dosificaciones reales de los BHC, ni las características físicas de agregados y cementos empleados, lo cual impide correlacionar directamente la calidad del insumo con la respuesta mecánica de la mampostería. A partir de estos resultados se advierte que es indispensable regular y controlar el proceso de fabricación de los bloques huecos de concreto que se utilizan en Tuxtla Gutiérrez.

Palabras clave: bloque hueco de concreto, caracterización mecánica, resistencia a compresión, mampostería, Chiapas.

INTRODUCCIÓN

En Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, el 47% de los muros que se construyen en la vivienda popular son de bloque hueco de concreto (BHC) (Argüello-Méndez, 2022). Éste es un indicador de la importancia creciente que tiene este material en la localidad, que ha ido desplazando al uso del ladrillo de barro cocido en la fabricación de muros de mampostería. Entre otras razones, esta preferencia se debe a que el BHC, debido a su mayor tamaño y regularidad geométrica, reduce el tiempo de ejecución, requiere menos mano de obra, y facilita la alineación de viviendas construidas en serie, lo cual beneficia tanto al cliente como al constructor. Adicionalmente, sus celdas permiten la colocación de acero de refuerzo vertical y de instalaciones eléctricas y sanitarias sin que haya que perforar el muro. Además de esto,

specimens complies with the requirements to be classified as type 1. In most of the units tested, the total water absorption is lower than the maximum allowed and the volumetric weight exceeds the minimum required in all cases. The design compressive strengths of units and hollow concrete block masonry prisms made with type I mortar are much lower than those recommended by current codes. In addition, it was found that most of the pieces also do not meet the average compressive strength required for non-structural use. A random criterion is used to select the different suppliers of BHC units. Furthermore, it was not possible to obtain the actual dosages of BHCs or the physical characteristics of the aggregates and cements used. This makes it impossible to directly correlate the quality of the input with the mechanical response of the masonry. Based on the results obtained, it is essential to regulate and control the manufacturing process of the hollow concrete blocks used in Tuxtla Gutiérrez.

Keywords: hollow concrete block, mechanical testing, compressive strength, masonry, Chiapas.

el BHC sólo necesita un mantenimiento mínimo, dado que es resistente al intemperismo, lo cual significa que no precisa de reparaciones frecuentes, hecho que reduce los costos a largo plazo.

Se ha identificado que la mayoría del BHC que se fabrica en Tuxtla Gutiérrez es artesanal, y que existen al menos cinco fabricantes principales (González-García *et al.*, 2019) que abastecen a las distintas casas de materiales de la citada ciudad. El uso creciente de este material en la construcción de vivienda popular en Tuxtla Gutiérrez, hace necesario que para atender esta demanda se tengan que producir grandes cantidades de BHC, sin que se haya cuidado el cumplimiento de requisitos mínimos de calidad en su fabricación. Un aspecto relevante asociado a lo anterior radica en que el BHC se emplea tanto para la construcción de vivienda unifamiliar como multifamiliar, en edificios de tres o cuatro niveles. Estas cons-

trucciones también pueden llegar a usarse como oficinas o consultorios.

Aunado a lo anterior, Chiapas se encuentra en una zona de México de alta actividad sísmica, en consecuencia, ante la acción de terremotos de mediana y gran magnitud se han presentado daños de gran importancia en las edificaciones de mampostería, principalmente en aquellas edificadas mediante procesos de autoconstrucción, y con materiales de calidad deficiente. González-Herrera *et al.* (2017) señalan que la mayoría de las edificaciones afectadas en el sismo de Villaflores (1995, $M_w=7.2$) fueron de adobe y mampostería sin refuerzo, con piezas de poca resistencia, de las que alrededor de 4,800 son viviendas que sufrieron daños parciales y totales. Años después, en 2017, ocurrió en la costa de Chiapas un sismo de mayor magnitud ($M_w=8.2$). Godínez-Domínguez *et al.* (2019, 2021) indican que 46,773 viviendas de Chiapas, la mayoría de ellas de mampostería, sufrieron daños, de las cuales 14,073 (30%) se consideraron pérdida total. Observaron que gran parte de los daños se deben “en su mayoría, a una mala concepción, inadecuado proceso constructivo, mala calidad de los materiales de construcción, carencia de supervisión especializada o técnicas constructivas tradicionales inadecuadas”.

Estos dos grandes eventos sísmicos ponen de manifiesto que uno de los aspectos que influyeron en el comportamiento estructural deficiente de las estructuras de mampostería de Chiapas, es el uso de materiales que no cumplen con los requisitos de calidad que indican las normativas vigentes en México. Por lo tanto, resulta de interés evaluar las características físicas, geométricas y mecánicas de este material, con el propósito de conocer sus valores representativos y, con base en ello, proponer mejoras en sus procedimientos de fabricación, de forma que cumplan con los requisitos de calidad que señalan las normas de referencia vigentes.

El estudio de las propiedades del BHC utilizado en Tuxtla Gutiérrez ha sido de interés en años recientes. Ruiz-Sibaja *et al.* (2019) presentaron los resultados de pruebas controladas para la caracterización geométrica (dimensiones), propiedades mecánicas (resistencia a compresión en piezas y

pilas), absorción de agua y peso volumétrico del BHC de ocho proveedoras diferentes y del mortero de pega que se utiliza en la región metropolitana de Tuxtla Gutiérrez. Los ensayos se realizaron conforme a las recomendaciones y especificaciones descritas en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (NTC-DCM-2017), y las Normas Mexicanas, NMX, emitidas por la Organización Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción (ONNCCE).

Con base en los resultados obtenidos, los autores concluyeron que para el mortero se cumplía con las especificaciones de la normativa consultada; en cuanto a la geometría, los bloques presentaron variaciones considerables en altura, por lo que existía irregularidad entre las dimensiones geométricas de las piezas, obtenidas de los distintos proveedores; por lo que se refiere a la absorción de agua, solamente la mitad de los BHC cumplieron con lo indicado en la normativa; para el peso volumétrico, los valores medios obtenidos quedaron por debajo del valor mínimo especificado en las NTC-DCM-2017.

Las pruebas de resistencia a compresión de las piezas individuales indicaron que no se cumplía con la resistencia mínima señalada por las normas de referencia; y en cuanto a las pilas, los resultados mostraron que su resistencia estuvo por debajo de la mínima especificada para pilas fabricadas con mortero tipo I, de acuerdo con las NTC-DCM-2017. A partir de sus resultados, subrayan “la necesidad de una regulación y control local del proceso de fabricación del bloque de concreto para mejorar la calidad del mismo y asegurar la resistencia de los muros que se fabriquen con este material”.

Por su parte, Ruiz-Sibaja y Godínez-Domínguez (2022) presentaron un análisis estadístico realizado a los resultados de ensayos controlados de 130 piezas de BHC de 13 proveedores distintos de Tuxtla Gutiérrez. Los estudios incluyen las medidas de tendencia central de la geometría, resistencia a cortante, absorción de agua y la correlación entre el esfuerzo cortante, las características físicas y geométricas de las piezas. Los ensayos de referencia se llevaron a cabo conforme a las

recomendaciones y especificaciones descritas en las NTC-DCEM-2017, y las NMX publicadas por el ONNCCE. Concluyeron que los bloques presentan una variabilidad geométrica considerable en la altura y longitud; que superaron hasta en más de 1 cm las dimensiones que señala la NMX-C-404-ONNCCE-2012, registrando dispersiones variables, aunque pequeñas entre los lotes. También señalan que la absorción volumétrica de agua presentó variabilidad entre los lotes ensayados; y que en 10 de los 13 lotes se registraron valores por debajo del 12% establecido como límite máximo en la NMX-C-404-ONNCCE-2012; los tres lotes restantes mostraron cantidades de absorción de agua entre 0.24 y 7.35% por encima del límite máximo referido. El estudio de correlación entre la resistencia al esfuerzo cortante y las características físicas y geométricas del BHC, mostró que la característica que más influye en la resistencia al esfuerzo cortante es el porcentaje de absorción de agua, seguida del área neta. Advierten sobre la necesidad de seguir realizando ensayos controlados a la mampostería local, dado que una parte importante de la vivienda urbana se realiza mediante la autoconstrucción con piezas de mampostería, en las cuales la técnica de fabricación, en su gran mayoría, es de carácter artesanal.

Escamiroso-Montalvo y Molina-Narváez (2022) estudiaron la resistencia a la compresión de bloques de concreto usados en la construcción de viviendas en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Las piezas de BHC se obtuvieron de tres proveedores diferentes (cinco piezas por proveedor); las piezas de dos de los proveedores fueron de fabricación mecánica, y las del proveedor restante, de fabricación manual. El estudio se enfoca exclusivamente en la determinación de las características geométricas y la resistencia a compresión de las piezas individuales. Los ensayos se llevaron a cabo de acuerdo con las recomendaciones y especificaciones de las NTC-DCEM-2017 y las NMX emitidas por el ONNCCE. Los autores reportan que no pudieron realizar ensayos granulométricos ni el análisis de las propiedades físicas de los áridos naturales, debido a la falta de información por parte de los proveedores. Por lo tanto, no se pudo identificar la influencia de estos áridos sobre la calidad de la

resistencia a la compresión del BHC ensayado, ni se pudieron realizar ensayos para determinar la óptima dosificación del cemento, que permitiera alcanzar la resistencia a la compresión adecuada de las piezas. Aun cuando las piezas fabricadas mecánicamente mostraron mayor resistencia a la compresión que aquellas fabricadas manualmente, los autores concluyen que las piezas ensayadas no cumplen con los requisitos de calidad mínima establecidos en las NTC-DCEM-2017 y la NMX-C-404-ONNCCE-2012. Finalmente, advierten sobre la necesidad urgente de controlar la calidad técnica de la resistencia a la compresión del BHC fabricado por las empresas proveedoras de Tuxtla Gutiérrez, para reducir la vulnerabilidad de las viviendas de las familias de bajos ingresos del estado de Chiapas, ya que se localizan en una zona de alta actividad sísmica.

Por lo anteriormente descrito, con la finalidad de verificar la evolución en la calidad de la producción de las piezas de BHC (a casi siete años del estudio inicial), en el presente trabajo se presentan y discuten los resultados de una nueva campaña de caracterización, física, geométrica y mecánica del BHC utilizado en el área metropolitana de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. En los ensayos controlados se utilizan un total de 180 piezas, provenientes de seis proveedores diferentes, 30 piezas por cada proveedor. Debe notarse que se emplea un criterio aleatorio para la selección de los diferentes proveedores de las piezas de BHC. Además, se estudia la calidad del mortero de pega, fabricado de acuerdo con la práctica constructiva local (dosificación 1:3, cemento-arena). El estudio incluye los siguientes ensayos: caracterización de la geometría, absorción de agua, peso volumétrico, resistencia a compresión en piezas individuales y en pilas de bloques y resistencia a compresión del mortero de pega. No fue posible obtener las dosificaciones reales de los BHC, pues es información confidencial de los productores. Tampoco se obtienen las características físicas de agregados y cementos empleados, lo cual impide correlacionar directamente la calidad del insumo con la respuesta mecánica de las piezas o pilas.

Los ensayos de laboratorio se llevaron a cabo en el segundo semestre de 2022, en el Laboratorio

de Mecánica de Suelos, Materiales y Tecnología del Concreto, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas conforme a los protocolos y valores de referencia establecidos en las normas del ONNCCE y las NTC-DCEM-23.

El objetivo principal de esta investigación radica en determinar si las piezas de BHC y las pilas, formadas por tres bloques unidos con mortero tipo I, cumplen con los requisitos de resistencia a compresión para su uso en muros estructurales, conforme a la normativa de referencia vigente.

ENSAYOS REALIZADOS

El material se prepara de acuerdo con las indicaciones de las normativas mencionadas; en consecuencia, por cada uno de los seis lotes de BHC se emplean, en cada ensayo controlado, el siguiente número de piezas (tabla 1):

Tabla 1
Número de piezas utilizadas por cada lote ensayado

Ensayo	Número de piezas
Caracterización física y geométrica	10
Resistencia a compresión simple de piezas individuales	10
Resistencia a compresión simple de pilas (tres piezas por pila)	9

En los ensayos de caracterización geométrica y física (geometría, absorción de agua y peso volumétrico) se pueden utilizar las mismas piezas; por lo tanto, se manejaron 30 piezas por cada proveedor (180 piezas por los seis proveedores); además, se prepararon probetas de mortero para evaluar su resistencia a compresión a los 3, 7, 14 y 28 días, esto es, se ensayaron 24 probetas.

El número de piezas consideradas para cada ensayo cumple con los mínimos establecidos en la normativa de referencia. Por ejemplo, para el caso de pilas, en las NTC-DCEM-23 se especifica que deben ensayarse nueve pilas; en este estudio se ensayaron 18 pilas. Asimismo, para el caso de

morteros, en la misma normativa de referencia se especifica que deben ensayarse tres especímenes a cada edad considerada; en este estudio se ensayaron seis especímenes en cada periodo de control.

De manera general, se revisaron las piezas de cada proveedor antes de realizar las pruebas en laboratorio, y se observó lo indicado, a manera de resumen, en la tabla 2.

Tabla 2
Observaciones generales sobre los BHC de cada proveedor antes de proceder a los ensayos controlados

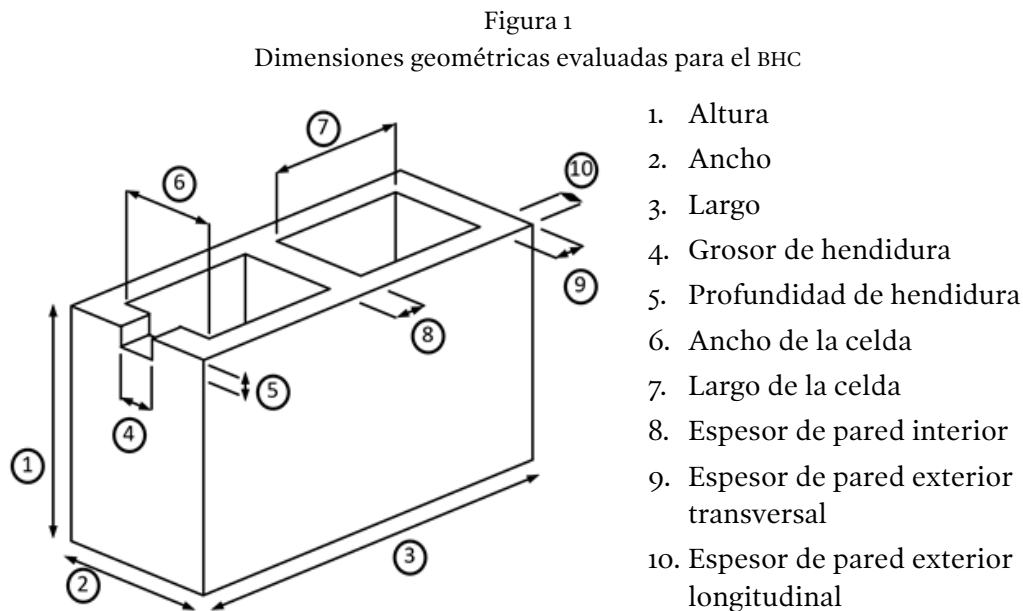
Proveedor	Observaciones
A	Superficie de porosidad baja, con muy pocas imperfecciones en aristas y bordes.
B	Superficie de porosidad media, con pocas imperfecciones en aristas y bordes.
C	Superficie de porosidad alta, con pocas imperfecciones en aristas y bordes.
D	Superficie de porosidad alta, con muchas imperfecciones en aristas y bordes, con presencia de grietas en la mayoría de las piezas y una variación de color con presencia de materia orgánica sobre las piezas.
E	Superficie de porosidad alta, con pocas imperfecciones en aristas y bordes, y cuenta con materia orgánica (corteza de árbol y hojas) en la constitución de las piezas.
F	Superficie con porosidad media, con pocas imperfecciones en aristas y bordes.

Es importante hacer notar que no fue posible obtener las dosificaciones reales de los BHC, pues los proveedores indicaron que es información confidencial. Sin embargo, de lo observado, éstas se generan de manera empírica, sin un método normado, lo cual induce mayores incertidumbres en la calidad de la producción, e influye negativamente a las propiedades mecánicas. Tampoco se determinaron las características físicas de agregados y cementos empleados, lo cual impide correlacionar directamente la calidad del insumo con la respuesta mecánica de la mampostería.

CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA DE LOS BHC

La determinación de las dimensiones de las piezas de BHC se realizó según las recomendaciones

de la norma mexicana NMX-C-038-ONNCCE-2013. Las dimensiones evaluadas se muestran esquemáticamente en la figura 1.



Fuente: Ramírez Constantino, 2022.

Las dimensiones geométricas se determinaron con la ayuda de un pie de rey, realizando tres mediciones para obtener el promedio de ellas. Por cada proveedor, de forma aleatoria, se eligieron 10 especímenes de BHC, estas piezas son las mismas que se utilizaron en las pruebas individuales a compresión simple. En las tablas 3, 4, 5 y 6 se muestran, para cada proveedor, los resultados de la caracterización geométrica. En las tablas 3 y 4 se reportan, en las columnas 2, 4 y 6, dimensiones promedio, en tanto que en las columnas 3, 5 y 7

se indican las desviaciones estándar, σ , correspondientes a cada parámetro medido. En la tabla 5 se presentan los coeficientes de variación, CV, de los parámetros estudiados. Finalmente, en la tabla 6 se presenta un resumen con las áreas netas (A_{neta}) y brutas (A_{bruta}) promedio de los BHC, con las desviaciones estándar y los coeficientes de variación correspondientes. En adelante t_{pe} se emplea para referirse al espesor de las paredes exteriores y t_{pi} para referirse al espesor de las paredes interiores.

Tabla 3
Dimensiones promedio y desviación estándar
de las dimensiones alto y ancho del BHC

Proveedor	Alto (mm)	σ_{alto} (mm)	Ancho (mm)	σ_{ancho} (mm)	Largo (mm)	σ_{largo} (mm)
A	201.30	0.67	121.1	0.52	400.2	0.42
B	200.00	0.82	121.4	0.47	401.1	0.57
C	202.00	1.76	121.0	0.47	402.4	0.52
D	206.00	2.21	120.0	0.00	398.2	0.42
E	190.70	0.67	119.6	0.52	395.9	0.57
F	200.40	0.97	121.6	0.52	401.2	0.42

Tabla 4
Dimensiones promedio y desviación estándar de los espesores de pared del BHC

Proveedor	t_{pe} (mm)	$\sigma_{t_{pe}}$ (mm)	t_{pi} (mm)	$\sigma_{t_{pi}}$ (mm)
A	31.20	1.33	31.8	0.79
B	31.20	1.53	14.4	3.27
C	28.20	0.59	24.8	1.14
D	28.00	0.77	26.0	1.63
E	29.20	0.83	29.5	0.53
F	31.80	0.97	13.8	2.30

Tabla 5
Coeficientes de variación (CV) de las dimensiones: alto, ancho y largo del BHC, pe y pi

Proveedor	CV_{alto} (%)	CV_{ancho} (%)	CV_{largo} (%)	$CV_{t_{pe}}$ (%)	$CV_{t_{pi}}$ (%)
A	0.34	0.43	0.11	4.26	2.48
B	0.41	0.39	0.14	4.91	22.73
C	0.87	0.39	0.13	2.11	4.58
D	1.07	0.00	0.11	2.74	6.28
E	0.35	0.43	0.14	2.85	1.79
F	0.48	0.42	0.11	3.06	16.66

Tabla 6
Áreas netas y brutas promedio de los BHC, sus desviaciones estándar, sus coeficientes de variación y la relación entre ellas

Proveedor	A_{neta} (cm ²)	$\sigma_{A_{neta}}$ (cm ²)	A_{bruta} (cm ²)	$\sigma_{A_{bruta}}$ (cm ²)	$CV_{A_{neta}}$ (%)	$CV_{A_{bruta}}$ (%)	A_{neta}/A_{bruta}
A	309.30	5.33	484.6	4.41	1.72	0.91	0.64
B	293.90	4.09	486.9	1.80	1.39	0.37	0.60
C	279.40	3.03	486.9	2.00	1.09	0.41	0.57
D	277.00	3.82	477.8	0.51	1.38	0.11	0.58
E	290.70	2.48	473.5	2.30	0.85	0.48	0.61
F	301.60	3.66	487.9	2.33	1.21	0.48	0.62

PESO VOLUMÉTRICO DE LAS PIEZAS

Se seleccionaron 10 piezas por cada lote, se pesaron y este peso se dividió entre el volumen del espécimen. Los pesos específicos mínimos, en estado seco, para piezas de arcilla y concreto, se

especifican en las NTC-DCEM-23, que en el caso del BHC debe ser de 1,700 kg/m³. En la tabla 7 se resumen los resultados de la estimación del peso volumétrico por cada lote evaluado.

Tabla 7
Peso volumétrico de las piezas de BHC

Proveedor	γ (kg/m ³)	σ_γ (kg/m ³)	CV_γ
A	1,860.90	59.35	3.19%
B	1,995.00	52.93	2.65%
C	2,014.10	85.35	4.24%
D	2,001.90	382.13	19.09%
E	1,837.30	29.47	1.60%
F	1,950.70	61.57	3.16%

En la tabla 7, γ es el peso volumétrico, σ_γ y CV_γ son la desviación estándar y el coeficiente de variación del peso volumétrico, respectivamente.

ABSORCIÓN DE AGUA DE PIEZAS

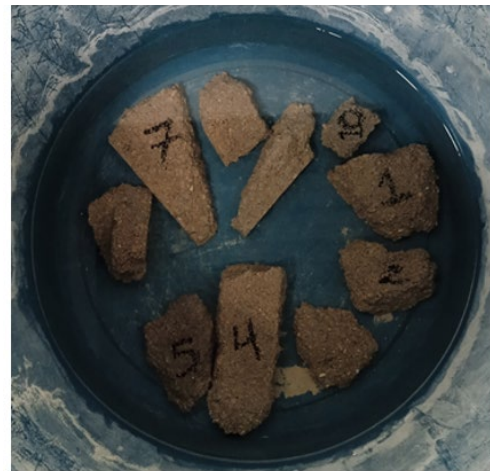
Las pruebas de absorción se realizaron conforme a lo descrito en la norma NMX-C-037-ONNC-CE-2013. Se seleccionaron 10 trozos provenientes de cada una de las 10 piezas empleadas en los ensayos a compresión simple para cada proveedor, se etiquetaron y se sumergieron en agua durante 24 horas (figura 2). Transcurrido este tiempo se sacaron, se secó la superficie de cada uno con una franela y se pesaron para obtener la masa saturada y superficialmente seca. Posteriormente, estos trozos se colocaron en una charola, se metieron en el horno y se dejaron secar a 110° C durante 24 horas. Se pesaron en estado seco para obtener la masa seca. Con estos datos se calculó el porcentaje de absorción en 24 horas utilizando la ecuación (1).

$$A = \frac{M_{SSS} - M_s}{M_s} \times 100 \quad (1)$$

En la ecuación (1), A es la absorción de agua en %, M_{SSS} es la masa saturada y superficialmente seca en g, M_s es la masa seca en g. En la tabla 8 se presentan los resultados obtenidos del ensayo de absorción de agua, donde σ_A y CV_A son la desviación estándar y el coeficiente de variación, respectivamente.

Figura 2

Piezas utilizadas en el ensayo de absorción de agua



Fuente: Ramírez-Constantino, 2022.

Tabla 8
Resultados de la prueba de absorción de agua en piezas de BHC

Proveedor	A (%)	σ_A (%)	CV_A (%)
A	11.55	1.34	11.59
B	10.22	2.40	23.45
C	9.77	1.12	11.51
D	11.18	1.85	16.53
E	12.71	0.75	5.89
F	10.06	0.77	7.69

COMPRESIÓN DE PIEZAS INDIVIDUALES

Se ensayaron a compresión 10 piezas por cada proveedor (en total 60 piezas) de acuerdo con el protocolo indicado en la norma NMX-C-036-ONNCCCE-2013. Siguiendo lo indicado en esta norma, se realizó el cabeceo de los especímenes, con una pasta de yeso y cemento, de forma tal que abarque la totalidad del área transversal donde se aplica la carga en las pruebas a compresión simple, tanto en las áreas donde se encuentran los alveolos como en el área totalmente plana (figura 3).

Figura 3
Prueba de compresión simple en BHC



Fuente: Ramírez-Constantino, 2022.

La resistencia de diseño a compresión, conforme a las NTC-DCEM-23, se obtuvo mediante la ecuación (2).

$$f'_p = \frac{\bar{f}_p}{1 + 2.5c_p} \tag{2}$$

Donde f'_p es la resistencia de diseño a compresión en kg/cm², $\bar{f}_p$ es la resistencia promedio a compresión en kg/cm² y c_p es un coeficiente de variación de la resistencia a compresión, de las unidades de mampostería, que no debe ser menor que 0.35 para piezas de producción artesanal. En la tabla 9 se concentran los resultados de los ensayos a compresión de piezas individuales.

Tabla 9
Resultados de ensayos a compresión de piezas individuales de BHC

Proveedor	$\bar{f}_p$ (kg/cm ²)	$\sigma_{\bar{f}_p}$ (kg/cm ²)	$CV_{\bar{f}_p}$	f'_p (kg/cm ²)	$\sigma_{f'_p}$ (kg/cm ²)
A	67.50	12.89	19.09%	36.00	6.87
B	25.00	3.89	15.59%	13.33	2.07
C	25.90	7.77	29.94%	13.81	4.14
D	21.10	3.50	16.60%	11.25	1.88
E	21.80	2.99	13.73%	11.63	1.59
F	29.10	7.20	24.75%	15.52	3.85

En la tabla 9, $\sigma_{\bar{f}_p}$ y $CV_{\bar{f}_p}$ son la desviación estándar y el coeficiente de variación de $\bar{f}_p$, respectivamente; $\sigma_{f'_p}$ es la desviación estándar de f'_p . En el cálculo de f'_p se usó, en todos los casos, un coeficiente de variación de 35%, ya que los que se obtuvieron en el estudio estadístico (tabla 9) son inferiores que este valor mínimo establecido en la norma de referencia.

MORTERO DE PEGA

Se ensayaron cubos de mortero de pega de 5 × 5 × 5 cm (figura 4), con edades de 3, 7, 14 y 28 días (seis cubos por cada edad), conforme a lo especificado en la norma NMX-C-061-ONNCCCE-2010. Las probetas se elaboraron con una dosificación cemento-arena 1:3, utilizada en la práctica constructiva de Tuxtla Gutiérrez (dosificación correspondiente a mortero tipo I de acuerdo con las NTC-DCEM-23). Las probetas se mantuvieron en un cuarto de cura-do conforme a los requisitos de las NMX-C-061-

ONNCCE-2010. A cada probeta se le aplicó carga de compresión y se registró la carga para la cual ocurre la ruptura. Conforme a las NTC-DCEM-23, la resistencia de diseño a compresión se calcula mediante la ecuación (3). En la tabla 10 se muestran los resultados de estos ensayos.

$$f'_j = \frac{\bar{f}_j}{1 + 2.5c_j} \quad (3)$$

Donde f'_j es la resistencia de diseño a compresión en kg/cm², $\bar{f}_j$ es la resistencia promedio a compresión en kg/cm² y c_j es un coeficiente de variación de la resistencia a compresión del mortero, que no será menor que 0.20.

Figura 4
Probetas de mortero de 5 cm de lado



Fuente: Ramírez-Constantino, 2022.

Tabla 10
Resultados de ensayos a compresión
de cubos de mortero a distintas edades

Edad (días)	$\bar{f}_j$ (kg/cm ²)	$\sigma_{\bar{f}_j}$ (kg/cm ²)	$CV_{\bar{f}_j}$	f'_j (kg/cm ²)	$\sigma_{f'_j}$ (kg/cm ²)
3	214.10	18.80	8.78 %	142.73	12.49
7	196.10	77.28	39.42 %	98.77	19.75
14	226.30	13.20	5.83 %	150.87	8.79
28	272.00	11.29	4.15 %	181.33	7.52

En la tabla 10, $\bar{f}_j$ es la resistencia promedio a compresión, $\sigma_{\bar{f}_j}$ y $CV_{\bar{f}_j}$ son, respectivamente, la desviación estándar y el coeficiente de variación de $\bar{f}_j$, f'_j es la resistencia de diseño a compresión y $\sigma_{f'_j}$ su respectiva desviación estándar.

Para las probetas con edades de 3, 14 y 28 días se utilizó un coeficiente de variación de 20%, dado que el que se obtuvo en el estudio estadístico es

menor que este valor; para las probetas con edad de siete días se utilizó el coeficiente de variación de 39.42%, porque es mayor que el valor mínimo de 20%, conduciendo a valores más desfavorables y/o conservadores.

Es importante hacer notar que en este estudio únicamente se determinaron resistencias a compresión de los morteros a diferentes edades de control; sin embargo, existen propiedades adicionales que son relevantes en la evaluación integral de la mampostería, por ejemplo: la fluidez (como medida de consistencia del mortero fresco), la adherencia entre mortero-pieza, y la durabilidad.

COMPRESIÓN DE PILAS

De acuerdo con la NMX-C-464-ONNCCE-2010, se prepararon pilas con tres piezas, unidas con mortero tipo 1. Previo al ensaye a compresión, la cara

en contacto de cada una de las piezas extremas de cada pila se cabeceó para contar con una superficie adecuada para la transmisión de la carga (figura 5). Se ejerció la carga hasta la ruptura del espécimen, se registró esta carga, y se calculó el esfuerzo de compresión considerando el factor correctivo asociado a la esbeltez de la pila conforme a las NTC-DCEM-23. A partir de estos resultados, conforme se indica en las NTC-DCEM-23, se calcularon las resistencias de diseño a compresión de cada espécimen mediante la ecuación (4).

Figura 5
Prueba de compresión en pila de BHC



Fuente: Ramírez-Constantino, 2022.

$$f'_m = \frac{\overline{f_m}}{1 + 2.5c_m} \tag{4}$$

Donde f'_m es la resistencia de diseño a compresión en kg/cm², $\overline{f_m}$ es la resistencia promedio a compresión en kg/cm² y c_m es un coeficiente de variación de la resistencia a compresión, de las pilas de mampostería, que no debe considerarse menor a 0.15. En la tabla 11 se resumen los resultados del ensayo a compresión para las pilas de BHC. En este caso, $\sigma_{\overline{f_m}}$ y $CV_{\overline{f_m}}$ son la desviación estándar y el coeficiente de variación de $\overline{f_m}$, respectivamente; $\sigma_{f'_m}$ es la desviación estándar de f'_m . En el cálculo de f'_m se usó, para los proveedores A y F, un coeficiente de variación de 15% dado que el que se obtuvo en el estudio estadístico es menor que

este valor, en todos los demás se usó el coeficiente de variación que resultó del estudio estadístico.

Tabla 11
Resultados de ensayos a compresión de pilas de BHC

Proveedor	$\overline{f_m}$ (kg/cm ²)	$\sigma_{\overline{f_m}}$ (kg/cm ²)	$CV_{\overline{f_m}}$	f'_m (kg/cm ²)	$\sigma_{f'_m}$ (kg/cm ²)
A	26.70	1.17	4.38%	19.40	0.85
B	25.70	3.87	15.04%	18.70	2.81
C	16.80	3.76	22.34%	10.80	2.41
D	16.60	5.97	35.85%	8.80	3.15
E	10.10	4.46	44.08%	4.80	2.12
F	28.60	0.10	0.34%	20.80	0.07

Como se observa, debido a la carencia de algunos elementos básicos, como la falta de disponibilidad de cabezales adecuados, en esta primera etapa del estudio no se incluyen ensayos enfocados en la determinación de resistencias a compresión diagonal (cortante), aspecto fundamental en la evaluación de los sistemas de mampostería ante cargas laterales inducidas, por ejemplo, por efectos sísmicos. Éste no es un tema menor, pues al no existir información obtenida de forma seria, con base experimental, los diseñadores (cuando se realiza un diseño estructural formal) recurren al uso de valores de diseño sin sustento alguno, empleando diferentes criterios; por ejemplo, definir valores mínimos con base en lo establecido en algunos reglamentos, como las NTC-DCEM-23, que, en teoría, representaría la alternativa conservadora. Pero esto no es la constante, ya que existen quienes optan por el uso de valores de diseño mayores. Evidentemente estas decisiones impactan los diseños finales y su comportamiento real ante acciones sísmicas intensas. Por esto, se tiene considerado su estudio para la segunda etapa de esta investigación.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA LARGO, ALTO Y ANCHO

De acuerdo con la NMX-C-404-ONNCCE-2012, la dimensión real del largo no debe diferir en ffl 2 mm respecto a la dimensión de fabricación de 390 mm, y de acuerdo con la tabla 3, ninguno de los proveedores cumple con este requisito; se aprecia que la dispersión estadística de esta dimensión ocurre alrededor de 0.50 para todos los lotes, esto es, que el largo de las piezas varía aproximadamente entre el promedio y ffl 0.50 mm.

Esta misma norma indica que la dimensión real del ancho no debe diferir en ffl 2 mm respecto a la dimensión de fabricación de 120 mm. Conforme a lo reportado en la tabla 3, se observa que todos los lotes cumplen con esta recomendación, y que sus dispersiones son de un orden parecido al que se obtuvo para el largo.

Por lo que se refiere al alto, la norma referida señala que la dimensión real no debe diferir en ffl 3 mm respecto a la dimensión de fabricación de 190 mm, y conforme a la tabla 3, solamente el proveedor E cumple con esta condición; además, se advierte que las dispersiones presentan una variación significativa de un proveedor a otro, lo cual indica que en esta dimensión existe una mayor variación en los moldes de los fabricantes.

De lo presentado en la tabla 5 puede confirmarse esta situación, los coeficientes de variación del largo son de orden parecido, y lo mismo puede decirse de los coeficientes de variación del ancho. Por lo que se refiere al alto, estos coeficientes muestran una apreciable variación de un proveedor a otro.

En general, en lo referente a la geometría las piezas del lote E presentan la menor cantidad de irregularidades, y las piezas del proveedor A son las que muestran el mayor número de irregularidades.

ESPESORES DE PAREDES

Las NMX-C-404-ONNCCE-2012 y NTC-DCEM-23 señalan que las paredes exterior e interior no deben tener un espesor menor que 20 mm; en este sentido y conforme al mostrado de la tabla 4, todas las

paredes exteriores de los proveedores cumplen este requisito. En cuanto a las paredes interiores, únicamente los proveedores A, C, D y E cumplen el requisito. No obstante, se advierte que los lotes A y B presentan las mayores dispersiones para el espesor de la pared exterior, y que en los lotes B, C, D y F se registraron las mayores dispersiones para el espesor de la pared interior; es de notar la falta de uniformidad en los moldes de los fabricantes para los espesores de las piezas ensayadas, lo que también puede observarse de lo expuesto en la tabla 5.

ÁREAS NETA Y BRUTA

En la tabla 6 se advierte que los cocientes de las áreas netas y brutas son mayores que 0.50 y menores que 0.75, por lo que, de acuerdo con las NMX-C-404-ONNCCE-2012 y NTC-DCEM-23, a los BHC ensayados se les puede considerar como piezas huecas. Por otra parte, se advierte que las desviaciones estándar para el área neta son mayores para los lotes A y B, situación que se repite para el caso del área bruta. Al igual que con las dimensiones que definen la geometría de las piezas, se notan diferencias apreciables entre los coeficientes de variación, lo cual indica nuevamente la falta de uniformidad de los moldes utilizados para fabricar las piezas.

PESO VOLUMÉTRICO

Las NTC-DCEM-23 señalan que el peso volumétrico mínimo del BHC debe ser de 1,700 kg/m³, y conforme a los resultados concentrados en la tabla 7, se observa que para las piezas de todos los lotes ensayados se registraron valores por encima del mínimo; en consecuencia, todos los lotes ensayados cumplen con este requisito de la normativa vigente. En este sentido, es notoria una dispersión mucho mayor que las demás para el lote D, para el cual las piezas también presentaron una mayor dispersión en las dimensiones que definen su geometría (tabla 5).

ABSORCIÓN DE AGUA

Como se observa en la tabla 8, los lotes A, B, C, D y F no superan el 12% especificado en la NMX-C-

404-ONNCCE-2012 como valor máximo de absorción de agua para piezas de BHC. Esta propiedad es importante porque influye directamente en la adherencia entre el bloque y el mortero de pega, por tal razón los BHC de los lotes mencionados presentan una porosidad adecuada. Esto no se cumple en las piezas del lote E, para las cuales es de esperar que el agua de amasado del mortero desaparezca antes de que se produzca una hidratación suficiente de la pasta, lo que puede ocasionar una pérdida parcial o total de dicha adherencia y, asimismo, de la resistencia del mismo mortero, además de tener influencia en el mecanismo resistente a tensión diagonal. Se advierte que, aunque la dispersión estimada de las piezas del lote B es mayor que la del resto (lo que indica piezas más porosas que el resto de los lotes), cumplen con los niveles establecidos por la normativa vigente.

RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESIÓN DE PIEZAS INDIVIDUALES

Según se aprecia en la tabla 9, la resistencia de diseño a compresión de los BHC ensayados es deficiente. Las NTC-DCEM-23 indican que la resistencia mínima a compresión debe ser de 60 kg/cm². Se observa que se registraron valores del 18.75% (proveedor D) al 60% (proveedor A) de la resistencia mínima especificada, lo cual evidencia la deficiente calidad de las piezas, ya que no se garantiza que, en condiciones de trabajo, puedan soportar cargas de compresión sin deformarse ni romperse. Se aprecia, además, que los lotes A, C y F presentan las mayores desviaciones estándar, lo que coincide con la dispersión observada para las áreas brutas (tabla 6).

Por otra parte, la NMX-C-441-ONNCCE-2013 establece que la resistencia media, $\bar{f}_p$, del BHC, para uso no estructural, debe ser de 35 kg/cm², requisito que únicamente cumplen las piezas del proveedor A. Estos resultados muestran el riesgo presente en las edificaciones de mampostería que se construyen en Tuxtla Gutiérrez, pues se están utilizando piezas que carecen de la calidad adecuada para utilizarse en muros no estructurales, situación que no sólo pone en peligro el patrimonio de las personas sino también su integridad.

MORTERO DE PEGA

A partir de los datos reportados en la tabla 10 es claro que la mayor resistencia de diseño a compresión del mortero de pega se alcanza a los 28 días de edad. Con excepción del resultado obtenido para la edad de siete días (que se aparta de la tendencia, probablemente debido a una compactación deficiente de la mezcla), se aprecia que, como se espera, la resistencia de diseño a compresión aumenta conforme lo hace la edad de la probeta. Cabe mencionar que las mayores dispersiones se registraron para las probetas de siete días de edad (por las razones ya mencionadas), para las demás edades las dispersiones difieren hasta en 40% entre el mínimo y máximo valor (para las edades de tres y 28 y tres días, respectivamente). Las NTC-DCEM-23 indican que el mortero tipo I debe tener una resistencia de diseño a compresión mínima de 125 kg/cm², por lo tanto, al material ensayado se le puede clasificar como mortero tipo I, de manera que es adecuada la dosificación de 1:3 utilizada en su preparación.

RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESIÓN DE PILAS

Congruente con los resultados obtenidos para piezas individuales, de acuerdo con los valores indicados en la tabla 11, en ningún caso se alcanzó la resistencia mínima de diseño a compresión de 25 kg/cm² recomendada en las NTC-DCEM-23. Los resultados van desde 4.80 kg/cm² (para el proveedor E) hasta 20.80 kg/cm² (para el proveedor F), valores que representan el 19.20 y el 83.20%, respectivamente, del valor mínimo indicado en la norma vigente. Aunque el mortero de pega utilizado es de buena calidad, la resistencia de diseño a compresión de las pilas está controlada por la deficiente resistencia de diseño a compresión de las piezas individuales. La mayor dispersión se presentó para las pilas de los lotes B y D, y la menor para las pilas del lote F; se observa que estas últimas piezas son las que alcanzaron mayor resistencia de diseño a compresión, por lo que en principio podría pensarse que su proceso de fabricación es de mejor calidad que el resto de las piezas.

CORRELACIÓN ESTADÍSTICA E INTERVALOS DE CONFIANZA

En la tabla 12 se indican los coeficientes de correlación entre las variables de los ensayos realizados. A partir de estos resultados se observa que, entre la absorción (A) y la resistencia de diseño a compresión de las piezas individuales (f'_p), existe una correlación débil, esto es, aunque las piezas cumplen con el nivel de absorción máxima de 12% que recomienda la normativa vigente (NMX-C-404-ONNCCE-2012), esto no influye en un mejor desempeño de su resistencia de diseño a compresión.

Tabla 12
Coeficientes de correlación entre las variables de los ensayos realizados

Variables	Coeficiente de correlación (r_{XY})	Interpretación
$A - f'_p$	0.10	Correlación débil
$A_n - f'_p$	0.67	Correlación fuerte
$t_{pe} - f'_p$	0.43	Correlación moderada
$t_{pi} - f'_p$	0.53	Correlación fuerte
$f'_p - f'_m$	0.51	Correlación fuerte

Por otra parte, se aprecia que entre el espesor de la pared exterior (t_{pe}) y f'_p se tiene una correlación moderada, se infiere que cuando t_{pe} aumenta, también f'_p tiende a aumentar, si bien con cierta dispersión o variabilidad.

En cambio, se presenta una correlación fuerte entre el espesor de la pared interior (t_{pi}) y f'_p , se concluye que cuando cambia t_{pi} , f'_p tiende a cambiar de manera predecible y consistente.

Aunque ambos espesores cumplen con el valor mínimo de 2 cm (NMX-C-404-ONNCCE-2012 y NTC-DCM-23) se advierte que e_2 influye más sobre f'_p que el espesor e_1 , por lo que puede considerarse que es más probable que en cuanto mayor sea este espesor mejor será la calidad a compresión de la pieza.

Por lo que se refiere al área neta (A_n), se observa una correlación fuerte con f'_p , en consecuencia, se deduce que cuanto mayor sea A_n se tendrán mayores valores de f'_p , esto es, que los cambios en A_n están fuertemente asociados con cambios en f'_p , por lo tanto, su relación es muy predecible.

Finalmente, entre f'_p y f'_m , se presenta una correlación fuerte, por lo tanto, se infiere que a mayores valores de f'_p , mayores serán los valores de f'_m , es decir, aunque el resultado no implica causalidad, se puede considerar que una mejor calidad de las piezas de mampostería se relaciona con una mejor calidad de las pilas de este material.

En la figura 6 se muestra la relación entre la absorción de las piezas (A) y su resistencia de diseño a compresión (f'_p). La línea de regresión tiene una pendiente positiva, lo que indica que la relación entre las variables es directa, si bien el coeficiente de determinación (R^2) es pequeño (0.0094), de lo que se deduce que la línea de ajuste no explica adecuadamente la variabilidad de la resistencia de diseño a compresión cuando varía la absorción, esto es, no se puede predecir de forma conveniente la resistencia de diseño a compresión a partir de la absorción de las piezas estudiadas.

En la figura 7 se representa la relación entre el área neta (A_n) de las piezas y su resistencia de diseño a compresión (f'_p). Se aprecia que la línea de ajuste tiene una pendiente positiva, de lo que se infiere que la relación entre las variables es directa; asimismo, el coeficiente de determinación (R^2) es 0.45, por lo tanto, se puede decir que el modelo es de ajuste moderado, esto es, puede explicar en parte el comportamiento de la variable dependiente (f'_p), pero no toda su variabilidad.

Figura 6
Correlación estadística entre la absorción (A) y la resistencia de diseño a compresión ($f'_p f'_p$)

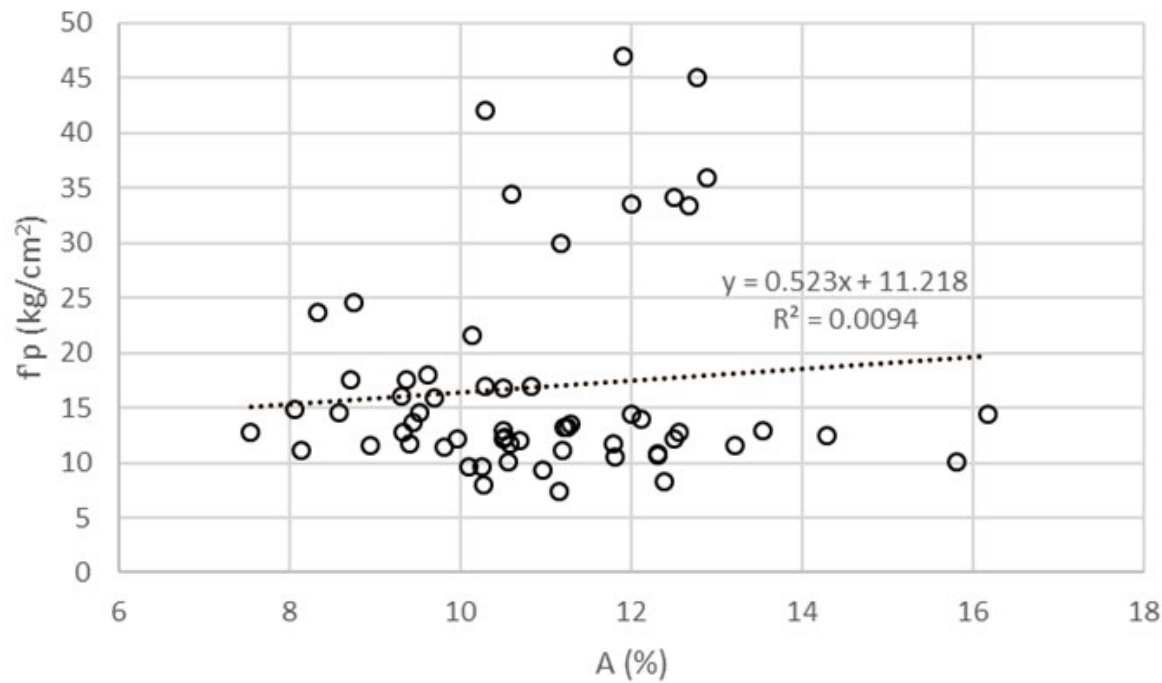
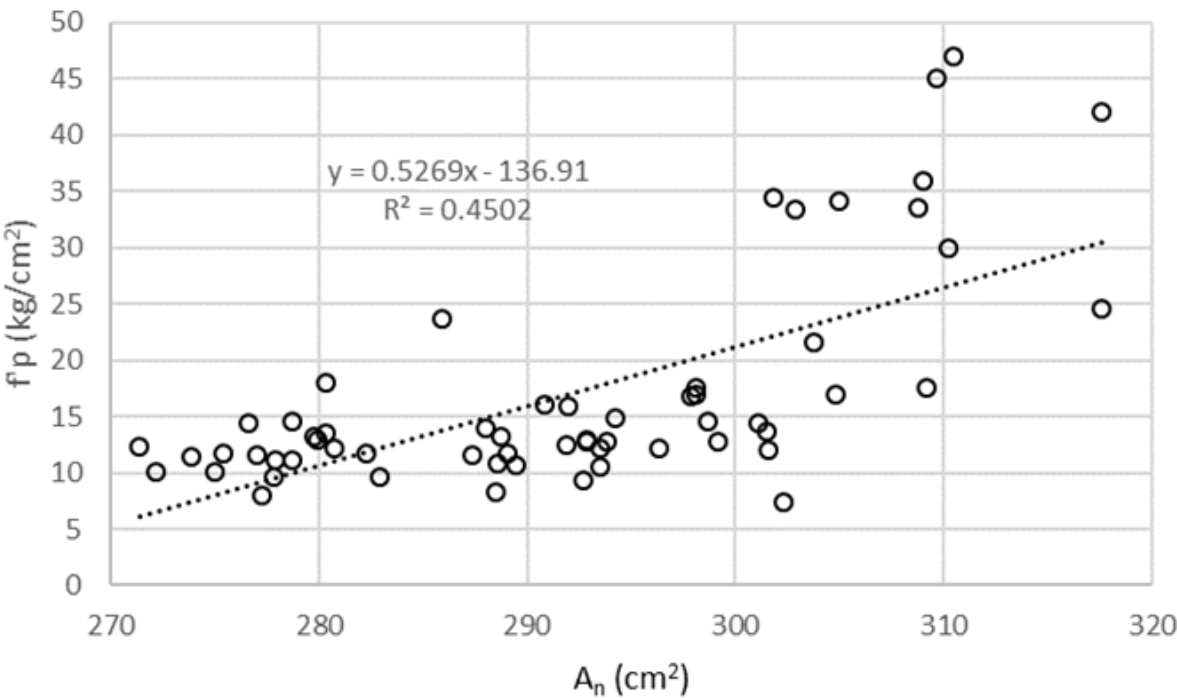


Figura 7
Correlación estadística entre el área neta (A_n) y la resistencia de diseño a compresión ($f'_p f'_p$)



En la figura 8 se muestra la línea de mejor ajuste entre el espesor de la pared exterior (t_{pe}) de las piezas y su resistencia de diseño a compresión (f'_p). Se aprecia que esta línea tiene pendiente positiva, de lo que se deduce que la relación entre estas variables es también directa; no obstante, el valor del coeficiente de determinación (R^2) es 0.18, lo que señala que las observaciones se alejan de las predicciones del modelo, por lo tanto, la variabilidad en el espesor de la pared exterior no pronostica de forma conveniente la variabilidad de la resistencia de diseño a compresión.

En la figura 9 se muestra la relación entre el espesor de la pared interior de las piezas (t_{pi}) y la resistencia de diseño a compresión (f'_p). La línea de regresión tiene pendiente positiva, por lo tanto se concluye que existe una relación directa entre ambas variables; también se aprecia que el coeficiente de determinación (R^2) es 0.28, esto es, se trata de un ajuste bajo, en consecuencia, la línea de ajuste no logra explicar gran parte de la variabilidad en los datos; esto es, la variable independiente t_{pi} tiene poco poder predictivo para explicar los cambios en la variable dependiente f'_p .

Figura 8

Correlación estadística entre el espesor de la pared exterior (t_{pe}) y la resistencia de diseño a compresión (f'_p)

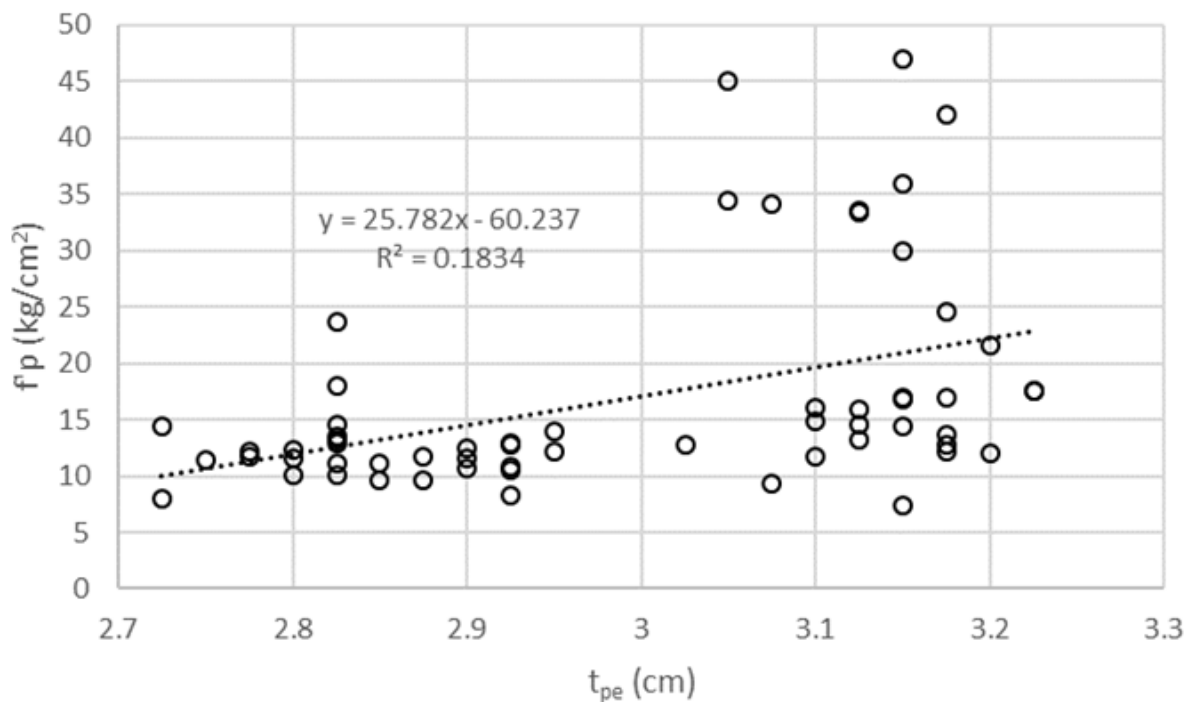
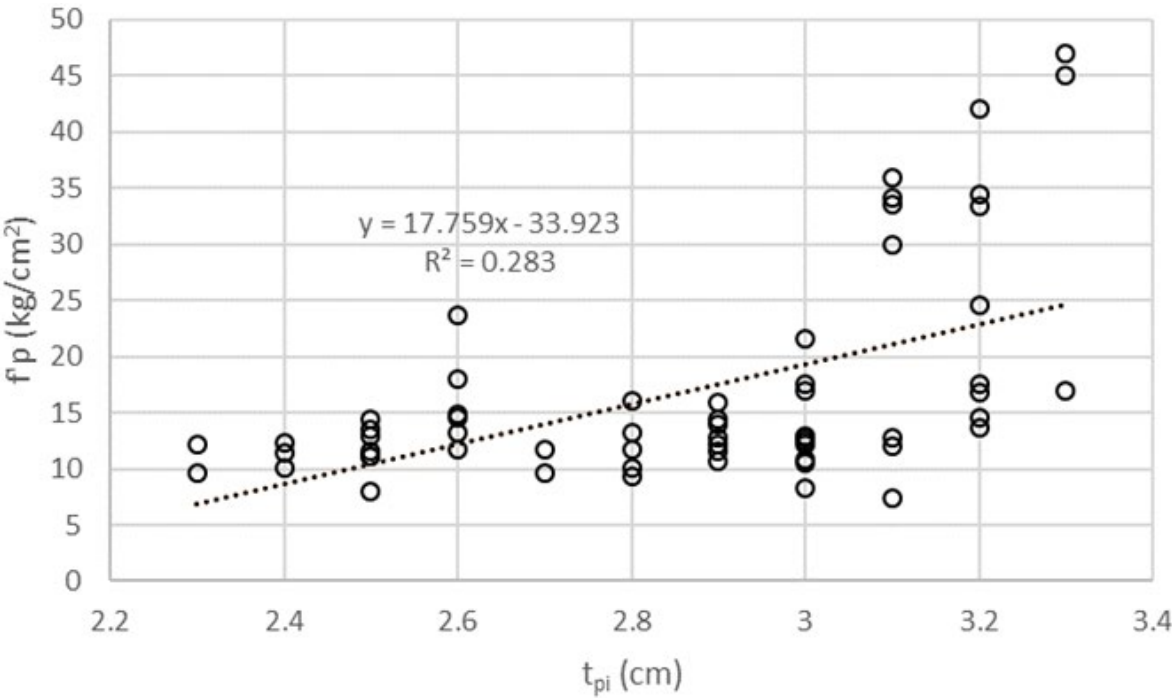


Figura 9

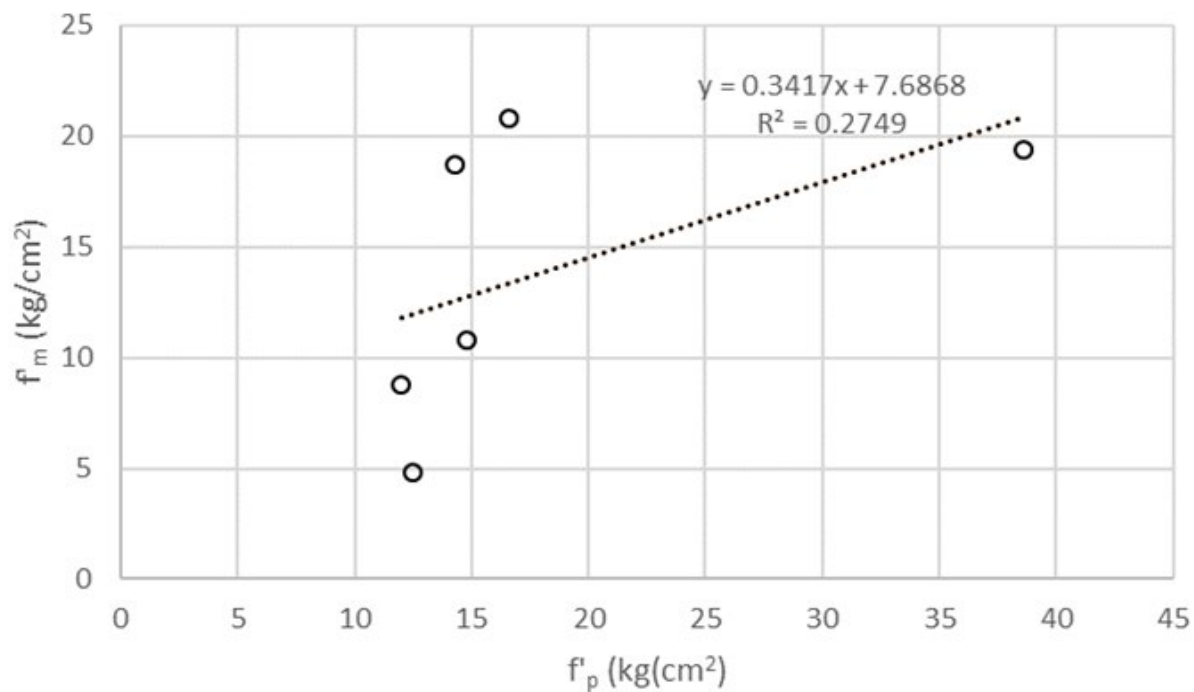
Correlación estadística entre el espesor de la pared interior (t_{pi}) y la resistencia de diseño a compresión (f'_p)



En la figura 10 se muestra la relación entre los valores medios de f'_p y f'_m . Como se observa, la línea de regresión tiene pendiente positiva; por lo tanto, se concluye que existe una relación directa entre ambas variables. En general, se observa que conforme crece f'_p también crece f'_m , otros autores reportan un comportamiento parecido (Tena *et al.*, 2017); no obstante, el coeficiente de determinación (R^2) es 0.27, lo que señala un ajuste bajo, es decir, la línea de ajuste explica

una mínima parte de la variación de la variable dependiente (f'_m), y señala que en su comportamiento influyen otros factores además de f'_p . Como se observa, la muestra resulta insuficiente para explicar la relación entre f'_p y f'_m , aunque el índice de correlación entre estas variables indica una correlación fuerte, la regresión señala que el modelo no es capaz de predecir los resultados alcanzados, por lo que en trabajos futuros se considerará un mayor tamaño de la muestra.

Figura 10
Correlación estadística entre los valores medios de f'_p y f'_m



De forma complementaria, para las variables representativas de la mampostería estudiada, en la tabla 13 se presentan los intervalos de confianza al 90% (columnas 4 y 5) y al 95% (columnas 6 y 7).

Tabla 13
Intervalos de confianza de las variables representativas de la mampostería estudiada

Variable	Valor medio	Desviación estándar	Intervalo de confianza al 90%		Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
A (%)	10.91	1.74	10.54	11.29	10.47	11.36
t_{pe} (cm)	2.99	0.16	2.96	3.03	2.95	3.03
t_{pi} (cm)	2.86	0.28	2.80	2.92	2.79	2.93
A_n (cm²)	291.96	11.97	289.42	294.50	288.93	294.99
f'_p (kg/cm²)	16.93	9.40	14.93	18.92	14.55	19.31
f'_m (kg/cm²)	13.88	6.05	9.82	17.94	9.05	18.72

En el caso de la resistencia de diseño a compresión (f'_p), se puede decir que se tiene un 95% de confianza de que el promedio de esta variable se encuentre entre 14.55 y 19.31 kg/cm², si bien el ancho del intervalo es de 4.76 kg/cm² (más amplio); en cambio, para un intervalo de confianza de 90% el promedio de esta variable se localiza entre 14.93 y 18.92 kg/cm², con un ancho de intervalo de 3.99 kg/cm² (más estrecho). Esto es, para un 95% de confianza se espera que el 95% de los intervalos calculados incluyan el valor verdadero de f'_p y para el 90% de confianza se espera que el 90% de esos intervalos contengan el valor verdadero de f'_p . Conclusiones parecidas se pueden hacer para las demás variables de esta tabla.

CONCLUSIONES

Se presenta un estudio en que se evalúan, de manera experimental, parámetros relevantes para el estudio del comportamiento de mampostería formada por BHC en viviendas de interés social ubicadas en una zona sísmica, como Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, entre las que se encuentran: la geometría, la absorción de agua, el peso volumétrico, y la resistencia a compresión de piezas y pilas. También se obtuvo la resistencia a compresión del mortero de pegue. El estudio representa una primera etapa, pues existen importantes aspectos aún por cubrir, como la determinación de: a) resistencias a compresión diagonal (cortante); b) adherencia mortero-pieza, y c) durabilidad; los cuales representan una etapa futura por realizar en esta investigación. Asimismo, con la información completa se abordarán aspectos relevantes asociados a mecanismos de transferencia de resultados a políticas de control de calidad, protocolos de recepción en obra o medidas preventivas de carácter normativo. A pesar de las limitantes, se presentan a continuación algunas conclusiones basadas en los resultados obtenidos.

Con referencia a la geometría de las piezas, ninguno de los lotes cumple con las especificaciones señaladas por la normativa vigente en lo referente al largo, ancho y alto. El proveedor E

es el único que cumple, simultáneamente, con el largo y anchos especificados. En relación con las dimensiones modulares (12 cm × 20 cm × 40 cm), se observa que las dimensiones promedio de las piezas por proveedor no muestran desviaciones relevantes. En este sentido, las proveedoras con geometría más próximas a las modulares son: A, B y F, las proveedoras C y D son las de mayores irregularidades.

En todos los lotes se cumple con el requisito del espesor mínimo de 20 mm para las paredes exteriores; sin embargo, en cuanto a las paredes interiores, únicamente las piezas de los proveedores A, C, D y E cumplen con el espesor mínimo de 20 mm.

Todas las piezas evaluadas cumplieron con la condición para clasificarse como huecas, ya que los cocientes de las áreas netas a brutas se encontraron entre 0.50 y 0.75, lo cual se ajusta a lo que señala la normativa considerada.

El mortero ensayado, con dosificación 1:3, según la práctica constructiva de Tuxtla Gutiérrez, se puede clasificar como mortero clase I, ya que su resistencia a la edad de 28 días superó los 125 kg/cm², como lo especifican las NTC-DCEM-23.

El peso volumétrico promedio de las piezas, de todos los lotes ensayados, presentó un valor superior a 1,700 kg/m³, por lo tanto, satisface los requisitos mínimos de las NTC-DCEM-23.

Las piezas de los proveedores A, B, C, D y F cumplen con la especificación de absorción de agua total a 24 horas, no mayor a 12%, indicada en la NMX-C-404-ONNCCE-2012.

Ninguna de las piezas ensayadas cumple con la resistencia mínima a compresión de piezas de 70 kg/cm² especificada por la NMX-C-404-ONNCCE-2012. De igual manera, ninguna de ellas cumple con la resistencia promedio a compresión de piezas mínima de 90 kg/cm² especificada por la misma normativa. Finalmente, de acuerdo con las NTC-DCEM-23, en ninguno de los lotes se alcanzaron los 60 kg/cm² que se requieren como mínimo para la resistencia de diseño a compresión de piezas. Únicamente las piezas del lote A podrían destinarse a uso no estructural según la NMX-C-441-ONNCCE-2013.

En ninguno de los lotes se alcanzó la resistencia mínima de 25 kg/cm² para diseño a compresión de la mampostería que se recomienda en las NTC-DCEM-23. Es importante hacer notar que la resistencia promedio de diseño a compresión obtenida en el estudio realizado en 2019 (Ruiz-Sibaja *et al.*, 2019) indicó un valor de 15.09 kg/cm²,

evidenciando, siete años después, la carencia en iniciativas para el fomento del control de calidad y la mejora en las propiedades del BHC producido en esta región.

En la tabla 14 se presenta un resumen sobre el cumplimiento (✓) o no (✗) del material estudiado respecto a la normativa vigente.

Tabla 14
Resumen de resultados y comparativa respecto a parámetros de referencia normativos vigentes (NMX ONNCCE y NTC-DCEM-23)

Normativa	Proveedor					
	A	B	C	D	E	F
Dimensiones (NMX-C-404-ONNCCE-2012)	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Espesor de pared exterior (NMX-C-404-ONNCCE-2012 y NTC-DCEM-23)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Espesor de pared interior (NMX-C-404-ONNCCE-2012 y NTC-DCEM-23)	✓	✗	✓	✓	✓	✗
A_{neta}/A_{bruta} (NMX-C-404-ONNCCE-2012 y NTC-DCEM-23)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Peso volumétrico (NTC-DCEM-23)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Resistencia de diseño a compresión de piezas (NTC-DCEM-23)	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Absorción de agua (NMX-C-404-ONNCCE-2012)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Resistencia de diseño a compresión en pilas (NTC-DCEM-23)	✗	✗	✗	✗	✗	✗

Estos resultados muestran la gravedad de una situación actual, se están construyendo muros estructurales de viviendas con piezas que no cumplen con los requisitos mínimos ni para emplearse en muros no estructurales, incrementándose evidentemente la vulnerabilidad de las viviendas

y/o estructuras al someterse a acciones sísmicas intensas, poniendo en riesgo no solamente a la estructura en sí (que representa gran parte del patrimonio de cualquier familia en México), sino la integridad de sus habitantes. Sin duda un aspecto que trasciende lo técnico y puede tener

un impacto social y económico muy significativo en el desarrollo de un estado y país, como se ha evidenciado en dos de los sismos de mayor magnitud registrados en México (en septiembre de 1985 y de 2017).

Resulta evidente la ausencia de normatividad y/o regulaciones locales en los procesos de fabricación y control de calidad de los BHC en Tuxtla Gutiérrez, por lo que se requiere desarrollar mayores elementos técnicos que conlleven a la propuesta, desarrollo e implementación de políticas públicas regulatorias en este rubro. De lo anterior, es evidente que resulta necesario mejorar la calidad de las piezas fabricadas de este material mediante una regulación local de obligado cumplimiento, que establezca lineamientos para la fabricación de piezas de mampostería y para el cálculo y construcción con ellas. El papel de las autoridades municipales es vital en esta labor, así como el de las universidades de Chiapas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al alumno involucrado en el desarrollo de las pruebas experimentales: José Allan Ramírez Constantino. Asimismo, a los técnicos académicos del Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la UNACH, por su colaboración en el trabajo que aquí se describe. A los directivos de la Facultad de Ingeniería de la UNACH, por las facilidades para el desarrollo de los ensayos. Finalmente, se agradecen ampliamente los comentarios de los revisores anónimos, los cuales contribuyeron a mejorar la calidad de este artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Argüello-Méndez, T. R. (2022). *La producción de la vivienda popular en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*. Universidad Autónoma de Chiapas. <https://repositorio.unach.mx/jspui/handle/123456789/3824>
- Escamirosa-Montalvo, L. F., & Molina-Narváez, N. (2022). Análisis de la resistencia a la compresión de bloques de concreto usados en la construcción de viviendas en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 11(29). <https://doi.org/10.31644/imasd.29.2022.a03>
- Godínez-Domínguez, E., Tena-Colunga, A., Archundia-Aranda, H., Gómez-Bernal, A., Ruiz-Torres, R., y Escamilla-Cruz, J. (2019). Daños en viviendas localizadas en el sureste de México ocasionados por el sismo de Tehuantepec del 7 de septiembre de 2017, $M_w = 8.2$. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 24(2), 223-258. <https://doi.org/10.24133/riie.v24i2.1285>
- Godínez-Domínguez, E. A., Tena-Colunga, A., Pérez-Rocha, L. E., Archundia-Aranda, H. I., Gómez-Bernal, A., Ruiz-Torres, R. P., & Escamilla-Cruz, J. (2021). The September 7, 2017 Tehuantepec, Mexico, earthquake: Damage assessment in masonry structures for housing. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 56, 102123. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102123>
- González-García, E., Molina-Narváez, N., & Castañeda-Nolasco, G. (2019). Análisis de componentes artesanales utilizados en muros de vivienda en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. En: J. M. Ochoa Rangel, *Vivienda y comunidades sustentables en México*. (8ª ed.). Universidad de Sonora. <https://altexto.mx/vivienda-y-comunidades-sustentables-en-mexico-ijr1w.html>
- González-Herrera, R., Aguilar-Carboney, J. A., y Figueroa-Gallegos, J. A. (2017). Daños en estructuras habitacionales y educativas. En: R. González Herrera (ed.), *El sismo de Villaflores, Chiapas, sus realidades y consecuencias* (pp. 255-302). Universidad Autónoma de Chiapas. https://espacioimasd.unach.mx/libro/num15//El_sismo_de_Villaflores_Chiapas_sus_realidades_y_consecuencias.pdf
- NTC-DCEM-23. Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería. (2023). *Gaceta Oficial del Distrito Federal*. México. https://data.consejeria.cdmx.gob.mx/portal_old/uploads/gacetas/b3c4f4ff-37241doag93cc6742a8b0bf2f.pdf
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S. C. (2012a). Industria de la construcción —mampostería—. Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural: Especificaciones y métodos de ensayo (NMX-C-404-ONNCCE-2012).

- . (2012b). Industria de la construcción —mampostería—. Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural: Especificaciones y métodos de ensayo (NMX-C-441-ONNCCE-2013).
- . (2012c). Industria de la construcción —mampostería—. Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural: Especificaciones y métodos de ensayo (NMX-C-464-ONNCCE-2010).
- . (2013a). *Industria de la construcción —mampostería—. Determinación de las dimensiones de bloques, tabiques o ladrillos y tabicones: Método de ensayo (NMX-C-036-ONNCCE-2013).*
- . (2013b). Industria de la construcción —mampostería—. Determinación de las dimensiones de bloques, tabiques o ladrillos y tabicones: Método de ensayo (NMX-C-037-ONNCCE-2013).
- . (2013c). Industria de la construcción —mampostería—. Determinación de las dimensiones de bloques, tabiques o ladrillos y tabicones: Método de ensayo (NMX-C-038-ONNCCE-2013).
- . (2013d). Industria de la construcción —mampostería—. Determinación de las dimensiones de bloques, tabiques o ladrillos y tabicones: Método de ensayo (NMX-C-061-ONNCCE-2010).
- Ramírez-Constantino, J. A. (2022). *Características mecánicas del bloque hueco de concreto utilizado en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.* (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma de Chiapas. Repositorio institucional <https://drive.google.com/file/d/1lozmilcwkgk7caqvaaawebrnhzbrtodC/view>
- Ruiz-Sibaja, J. A., & Godínez-Domínguez, E. A. (2022). Análisis estadístico de características geométricas y mecánicas del bloque hueco de concreto de Tuxtla Gutiérrez. *Vivienda y Comunidades Sustentables*, 11, 63-84. <https://doi.org/10.32870/rvcs.voi11.193>
- Ruiz-Sibaja, J. A., Vidal-Sánchez, F., & Zebadúa-Sánchez, A. (2019). Propiedades geométricas y mecánicas del bloque hueco de concreto fabricado en el área de Tuxtla Gutiérrez (Chiapas, Mex.). *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 8(21). <https://doi.org/10.31644/imasd.21.2019.a01>
- Tena, A., Liga, A., Pérez, A., y González, A. (2017). Proposal for improved mixes to produce concrete masonry units with commonly used aggregates available in the Valley of Mexico. *Revista ALCONPAT*, 7(1), 36-56. doi: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v7i1.170>

Patrones de uso que influyen en el consumo eléctrico por enfriamiento en edificios educativos. Caso de estudio Universidad de Sonora.

*Usage patterns influencing cooling electricity consumption in
educational buildings: A case study of the University of Sonora.*

DOI: <https://10.32870/rvcs.v0i19.330>

ALMA VIRGINIA YEOMANS FIMBRES

Universidad de Sonora, México. ORCID: 0009-0003-3824-756X

Correo electrónico: alma_yeomans@hotmail.com

MARIA GUADALUPE ALPUCHE CRUZ

Universidad de Sonora, México. ORCID: 0000-0002-7641-0538

Correo electrónico: guadalupe.alpuche@unison.mx

ANA CECILIA BORBON ALMADA

Universidad de Sonora, México. ORCID: 0000-0002-7781-2571

Correo electrónico: ana.borbon@unison.mx

Recepción: 23 de junio de 2025 Aceptación: 24 de septiembre de 2025

RESUMEN

En este estudio se determinó el consumo eléctrico óptimo de sistemas de enfriamiento en cinco edificios ubicados en el Campus Hermosillo de la Universidad de Sonora, México, construidos bajo las directrices del organismo mexicano denominado Comité Administrador del Programa Federal de Construcciones Escolares (CAPFCE). Originalmente, estos edificios fueron diseñados para climas templados y construidos en todo el país, sin distinción de zonas climáticas. Se realizaron simulaciones en OpenStudio con termostatos a temperaturas de 17, 24 y 28° C, evaluándose cinco escenarios: cambios en la envolvente, ocupantes, iluminación, apertura de puertas/ventanas y estrategias combinadas. Las simulaciones se validaron *in situ* mediante cámara termográfica y sensores. Se obtuvieron valores anuales de carga térmica total y carga térmica sensible del sistema de enfriamiento, así como la temperatura operativa interior promedio.

ABSTRACT

This study identifies the optimal electrical consumption of cooling systems in five buildings located on the Hermosillo Campus of the Universidad de Sonora, Mexico. These buildings were constructed under the guidelines of the Mexican agency known as the Committee for the Administration of the Federal Program for School Construction (CAPFCE). Originally designed for temperate climates, these buildings were implemented nationwide without consideration for regional climatic conditions.

Simulations were conducted using OpenStudio Software with thermostat settings at 17, 24, and 28° C, evaluating five scenarios: modifications to the building envelope, occupancy levels, lighting systems, door/window openings, and combined strategies. The simulations were validated on-site using a thermographic camera and environmental sensors. Annual values of total and sensible cooling loads were obtained, along with the average indoor operative temperature.



Los resultados muestran que en el mes de agosto los consumos iniciales sin estrategias oscilaron entre 26.45 y 12.68 kWh/m², correspondiendo a la envolvente el 74-78%, a los ocupantes el 20-25% y menores porcentajes a la iluminación, ventilación e infiltración (<2%). Con estrategias, los consumos finales bajaron a 22.36-11.42 kWh/m². El mayor ahorro provino de la eficiencia de los equipos (hasta 13.26%), seguido por la implementación de aislamiento en muros (1.75%), losas (0.71%), ventanas de doble vidrio (0.03%) y optimización de ventilación e iluminación (1.19%). Elevar la temperatura del termostato de 17 a 28° C redujo el consumo entre 25 y 28%, con mayor efecto cuando el consumo base era alto. Las cargas térmicas máximas fueron 59.79 y 51.84 kWh/m² (total y sensible) y las mínimas 0.31 y 0.0024 kWh/m², mientras que la temperatura interior sin enfriamiento varió de 34.06 a 20.8° C.

Los resultados confirman que la envolvente y la masa térmica determinan la demanda de enfriamiento, y que la eficiencia de los equipos y el ajuste del termostato son las estrategias más efectivas para reducir el consumo. No existen estudios previos que integren estas variables y resultados en edificios tipo CAPFCE, lo que aporta criterios aplicables a otras instituciones en climas cálidos secos.

Palabras clave: consumo eléctrico, clima cálido-seco, edificaciones escolares CAPFCE, simulación energética, envolvente térmica, enfriamiento, patrones de uso de los usuarios.

INTRODUCCIÓN

A nivel global, la demanda en el uso de sistemas de enfriamiento ha ido en ascenso, especialmente en regiones cálidas, generando retos para gobiernos e instituciones educativas (UN Environment, 2017). En México, el consumo eléctrico en zonas cálidas es significativamente mayor que en otras regiones. En Sonora, el aire acondicionado representa una fracción considerable del consumo

Results for the month of August indicated that initial energy consumption without strategies ranged from 26.45 to 12.68 kWh/m². The building envelope accounted for 74-78% of the load, occupants for 20-25%, and lighting, ventilation, and infiltration for less than 2%. After implementing energy-saving strategies, consumption decreased to 22.36-11.42 kWh/m². The most significant reduction was achieved through equipment efficiency improvements (up to 13.26%), followed by wall insulation (1.75%), roof insulation (0.71%), double-glazed windows (0.03%), and optimized ventilation and lighting (1.19%). Increasing the thermostat temperature from 17 to 28° C reduced energy consumption by 25-28%, with greater impact observed in buildings with higher baseline consumption.

Maximum thermal loads reached 59.79 kWh/m² (total) and 51.84 kWh/m² (sensible), while minimum values were 0.31 and 0.0024 kWh/m², respectively. Indoor temperatures without cooling ranged from 34.06 to 20.8° C.

The findings confirm that the building envelope and thermal mass are key determinants of cooling demand. Equipment efficiency and thermostat adjustments emerged as the most effective strategies for reducing energy consumption. To date, no previous studies have integrated these variables and results in CAPFCE-type buildings, providing applicable criteria for similar institutions in hot-dry climates.

Keywords: electricity consumption, hot-dry climate, CAPFCE school buildings, energy simulation, thermal envelope, air conditioning, user usage patterns.

total de electricidad, especialmente en los meses más calurosos (CONUEE, 2018).

El consumo eléctrico de aire acondicionado por enfriamiento en edificios educativos en Hermosillo, Sonora, representa un desafío creciente debido al clima cálido seco de la región, caracterizado por temperaturas extremas y alta radiación solar. Estas condiciones afectan el desempeño térmico de los edificios y aumentan la

demanda de enfriamiento mecánico, haciendo del aire acondicionado un recurso indispensable para garantizar el confort térmico. Este consumo está influenciado por factores como el diseño arquitectónico, las condiciones climáticas y los patrones de uso de los ocupantes. En este sentido, resulta fundamental analizar cómo el diseño de los edificios educativos impacta en el consumo eléctrico, especialmente en regiones cálidas donde el enfriamiento es indispensable.

En México, el diseño de las escuelas estuvo marcado por el Plan de Once Años de 1958, promovido por la Secretaría de Educación Pública (SEP) bajo la dirección de Torres Bodet, con el objetivo de estandarizar la construcción de escuelas a nivel nacional. Dentro de este plan, el arquitecto Pedro Ramírez Vázquez diseñó el aula-clase rural, un modelo modular y de bajo costo que fue replicado en diversas regiones sin considerar las particularidades climáticas (Rueda & Rentería, 2017), ya que las circunstancias económicas, sociales, culturales y prioridades de aquellos años eran otras.

Este modelo, implementado por el CAPFCE, fue adoptado en muchas instituciones educativas en el país y por consiguiente en el estado de Sonora, incluyendo el Campus Hermosillo de la Universidad de Sonora. Sin embargo, con la Ley General de la Infraestructura Física Educativa (Inifed) de 2008, cada estado asumió la responsabilidad de su infraestructura educativa, lo que llevó a la desaparición de este modelo. A pesar de ello, muchas de estas construcciones siguen en uso y presentan desventajas para responder a las condiciones climáticas de la región de Hermosillo.

Marincic (2005) evaluó cuantitativamente el comportamiento térmico de estos prototipos arquitectónicos en la región y concluyó que carecen de un diseño térmico adecuado para el clima local de Hermosillo, lo que genera condiciones de confort desfavorables y un alto consumo eléctrico por enfriamiento. En este contexto, Fuentes (2016) advierte que la climatización artificial puede derivar en un uso excesivo de electricidad cuando los materiales y procesos constructivos no están adaptados al clima.

Alfaoyzan *et al.* (2023) realizaron una evaluación comparativa del consumo energético de la Universidad Sulaiman Al-Rajhi, en Arabia Saudita, donde encontraron que el consumo por el sistema de aire acondicionado correspondía al 79% del consumo total y que las medidas en la disminución de ese rubro son de las más importantes para poder lograr la sostenibilidad de los edificios, incluso aunque se encuentre su envolvente con aislamiento.

El concepto de consumo eléctrico óptimo es clave en el presente análisis. López (2011) lo define como el referente que distingue las edificaciones eficientes de las no eficientes, mientras que Castro, San José, Villafruela, Méndez & Guijarro (2008) lo describen como un consumo superior al promedio obtenido al comparar edificaciones con características semejantes, aunque esto no garantiza necesariamente la eficiencia del edificio.

Dentro de los factores que influyen en el consumo eléctrico, la envolvente del edificio desempeña un papel determinante. Varini (2015) la describe como el principal mecanismo de transferencia térmica entre el entorno y el interior de la edificación, por lo que su adecuado diseño puede reducir la necesidad de enfriamiento artificial. Bravo y Pérez (2016) la consideran un sistema termodinámico en constante interacción con el ambiente, mientras que González y Molina (2017) destacan su correcta planificación como un factor clave para minimizar el consumo eléctrico.

El desempeño térmico de la envolvente está directamente relacionado con los patrones de uso. Christopher Alexander introdujo en 1977 el concepto de patrón, definiéndolo como la recurrencia de un problema en el entorno y su correspondiente solución, la cual puede aplicarse múltiples veces (Guerrero, Suárez y Gutiérrez, 2013). Posteriormente, Zapata (2011) amplió esta idea al enfocarse en los patrones de uso en entornos educativos, destacando que éstos surgen de problemas frecuentes y optimizan la atención del alumno al involucrarlo en su resolución. Además, señaló que cada patrón está ligado a un contexto específico, donde problemas y soluciones se interrelacionan.

Los patrones de uso pueden describirse como las actividades diarias de los usuarios que definen la operación térmica del edificio dentro de un horario, lugar y contexto climático específico, los cuales pueden generarse en respuesta a problemáticas derivadas de las condiciones físicas, espaciales y térmicas de la envolvente, así como de los hábitos y costumbres de los ocupantes. De acuerdo con Balvedi, Schaefer, Bavaresco, Eccel y Ghisi (2018), la gran diversidad de interacciones que componen el comportamiento de los usuarios introduce una considerable complejidad en los estudios de desempeño térmico y energético, incluso al considerar una sola tipología arquitectónica.

En la evaluación del desempeño energético de los edificios, las herramientas tecnológicas en las últimas décadas han tenido un desarrollo considerable. Lucero-Álvarez *et al.* (2022) realizan una revisión de los programas de simulación, presentan algunas diferencias entre éstos y muestran resultados obtenidos utilizando los programas TRNSYS y OpenStudio; con el primero evaluaron un edificio residencial y con el segundo un edificio académico, concluyendo que es necesario trabajar un poco más en la interoperabilidad de los programas de simulación.

Otro ejemplo del uso de programas de simulación lo presentan Gollini-Mihalopoulos *et al.* (2023), quienes realizaron una evaluación del consumo energético anual del edificio núm. 1 de la Universidad Tecnológica de Panamá, encontrando una disminución del 38.81% en el consumo de energía y una reducción del 57.27% en emisiones de CO₂.

Quevedo *et al.* (2024) realizaron una revisión sobre la evaluación comparativa del consumo de energía en diversas universidades, donde observan que el consumo tiene una gran complejidad ya que depende de los tipos de servicios que tenga el edificio o grupos de edificios, además de que el comportamiento de los ocupantes tiene un impacto significativo en el consumo de energía debido al funcionamiento del edificio y al uso del espacio. En esta revisión se reportó que los principales consumos son en iluminación, la carga de equipos (contactos eléctricos) y acondicionamiento de aire, siendo este último el de mayor impacto

en los estudios analizados; concluyen además que esta línea de investigación tiene una gran área de oportunidad, ya que no hay aún indicadores claros para evaluar el consumo de energía de los edificios escolares y es importante aclarar que sólo reportan un estudio en el clima cálido-seco.

Este estudio tiene como objetivo optimizar el consumo eléctrico por enfriamiento, tomando en cuenta la envolvente térmica, los patrones de uso y la carga térmica generada por los usuarios, empleando simulaciones energéticas. De acuerdo con Bravo y Pérez (2016), la simulación energética se concibe como una representación simplificada de un sistema real que facilita la valoración y predicción del comportamiento energético de un diseño, ofreciendo información tanto sobre su desempeño en un periodo específico como sobre su evolución futura. Para Balvedi *et al.* (2018), una manera de evaluar la carga térmica representada por la ocupación del usuario es a través de simulaciones, en donde pueden incorporarse los perfiles representativos de comportamiento de los usuarios de forma estática (utilizando tiempos de ocupación fijos), y considerando las interacciones derivadas del uso de ventanas y puertas, con distinción sólo para días laborables.

Considerando el análisis teórico expuesto, se logra optimizar el consumo eléctrico en edificios CAPFCE (estructuras diseñadas sin criterios climáticos adecuados) mediante el ajuste de los patrones de uso y la implementación de aislamientos térmicos. Los resultados de esta investigación aportan evidencia para desarrollar estrategias orientadas a reducir el consumo eléctrico en estos edificios.

CASO DE ESTUDIO: EDIFICIOS SELECCIONADOS Y METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

El Campus Hermosillo de la Universidad de Sonora se ubica en el Blvd. Luis Encinas J, en el centro de la ciudad de Hermosillo, en el estado de Sonora, país México, en la latitud 29.1026 y longitud -110.97732 (figura 1).

Figura 1
Hermosillo, Sonora, México (polígono sombreado en blanco)



Fuente: elaborado con imagen de Google Earth (Google Earth Pro, 2024).

Esta región presenta un clima cálido seco con un marcado patrón estacional. De mayo a septiembre, las temperaturas máximas superan regularmente los 40° C, alcanzando picos cercanos a los 45° C en junio y julio. Durante este periodo las noches también son cálidas, con mínimas que rara vez descienden por debajo de los 25° C, lo que limita la capacidad de enfriamiento natural. La humedad relativa es más baja en los meses de calor extremo, intensificando la sensación de sequedad y aumentando la demanda de aire acondicionado por enfriamiento.

Considerando la amplia infraestructura educativa del campus, se aplicó una metodología de evaluación centrada en una selección específica de edificios. Se identificaron aquellos de tipo CAPFCE con aulas, por ser los espacios de mayor uso durante

la formación académica. Estos edificios fueron diseñados bajo un esquema modular, generalmente de dos a tres crujías, con aleros predominantes en orientación norte-sur. Originalmente presentaban sistemas constructivos convencionales, con estructura de concreto y muros de bloque de concreto macizo o ladrillo hueco doble relleno de mortero, algunos con recubrimiento de fachaleta cerámica. Con el tiempo estos muros se modificaron mediante la incorporación de materiales aislantes, y se añadieron terceros niveles construidos con estructuras de acero, muros exteriores de tablaroca con poliestireno extruido y muros interiores de panel de yeso. De esta selección, se eligieron cinco edificios cuyas variaciones en geometría y sistemas constructivos responden a las condiciones previamente descritas (figura 2 y tabla 1).

Figura 2
Selección de edificios CAPFCE en el Campus Hermosillo de la Universidad de Sonora



Fuente: elaborado con imagen de Google Earth (Google Earth Pro, 2024).

De acuerdo con el objetivo del trabajo, que consiste en realizar evaluaciones energéticas con métodos de simulación, es necesario contar con algunas variables para realizar ese proceso; entre otras, se encuentran las propiedades térmicas de materiales y sistemas constructivos que forman la envolvente de los edificios estudiados. Con este fin se realizó un estudio *in situ* para determinar la conductividad térmica en la superficie exterior de los materiales que conforman los sistemas constructivos. Con estos datos se desarrollaron simulaciones energéticas para analizar el consumo eléctrico durante el mes de agosto en función de cinco escenarios distintos. La validación de los resultados de simulación se llevó a cabo mediante monitoreos térmicos con cámara termográfica y sensores de temperatura instalados en los edificios seleccionados. Finalmente, se realizó un análisis comparativo de los

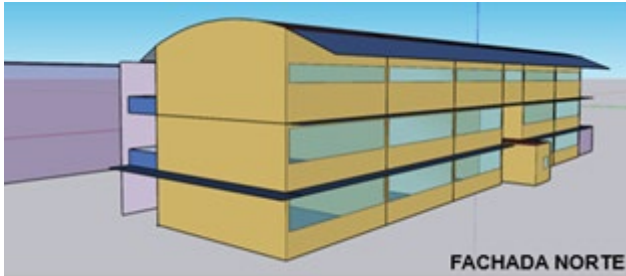
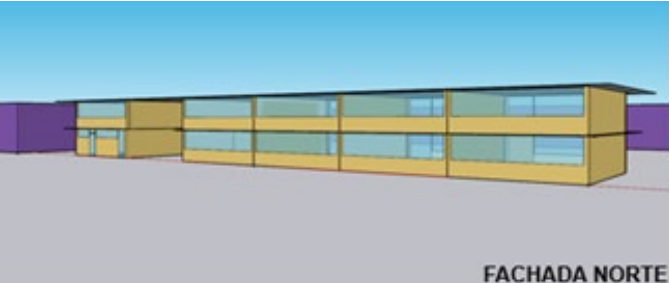
consumos eléctricos por enfriamiento, a partir del cual se establecieron recomendaciones para su optimización.

En forma adicional, se incorporó una gráfica de temperaturas interiores promedios mensuales sin enfriamiento y variables de desempeño de los sistemas de enfriamiento, con el fin de ampliar la interpretación de los resultados y evidenciar el comportamiento térmico anual.

TABLA I

Sistemas constructivos de los edificios seleccionados en el Campus Hermosillo de la Universidad de Sonora

Sistema constructivo	Imagen real y simulada del edificio en OpenStudio
1. Muros Exteriores: Bloque de concreto macizo de 19 cm de espesor. Muros Interiores: Bloque de concreto macizo de 19 cm de espesor. Cubierta y Entrepiso: Concreto estructural de 15 cm de espesor. Cerramientos: Vidrio monolítico de 3 mm de espesor, puerta de metal de 3 mm de espesor	
2. Muros Exteriores: Bloque de concreto macizo de 19 cm de espesor con poliestireno extruido de 1" de espesor. Muros Interiores: Bloque de concreto macizo de 19 cm de espesor. Cubierta y Entrepiso: Concreto estructural de 15 cm de espesor. Cerramientos: Vidrio doble de 7 mm de espesor, puerta de metal galvanizado de 45 mm de espesor	

3. Muro Exterior: Tablamiento de $\frac{1}{2}$" a dos caras, reforzado con perfiles metálicos de 6", postes y canal calibre 20, con poliestireno extruido de 1 cm de espesor. Muros Interiores: Panel yeso de $\frac{1}{2}$" a dos caras. Cubierta ligera metálica con aislamiento térmico de poliestireno expandido (EPS) Entrepiso: Concreto estructural de 15 cm de espesor. Cerramientos: Vidrio doble de 7 mm de espesor, Puerta de metal galvanizado de 45 mm de espesor	
4. Muro Exterior: Bloque de ladrillo hueco doble de 18 cm de espesor relleno de mortero, recubierto por una fachaleta cerámica de 1 cm de espesor. Muros Interiores: Ladrillo de 18 cm de espesor. Cubierta y Entrepiso: Concreto estructural de 40 cm de espesor. Cerramientos: Vidrio monolítico de 3 mm de espesor, puerta de metal de 3 mm de espesor.	 
5. Muro Exterior: Bloque de ladrillo hueco de 18 cm de espesor relleno de mortero, revestido con aislante de 1 cm de espesor, y por una fachaleta cerámica de 1 cm de espesor. Muros Interiores: Ladrillo de 18 cm de espesor. Cubierta y Entrepiso: Concreto estructural de 40 cm de espesor. Cerramientos: Vidrio monolítico de 3 mm de espesor, puerta de metal de 3 mm de espesor.	 

ESTUDIO DE CONDUCTIVIDADES TÉRMICAS *IN-SITU*

Se realizó un estudio de conductividades térmicas en los edificios sujetos a estudio del Campus, con la intención de contar con los valores reales de conductividad térmica de los materiales ya instalados. El estudio se llevó a cabo con el equipo medidor de conductividad térmica portátil KD2 Pro, utilizando sensores tipo aguja como el sensor KS-1 de 6 cm de largo y 1.3 mm de diámetro para materiales aislantes; el SH-1 con una doble aguja de 3 cm de largo y 1.3 mm de diámetro para

materiales sólidos; también se usó una pasta llamada Arctic Silver 5 High-Density Polysynthetic Silver Thermal Compound, que funciona como un compuesto altamente conductivo para rellenar el hueco al introducir el sensor, minimizando el rango de error en la medición.

Antes de iniciar las mediciones, se verificó con patrones para asegurar su buen funcionamiento. El método de medición consiste en perforar la superficie para introducir los sensores. Se realizaron mediciones hasta cubrir la variedad de materiales de la superficie exterior, como enjarres, tabiques y materiales aislantes (figura 3).

Figura 3

Medición de la conductividad térmica en un muro de concreto y un muro de bloque de ladrillo hueco



Fuente: fotografías propias, 2022.

El margen de error de las mediciones se encuentra dentro del límite permitido según el manual del equipo, con un rango de error que varía de 0.0548 a 0.0029. Los valores específicos

se presentan en la tabla 3. Una vez obtenidos los valores de conductividad térmica de los materiales, éstos fueron incorporados en los escenarios de simulación descritos en el siguiente apartado.

ESCENARIOS DE SIMULACIÓN ENERGÉTICA

Para evaluar el consumo eléctrico de los sistemas de aire acondicionado por enfriamiento, se definieron cinco escenarios de simulación. En cada uno se establecieron tres rangos de temperatura

del termostato: 17° C como mínimo, 24° C como valor intermedio y 28° C como máximo. Cada escenario analiza una variable específica para determinar su impacto en el consumo eléctrico. A continuación se describen los escenarios evaluados (tabla 2).

Tabla 2

Escenarios propuestos para la obtención de los consumos eléctricos aire acondicionado por enfriamiento

Escenario	Variable analizada	Objetivo
1	Propiedades térmicas y geometría de la envolvente.	Evaluar el impacto de la envolvente en el consumo eléctrico.
2	Carga térmica de los usuarios.	Determinar cómo la presencia de usuarios influye en el consumo eléctrico.
3	Encendido de luminarias.	Analizar el efecto del uso de iluminación en el consumo eléctrico.
4	Apertura de ventanas y puertas.	Estudiar el impacto de la ventilación no controlada en el consumo eléctrico.
5	Propuestas de uso óptimo y mejoras en la envolvente.	Evaluar estrategias de eficiencia energética para optimizar el consumo eléctrico.

Fuente: elaboración propia.

Para la construcción de los escenarios se modelaron los edificios en *SketchUp*® utilizando el complemento *OpenStudio*®. Las envolventes se orientaron según su ángulo, orientación y geolocalización en el campus universitario. Se definieron las superficies expuestas a la radiación solar y al viento, se modeló el flujo de calor entre espacios, y se representaron colindancias y vegetación como prismas (figura 4).

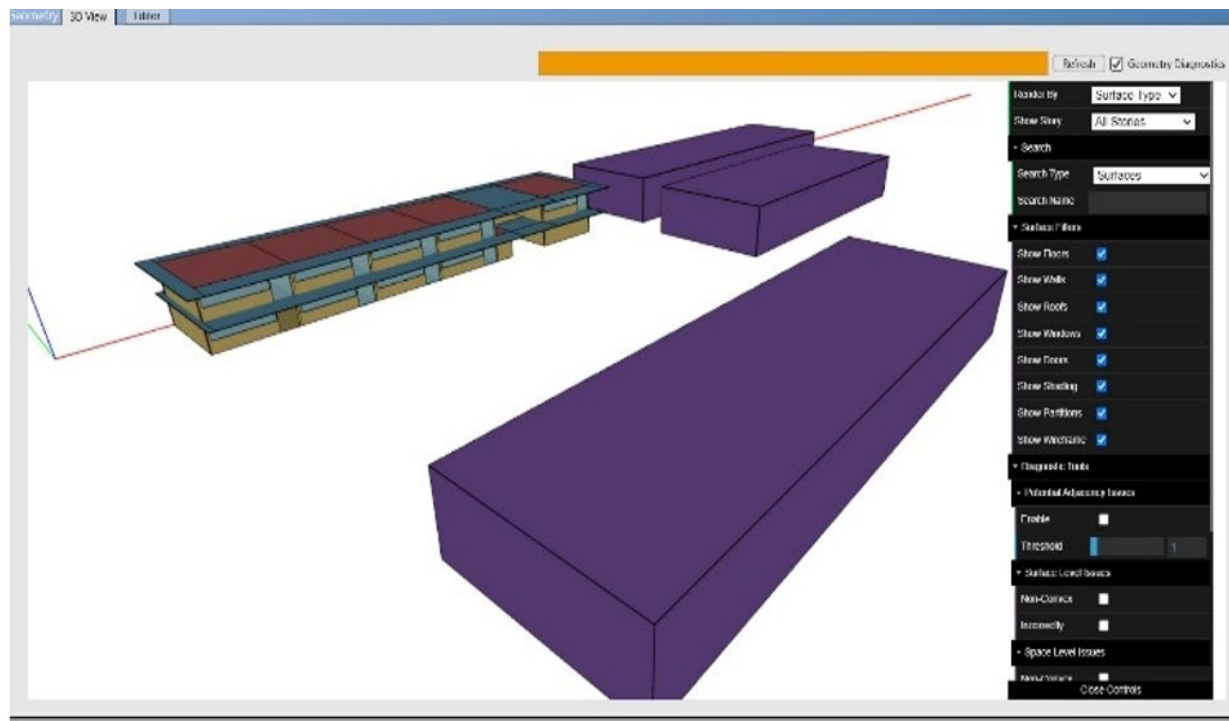
En el programa de simulación *OpenStudio* se incorporó el archivo en formato EPW con datos climáticos de Hermosillo y las temperaturas del suelo provenientes del repositorio *Climate.One-Building.org*. Se agregaron sistemas constructivos utilizando conductividades térmicas obtenidas *in situ*. Para complementar las propiedades físicas

de los materiales, se integraron datos de rugosidad, densidad, calor específico y absorptancia térmica provenientes del *software* *OpenStudio*, el cual emplea una biblioteca de materiales con parámetros basados en *ASHRAE Standard 90.1-2010*.

Se incluyeron las propiedades de materiales aislantes (poliestireno expandido, colchoneta de fibra de vidrio, Cubierta ligera metálica con aislamiento térmico de poliestireno expandido [EPS]), de masa térmica (polipropileno, concreto estructural, bastidor metálico, acero) y de cerramientos (ventanas monolíticas, dobles y puertas). Los valores de absorptancia solar y visible, correspondientes a los acabados de superficie, se obtuvieron del *software* *EnerHabitat* (Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM], 2014) (tabla 3).

Figura 4

Vista tridimensional del modelo geométrico del edificio en la interfaz de OpenStudio utilizada para la simulación



Fuente: elaboración propia.

En el apartado de masa térmica se incluyó el cálculo volumétrico de los elementos constructivos (columnas de concreto, acero, trabes, vigas, bastidores metálicos de los muros de tablero y panel yeso), así como el mobiliario, junto con las propiedades térmicas de los materiales. Se asignó un valor de infiltración de 0.6 renovaciones por hora, empleado en Hermosillo para zonas con envolventes que presentan puentes térmicos y materiales con huecos de aire.

Se simuló las características de los equipos de enfriamiento presentes en el sitio para que los resultados de consumo eléctrico fueran lo más similares posible. Por ello, se cargaron dos equipos de enfriamiento por aula, configurados como “unitary system-single speed DX cooling-Cycling-Elec reheat” (equivalentes a *minisplits no inverter*), ajustando sus características según los sistemas de aire acondicionado existentes

en el sitio. Se definió una eficiencia del 15% para el ventilador y del 20% para el motor, de acuerdo con Energy Star. Se estableció una eficiencia de 13 SEER y un COP de 4.9, verificado en Energy Plus. Además, se fijó un caudal de aire de 800 CFM y una capacidad nominal de dos toneladas por equipo, con un horario de funcionamiento de 7:00 a.m. a 9:00 p.m., de lunes a viernes, en agosto, y tres rangos de temperatura para el termostato: 17, 24 y 28° C.

Todo lo descrito anteriormente aplica a todos los escenarios, configurando así el escenario 1 con estas condiciones base. A partir de este punto se incorporaron parámetros específicos en los demás escenarios para evaluar su impacto en el consumo eléctrico.

Tabla 3
Propiedades termofísicas de los materiales analizados

Material	R	(m) a	(W/mK) b	(Kg/m^3) c	(J/kgK) d	$(\tau/s/v)$ e
Fachaleta cerámica	medio rugoso	0.010	0.302	1,500	1,480	0.9 / 0.3 / 0.3
Aislante ladrillo	medio rugoso	0.010	0.045	43	1,210	0.9 / 0.3 / 0.3
Ladrillo con doble hueco relleno de mortero	medio rugoso	0.180	0.281	1,500	1,480	0.9 / 0.3 / 0.3
Bloque de concreto	medio rugoso	0.150	0.338	2,000	840	0.9 / 0.3 / 0.3
Tablamiento	medio rugoso	0.013	0.099	898	1,000	0.9 / 0.7 / 0.7
Poliestireno	medio rugoso	0.012	0.030	43	1,210	0.9 / 0.3 / 0.3
Ladrillo	medio suave	0.180	0.925	1,970	800	0.9 / 0.3 / 0.3
Placa de yeso	medio suave	0.013	0.30	800	1,090	0.9 / 0.3 / 0.3
Colchoneta fibra de vidrio	medio rugoso	0.125	0.030	43	1,210	0.9 / 0.5 / 0.5
Concreto (cubierta-entrepiso)	medio suave	0.15 y 0.40	0.731	1,280	840	0.9 / 0.15 / 0.15
Lámina	medio suave	0.002	45.006	7,680	418	0.9 / 0.25 / 0.25
Cubierta ligera metálica con aislamiento térmico de poliestireno expandido (EPS)	medio rugoso	0.025	0.030	43	1210	0.9 / 0.25 / 0.25
Polipropileno	medio rugoso	0.254	0.190	1,400	1200	0.9 / 0.7 / 0.7
Concreto (columnas-trabes)	medio rugoso	0.400	1.720	2,243	837	0.9 / 0.7 / 0.7
Acero (columnas-vigas)	medio suave	0.100	45.310	7,833	500	0.9 / 0.25 / 0.25
Estructura de aluminio	medio suave	0.001	50.000	7,680	418	0.9 / 0.2 / 0.2
Metal (Puerta 3 mm)	—	0.003	45.28	—	—	—
Metal galvanizado (Puerta 45 mm)	—	0.045	1.2	—	—	—
Vidrio monolítico	—	0.003	5.8	—	—	—
Vidrio doble	—	0.007	2.6	—	—	—

Los números en cursivas corresponden a los valores de conductividad térmica obtenidos *in-situ*. Los datos restantes son obtenidos de EnerHabitat (UNAM, 2014) y de la biblioteca de materiales ASHRAE 90.0-2010.

a: espesor en metros (m).

b: conductividad térmica (W/mK).

c: densidad (kg/m³).

d: calor específico (J/kgK).

e: absorptancia (térmica/ solar/visible).

Fuente: elaboración propia.

En el escenario 2 se incluyó el número de usuarios y se asignó una tasa metabólica de 108 W/persona (sentado-quieto). En el escenario 3 se añadieron luminarias LED, tomando los valores de consumo en watts de los catálogos Philips, y se estableció un horario de encendido de 7:00 a 9:00 p.m. en agosto. En el escenario 4 se utilizó el *measure* de ventilación por *stack* en OpenStudio, ya que es la variable más cercana disponible para representar el efecto del aire que ingresa al interior cuando se abren puertas y ventanas. Para simular esta condición, se forzaron temperaturas elevadas que reflejan el clima típico de Hermosillo, promoviendo la entrada de aire durante el horario de 7:00 a 9:00 p.m., de lunes a viernes en agosto.

En el escenario 5 se implementaron estrategias para optimizar el consumo eléctrico de los sistemas de aire acondicionado, considerando patrones de uso, aislamiento térmico y mejoras en la eficiencia de los equipos de enfriamiento. Durante el mes

de agosto se estableció una rutina de ventilación natural que consistía en abrir puertas y ventanas entre clases y mantenerlas cerradas durante las sesiones. Este procedimiento se aplicó diariamente de 7:00 a.m. a 9:00 p.m. En cuanto a la iluminación, las luminarias se apagaban cuando no había actividad y permanecían encendidas durante las clases para garantizar condiciones adecuadas de habitabilidad, ya que se observó que los estudiantes las utilizaban tanto en las sesiones matutinas como vespertinas (Yeomans, Alpuche y Borbón, 2025).

Además, en edificios sin aislamiento se añadió una capa de poliestireno extruido de 1 pulgada en muros y techos, y se reemplazaron las ventanas monolíticas por unidades de doble vidrio. También se incrementó la eficiencia de los sistemas de aire acondicionado, elevando el SEER de 13 (básico) a 16 (intermedio), lo que contribuye a un menor consumo eléctrico y una operación más eficiente. Estas propuestas se detallan en la tabla 4.

Tabla 4
Propuestas realizadas en los edificios para el logro del consumo eléctrico óptimo de los sistemas de enfriamiento de aire acondicionado por enfriamiento

Edificio	Patrones de uso óptimos (ventilación, iluminación)	Aislación térmica	Ventanas doble vidrio	Eficiencia mejorada de aires acondicionados por enfriamiento
1	✓	✓ Muros y losa	✓	✓
2	✓	—	—	✓
3	✓	—	—	✓
4	✓	✓ Muros	✓	✓
5	✓	—	✓	✓

Fuente: elaboración propia.

También se consideraron indicadores de carga térmica y condiciones interiores obtenidos de OpenStudio, tales como “Unitary System Total Cooling Rate” (energía térmica total suministrada por el sistema de aire acondicionado, incluyendo carga sensible y latente), “Zone Air System

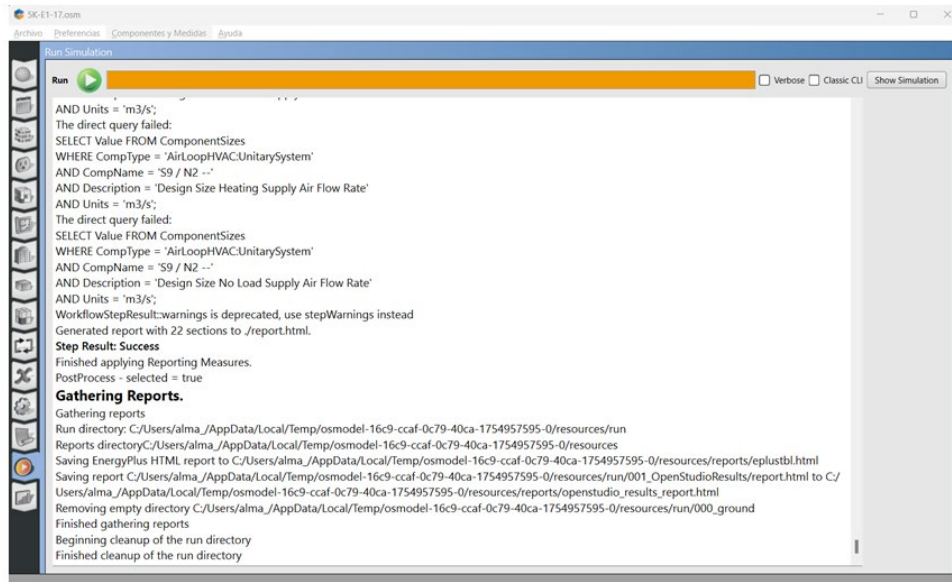
Sensible Cooling Rate” (energía térmica sensible entregada al aire de la zona) y “Zone Mean Air Temperature” (temperatura interior promedio). Estos parámetros complementan el análisis del comportamiento térmico de los edificios bajo las distintas condiciones de simulación.

Los resultados se obtuvieron a partir de las simulaciones realizadas en *OpenStudio*. La información fue exportada mediante el archivo de salida *eplusout.sql* generado por *EnergyPlus*,

procesada y organizada para su análisis, y posteriormente graficada para su interpretación (figuras 5 y 6).

Figura 5

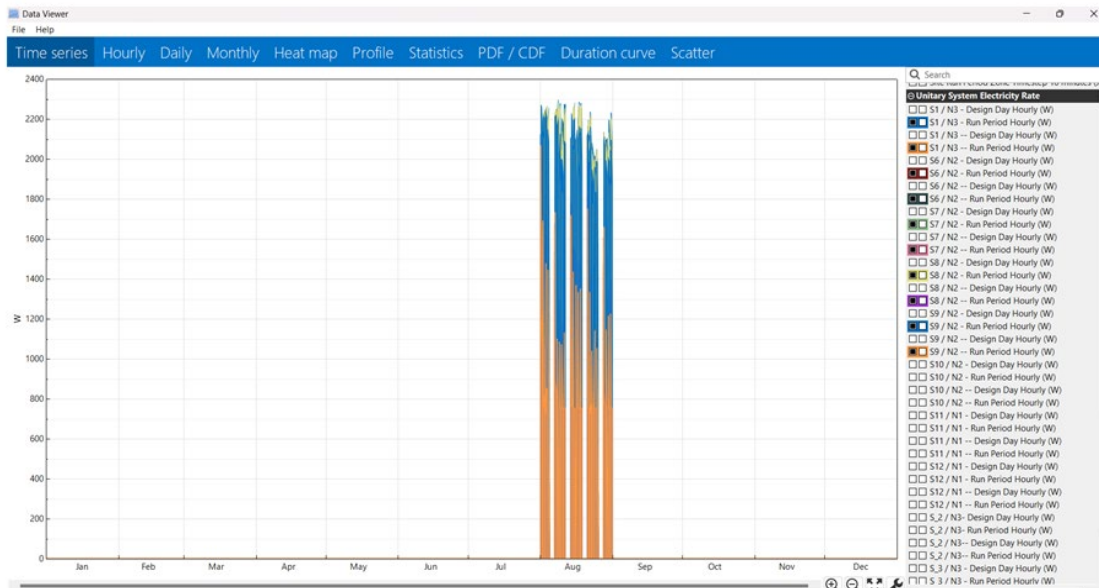
Proceso de ejecución de simulación en OpenStudio aplicado a todos los edificios y escenarios



Fuente: elaboración propia.

Figura 6

Visualización de resultados en el Data Viewer de OpenStudio aplicada a todos los edificios y escenarios, generada a partir del archivo de salida *eplusout.sql* de *EnergyPlus*



Fuente: elaboración propia.

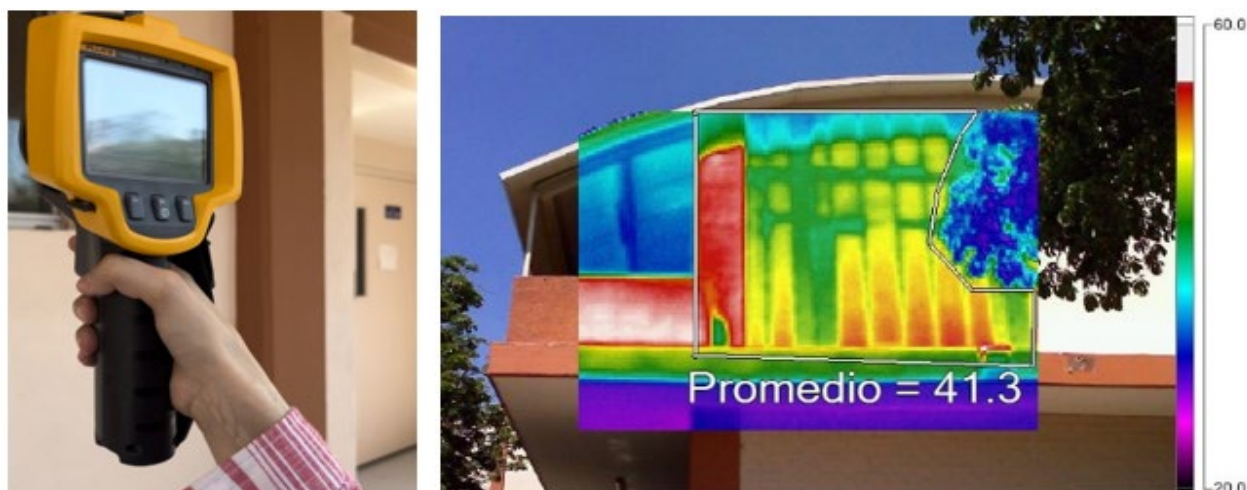
VALIDACIÓN DE LAS SIMULACIONES ENERGÉTICAS

Para la validación de las simulaciones de consumo eléctrico por enfriamiento se realizaron dos tipos de monitoreos térmicos *in situ*. El primero consistió en la captura de imágenes termográficas de las superficies exteriores de los edificios 1, 2 y 4. Estas mediciones se llevaron a cabo los días

22 y 24 de agosto de 2022, en horarios matutinos y vespertinos, abarcando las orientaciones norte, sur, este y oeste. Para la obtención de las imágenes térmicas se utilizó una cámara termográfica Fluke Ti25, con una precisión de $\pm 1.2^{\circ}\text{C}$, un rango de medición de -20°C a $+350^{\circ}\text{C}$ y una resolución de 160×120 píxeles. Posteriormente, las temperaturas promedio de las superficies fueron analizadas mediante el *software* SmartView® (figura 7).

Figura 7

Dispositivo portátil utilizado para la captura de imágenes termográficas en superficies exteriores, y fotografía térmica de un muro tomada con la cámara termográfica Fluke



Fuente: fotos propias, 2022.

En diciembre de 2023 se instalaron sensores de temperatura en el interior de las aulas de los edificios pendientes de validación: el 3 y el 5. Durante este periodo las aulas permanecieron desocupadas, sin usuarios y sin sistemas de aire acondicionado en funcionamiento, lo que permitió recopilar datos con mayor precisión y sin interferencias.

La metodología empleada consistió en la instalación de cuatro sensores HOBO Data Logger, con un rango de medición de -20°C a 70°C . Estos

sensores fueron suspendidos de los proyectores existentes en las aulas, ubicados a la mitad de la altura total del espacio. En ambos edificios los sensores se instalaron en un aula de esquina poniendo una intermedia, manteniendo la misma distribución. La diferencia radica en que en el edificio 5 se ubicaron en el primer nivel, mientras que en el edificio 3 en el tercero. Los datos recopilados fueron descargados y analizados mediante el *software* HOBOWare® (figura 8).

Figura 8
Instalación de sensores hobo Data Logger en aulas de los edificios



Fuente: fotos propias, 2023.

En el edificio 5 el periodo de monitoreo fue del 30 de noviembre a las 7:00 h al 31 de diciembre a las 12:00 h que corresponden a la hora número 8,027 hasta la 8,760 del año, siendo 734 horas medidas. En el edificio 3 el registro abarcó del día 2 de diciembre a las 10:00 h al 31 de diciembre a las 12:00 h, correspondiente a la hora 8,122 a la 8,760, con un total de 639 horas medidas.

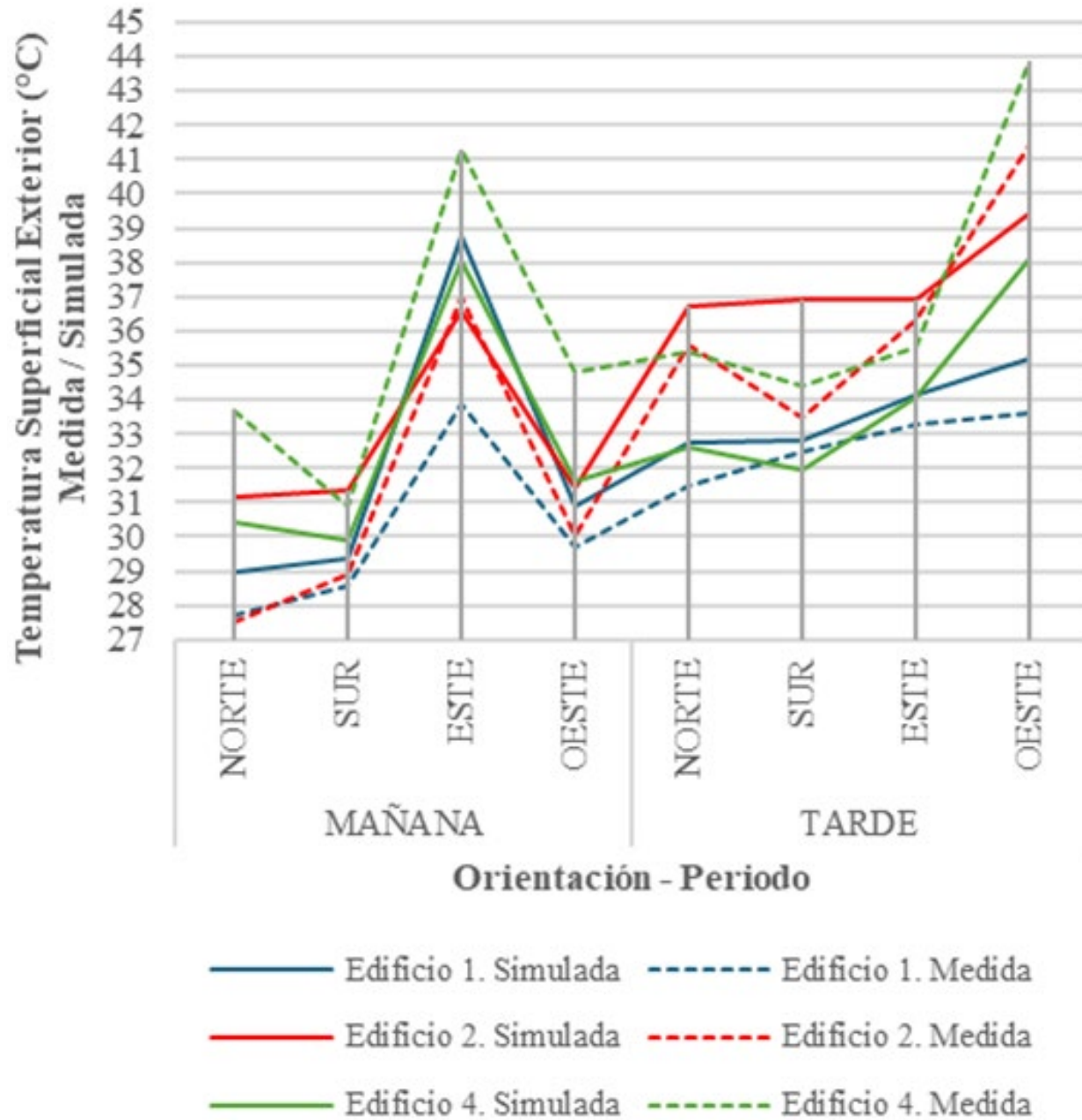
Los resultados de los monitoreos *in situ* se compararon con las simulaciones en OpenStudio®, utilizando el archivo climático EPW de la NASA correspondiente a los periodos monitoreados. Para la validación, se definieron dos variables de salida: “Surface Outside Face Temperature (° C)”, que refleja la temperatura superficial exterior y “Zone

Mean Air Temperature (° C)”, que representa la temperatura interior de mezclado del aula. Posteriormente se generaron gráficos comparativos entre los valores medidos en campo y los obtenidos en la simulación, permitiendo analizar la dispersión de los datos (figuras 9, 10 y 11).

Los coeficientes de determinación (R^2) obtenidos reflejaron una alta correlación entre ambos conjuntos de datos, con valores de 0.84 para el edificio 1, 0.90 para el edificio 2, 0.85 y 0.84 para el edificio 3, 0.92 para el edificio 4, y 0.88 y 0.86 para el edificio 5 (figura 12). Estos resultados confirmaron que las simulaciones eran representativas de las condiciones reales del sitio, permitiendo continuar con la investigación.

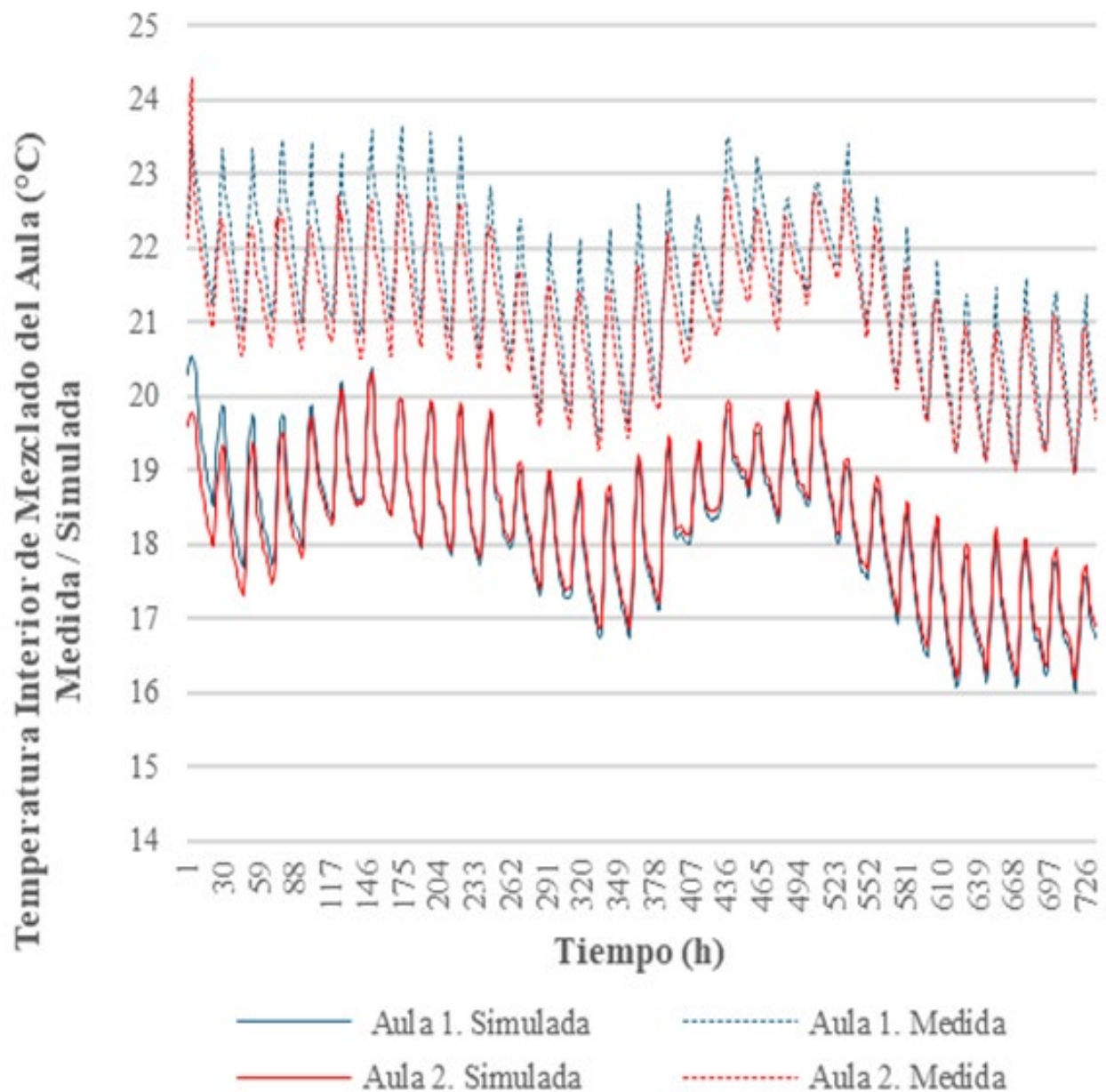
Figura 9

Comparación de temperaturas: simulación vs. medición *in situ* con cámara termográfica en los edificios 1, 2 y 4



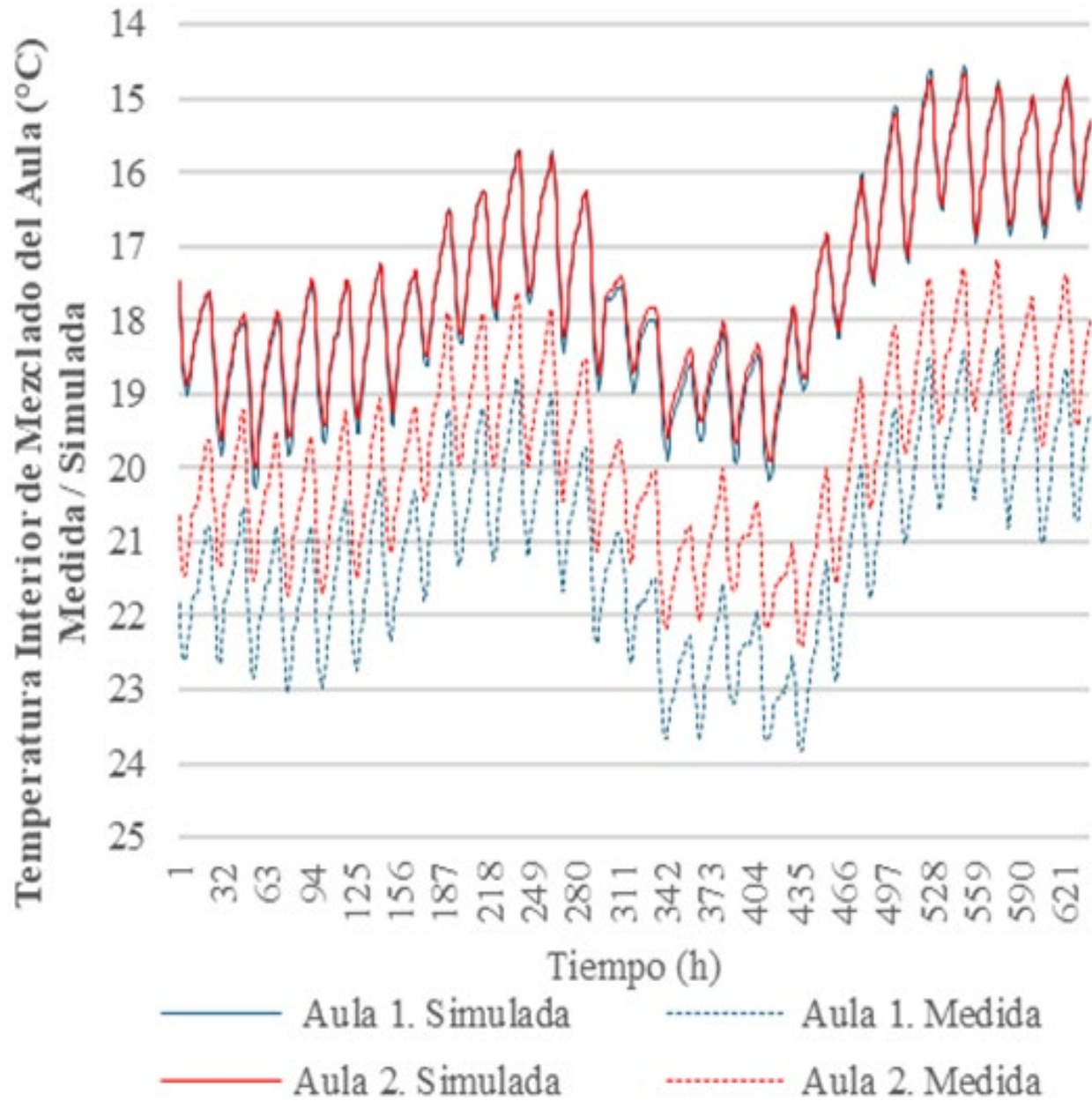
Fuente: elaboración propia.

Figura 10
Comparación de temperaturas: simulación vs. medición
in situ con sensores de temperatura interior en el edificio 5



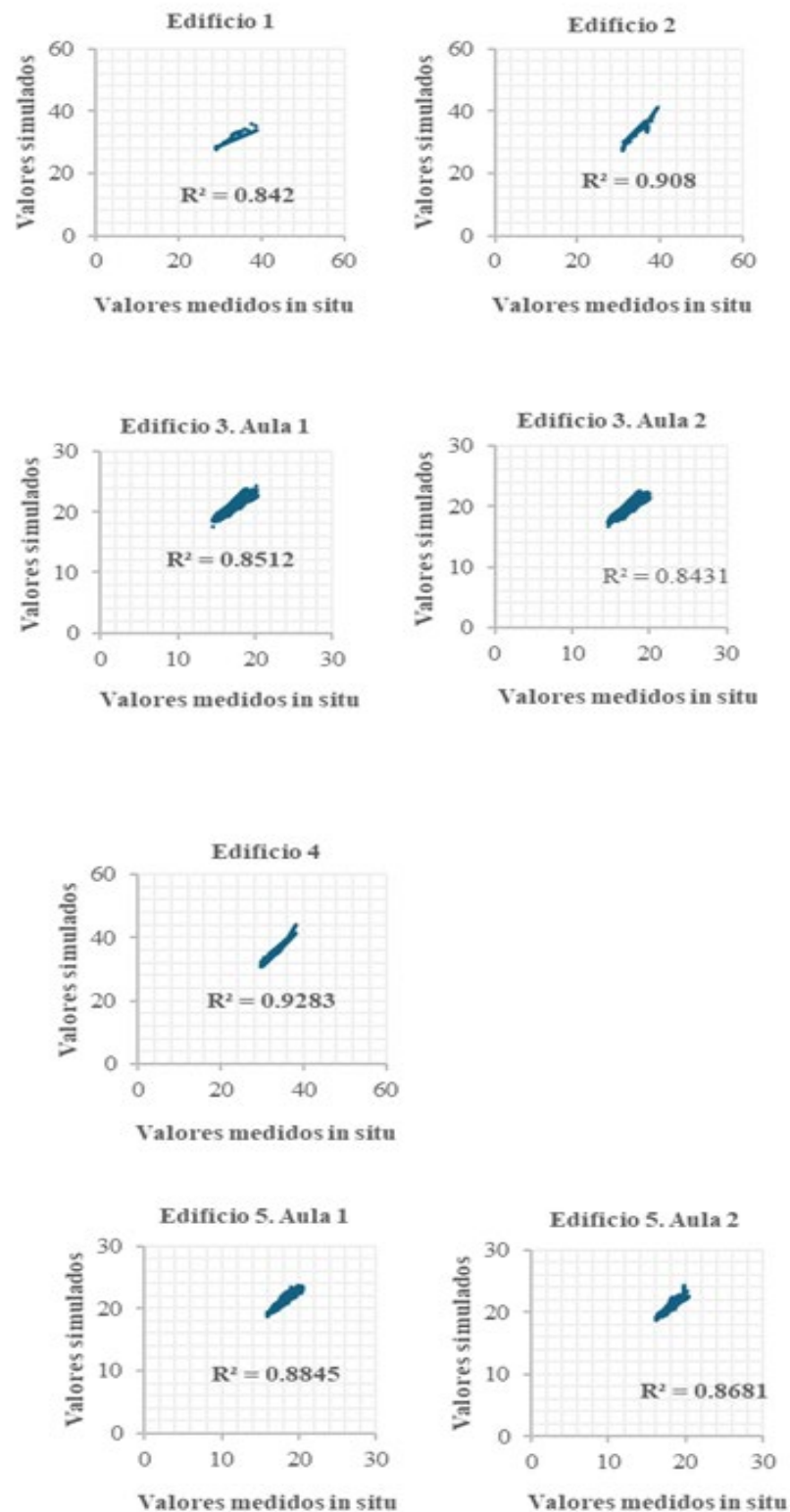
Fuente: elaboración propia.

Figura 11
Comparación de temperaturas: simulación vs. medición
in situ con sensores de temperatura interior en el edificio 3



Fuente: elaboración propia.

Figura 12
Dispersión entre valores medidos y simulados



Fuente: elaboración propia.

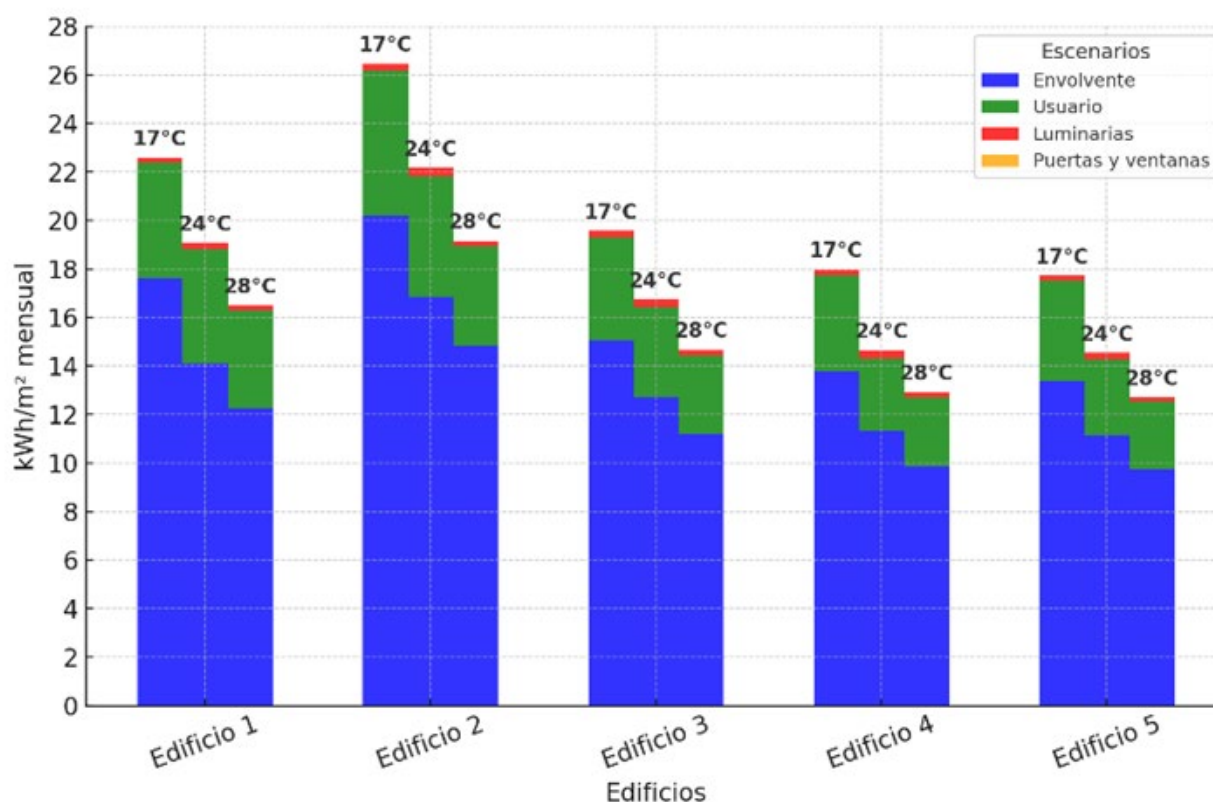
CONSUMO ELÉCTRICO DE AIRE ACONDICIONADO POR ENFRIAMIENTO

Posteriormente se analiza el consumo eléctrico mensual por unidad de área (kWh/m^2) para el mes de agosto, sin estrategias de eficiencia, considerando distintas temperaturas de termostato (17 , 24 y 28°C). Los resultados indican que la envolvente térmica (escenario 1) es el principal factor de consumo, representando entre el 74 y 78% del total, seguida por la carga térmica generada por los ocupantes (escenario 2), que contribuye con

20 a 25% . En contraste, el uso de luminarias y la apertura de puertas representan sólo entre el 1 y 2% del consumo.

Se observó que un incremento en la temperatura del termostato de 17 a 28°C reduce el consumo eléctrico entre 25 y 28% . En cuanto a la comparación entre edificios, el edificio 5 presentó el menor consumo eléctrico mensual, seguido por los edificios 4, 3, 1 y 2, siendo este último el de mayor consumo. En todos los casos se registró una disminución en el consumo cuando la temperatura del termostato se ajustó a 28°C (figura 13).

Figura 13
Consumo eléctrico mensual por unidad de área (kWh/m^2) de enfriamiento sin estrategias según escenarios y temperatura del termostato



Fuente: elaboración propia.

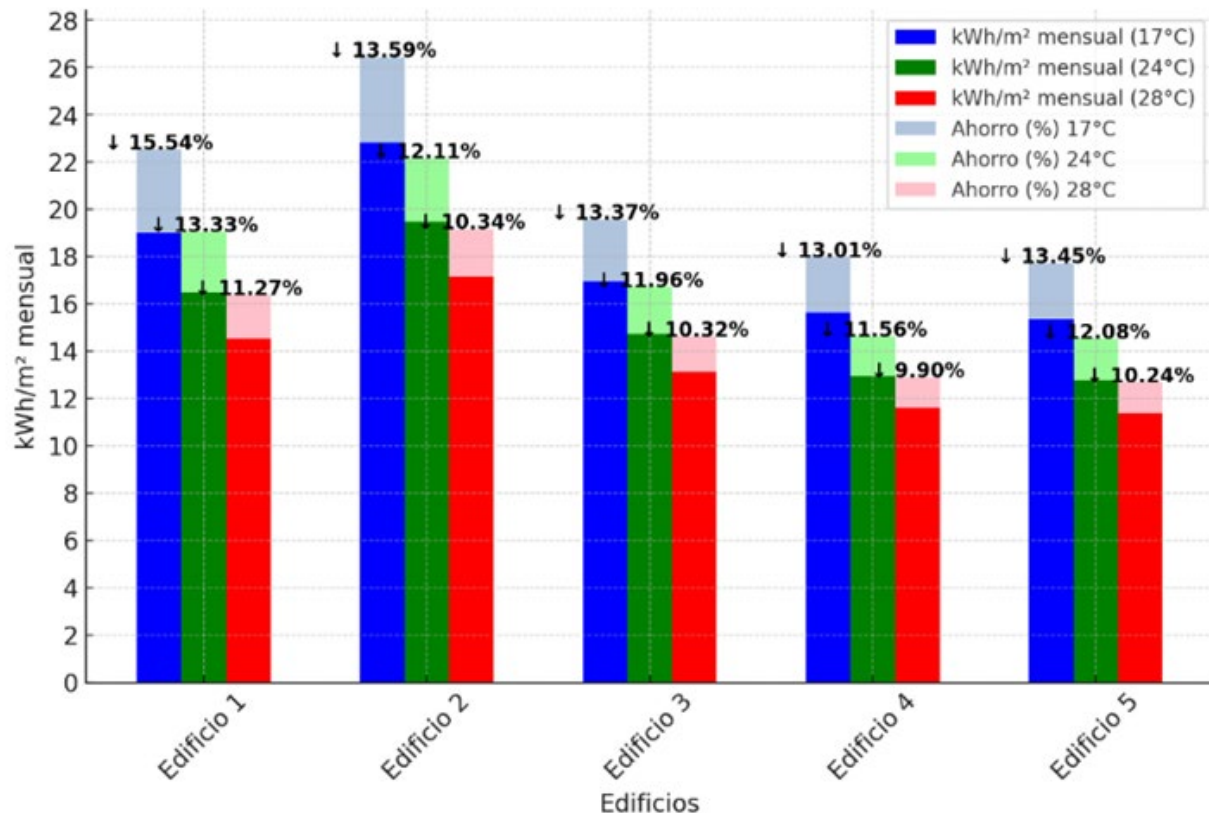
A continuación se presenta una gráfica que ilustra el escenario 5, en el cual se cuantifica el ahorro en el consumo eléctrico de aire acondicionado por enfriamiento, con estrategias imple-

mentadas. Las barras en colores claros representan la reducción del consumo atribuida a estas estrategias. El análisis considera tres temperaturas de termostato: 17 , 24 y 28°C .

Los resultados muestran que el consumo eléctrico es menor a 28° C, pero la reducción es más significativa cuando el termostato opera a 17° C. La variación del ahorro entre edificios es mínima:

a 17° C oscila entre 15.54 y 13.01%; a 24° C, entre 13.33 y 12.08%; y a 28° C, entre 11.27 y 9.90% (figura 14).

Figura 14
Consumo eléctrico mensual por unidad de área (kWh/m²) de enfriamiento con estrategias según escenarios y temperatura del termostato

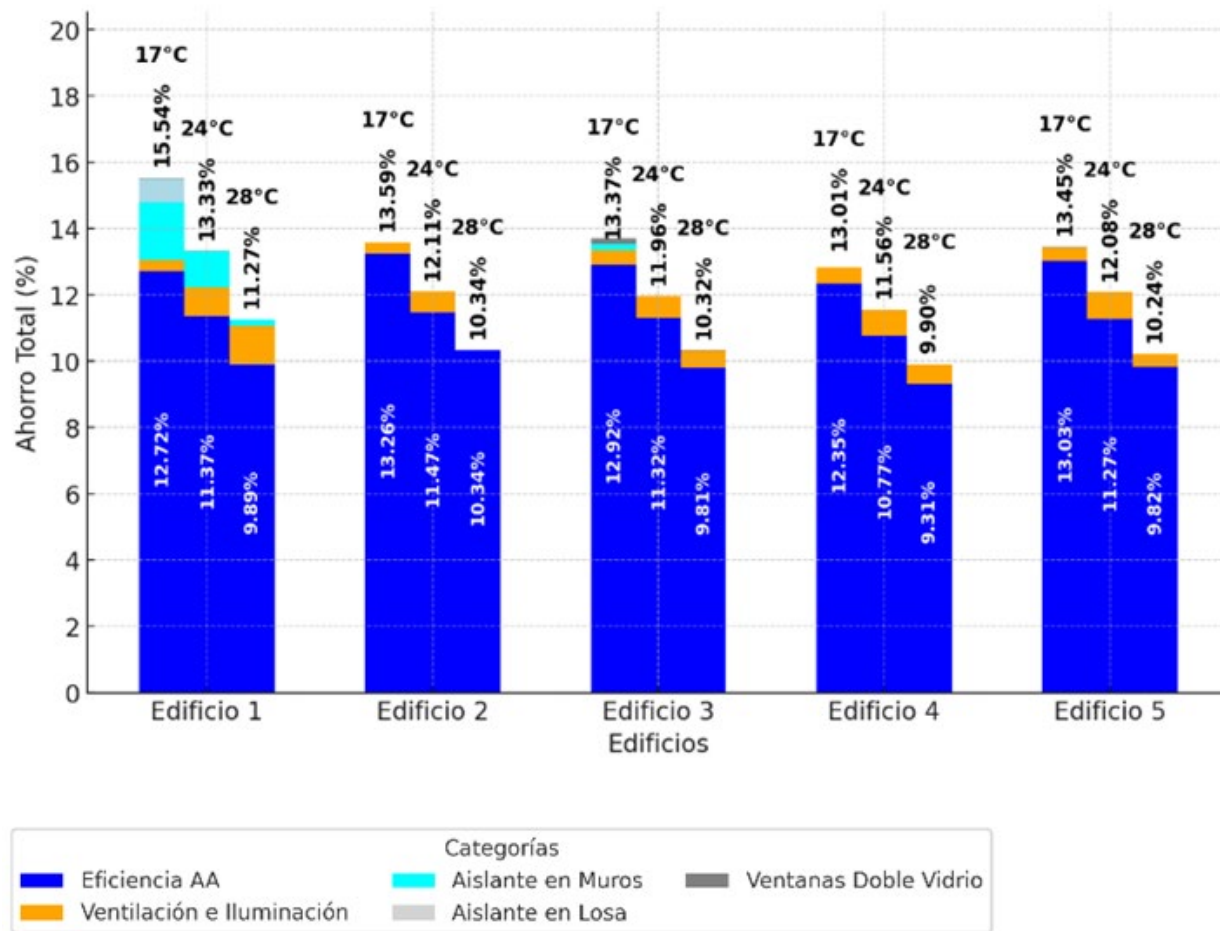


Fuente: elaboración propia.

Las barras en colores claros presentadas en la gráfica 4 identifica el impacto de cada estrategia en el consumo eléctrico. Se analiza la influencia del aislamiento térmico, la reducción de horarios de ventilación e iluminación durante los recesos, y la eficiencia del sistema de aire acondicionado. El impacto del aislamiento térmico es limitado y poco efectivo en todas las temperaturas operativas y edificios. Sin embargo, su mayor beneficio se registra a 17° C, alcanzando un ahorro máximo de 1.75% en muros, seguido de losas (0.71%) y, en

menor medida, ventanas de doble vidrio (0.03%). En los edificios 1, 4 y 5, un exceso de aislamiento combinado con temperaturas de 24 y 28° C generó un ligero aumento en el consumo eléctrico. Mientras que los patrones de uso ligados a la apertura de puertas y ventanas, y encendido de luminarias tuvo un ahorro máximo del 1.19%. Por último, la eficiencia de los aires acondicionados representa el mayor impacto en la reducción del consumo eléctrico, alcanzando valores de ahorro de hasta 13.26% a 17° C (figura 15).

Figura 15
Consumo eléctrico mensual por unidad de área (kWh/m²) de enfriamiento con estrategias según escenarios y temperatura del termostato

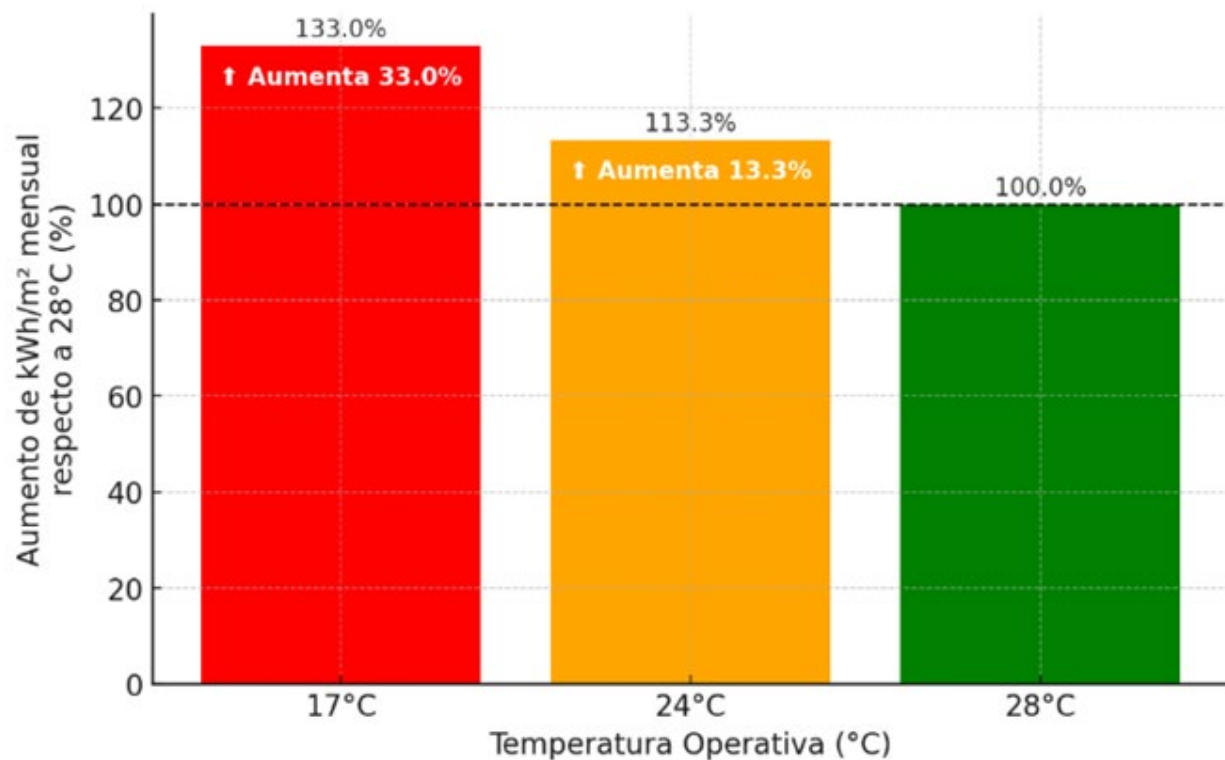


Fuente: elaboración propia.

Para comparar el consumo eléctrico de aire acondicionado por enfriamiento en función de la temperatura operativa, se estableció 28° C como referencia (100%), ya que fue la temperatura con el menor consumo eléctrico en los edificios analizados. A partir de esta referencia se calcularon las proporciones relativas del consumo eléctrico a 17 y 24° C, obteniendo incrementos del 33.0

y 13.3%, respectivamente. Para facilitar la interpretación de esta relación, se generó una gráfica de barras que ilustra el impacto del consumo eléctrico en función de la temperatura operativa, permitiendo visualizar el aumento del consumo cuando el termostato se ajusta por debajo de 28° C (figura 16).

Figura 16
Comparación del consumo eléctrico de aire acondicionado
por enfriamiento en función de la temperatura operativa



Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En función de los resultados obtenidos sobre el consumo eléctrico mensual por unidad de área de los sistemas de aire acondicionado por enfriamiento durante el mes de agosto del 2023, se plantea la siguiente discusión.

El mayor consumo eléctrico de aire acondicionado por enfriamiento con y sin estrategias se atribuye a la envolvente de los edificios, lo que evidencia la influencia del diseño constructivo y arquitectónico en el desempeño térmico. Los edificios tipo CAPFCE originales fueron diseñados para un clima templado, lo que ha resultado en la pérdida de estrategias pasivas de diseño en entornos de clima cálido seco. En consecuencia, su envolvente térmica no es óptima para minimizar la carga térmica en estas condiciones.

Además del impacto de la envolvente, el consumo eléctrico también está influenciado por la carga térmica generada por los ocupantes, incluyendo factores como la ocupación y la actividad metabólica, los cuales generan una ganancia térmica interna que incrementa la demanda de enfriamiento, inevitable debido a la alta demanda de uso que presentan las aulas del campus. Por otro lado, el uso de luminarias tiene un impacto menor en comparación con la envolvente y los usuarios, debido a la eficiencia de los sistemas de iluminación y su menor contribución a la ganancia térmica en los edificios analizados.

Asimismo, se identificó que la metodología utilizada en OpenStudio puede presentar limitaciones para simular con precisión el consumo eléctrico asociado a la apertura de puertas y ventanas en periodos de altas temperaturas. La trans-

ferencia de calor por infiltraciones no siempre se representa con exactitud, con lo que puede subestimar la influencia de estas variables en el consumo eléctrico del edificio.

Un aspecto relevante es la relación entre la temperatura del termostato y la efectividad de las estrategias de reducción del consumo eléctrico.

Se observó que las temperaturas de los termostatos de los equipos de enfriamiento, como a 28° C, reportan ahorros significativos en el consumo de energía y que, sumado con estrategias como el uso de aislamiento en las envolventes, así como un buen programa de uso de los espacios por parte de los usuarios maximiza el potencial de ahorro.

Al comparar los consumos eléctricos mensuales por unidad de área de los sistemas de aire

acondicionado por enfriamiento, se identificó que el edificio 5 presenta el menor consumo, seguido por el edificio 4 y, posteriormente los edificios 3, 1 y 2. Este comportamiento se debe a que el edificio 5 posee una envolvente optimizada con una combinación de aislantes térmicos y losas de 40 cm de espesor con alta inercia térmica, lo que contribuye a reducir la transferencia de calor.

El edificio 4, aunque no cuenta con aislamiento en muros, presenta un menor consumo en comparación con otros edificios debido a la misma razón mencionada anteriormente: su losa de entrepiso de 40 cm de espesor, que reduce la ganancia térmica. Además, la presencia de un tercer nivel construido con materiales ligeros y aislantes protege las aulas inferiores de la radiación solar, mejorando su desempeño térmico (figura 17).

Figura 17
Edificio 4 y edificio 5



Fuente: fotos propias, 2025.

El edificio 3, con muros exteriores de tablaroca y aislamiento de poliestireno extruido, registra un consumo intermedio en comparación con los demás edificios. Esto indica que la combinación de materiales ligeros y aislantes contribuye a reducir la carga térmica. Sin embargo, su consumo es mayor que el de los edificios 4 y 5 debido a su menor inercia térmica, lo que genera una mayor dependencia del sistema de enfriamiento para mantener una temperatura estable, incrementando el consumo eléctrico.

El edificio 1, a pesar de no contar con aislamiento térmico en muros y tener losas delgadas de 15 cm, no presenta el mayor consumo. Esto se debe a la presencia de una densa vegetación en su fachada sur, donde árboles frondosos cubren gran parte de la superficie y generan sombra efectiva. Además, su colindancia con otras edificaciones en la fachada poniente reduce la exposición directa a la radiación solar, contribuyendo a una mayor estabilidad térmica.

El edificio 2, fue objeto de una remodelación que incluyó muros aislados, cerramientos mejorados y elementos de sombreado; sin embargo, presenta el mayor consumo eléctrico, lo que sugiere que estas estrategias no han logrado el impacto esperado. En contraste, edificios con me-

nor aislamiento, pero favorecidos por vegetación densa, colindancias y contexto urbano registraron consumos menores, lo que indica que estas estrategias pasivas pueden ser más efectivas si las intervenciones en la envolvente no cumplen completamente su función (figura 18).

Figura 18
Edificio 3, edificio 1 y edificio 2



Fuente: fotos propias, 2025.

El análisis de estrategias para reducir el consumo eléctrico de aire acondicionado por enfriamiento muestra que su efectividad varía según la configuración arquitectónica y térmica de cada edificio. En los edificios con mayor consumo, la aplicación

de estrategias de reducción resulta más efectiva, mientras que en aquellos con menor demanda, su impacto es más limitado debido a un menor margen de mejora, ya que tienen un mejor diseño.

La implementación de aislamiento térmico contribuye a la reducción del consumo, aunque en algunos casos un exceso de aislamiento combinado con temperaturas de termostato más altas puede generar un ligero incremento en el consumo.

Se destaca que la mejora en la eficiencia de los sistemas de aire acondicionado y la gestión adecuada de la temperatura del termostato son de las estrategias más efectivas para reducir el consumo eléctrico.

Para contextualizar los resultados, se buscaron estudios sobre el consumo eléctrico mensual por unidad de área de enfriamiento en escuelas ubicadas en climas cálidos secos. Sin embargo, la información disponible se basa principalmente en promedios anuales sin reflejar variaciones estacionales, y no se enfoca en edificios educativos en general, ni en aquéllos con una tipología específica, como los CAPFCE, tampoco incluyen patrones de uso.

El comportamiento mensual de las cargas térmicas sigue un patrón acorde con el clima local, los valores más altos se presentan en los meses cálidos (mayo a septiembre), con picos en agosto, mientras que en los meses fríos se registran valores bajos, pero no nulos, debido a las ganancias internas y a la radiación solar. El incremento en la eficiencia de los sistemas de enfriamiento reduce el consumo eléctrico, pero no modifica la carga térmica, determinada por las condiciones de ganancia y pérdida de calor del edificio, independientes del rendimiento del equipo. Al elevar el termostato de 17 a 28° C, la carga térmica disminuye al reducirse la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior.

En agosto, la comparación entre temperaturas interiores sin aire acondicionado y consumos eléctricos con enfriamiento muestra casi el mismo orden en los edificios, a mayor temperatura interior, mayor consumo eléctrico, con una sola excepción atribuible a diferencias constructivas. En ocasiones las diferencias en el comportamiento térmico bajo condiciones activas (con aire acondicionado) no se reproducen en condiciones pasivas (sin aire acondicionado).

A lo largo del año las variaciones de temperatura interior no siguen el mismo patrón estacional en

todos los casos; un edificio que en verano registra temperaturas interiores más bajas no necesariamente las mantiene en invierno, ya que los sistemas constructivos ligeros con aislamiento tienden a enfriarse más rápidamente que los de alta masa térmica.

El análisis por escenarios simulados confirma que las ganancias internas de los usuarios (E2) representan después de la envolvente, la segunda variable de mayor impacto en las temperaturas interiores con un aporte de 9.4% (2.1-4.8° C). El orden de aportación es el mismo que en el consumo eléctrico, aunque las magnitudes difieren porque la variación de temperatura interior está influida por las propiedades térmicas del edificio y la respuesta del sistema de enfriamiento. Cabe mencionar que la presencia de usuarios incrementa considerablemente el consumo eléctrico, pero su efecto en la temperatura interior es proporcionalmente menor, lo que evidencia que la carga sensible no siempre se traduce en un cambio térmico perceptible.

CONCLUSIONES

Los consumos iniciales sin estrategias oscilaron entre 26.45 kWh/m² (E12C, 17° C) y 12.68 kWh/m² (E10A, 28° C), siendo la envolvente el principal factor determinante (74-78% del consumo), seguida por la carga de ocupantes (20-25%) y la iluminación (1-2%). La reducción del termostato de 28 a 17° C incrementó el consumo entre 25 y 28%. Con estrategias, los ahorros fueron mayores con el termostato a 17° C (15.54-13.01%), disminuyendo a 13.33-12.08% a 24° C y 11.27-9.90% a 28° C. Tras aplicar estas reducciones, los consumos finales quedaron en un rango de 22.36 a 11.42 kWh/m². El mayor aporte individual provino de la eficiencia de los sistemas de aire acondicionado (hasta 13.26%), seguido del aislamiento en muros (máximo 1.75%), la optimización de ventilación e iluminación (hasta 1.19%), el aislamiento en losas (0.71%) y, en menor medida, el doble vidrio (0.03%).

El estudio constituye una contribución relevante a la literatura, ya que no se han encontrado investigaciones previas que aborden específica-

mente el consumo eléctrico en edificios CAPFCE en climas cálidos-secos ni sus patrones de uso. Los hallazgos ofrecen una base para desarrollar estrategias orientadas a optimizar el consumo de los aires acondicionados y resaltan la necesidad de adaptar el diseño de las edificaciones a las condiciones climáticas locales, en lugar de replicar modelos para climas templados.

Finalmente, esta investigación abre la posibilidad de explorar futuras líneas de estudio que incorporen modificaciones arquitectónicas profundas como el modelado de elementos de sombreado, la integración de vegetación y análisis costo-beneficio, con el fin de lograr una mayor eficiencia eléctrica en este tipo de edificaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaoyzan, F. A., y Almasri, R. A. (2023). Benchmarking of Energy Consumption in Higher Education Buildings in Saudi Arabia to Be Sustainable: Sulaiman Al-Rajhi University Case. *Energies*, 16, 1204. <https://doi.org/10.3390/en16031204>
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2010). *ASHRAE Standard 90.0-2010: Energy standard for buildings except low-rise residential buildings*. ASHRAE.
- Balvedi, B. F., Schaefer, A., Bavaresco, M. V., Eccel, J. V., & Ghisi, E. (2018). Identificação de perfis de comportamento do usuário para edificações residenciais multifamiliares e naturalmente ventiladas em Florianópolis. *Ambiente Construído*, 18(3), 149-160. doi: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212018000300273>
- Bravo, D., y Pérez, Y. (2016). Eficiencia energética en la climatización de edificaciones. *Revista Publicando*, 3(8), 218-238. <https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/228>
- Castro, F., San José, J. F., Villafruela, J. M., Méndez, C., y Guijarro, A. (2008). Mejora de la ventilación de una habitación de hospital. *Ingeniería Hospitalaria*, 37, 1-7.
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. (2018). *Diseño y adaptación de envolventes de edificios. Sistemas vidriados eficientes y acabados reflejantes*. CONUEE. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/359816/conuee_-_taller_envolventes__ar_y_sv_.pdf
- Fluke Corporation. (s/f). *SmartView®*. Recuperado de <https://www.fluke.com/es-mx/productos/infraestructura/inspeccion-termografica/smartview-software>
- Fuentes, C. (2016). Calificación ambiental de la vivienda. Estrategias de adaptabilidad higrotérmica. *Nova Scientia*, 8(16), 278-312. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052016000100278
- Gollini-Mihalopoulos, C., Berbey-Álvarez, A., & Henríquez, F. (2023). Análisis energético del edificio núm. 1 de la Universidad Tecnológica de Panamá: Simulación y optimización del consumo de energía eléctrica a través de soluciones de eficiencia energética. *Tecnología en Marcha*, 36(1), 140-151. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/6998/6998773736008/html/>
- González, M. R., y Molina, L. F. (2017). Envolvente arquitectónica: Un espacio para la sostenibilidad. *Arkitekturax Visión FUA*, 1(1), 49-62. Recuperado de: <https://revistas.uamerica.edu.co/index.php/ark/article/download/201/188>
- Guerrero, C. A., Suárez, J. M., y Gutiérrez, L. E. (2013). Patrones de diseño GOF (The Gang of Four) en el contexto de procesos de desarrollo de aplicaciones orientadas a la web. *Información Tecnológica*, 24(3), 103-114. Recuperado de: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v24n3/art12.pdf>
- López, M. (2011). Hospitales eficientes: Una revisión del consumo energético óptimo. (Tesis doctoral). Universidad de Salamanca, España. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=104268>
- Lucero-Álvarez, J., Hernández Quiroz, N. S., & Estrada Ayub, J. A. (2022). Aplicaciones de la modelación energética de edificaciones: Revisión y casos de estudio en México. *Vivienda Y Comunidades Sustentables*, 12, 55-80. <https://doi.org/10.32870/rvcs.voi12.213>
- Marincic, I. (2005). *Edificios educativos: Recomendaciones para mejorar su eficiencia térmica*. Hermosillo, Sonora: Universidad de Sonora.
- National Renewable Energy Laboratory. (s/f). *Open-Studio*. <https://www.openstudio.net/>
- Quevedo, T. C., Geraldí, M. S., Melo, A. P., y Lamberts, R. (2024). Benchmarking energy consumption in universities: A review. *Journal of Building Engi-*

- neering, vol. 82,108185. <https://doi.org/10.1016/j.job.2023.108185>
- Rueda, C., y Rentería, I. (2017). Educación y arquitectura: Centros Regionales de Educación Normal en México, 1960. *Arquitecturas del Sur*, 35(52), 104-115. <https://doi.org/10.22320/07196466.2017.35.052.10>
- Trimble Inc. (s/f). *SketchUp*. Recuperado de <https://www.sketchup.com>
- United Nations Environment Programme. (2017). *Accelerating the Global Adoption of Energy-Efficient and Climate-friendly Air Conditioner*. Recuperado de: <https://united4efficiency.org/resources/accelerating-global-adoption-energy-efficient-air-conditioners>
- Universidad Nacional Autónoma de México. (2014). *Ener-Habitat v2.2.0*. [Software]. Instituto de Energías Renovables. <http://enerhabitat.unam.mx/Ciez/index.jsp>
- Varini, C., y Luciani, S. (2015). Simulaciones: Calidad de vida en la vivienda social de San Andrés, Colombia, mediante la gestión bioclimática de flujos de aire. *Revista Nodo*, 9(19), 101-110.
- Yeomans, A. V., Alpuche, M. G., & Borbón, A. C. (2025). *Influencia de los patrones de uso en sistemas de enfriamiento y envolvente térmica en la habitabilidad de espacios educativos. Sobre los procesos del proyecto arquitectónico* (pp. 41-70). Qartuppi.
- Zapata, M. (2011). Elementos y referencias para la formación. *Revista de Educación a Distancia*, 24(3), 103-104. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642013000300>

Transformación de residuos para la producción de artesanías: residuos de la industria tequilera en Jalisco

Transformation of waste for craft production: waste from the tequila industry in Jalisco

DOI: <https://10.32870/rvcs.v0i19.331>

ANA LARISA ESPARZA PONCE

Universidad de Guadalajara, México. ORCID: 0009-0003-3824-756X

Correo electrónico: ana.esparza1009@academicos.udg.mx

Recepción: 21 de julio de 2025 Aceptación: 01 de noviembre de 2025

RESUMEN

En este artículo se explora el potencial de los residuos agroindustriales como recursos valiosos para la producción de artesanías sostenibles, centrándose en el bagazo y las pencas de agave procedentes de la industria tequilera de Tequila, Jalisco. A través de una metodología cualitativa que combina revisión documental y trabajo de campo, se analizan los casos de dos artesanas locales que transforman estos residuos en productos como papel y joyería. La investigación se enmarca en los conceptos de economía circular y valor compartido, subrayando cómo estas prácticas no sólo mitigan impactos ambientales, sino que también fortalecen las economías locales y preservan las tradiciones culturales. Los resultados evidencian avances importantes, aunque también se identifican desafíos como la falta de regulación, baja demanda del mercado, y competencia desleal. Se concluye que la valorización de residuos agroindustriales representa una estrategia clave para el desarrollo sostenible en contextos rurales, con alto potencial de réplica en otras regiones productoras. El artículo aporta una perspectiva original sobre el vínculo entre diseño, sostenibilidad y cultura, proponiendo nuevas rutas para el emprendimiento social y ambientalmente responsable.

Palabras clave: residuos agroindustriales, artesanía, diseño, bagazo de agave, pencas de agave.

ABSTRACT

This article explores the potential of agro-industrial waste as a valuable resource for the sustainable production of artisanal goods, focusing on bagasse and agave leaves from the tequila industry in Tequila, Jalisco, México. Using a qualitative methodology that combines literature review and field research, it analyzes the cases of two local artisans who transform these residues into products such as paper and jewelry. The study is framed within the concepts of circular economy and shared value, highlighting how these practices not only mitigate environmental impacts but also strengthen local economies and preserve cultural traditions. The findings show significant progress, although challenges remain, including lack of regulation, low market demand, and unfair competition. The article concludes that the valorization of agro-industrial waste represents a key strategy for sustainable development in rural contexts, with high potential for replication in other production regions. It contributes an original perspective on the intersection between design, sustainability, and culture, proposing new pathways for socially and environmentally responsible entrepreneurship.

Keywords: agro-industrial waste, crafts, design, agave bagasse, agave leaves.



INTRODUCCIÓN

En un mundo donde la sostenibilidad está en el centro del debate, el aprovechamiento de los residuos agroindustriales surge como una solución prometedora para diversos desafíos ambientales y económicos.

La gestión de residuos en la industria tequilera, específicamente en Tequila, Jalisco, ofrece un ejemplo notable de cómo las comunidades locales pueden transformar ciertos problemas ambientales en oportunidades económicas y culturales.

La producción de tequila a partir del agave azul *tequilana* Weber genera tres principales tipos de residuos: el bagazo de la piña, las vinazas y las pencas. Tradicionalmente, estos residuos se consideraban desechos, pero en los últimos años se han desarrollado prácticas de reutilización que están cambiando esta percepción. Las pencas, que son las hojas gruesas y fibrosas del agave, y el bagazo de la piña, un subproducto fibroso y voluminoso, se han convertido en valiosas materias primas para la creación de diversos productos artesanales. Con el impulso adecuado, esta producción podría incrementarse, aprovechando el creciente auge del mercado turístico, que promete seguir expandiéndose.

En este caso, la producción de artesanías puede ofrecer nuevas oportunidades de empleo y fomentar el desarrollo de habilidades; además, al crear productos biodegradables, estas iniciativas ayudan a disminuir la dependencia de materiales no renovables y a mitigar el impacto ambiental negativo en un sinnúmero de aplicaciones, ya sea dentro de la industria tequilera o para el mercado doméstico.

Este estudio se basa en la revisión de la literatura existente sobre la gestión de residuos agroindustriales, la economía circular y el concepto de valor compartido. A lo largo del análisis se presentan dos casos ejemplares de aprovechamiento de residuos agroindustriales, en los cuales éstos son transformados en nuevos productos. El primero de estos casos es el de la diseñadora Paloma Morán, quien utiliza los residuos del tamarindo para fabricar textiles y papel. El segundo caso es el del arquitecto Norberto Miranda, quien convierte el plástico azul utilizado por la industria platanera para conservar el fruto en piezas de arte y mobiliario.

Ambos ejemplos ilustran cómo la reutilización de materiales desechados puede generar valor económico, social y cultural, promoviendo prácticas sostenibles en diversas industrias.

Por otro lado, en el artículo se presenta el resultado del trabajo de campo realizado por la autora en el municipio de Tequila, Jalisco, donde se documentan y se analizan los esfuerzos para transformar los residuos del agave en productos valiosos, destacando el papel de artesanas locales como el caso de María Elena Caballero Galván con el aprovechamiento de las fibras de las pencas, y Norma Macías Zambrano, quien utiliza el bagazo de la piña (centro del agave) para desarrollar sus productos.

Finalmente, en este artículo se explora cómo la reutilización de estos materiales no sólo beneficia al medio ambiente, sino que también impulsa la economía local y preserva las tradiciones culturales de la región.

RESIDUOS ORGÁNICOS Y AGROINDUSTRIALES

Los residuos son considerados como aquellas materias no deseadas, que incluye desde residuos sólidos, líquidos, electrónicos, médicos, agrícolas, entre otros. Específicamente los residuos agroindustriales pueden clasificarse en vegetales, forestales, de ganadería y todos los plásticos que intervienen desde la cosecha hasta el envasado (Chávez & Rodríguez, 2016: 96-98).

La Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) define un residuo orgánico como “todo aquel material que proviene de especies de flora o fauna y es susceptible de descomposición por microorganismos, o bien consiste en restos, sobras o productos de desecho de cualquier organismo” (Comisión para la Cooperación Ambiental, 2017: 5).

A la par del incremento poblacional global, la demanda mundial de alimentos se ha disparado y con ello el crecimiento de la generación de residuos. Estos residuos son materia que se considera no provechosa para el proceso que los generó; sin embargo, pueden ser gestionados para ser aprovechados y/o transformados a través de otros procesos para crear otro tipo de productos.

Para que exista una correcta gestión de residuos se deben de contemplar actividades específicas, tales como una correcta recolección, transporte, tratamiento y disposición; además, contemplar el monitoreo y la regulación. Por otro lado, una correcta gestión resulta en la disponibilidad de materias valiosas para ser reutilizadas. Esto no sólo beneficia al ambiente, sino que también puede generar rentabilidad económica. Es importante también mencionar que la caracterización de estos residuos es necesaria para su correcta gestión. De esta manera se identifican las fuentes, las cantidades y las posibles variaciones en el tiempo (Saval, 2012: 40).

Según Saval (2012), existen varios criterios clave que deben considerarse al evaluar la viabilidad de aprovechar un residuo. En primer lugar, el material debe ser apto para someterse a extracciones con el fin de recuperar componentes que tengan demanda en el mercado, lo que garantiza su viabilidad económica. Además, es fundamental que el residuo esté disponible de manera local y en grandes cantidades, lo que facilitará su integración en otro proceso productivo. Otro factor importante es que el residuo no requiera pretratamientos complejos; si es necesario, debe ser sencillo y económico. Asimismo, debe caracterizarse por una descomposición lenta en condiciones ambientales, lo que asegura que no representará un riesgo ambiental inmediato. Finalmente, los desarrollos derivados del aprovechamiento de estos residuos deben estar orientados a resolver problemas locales específicos, promoviendo así una solución adaptada a las necesidades de la comunidad y fomentando la sostenibilidad a nivel local. Estos criterios proporcionan una base sólida para identificar y aprovechar residuos agroindustriales de manera eficiente y efectiva, contribuyendo al desarrollo de la economía circular y a la generación de valor en las comunidades.

Los residuos generados por la agroindustria han sido vinculados a diversos problemas ambientales. Por esta razón ha surgido un creciente interés en desarrollar procesos que transformen estos residuos en productos útiles. A lo largo de este artículo se presentan algunos ejemplos que ilustran este enfoque y muestran cómo la reutili-

zación de este tipo de residuos puede contribuir tanto a la sostenibilidad ambiental como al desarrollo económico.

ECONOMÍA CIRCULAR Y VALOR COMPARTIDO

Según RTS (s/f), citando al Foro Económico Mundial, la *economía circular* es considerada como un sistema industrial restaurativo y regenerativo por intención y propone el rediseño de productos, la creación de nuevos modelos de negocio y patrones de producción que eliminen todos los residuos que se generan durante los ciclos productivos.

El concepto de la economía circular se fundamenta en la escuela ecologista, que propone una transformación más allá del modelo “reducir, reutilizar y reciclar”, es decir, a los residuos se les otorga un estado dominante que se sustenta a través de la reutilización planificada de los desperdicios de una manera cíclica, como sucede en la naturaleza y donde, además, se conecta con ella. Por lo tanto, el residuo se convierte nuevamente en materia prima útil para alimentar otros procesos, y así sucesivamente (Lett, 2014: 2).

La base de la economía circular está cimentada en una serie de principios propuestos por Ellen MacArthur Foundation (s/f); éstos engloban la eliminación de residuos, que en consecuencia minimiza la contaminación, la promoción de la regeneración de sistemas naturales, y circular los productos y materiales en su valor más alto.

En palabras de Scheel (2020: V): “si un negocio no es circular no es sostenible; los negocios de economía circular serán cruciales para la sustentabilidad de las empresas, la economía, el desarrollo social equitativo y para lograr una futura resiliencia del planeta”.

Por otro lado, el principio del *valor compartido* propuesto por Michael Porter y Mark Kramer se fundamenta en la creación de valor económico, que además crea valor para la sociedad tomando en cuenta sus necesidades. Porter y Kramer (2011: 4) lo definen como “las políticas y prácticas operativas que mejoran la competitividad de la empresa y que al mismo tiempo mejoran las condiciones de

las comunidades en las que se opera”. Los autores argumentan que las empresas pueden reinventar el capitalismo y fomentar una ola de innovación y crecimiento al crear un valor compartido.

El concepto de valor compartido se centra en la intersección entre el progreso social y el económico, reconociendo que son las necesidades sociales, y no sólo las económicas convencionales, las que definen los mercados. Porter y Kramer (2011: 7 y 8) proponen varios métodos para lograr este enfoque, destacando la importancia de desarrollar productos que no sólo mejoren la calidad de vida, sino que también aborden necesidades sociales significativas. Además, sugieren mejorar las prácticas ambientales y sociales de las empresas, lo cual no sólo contribuye a la sostenibilidad, sino que también puede reducir costos y aumentar la eficiencia operativa. Finalmente, subrayan la importancia de fortalecer las comunidades locales y las economías regionales, ya que esto no sólo mejora la calidad de vida en esas áreas, sino que también tiene un impacto directo en la productividad empresarial, creando un ciclo de beneficios mutuos. Este enfoque integral del valor compartido permite a las empresas generar un impacto positivo tanto en el entorno social como en su rendimiento económico. También es importante destacar que para crear valor compartido se requiere la colaboración entre empresas, gobiernos y ONG para ser efectivo.

Siguiendo a Díaz (2015: 212), los negocios deben reconectar al éxito empresarial con el progreso social. Apunta a que las empresas aún consideran los temas sociales como marginales y no como parte de su núcleo de negocios.

Dentro de las organizaciones, si existe la intención de generar un valor compartido, se puede partir a través de la identificación de las necesidades sociales, así como identificar los beneficios y los perjuicios que pueden provocar los productos o servicios de la empresa. Estos análisis llevarían a las compañías a descubrir nuevas áreas de oportunidad para plantear el rediseño de productos o volver a posicionarse en el mercado tradicional, además, el reconocimiento de mercados que no se han tomado en cuenta con anterioridad (Díaz, 2015: 215).

PALOMA MORÁN Y LOS RESIDUOS DEL TAMARINDO EN TEQUISQUITLÁN, JALISCO

Paloma Morán es diseñadora industrial egresada de la Escuela de Arte, Arquitectura y Diseño (EAAD) del Tecnológico de Monterrey, campus Guadalajara. Durante su período como residente en el Programa de Residencias de la Plataforma Activa de Diseño (PAD) que ofrece la Jefatura de Diseño del Gobierno de Jalisco, realizó un proceso de investigación y experimentación con los residuos agrícolas del fruto del tamarindo para generar papel y textiles, principalmente (Esparza & González, 2023a). Para tener contexto, la familia materna de Paloma es originaria de Tequisquitlán, Jalisco, y se ha dedicado a la cosecha del tamarindo por varias décadas; por ello, Morán conoce el ciclo de la cosecha y el proceso que ocurre tras el temporal de corte. Principalmente los residuos que se generan en estos procesos son las cáscaras del fruto y el descarte de las fibras, como se muestra en la figura 1 (Morán, 2021).

Figura 1
Residuos del tamarindo



Fuente: fotografía proporcionada por Paloma Morán.

Tras dos años de experimentación continua, Paloma desarrolló papel 100% libre de tala de árboles (figura 2), aprovechando la cáscara del tamarindo; además, a través de las fibras desarrolló hilo para explorar sus posibilidades en aplicaciones textiles. Uno de los resultados es una alfombra que entrelaza técnicas de tejido tradicionales (Arellano, 2022).

Figura 2
Papel con residuos de tamarindo



Fuente: fotografía proporcionada por Paloma Morán.

NORBERTO MIRANDA Y LOS RESIDUOS PLÁSTICOS DE LA INDUSTRIA DEL PLÁTANO EN CIHUATLÁN, JALISCO

Norberto Miranda Feldhahn es un arquitecto y artista mexicano que radica en la ciudad de Guadalajara. Desde hace varios años trabaja objetos para la interacción social a partir de la lectura de cultura vernácula, la reutilización de desechos, el diseño de lo informal y arquitectura efímera, ejemplo de ello es la instalación que aparece en la figura 3.

Figura 3
Arquitectura efímera hecha con plástico azul



Fuente: fotografía proporcionada por Norberto Miranda.

Con el apoyo de instituciones públicas y privadas desarrolló una serie de técnicas y productos suprarreciclados con los que fundó el proyecto Bolsas Bolsón, por medio del cual traslada su práctica a un contexto de economía circular (Esparza & González, 2023b). En la industria del plátano es usual proteger los frutos del frío con un plástico azul de baja densidad. Norberto ha desarrollado técnicas para transformar este plástico azul en piezas de arte y objetos utilitarios, entre ellos mobiliario, bolsas e instalaciones artísticas como las que se muestran en la figura 4 (Arkin, 2024).

Figura 4
Instalación artística



Fuente: fotografía proporcionada por Norberto Miranda.

ANÁLISIS DE CAMPO Y PRESENTACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

Tequila, Jalisco cuenta con más de 40,000 habitantes y recibe alrededor de 500,000 turistas cada año, según cifras de la Comisión de Cultura de la Asociación Mundial Ciudades y Gobiernos Locales Unidos (Arteaga, 2020: 1).

Tequila fue uno de los primeros sitios que se incorporó al Programa Pueblos Mágicos en el año 2003. Este programa, de política turística, actúa como una marca distintiva del turismo en México. Por otro lado, para las localidades representa el acceso a recursos federales que facilitan la mejora de la infraestructura y la imagen urbana, y de esta manera promover la atracción del turismo (López, Valverde y Figueroa, 2018: 156).

Simultáneamente a su incorporación al Programa Pueblos Mágicos, la UNESCO entregó a Tequila el *dossier* que permitió que el paisaje agavero fuera declarado Patrimonio Mundial en 2006. Esta designación reconoce no sólo los campos de agave y vestigios arqueológicos, sino también la arquitectura histórica, como destilerías y fábricas, y a edificaciones con valor patrimonial en las áreas urbanas. El reconocimiento incluye, además de Tequila, a otros municipios, entre ellos Amatitán y El Arenal (López *et al.*, 2018: 157).

Entonces, Tequila representa a la vez una bebida, una ciudad y un paisaje, lo que convierte a este sitio en un lugar ideal para recibir turismo tanto nacional como internacional. Se esperaría que la combinación de la producción tequilera, el estatus de Pueblo Mágico y la atracción de un turismo sostenible, respaldado por la categoría otorgada por la UNESCO, promueva un desarrollo equilibrado en la región.

Este mencionado turismo sostenible en Tequila se facilita al ubicarse en un entorno natural privilegiado por las tierras volcánicas del cerro de Tequila, además de gozar de abundante agua a través de ríos y arroyos, manantiales y presas (Saiz-Álvarez, 2018: 53).

Además de los recursos públicos que recibe Tequila por ser pueblo mágico, también recibe un apoyo al estar en el estado de Jalisco, uno de los cinco estados que tienen la Denominación de Origen Tequila. Y un apoyo más, ya de carácter privado, es derivado de un ecosistema de emprendimiento formado por empresas tequileras, además de los centros de investigación que fomentan la eficiencia y la productividad de la industria manufacturera. Esta industria, siguiendo a Sainz-Álvarez (2018: 54), representa el 97% del valor de la producción de las empresas tequileras, donde también participan microempresas y cooperativas que ofrecen productos derivados del tequila, como por ejemplo la miel de agave y las artesanías.

La Comisión de Cultura de la Asociación Mundial de Ciudades y Gobiernos Locales Unidos (CGLU) impulsa un proyecto para convertir a Tequila en un Destino Turístico Cultural Sostenible e Inteligente, basado en tres factores clave: la transformación de Tequila de una vocación industrial

a una turística, el atractivo turístico centrado en su cultura y tradiciones, y la sostenibilidad como estrategia fundamental. Además, la gestión de la ciudad debe integrar tanto aspectos tecnológicos como no tecnológicos. Según Arteaga (2020: 2), este modelo se proyecta para el año 2040, con hitos alcanzados en 2020 y 2030. Los objetivos incluyen equilibrar la cultura con diversos sistemas como la economía, medio ambiente, educación, patrimonio, diversidad, derechos, gobernanza, información y conocimiento, planeación urbana, espacios públicos, igualdad e inclusión.

INDUSTRIA TEQUILERA Y SUS RESIDUOS

Actualmente se registran 2,148 marcas de Tequila, se exportan alrededor de 416 millones de litros y hay 36,603 productores de agave. Tan sólo en 2022 la producción de esta bebida generó por concepto de IEPS, 7,800 millones de pesos. La bebida, en sus diferentes marcas, tiene presencia en 120 países y se registra un crecimiento del 52.6% entre 1995 y 2022. Alrededor de 90,000 familias dependen en la actualidad de esta agroindustria (Romo, 2023).

Según la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (2022: 68), México produce 1'501,081 toneladas de agave. Jalisco representa el 75% de la producción nacional. Dentro de los municipios que generan la mayor producción están Arandas, Jesús María, Tequila, San Gabriel, Acatic, Tolimán, Tepatitlán de Morelos, Tuxpan, Amatitán, Atotonilco El Alto, Ayotlán, Magdalena, La Barca, Cuquío, Ameca, Acatlán de Juárez y Zapotlanejo. Por tanto, la mayor parte de la producción es realizada en regiones de los Altos y Valles.

El tequila es una de las bebidas más consumidas a nivel mundial, y es oportuno reflexionar sobre la producción de residuos que se generan durante el proceso de elaboración de esta bebida emblemática, teniendo como fuente al agave azul *tequilana* Weber, como ya se mencionó. Estos residuos tienen como destino el suelo y los cuerpos de agua; entre algunos de los más comunes se encuentran el bagazo, la vinaza y la pencas (hojas del agave). Actualmente, éstos han sido medianamente aprovechados para la elaboración

de forraje, alcohol, aglomerados y celulosa de papel, entre algunos de los casos (Sanjuán, Turrado y Zúñiga, 2019: 50).

El bagazo es la fibra procedente de las piñas una vez que han sido cocidas y molidas. Las estimaciones apuntan que para poder producir un litro de tequila se requieren de siete a ocho kilogramos de agave, que convertidos en bagazo corresponden a 5 kg del mismo. Actualmente este residuo es aprovechado de distintas maneras; por ejemplo, se produce fertilizante orgánico, como combustible de calderas, relleno de muebles y colchones, forraje para animales, fabricación de ladrillos y adobes, etc., es decir, se han desarrollado alternativas viables para el aprovechamiento de este desecho (Gallardo, 2017).

Por otro lado, la vinaza es el residuo líquido que resulta después de la destilación y la cual, por su composición, si no es tratada previamente resulta sumamente dañina al ser vertida en el suelo o en cuerpos de agua. Por cada litro de tequila se generan aproximadamente 10 litros de vinaza. Este residuo se ha aprovechado para hacer composta, como bio-combustible, su uso como sustrato y obtención de algunos compuestos, por ejemplo (Gallardo, 2017).

En cuanto a las pencas, al no ser requeridas en el proceso productivo del tequila, se convierten en residuo durante el jimado, quedando éstas en el campo sin aparente aprovechamiento; se secan y después son quemadas al aire libre, produciendo en consecuencia gases de efecto invernadero que dañan al suelo, perpetuando su fertilidad y la calidad del aire, sobre todo en las áreas cercanas a los campos.

El cultivo del agave azul representa una importante actividad económica para el estado de Jalisco. Sin duda, el cultivo no tiene una planificación clara y por varios periodos ha habido una sobreoferta de materia prima, con consecuencias económicas y sociales. En los últimos años el cultivo del agave azul se ha caracterizado por presentar ciclos de sobreproducción gracias a la demanda nacional e internacional por el tequila. Por ello, la demanda de materia prima por parte de las empresas ha provocado que los agricultores vean una oportunidad de mejorar su economía y han cambiado sus cultivos tradicionales por plantaciones de agave, es decir, la superficie de cultivo ha incrementa-

do, haciendo que las plantaciones se realicen en localidades diferentes de las que eran nativas, desplazando así cultivos propios de la región y zonas de vegetación nativa de bosque caducifolio.

Por otro lado, también se ha incrementado el uso de fertilizantes químicos como herbicidas, insecticidas y fungicidas para deshacerse de malezas, plagas y enfermedades. Cabe recalcar que algunos de estos productos están prohibidos a nivel nacional (Leclert & Wester, 2017: 37).

Además, agregando que las nuevas plantaciones sufren cambios significativos al ser sometidas al estrés de la nueva localidad, se han generado efectos en los procesos fisiológicos básicos de la planta, como es el caso de la fotosíntesis, haciendo que asimilen menor cantidad de CO₂ en comparación con su lugar de origen (Leclert & Wester, 2017: 41).

Es así como las técnicas nuevas de producción se contraponen al desarrollo sustentable; al agregar todos estos recursos nuevos, aunado al modelo de producción que se utiliza basado en generar ganancias, el cuidado del medio ambiente se deja de lado.

LA ARTESANÍA FABRICADA CON LOS RESIDUOS DEL TEQUILA, EN TEQUILA, JALISCO

La reutilización de residuos agroindustriales en la industria tequilera de Tequila, Jalisco, ha llevado a la creación de papel, joyería, lámparas, entre otros productos. Este proceso implica dos componentes principales: el creativo y el técnico. El proceso técnico abarca desde la selección y limpieza de los residuos, hasta su tratamiento y preparación como nuevos materiales útiles. Por otro lado, el proceso creativo se enfoca en valorar las características naturales y estéticas de estos desechos, transformándolos en productos únicos a través de técnicas de manipulación y diseño.

En Tequila actualmente existe un grupo de personas que aprovechan los residuos generados por la industria tequilera. Entre ellos, algunos se dedican a la repostería, otros a la elaboración de productos de belleza, y únicamente se identificaron a dos personas que se enfocan en la fabricación de productos y artesanías. Como parte de la

investigación de campo se realizaron entrevistas, y en este artículo se presentan los resultados obtenidos de las entrevistas realizadas a Norma Macías Zambrano y María Elena Caballero, quienes son las dos mujeres dedicadas específicamente a la fabricación de productos y artesanías a partir de estos residuos.

Norma Macías Zambrano, quien comenzó su emprendimiento tras haber cursado un taller para desarrollar papel utilizando el bagazo de la piña, así como cursos de encuadernación impartidos por académicos de la Universidad de Guadalajara en colaboración con la Fundación Beckmann, lleva 25 años dedicándose a esta actividad bajo la marca *Fibraz*.

Su emprendimiento nació con el objetivo de aprovechar las grandes cantidades de bagazo de piña generadas por la industria tequilera. Junto con su esposo, un ingeniero mecánico, inició un taller en su propia casa. Él fue el encargado de diseñar y fabricar las máquinas necesarias para optimizar el proceso de producción del papel. Con este material fabrican productos como libretas (figura 5) y bolsas (figura 6), entre otros. Actualmente Norma es la única persona que fabrica papel a partir de bagazo de piña en la región (entrevista personal, Norma Macías Zambrano, 1 de agosto de 2024).

Figura 5
Libretas fabricadas con papel
de bagazo de piña, marca Fibraz



Fuente: fotografía propia, 2025.

Figura 6
Bolsa de papel fabricada con
bagazo de piña, marca Fibraz



Fuente: fotografía propia, 2025.

El proceso que sigue Norma comienza al recolectar los residuos directamente de la planta receptora de bagazo ubicada en Tequila; éstos se ponen a digestar (cocer) durante dos horas a 180° C; posterior a ello se refina y se extrae la pulpa. A la pulpa se le agregan algunos componentes orgánicos como almidón y CMC (carboximetilcelulosa). Después, se forman las películas con la técnica del bastidor, se colocan en placas de melamina, retirando el agua excedente con la ayuda de una esponja y se unifican pasando un rodillo por encima de ellas; se dejan secar a temperatura ambiente por 24 horas. Después, las películas se retiran de la superficie con la ayuda de una espátula. Algunos de los desafíos que enfrenta Norma en la producción de papel son la baja demanda en el mercado, el alto costo del producto final debido al largo proceso de producción artesanal, y el hecho de que su fórmula aún produce desprendimiento de partículas, lo que dificulta su uso en procesos de impresión convencionales. Además, Norma considera fundamental promover la implementación de normativas que certifiquen que los productos realmente estén elaborados con residuos de agave. Esto es necesario, ya que algunas marcas comercializan papel asegurando que contiene residuos de agave, sin contar con una verificación adecuada que respalde dicha afirmación (entrevista personal, Norma Macías Zambrano, 1 de agosto de 2024).

Por otra parte, la artesana María Elena Caballero ha fabricado piezas de joyería por más de 18 años. Nena es originaria de Tequila, Jalisco y cree en el valor de lo hecho a mano. Ella, al igual que Norma, participó en los cursos para fabricar papel; sin embargo, lo que a ella más le interesa es extraer directamente de las pencas las fibras de manera manual para fabricar hilo, proceso que aprendió de manera autónoma. También ha producido papel amate con fibras, cuadros, tapetes de mesa y lámparas. En algún momento tomó talleres que ofreció La Ruta del Tequila (circuitos turísticos de varios municipios), entre ellos uno de joyería. Desde entonces se dedica a ello y vende sus piezas en la plaza central. Además de las fibras, Nena implementa alambre, semillas y madera en la producción de sus piezas (figura 7). Nena comenta que después de la pandemia las ventas bajaron un 90% y también detecta un descenso en la demanda de estos productos. Actualmente, ella es la única artesana que desfibra y produce joyería con las pencas del agave en todo el municipio de Tequila. Nena realiza este proceso de forma manual, comenzando con la selección de agaves. Prefiere aquellos que han pasado por un proceso de maduración tradicional de ocho años y están libres de pesticidas. Este tipo de agave permite extraer fibras más largas y más resistentes, según la experiencia de Nena. Tras la selección, procede a quitarle las espinas y la cutícula que cubre a las fibras (figura 8); para ello golpea las pencas y, con la ayuda de un tenedor, procede a separar las fibras. Posterior a ello, las deja deshidratar en el exterior y a la sombra por 24 horas. Después, están listas para ser trabajadas y transformadas en artesanías (entrevista personal, María Elena Caballero Galván, 1 de agosto de 2024).

Figura 7

Joyería fabricada con fibras de penca de agave



Fuente: fotografía propia, 2025.

Figura 8

Proceso para retirar la cutícula de las pencas



Fuente: fotografía propia, 2025.

Nena enfrenta varios desafíos, entre ellos la competencia de nuevos productos en el mercado que utilizan materiales que reducen los costos de producción, y, por lo tanto, sus precios. Algunos de estos productos provienen de China, mientras que otros están fabricados con yute, una fibra vegetal económica. En Tequila, algunas artesanías hechas de esta fibra se presentan erróneamente como productos de fibras de agave. Nena men-

ciona que los artesanos están siendo desplazados por “comerciantes” y que hay una falta de promoción del trabajo artesanal en la localidad. Ella considera urgente una mayor difusión de las artesanías locales elaboradas 100% con fibra de agave. Además, señala la necesidad de incrementar el apoyo gubernamental para la compra de maquinaria y la creación de nuevos espacios de venta dignos, así como la reducción de los costos en las plazas para hacer su trabajo más rentable (entrevista personal, María Elena Caballero Galván, 1 de agosto de 2024).

RESULTADOS

Los casos de las artesanas locales de Tequila, Norma Macías y María Elena Caballero, destacan el potencial de los residuos agroindustriales, específicamente del bagazo de piña y las pencas del agave, para generar productos sostenibles y económicamente viables. A través de sus procesos creativos y técnicos, estas artesanas han logrado transformar materiales tradicionalmente considerados desechos en productos que no sólo aportan valor económico, sino también cultural y ambiental.

Sin embargo, aunque estas iniciativas muestran avances significativos, los resultados también evidencian varios desafíos. Uno de los principales obstáculos es la limitada demanda en el mercado local para productos hechos a partir de estos residuos. Además, el alto costo de producción, debido a los procesos artesanales y a la falta de maquinaria especializada, limita la escalabilidad de estas prácticas. Norma Macías, por ejemplo, enfrenta dificultades adicionales relacionadas con la calidad del papel, ya que el producto final todavía presenta desprendimiento de partículas, lo que impide su uso en procesos de impresión convencionales.

En cuanto a la competencia, tanto Norma como María Elena Caballero mencionan la presencia de productos similares en el mercado fabricados con materiales más económicos, como el yute o productos importados que dificultan la

competitividad de sus productos. Además, ambas artesanas coinciden en la necesidad de establecer normativas que certifiquen la autenticidad de los productos elaborados con residuos de agave, para combatir la competencia desleal de aquellas que no cumplen con estándares adecuados.

Pese a estos retos, los casos de Norma y Nena reflejan el gran potencial que tiene la valorización de residuos agroindustriales para generar productos. Estas iniciativas no sólo contribuyen a la reducción de residuos y la mitigación del impacto ambiental, sino que también representan una oportunidad para fortalecer la economía local y preservar las tradiciones culturales de Tequila, Jalisco.

CONCLUSIONES

Las conclusiones de este artículo refuerzan la idea de que la reutilización de residuos agroindustriales, especialmente los provenientes de la industria tequilera, no sólo constituye una estrategia de sostenibilidad ambiental, sino que también tiene un profundo impacto social y económico en las comunidades rurales. Las experiencias en Tequila, Jalisco, demuestran el potencial de los residuos de agave, como el bagazo y las pencas, para transformarse en productos artesanales de alto valor que contribuyen tanto a la preservación del medio ambiente como al fortalecimiento de la economía circular. Sin embargo, a pesar de los avances realizados persisten barreras estructurales que dificultan el crecimiento de estas iniciativas, como la falta de acceso a mercados adecuados, altos costos de producción y la necesidad de mayor visibilidad de las artesanías locales.

El fortalecimiento de las cadenas de valor y el desarrollo de redes de distribución sostenibles requieren de un ecosistema de apoyo institucional robusto, que incluya regulación adecuada, estrategias de *marketing* efectivas y la integración de los actores locales, como artesanos, empresas y autoridades estatales.

La certificación de origen, la formación técnica de los artesanos y la vinculación con el turismo

responsable son elementos clave para asegurar la autenticidad y la viabilidad de los productos, lo que permitirá escalar estos modelos a otras regiones y crear un impacto positivo a largo plazo.

Además, se subraya que el diseño sustentable debe ser considerado no sólo como una herramienta estética o funcional, sino también como un medio para promover la justicia social, la equidad económica y la residencia ecológica. La combinación de conocimiento tradicional con innovación ecológica, especialmente en el contexto de la agroindustria del tequila, debe ser central en las políticas de desarrollo territorial. A medida que más regiones adoptan enfoques circulares, como se refleja en la literatura consultada, estas experiencias pueden servir de modelo para otras áreas, multiplicando sus beneficios y contribuyendo al bienestar de las comunidades locales y a la conservación de sus tradiciones culturales.

En conclusión, la reutilización de residuos agroindustriales de la industria tequilera ofrece una oportunidad valiosa no sólo para la reducción de desechos y la protección ambiental, sino también para fortalecer las economías locales a través de la creación de empleo y el fomento de habilidades artesanales. La integración de estas iniciativas en un marco de desarrollo sostenible, apoyado por políticas públicas adecuadas y una mayor difusión de las artesanías locales, es fundamental para asegurar su éxito y escalabilidad, generando valor compartido entre la comunidad, las empresas y el turismo cultural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arellano, M. (2022). *Cinco diseñadores exploran las posibilidades de los biomateriales en México*. ArchDaily. Recuperado de <https://www.archdaily.mx/mx/980364/5-disenadores-exploran-las-posibilidades-de-los-biomateriales-en-mexico>
- Arkin. (2024). *Banana Blue, arte sostenible a partir de residuos plásticos*. Arkin. Recuperado de <https://arkin.mx/banana-blue/>
- Arteaga V., F. (2020). *Tequila: Destino turístico cultural sostenible e inteligente*. Comisión de Cultura de CGLU – Agenda 21 de la Cultura. Recuperado de <https://obs.agenda21culture.net/es/good-practices/tequila>
- Caballero G., M. E. (2024, 1 de agosto). Entrevista personal. Tequila, Jalisco.
- Chávez P., A., & Rodríguez González, A. (2016). Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Revista Academia y Virtualidad*, 9(2), 90-107. <https://doi.org/10.18359/ravi.2004>
- Comisión para la Cooperación Ambiental. (2017). *Caracterización y gestión de residuos orgánicos en América del Norte: Documento técnico*. Montreal, Canadá: Secretaría de la CCA. Recuperado de <https://www.cec.org/es/publicaciones/caracterizacion-y-gestion-de-residuos-organicos-en-america-del-norte/>
- Díaz C., N. (2015). La creación de valor compartido: Estrategia de sostenibilidad y desarrollo empresarial. *Cultura Latinoamericana*, 22(2), 207-230. Recuperado de file:///C:/Users/mdpla/Downloads/mottif,+207-230.pdf
- Ellen MacArthur Foundation. (s/f). *Introducción a la economía circular*. Recuperado de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/temas/presentacion-economia-circular/vision-general>
- España P., A., & González T., F. (2023a, abril). *Biomateriales, tamarindo y más cosas con Paloma Morán*. [Episodio de podcast]. Franca Podcast. Recuperado de <https://open.spotify.com/episode/5d3ayuzgcivtqfhjyzhgyo>
- . (2023b, marzo). *Diseño circular en su máxima expresión con Norberto Miranda*. [Episodio de podcast]. Franca Podcast. Recuperado de <https://open.spotify.com/episode/3eb62avyjrtj-ztbygi4dmz>
- Gallardo V., J. (2017). La industria del tequila y generación de residuos. *Ciencia y Desarrollo*. Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías. Recuperado de <https://www.cyd.conacyt.gob.mx/?p=articulo&id=287>
- Leclert, L., & Wester, P. R. (2017). Agave azul: Crisis cíclicas y las posibilidades para la planeación del cultivo en el estado de Jalisco. En M. J. González Becerra, C. Ramos Ramos, J. A. Macías Macías, C. Castañeda Castañeda, & L. Soltero Sánchez (eds.), *Agave azul: Entre la sociedad y el medio ambiente* (pp. 19-42). Universidad de Guadalajara. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Luis-Martinez-Rivera/publication/350287361_Agave_Azul_Sociedad_y_Me

- dio_Ambiente/links/6058c6cd92851cd8ce5e3a2d/Agave-Azul-Sociedad-y-Medio-Ambiente.pdf
- Lett, L. A. (2014). Las amenazas globales, el reciclaje de residuos y el concepto de economía circular. *Revista Argentina de Microbiología*, 46(1), 1 y 2. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=213030865001>
- López L., L., Valverde V., C., & Figueroa D., M. (2018). *Pueblos Mágicos: Una visión interdisciplinaria*. Universidad Autónoma Metropolitana/Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de [file:///C:/Users/mdpla/Downloads/Pueblos_Magicos_II%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/mdpla/Downloads/Pueblos_Magicos_II%20(1).pdf)
- Macías Z. N., (2024, 1 de agosto). Entrevista personal. Tequila, Jalisco.
- Morán, P. (2021). *Paloma Morán creó un biomaterial a partir del tamarindo*. Coolhuntermx. Recuperado de <https://coolhuntermx.com/paloma-moran-creo-un-biomaterial-a-partir-de-tamarindo/>
- Porter, M. E., & Kramer, M. R. (2011). Creating shared value. *Harvard Business Review*, 89(1), 31-49. Recuperado de <https://hbr.org/2011/01/the-big-idea-creating-shared-value>
- Romo, P. (2023). Indicadores del tequila, al alza. *El Economista*. Recuperado de <https://www.eleconomista.com.mx/estados/Indicadores-del-tequila-crecieron-mas-de-500-a-partir-de-creacion-del-consejo-regulador-20230516-0076.html>
- RTS. (s/f). *¿Qué es la economía circular? Una guía completa para entenderla*. Recuperado el 19 de julio de 2025, de <https://www.rts.com/es/recursos/guides/circular-economy/>
- Saiz-Á., J. (2018). Turismo sostenible y emprendimiento social. El pueblo mágico de Tequila, México. *Revista Retos*, 15(8). doi: <https://doi.org/10.17163/ret.n15.2018.04>
- Sanjuán D., R., Turrado Saucedo, J., & Zúñiga Partida, V. (s/f). *Aprovechamiento de subproductos de la industria tequilera*. Universidad de Guadalajara. Recuperado de <https://www.estudiosjaliscienses.com/wp-content/uploads/2019/08/7-Aprovechamiento-de-subproductos-de-la-industria-tequilera.pdf>
- Saval, S. (2012). Aprovechamiento de residuos agroindustriales: Pasado, presente y futuro. *Biotechnología*, 16(2), 14-46. Recuperado de https://smbb.mx/wp-content/uploads/2017/10/Revista_2012_V16_n2.pdf
- Scheel M., C. (2020). *Diseño de nuevos negocios de economía circular*. EGADE Business School/Tecnológico de Monterrey.
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial. (2022). *Jalisco Reduce: Programa estatal de gestión integral de residuos, 2019-2024, Visión 2050*. Gobierno del Estado de Jalisco. Recuperado de <https://semadet.jalisco.gob.mx/>

La hibridación del proyecto arquitectónico como posibilidad para superar el debate entre lo digital y lo analógico

The hybridization of the architectural project as a possibility to overcome the debate between digital and analog

DOI: <https://10.32870/rvcs.v0i19.326>

MARÍA LUISA GARCÍA YERENA

Universidad de Guadalajara, México. ORCID: 0000-0001-7675-4536

Correo electrónico: mluisa.yerena@cuaad.udg.mx

JOSÉ ALEJANDRO MADRID REA

Universidad de Guadalajara, México. ORCID: 0009-0001-7045-2702

Correo electrónico: jose.madrid1656@alumnos.udg.mx

JESÚS MAURICIO JARAMILLO VILLALOBOS

Universidad de Guadalajara, México. ORCID: 0009-0005-0245-414X

Correo electrónico: mauriciojv90@gmail.com

Recepción: 31 de marzo de 2025 Aceptación: 10 de julio de 2025

RESUMEN

En este artículo se aborda el proyecto arquitectónico en un contexto de actualidad, complejo y de transformaciones fundamentales para toda la sociedad, cuyas condiciones se traducen en un campo fértil de oportunidades y cambios. El objetivo es explorar de qué maneras el proyecto arquitectónico se adapta a esta situación, en sus procesos y métodos, y generar un conjunto de reflexiones que contemplen nuevas perspectivas a partir del pensamiento teórico y crítico, así como de adaptación adecuada de las herramientas analógicas y digitales. Se establece una metodología comparativa y crítica desde un enfoque exploratorio y descriptivo, que analiza el uso de herramientas tradicionales y tecnologías digitales y emergentes, como realidad virtual, realidad aumentada e inteligencia artificial. Los resultados destacan las características subjetivas y virtudes de los instrumentos tradicionales, así como las oportunidades creativas de las nuevas herramientas para la revolución proyectual.

ABSTRACT

This article addresses architectural design in a contemporary context marked by fundamental transformations across society, creating fertile ground for opportunities and change. The objective is to explore how architectural design adapts to this reality in its processes and methods, generating a set of reflections that consider new perspectives through theoretical and critical thinking and the appropriate adaptation of analog and digital tools. A comparative and critical methodology is established, from an exploratory and descriptive approach, to analyze the use of traditional tools alongside digital and emerging technologies such as virtual reality, augmented reality, and artificial intelligence. The results highlight the subjective characteristics and virtues of traditional instruments, as well as the creative opportunities offered by new tools for the design revolution. The integration of emerging technologies into the design process poses adaptation challenges and limitations for



La integración de tecnologías emergentes en el proceso de diseño implica desafíos de adaptación, y limitaciones para su aceptación por parte de las prácticas tradicionales. El debate planteado encuentra valor al aproximarse y confrontar las oportunidades y tensiones instrumentales más actuales, contribuyendo a la construcción de perspectivas renovadas. Además, forma parte de una línea de investigación en fortalecimiento dentro del programa de Maestría en Procesos y Expresión Gráfica en la Proyección Arquitectónica-Urbana, denominada “Procesos para la proyección arquitectónica”, que pretende contribuir al enriquecimiento del proyecto arquitectónico presente y futuro. Entre las conclusiones se destaca la convergencia de herramientas analógicas y emergentes que desde una hibridación y alternancia gráfica es pertinente para innovar y enriquecer la visión del proyecto arquitectónico.

Palabras clave: proyecto arquitectónico, herramienta analógica, herramienta digital, digitalización, proyecto arquitectónico digital, hibridación gráfica, tecnologías emergentes.

INTRODUCCIÓN

En el presente documento se abordan de forma sucinta algunos aspectos del contexto actual del proyecto arquitectónico enmarcado en una época de múltiples influencias y transformaciones fundamentales en todos los ámbitos de la sociedad. Las nuevas condiciones que se presentan se traducen en un campo fértil de oportunidades para analizar y de cambios paulatinos y permanentes, lo que conlleva a cuestionamientos disciplinares: ¿cómo serán los procesos y formas de proyectar en la arquitectura? En este escenario, el proyecto adquiere relevancia y consideración especial de estudio, particularmente en las fases de conceptualización y diseño, donde se identifican con claridad las dinámicas de hibridación entre herramientas tradicionales y tecnologías emergentes.

Es precisamente en estas fases iniciales del proceso proyectual donde se articulan los procesos de pensamiento espacial, teórico y creativo, los cuales se ven potenciados tanto por herramientas

their acceptance by more traditional practices. This study finds its value in approaching and confronting the latest instrumental opportunities and tensions, contributing to the construction of revitalized perspectives. Moreover, it is part of a broader research line within the Master's Program in Processes and Graphic Expression in Architectural-Urban Design, titled “Processes for Architectural Design”, which aims to enrich the present and future of architectural design. In conclusion, the convergence of analog and emerging tools, through graphic hybridization and alternation, proves pertinent for innovating design practices and enhancing the vision of architectural projects.

Keywords: architectural project, analog tool, digital tool, digitization, digital architectural project, graphic hybridization, emerging technologies.

analógicas —caracterizadas por un alto grado de subjetividad e intuición— como por la integración de recursos digitales avanzados, tales como la realidad virtual, la realidad aumentada y la inteligencia artificial, que aportan nuevas formas de visualización, modelado y experimentación espacial. Estas tecnologías emergentes introducen elementos innovadores en la construcción del ideario arquitectónico, revolucionando el ámbito disciplinar.

Asimismo, este artículo tiene como objetivo explorar el proceso de hibridación gráfica en el diseño arquitectónico contemporáneo, entendida como la articulación entre medios analógicos y digitales en las etapas proyectuales. Para ello, se adopta un enfoque exploratorio-descriptivo, basado en revisión bibliográfica, análisis gráfico y reflexión crítica a partir de ejemplos y diagramas generados durante procesos docentes y profesionales. El estudio no busca comprobar hipótesis, sino detonar una discusión teórica y proyectual sobre los aportes, tensiones y posibilidades del

enfoque híbrido. De esta manera, se fortalece la intención de generar un conjunto de reflexiones que contemplen nuevas perspectivas, oportunidades y tensiones en torno a los procesos del pensamiento teórico, crítico, de adaptación y de uso adecuado de las herramientas analógicas y digitales.

Las herramientas analógicas poseen características y aspectos que a lo largo de la historia han hecho posible el desarrollo de proyectos singulares, como también de procesos específicos de pensamiento. Asimismo, las herramientas digitales emergentes tienen cualidades novedosas para la creatividad y experimentación, que interactúan con la proyectación. Derivado de dichas cualidades, la implementación de ambos tipos de herramientas supone posibilidades y retos para la arquitectura desde lo social, económico, cultural y proyectual. Por lo tanto, se establece una metodología comparativa y crítica que proporcione nuevas directrices de estudio.

En el debate y confrontación entre las herramientas de representación y de diseño existen tendencias que fomentan posibilidades de proyectación arquitectónica, como el método analógico-digital o de hibridación gráfica. De esta manera, para la representación arquitectónica tanto analógica como digital resulta imprescindible el desarrollo de habilidades, criterios y herramientas de manera integradora, lo que implica el fortalecimiento de factores y aspectos como calidad, conocimiento, creatividad, pensamiento crítico, así como el dominio y la alternancia de dichas herramientas.

El texto está organizado en una primera parte a manera de introducción, donde se destacan algunos antecedentes y contexto del cambio tecnológico y la inserción del proyecto arquitectónico en la digitalidad; en un segundo apartado se describe al proyecto arquitectónico y sus herramientas analógicas, digitales y las tecnologías emergentes, así como un especial énfasis en la necesidad de fomentar el pensamiento teórico y crítico; en un tercer apartado se analizan las nuevas tendencias que influyen en el proyecto arquitectónico, y se identifica a la hibridación gráfica y la alternancia de herramientas analógicas y digitales; y por último se presentan algunas conclusiones.

Finalmente cabe subrayar que la pretensión de este documento es fomentar y propiciar reflexiones que justifiquen la necesidad de elaborar estudios e investigaciones en profundidad, así como el fortalecimiento de procesos que involucren una simbiosis entre ambos aspectos *analógico-digital* para encontrar un punto de convergencia entre dichos enfoques. Además, busca establecer una interrelación que potencie la creatividad, la comunicación efectiva, el pensamiento proyectual y la calidad de la representación arquitectónica, para así contribuir al enriquecimiento del proyecto arquitectónico.

ANTECEDENTES Y CONTEXTO DEL CAMBIO TECNOLÓGICO

Un cambio tecnológico ocurre cuando una nueva tecnología se integra completamente en una sociedad, alterando profundamente sus estructuras y dinámicas. Este proceso va más allá de la mera incorporación de herramientas o dispositivos de manera aislada, pues implica una transformación integral de los sistemas sociales, económicos y culturales. Postman (1992) menciona que “no es posible contener los efectos de una nueva tecnología a una esfera limitada de la actividad humana” (p. 20), y compara este fenómeno con lo que sucede en la naturaleza: una vez que una nueva tecnología se introduce, no lo hace de manera aditiva o sustractiva, sino que modifica el ecosistema entero. En términos sociales, esto significa que no sólo se agregan nuevas capacidades o se eliminan viejas costumbres, sino que la tecnología cambia profundamente la forma en que las personas viven, interactúan y entienden el mundo.

Un objeto tecnológico se crea con el propósito de mejorar algún aspecto de la vida cotidiana, de la ciencia o de la organización social. Sin embargo, el verdadero impacto va mucho más allá de su utilidad instrumental. Un cambio tecnológico significativo se arraiga en los aspectos más profundos de la cultura y la sociedad, transformando valores, hábitos, estructuras laborales, o hasta la propia concepción de la realidad. Así, cuando una tecnología deja de ser vista como una novedad y

pasa a convertirse en parte esencial de la vida, se puede hablar de un cambio tecnológico genuino, proceso que no sólo modifica las herramientas con las que se interactúa, sino que reconfigura la manera en que la sociedad se organiza y se relaciona con el conocimiento, la naturaleza y entre sí.

Esta interacción, además, sucede de manera simbiótica y no determinista. Esto quiere decir que tanto la tecnología incide en las formas de la sociedad, como la sociedad en el éxito de una tecnología. Sobre esto, Postman (1992) menciona que la tecnología está sujeta al control de ciertos actores políticos que se benefician del desarrollo de algunas técnicas sobre otras (p. 14). Por otro lado, Castells (2005) sugiere que la sociedad adapta la tecnología según sus intereses, con lo que moldea el desarrollo de ésta última (pp. 35 y 45). De este modo es evidente que varios autores coinciden en la existencia de variables complejas que promueven el desarrollo tecnológico en determinada dirección, y que elementos como la tecnología y la sociedad conviven en una transformación mutua y constante.

El siglo XX fue testigo de una aceleración tecnológica sin precedentes. La invención y el desarrollo del automóvil, la electricidad, los medios de comunicación masiva y la informática, marcaron cambios radicales que transformaron no sólo la infraestructura de las ciudades y la industria, sino también la vida cotidiana y las formas de comunicación humana. Esta serie de profundas transformaciones culturales y sociales alteraron la forma en que las personas se relacionaban con su realidad. De hecho, la historia de la humanidad marca tres grandes revoluciones industriales, que comenzaron en el siglo XIX y continuaron a lo largo del siglo XX, cada una marcada por avances tecnológicos que redefinieron el paradigma cultural.

La humanidad se encuentra en medio de lo que suele definirse como la cuarta revolución industrial (Schwab, 2020: 8), caracterizada por la fusión de tecnologías que están borrando las líneas entre lo físico, lo digital y lo biológico. Aquí, tecnologías como la inteligencia artificial, la robótica, el internet de las cosas, o la biotecnología, están transformando no sólo los sectores indus-

triales y económicos, sino también el núcleo de las relaciones humanas y las estructuras sociales. Este cambio está ocurriendo a un ritmo sin precedentes, forzando a las sociedades a adaptarse a un conjunto de innovaciones que inciden de manera profunda en todos los aspectos de la vida cotidiana. Así como las revoluciones anteriores definieron eras enteras, la cuarta revolución industrial está reconfigurando la relación de la sociedad con la tecnología, y con ello, el tejido cultural y social global.

EL PROYECTO ARQUITECTÓNICO Y LA DIGITALIDAD

La arquitectura como disciplina, y particularmente el proyecto arquitectónico, han sido testigos de varios cambios tecnológicos a lo largo de la historia. Así, los modos y procesos en el proyecto se han visto impactados y transformados en profundidad. Es interesante analizar estas simbiosis entre tecnología y arquitectura desde una perspectiva instrumental, pero tal como se ha mencionado, un cambio tecnológico arraigado en la sociedad ocurre en lo profundo de su cultura. Sobre esto, Ortega (2014) afirma que “si la tecnología se articula como un fondo de especialización, pero también constituye un fenómeno que afecta transversalmente a toda la cultura arquitectónica y a su especificidad disciplinar, se hace necesario desarrollar estudios que aborden la digitalización desde una perspectiva holística y cultural” (p. 10).

La digitalización es así uno de los últimos cambios trascendentales que ha vivido la arquitectura en cuestión de desarrollo tecnológico. Con el surgimiento de la ciencia computacional, la proyectación se integró a la era digital a partir de una serie de herramientas informáticas que sirven para optimizar ciertos procesos de diseño, representación y gestión, permitiendo “mayor rapidez y eficacia a la hora de generar, modificar y almacenar la información” (Muñoz Cosme, 2019: 177). Tecnologías como el diseño asistido por computadora o el diseño paramétrico son algunos de los ejemplos más ampliamente difundidos. Estos instrumentos han sido fundamentales

para reducir tiempos, aumentar la precisión, y lograr otros beneficios en el proyecto arquitectónico; sin embargo, más allá de ello, han sido parte importante en el desarrollo de una manera de pensar y realizar el proyecto muy diferente de la que se tenía en el pasado.

En este panorama, Ortega (2014) sintetiza esta transformación cultural del proyecto al afirmar que “podría entenderse el giro digital en arquitectura como aquel que sustituye la arquitectura de la industrialización por la arquitectura de la información, pero, sobre todo, aquella que pasa de pensarse en términos mecánicos a hacerlo en términos cibernéticos y sistémicos” (p. 27). Además, el proyecto de arquitectura ha asimilado las herramientas digitales a tal grado, que se puede hablar de una condición digital de la arquitectura. Muñoz (2019) asegura que la mayor parte de la edificación producida en el presente no podría ser diseñada sin el apoyo de estas herramientas (p. 178).

Como todo cambio tecnológico, la digitalidad del proyecto arquitectónico es un asunto con beneficios y perjuicios, entusiasmos y objeciones, como parte de la compleja relación entre la arquitectura y sus herramientas. Tanto las herramientas digitales arraigadas y emergentes, como las herramientas analógicas más tradicionales, parecieran entrar en una competencia instrumental. Por un lado, Pallasmaa (2022) defiende que la cultura computacional aplanar la capacidad de imaginación desde todos los sentidos y convierte el proceso proyectual en algo meramente visual y pasivo (p. 251). Por otro, Ortega (2014) plantea que hacer arquitectura desde una lógica digital no es incompatible con la perspectiva tradicional, sino que expande sus capacidades y marcos conceptuales, definiendo un proyecto (y un proyectista) más potente y activo en cuanto a lo cultural y político de la arquitectura (p. 97).

El proyecto arquitectónico está en una etapa caracterizada por una asimilación extendida de las herramientas digitales, en la cual éstas han sido naturalizadas enormemente en la práctica. Como lo interpretan Parera y Moreira (2021), “las que habían sido tecnologías innovadoras de uso eventual para un segmento acotado de la po-

blación, ahora formaban parte de las prácticas diarias al trabajar, comunicarse, comprar bienes y servicios, estudiar o realizar actividades recreativas” (p. 42). Si bien existe esta asimilación hacia lo digital en la cultura, la manera en que se desarrollará el proyecto arquitectónico es aún tema pendiente, en especial si se habla de otras tecnologías aún en estado emergente, como la realidad virtual, aumentada, o la inteligencia artificial generativa. La evolución tecnológica traerá consigo nuevas maneras de pensar y procesar el proyecto arquitectónico y con ello nuevos retos de integración instrumental, sin olvidar la colaboración con las herramientas y métodos analógicos que, más que desaparecer, deben integrarse en la práctica para potenciar el proyecto.

EL PROYECTO ARQUITECTÓNICO Y SUS HERRAMIENTAS

En el ámbito del proyecto arquitectónico se ofrecen visiones complementarias del proceso de diseño, englobando desde el pensamiento teórico crítico hasta la alternancia de las herramientas analógicas y digitales. Por ejemplo, Muñoz (2019: 8) destaca la influencia de la tecnología en la concepción y representación del diseño, Makstutis (2018: 116) enfatiza la importancia de ambas herramientas y modelos tangibles como digitales en el proceso creativo, mientras que (Morlé, 2021, párr. 26) profundiza en la reflexión sobre las restricciones contextuales en el desarrollo de proyectos arquitectónicos. Estos autores coinciden en la necesidad de comprender y gestionar las restricciones contextuales en el desarrollo de proyectos arquitectónicos, lo que evidencia la complejidad y la interacción entre la teoría y la práctica en esta disciplina.

En su investigación, Muñoz (2019: 7-9) explora a fondo la esencia del proyecto arquitectónico, abordando cuestiones clave sobre su concepción, desarrollo y representación. El autor resalta cómo los avances tecnológicos, en particular los programas digitales, han revolucionado la manera en que se imagina y representa la arquitectu-

ra, otorgando al computador un rol fundamental como herramienta de diseño. Además, plantea la importancia de seguir un método heredado de generaciones anteriores, estructurando el proceso en tres etapas: la naturaleza del proyecto, la fase de ideación y la de finalización, mediante la formulación de un discurso teórico que sustenta y completa la obra arquitectónica.

Por otro lado, Makstutis (2018: 166) examina el proceso creativo en el diseño arquitectónico desde un enfoque más práctico y técnico. En su obra, describe con precisión las distintas etapas que abarcan desde la idea inicial hasta la construcción definitiva, destacando el carácter iterativo del proceso. También subraya la relevancia de las herramientas y los modelos utilizados durante la fase creativa, y enfatiza la aplicación de diversas técnicas, como bocetos, modelos digitales y maquetas, para concretar las ideas. El enfoque metodológico de Makstutis (2018) divide el proceso creativo en cinco fases fundamentales, atendiendo un enfoque colaborativo: descubrimiento, interpretación, conceptualización, experimentación y evolución.

El pensamiento creativo promueve un planteamiento centrado en el ser humano. Se basa en la empatía, en la identificación de las necesidades y en la motivación de las personas implicadas. Funciona mejor cuando es colaborativo, porque la puesta en común de muchas opiniones, ideas y formas de trabajar diferentes, proporciona un mayor potencial que el trabajo de una sola persona (p. 60).

A tono con ello, Morlé (2021, párr. 30) ofrece una visión más reflexiva y analítica sobre el proceso de concepción diseño, explorando a fondo las diferentes etapas que lo conforman. En uno de sus informes de evaluación y diagnóstico analiza las fases del diseño junto con las limitaciones propias de cada proyecto, destacando que el proceso creativo se desarrolla en un delicado equilibrio entre la libertad de creación y las restricciones que impone el entorno. Algunas de sus metodologías se sustentan en casos de estudio,

donde examina aspectos clave como el proceso de diseño en sí, las limitaciones que lo afectan y la representación arquitectónica que emerge de dicho proceso.

Con base en el análisis de los autores previamente citados, es posible inferir que el proyecto arquitectónico revela una diversidad de perspectivas y enfoques que convergen en esta disciplina. Desde la exploración de la esencia del proyecto hasta el análisis de sus fases prácticas, se destaca la complejidad inherente a este proceso. Asimismo, los avances tecnológicos han revolucionado la concepción y representación del diseño, mientras que la reflexión sobre las restricciones subraya la importancia de encontrar un equilibrio entre la libertad creativa y las limitaciones contextuales. En conjunto, estos enfoques enfatizan la interacción dinámica entre la teoría y la práctica en la búsqueda de soluciones arquitectónicas innovadoras y contextualmente relevantes.

PENSAMIENTO TEÓRICO-CRÍTICO

El pensamiento teórico-crítico en el diseño arquitectónico es fundamental para guiar y dar sentido al proceso creativo, más allá de la mera aplicación de técnicas o herramientas. Este enfoque permite a los arquitectos y diseñadores reflexionar de manera pertinente sobre las ideas y conceptos que sustentan cada proyecto, evaluando no sólo las decisiones formales, sino también las implicaciones culturales, sociales, políticas y éticas de su obra. Es a través de este marco crítico que se cuestionan las normas establecidas, se designan nuevas posibilidades y se formulan propuestas innovadoras que confrontan los paradigmas convencionales.

El *pensamiento teórico* en arquitectura se refiere a los principios y fundamentos que informan al diseño, basándose en una amplia gama de disciplinas como la historia, la sociología y las ciencias cognitivas. Esta dimensión teórica permite que los arquitectos conecten sus proyectos con ideas más amplias, estableciendo un diálogo con el entorno construido, el paisaje y la sociedad. La teoría arquitectónica no sólo enriquece el proceso creativo, sino que también proporciona un lenguaje compartido para comunicar y justi-

ficar las intenciones del proyecto ante partícipes, clientes y la comunidad en general.

Por otro lado, el *pensamiento crítico* se centra en el análisis riguroso y la evaluación de cada decisión de diseño, que implica una constante revisión y cuestionamiento de las premisas del proyecto, buscando un equilibrio entre la estética, la funcionalidad y el contexto. En este sentido, el arquitecto no es sólo un creador, sino también un pensador que examina analíticamente cómo sus decisiones afectan el espacio habitado y a las personas que lo ocupan. Este enfoque fomenta una postura más consciente y responsable ante el diseño, donde cada elección responde a una reflexión sobre el impacto que tendrá en el entorno y la sociedad.

El *pensamiento teórico-crítico* también ejerce un papel crucial en la relación entre las herramientas digitales y analógicas. Aunque las herramientas tecnológicas pueden facilitar la experimentación y acelerar el proceso de diseño, el pensamiento crítico permite mantener un control sobre el resultado final, asegurando que las decisiones no sean únicamente impulsadas por las capacidades técnicas del *software*, sino por una reflexión consciente sobre los objetivos y valores del proyecto. Este equilibrio entre tecnología y teoría es lo que garantiza la profundidad y el rigor intelectual en la arquitectura contemporánea. Asimismo, el pensamiento teórico-crítico proporciona el marco necesario para interpretar y evaluar las herramientas y metodologías utilizadas, asegurando que el resultado final no sea sólo una respuesta técnica o formal, sino una obra con significado y relevancia dentro de un contexto más amplio.

HERRAMIENTAS ANALÓGICAS

Las herramientas analógicas en el diseño arquitectónico han sido fundamentales durante siglos y continúan desempeñando un papel crucial en el proceso creativo, a pesar de la creciente presencia de tecnologías digitales. Estas herramientas incluyen técnicas tradicionales como el dibujo a mano (Gámiz Gordo, 2013: 66), la creación de maquetas físicas y el uso de medios manuales (Ro-

jas-Sola *et al.*, 2011: 17) para representar y conceptualizar ideas arquitectónicas. A través del dibujo a mano alzada, los arquitectos pueden explorar formas, proporciones y relaciones espaciales de una manera inmediata y orgánica, permitiendo que las ideas fluyan de manera espontánea y sin las restricciones impuestas por el *software*.

El uso de maquetas físicas, construidas con materiales como cartón, madera o papel, sigue siendo una práctica habitual para experimentar con la escala y la materialidad de los proyectos. Las maquetas permiten a los diseñadores comprender de manera tangible y háptica el espacio tridimensional (Pallasmaa, 2005: 12) y evaluar cómo interactúan las formas arquitectónicas en el entorno físico. Además, Pallasmaa (2012), aludiendo al filósofo Martin Heidegger, asevera que este enfoque analógico fomenta un proceso de diseño más lento y reflexivo, donde cada decisión implica un trabajo manual, promoviendo un sentido más profundo de conexión con el proyecto:

La herramienta es una extensión y una especialización de la mano que altera sus posibilidades y capacidades naturales. Cuando se utiliza un hacha o un cuchillo, el usuario diestro no piensa en la mano y en la herramienta como entidades diferentes y separadas; la herramienta se ha desarrollado para ser parte de la mano, se ha transformado en una especie de órgano totalmente nuevo, una mano-herramienta (p. 51).

A pesar de las limitaciones en cuanto a precisión y capacidad de modificar rápidamente un diseño, las herramientas analógicas ofrecen ventajas significativas. Proporcionan una interacción más sensorial con los materiales, una comprensión más intuitiva del espacio (Budiman *et al.*, 2020: 187) y permiten una mayor libertad para experimentar con ideas antes de trasladarlas al entorno digital. En el contexto contemporáneo, las herramientas analógicas como el dibujo a mano alzada no sólo siguen siendo relevantes, sino que también se complementan eficazmente con las digitales, generando un enfoque híbrido que enriquece el proceso de diseño arquitectó-

nico. En un artículo posterior titulado “Freehand Drawing and Architectural Expression” (Budiman *et al.*, 2021), expresan este contexto en el siguiente párrafo:

Se considera que el dibujo a mano alzada es una actividad importante que no puede separarse del proceso de diseño arquitectónico. Se ha demostrado que el dibujo a mano alzada es un esfuerzo que aumenta la conciencia para producir pensamientos creativos que siguen siendo lógicos. El carácter natural y orgánico de un dibujo a mano alzada, con su flexibilidad, es capaz de expresar el valor único de cada idea de diseño. Es muy diferente en comparación con la línea técnica estereotipada de la mecánica (p. 45).

Diversos autores han abordado la interrelación entre herramientas analógicas y el proceso creativo en arquitectura desde enfoques variados. Pallasmaa (2012) enfatiza cómo las herramientas actúan como extensiones naturales de la mano del diseñador, integrándose de manera íntima en el proceso creativo. Por otra parte, Alba (2016: 6) destaca el valor del pensamiento reflexivo durante el proceso de diseño y la función crítica del dibujo como una herramienta tanto cognitiva como creativa. En ese tenor, tanto Budiman *et al.* (2021) como Leandri *et al.* (2022: 192) resaltan la importancia de integrar el dibujo manual en la era digital, subrayando su papel en la formulación de ideas arquitectónicas innovadoras y expresivas. De manera integradora, estos autores proporcionan una perspectiva amplia sobre cómo las herramientas, el pensamiento creativo y la tecnología se entrelazan en la práctica arquitectónica, ofreciendo un marco comprensivo para entender su influencia en el diseño.

HERRAMIENTAS DIGITALES Y TECNOLOGÍAS EMERGENTES

Los métodos de diseño han experimentado cambios significativos debido a la transformación tecnológica del siglo XXI, que ha llevado la transición del dibujo manual a herramientas digitales como CAD, BIM, y más recientemente

te la realidad aumentada, virtual e inteligencia artificial. En las últimas décadas la arquitectura ha vivido una transición crucial hacia el uso de tecnologías digitales (Nasr, 2014: 47). El diseño asistido por computadora (CAD) ha sustituido en gran medida el trabajo manual, introduciendo un nuevo lenguaje gráfico que se basa en el dibujo vectorial creado por *software* mediante fórmulas matemáticas, como las tecnologías BIM, Revit, Vectorworks y Archicad (Aguado Vicaria, 2021: 31; Yogapriya *et al.*, 2021: 69).

Estos avances han sido posibles gracias al continuo desarrollo y rápida evolución de las tecnologías informáticas, lo que ha dado lugar a una variedad de *software* que apoya a los arquitectos, incluyendo la inteligencia artificial, la realidad virtual y la realidad aumentada. Estas tecnologías han transformado la manera en que los arquitectos diseñan, visualizan y presentan sus proyectos (Borglund, 2022: 6; Ravi & Murugesan, 2022: 72). Por lo tanto, se infiere cómo estos desarrollos destacan el impacto significativo de las herramientas digitales en la arquitectura, mejorando la eficiencia, la precisión y la capacidad de visualización en el proceso de diseño.

En la arquitectura contemporánea, las herramientas digitales y las tecnologías emergentes han transformado radicalmente la forma en que los arquitectos conceptualizan, diseñan y ejecutan proyectos. El uso de *software* de modelado, simulación y diseño asistido por computadora (CAD) se ha convertido en una práctica estándar, proporcionando a los diseñadores la capacidad de crear representaciones precisas y detalladas de sus ideas. Programas como AutoCAD, Revit y Archicad han revolucionado el proceso de diseño al permitir la creación de planos, secciones y modelos tridimensionales con una exactitud que el dibujo manual no puede igualar. Estos programas facilitan la visualización de los proyectos en etapas tempranas, permitiendo ajustes rápidos y pruebas de diferentes alternativas de diseño sin necesidad de empezar de nuevo.

Además, el modelado de información de edificios (BIM) ha introducido un enfoque más integral y colaborativo en el diseño arquitectónico.

BIM permite la creación de un modelo digital del edificio que contiene información detallada sobre cada componente, desde materiales hasta especificaciones técnicas. Este enfoque no sólo mejora la precisión en la planificación y la construcción, sino que también facilita la coordinación entre diferentes disciplinas y equipos de trabajo, reduciendo errores y optimizando el proceso de construcción.

Las tecnologías emergentes ya mencionadas están llevando la experiencia del diseño arquitectónico a un nivel trascendental. La realidad virtual permite a los arquitectos y clientes sumergirse en entornos virtuales que simulan el diseño final del proyecto, proporcionando una experiencia inmersiva que facilita la comprensión del espacio y la interacción con el diseño de manera más intuitiva. Esta tecnología resulta especialmente útil para la presentación inmersiva, permitiéndoles explorar y experimentar el diseño antes de que se construya. Por otro lado, la realidad aumentada superpone información digital sobre el entorno real, lo que permite a los arquitectos y constructores visualizar cómo encajan los elementos del diseño en el sitio físico. Esto puede ser especialmente beneficioso para la planificación y la ejecución en el lugar, facilitando la identificación de problemas potenciales y ajustes en tiempo real.

La inteligencia artificial en arquitectura representa un apoyo multidimensional. Villanueva (2023) identifica dos momentos cruciales donde ésta tiene una integración eficaz en el proceso proyectual: el diagrama como herramienta para definir y comunicar, y la construcción del objeto arquitectónico (p. 48). Chaillou (2022) realiza una documentación de las áreas más importantes de la arquitectura que se apoyan en esta tecnología: escala urbana, plantas arquitectónicas, fachadas, perspectivas, estructuras y simulaciones predictivas (pp. 82-105). Por otro lado, Castro *et al.* (2021) identifican las áreas en que estas herramientas son utilizadas, enfocándose en la fase de diseño conceptual: exploraciones de diseño, morfogénesis, forma del edificio, forma de los cielos, diseño de fachadas, diseño de *layout* y plantas

arquitectónicas (p. 3). Al tratarse de una práctica multidisciplinaria, el proyecto se beneficia de las tecnologías emergentes en campos especializados, ayudando al desarrollo de aplicaciones de este tipo.

La inteligencia artificial está emergiendo como una gran herramienta en el diseño arquitectónico, ofreciendo capacidades avanzadas para el análisis de datos, la generación de diseño y la optimización de recursos. Los algoritmos pueden analizar grandes volúmenes de datos para prever patrones y tendencias, apoyar en la toma de decisiones y generar soluciones de diseño innovadoras basadas en criterios específicos. Asimismo, ésta puede automatizar tareas repetitivas y tediosas, liberando a los diseñadores para que se concentren en aspectos más creativos y estratégicos del proyecto.

El tema de las tecnologías emergentes, particularmente la inteligencia artificial, se vuelve relevante ante su proyección laboral, donde se espera que para 2035 cerca del 47% de los empleos en Estados Unidos serán automatizados (The Economist Group, 2019, párr. 1). En el caso de la arquitectura, Castro *et al.* (2021) afirman que la investigación en torno a la resolución de problemas de diseño arquitectónico apoyada con aquella tecnología ha crecido un 85% entre 2015 y 2019. Además, se observa una creciente demanda por parte de los clientes en el uso de inteligencia artificial como garantía del retorno de inversión en sus proyectos (Del Campo & Carlson, 2022: 11). Es evidente el ascendente interés en el tema, tanto en la academia como en la práctica. Pero más allá de las posibilidades optimizantes para el diseño, las tecnologías emergentes integran un potencial más revolucionario para la proyectación. Algunos de los temas más impactantes se relacionan con la interacción entre humanos y máquinas, la percepción espacial, y la creatividad.

Para Armstrong (2021), una de las cualidades destacables de las tecnologías emergentes en el diseño se relaciona con la manera en que los diseñadores se comunican con sus herramientas. El lenguaje, el gesto, el movimiento y las emociones son ahora medios de interacción con los instrumentos de

diseño, presentes en sistemas como la realidad virtual y aumentada, que lentamente desplazan a los habituales *mouse*, *trackpad* o *touchscreen*. Ello, además de propiciar formas más intuitivas de diseñar, implica una concepción de lo digital menos instrumental, y más como una extensión del propio cuerpo (p. 163). Para la autora, esta convergencia de lo digital y lo físico implica que el diseño sale de la pantalla y se posiciona en el mismo mundo que pretende moldear, marcando un hito para el futuro del proyecto (p. 164).

Es un hecho que la arquitectura es una vivencia espacial que se experimenta a través de los sentidos. Los métodos tradicionales de representación no pretenden reemplazar esta experiencia. Sin embargo, las tecnologías emergentes sugieren un acercamiento del proceso de diseño a la dimensión de la percepción humana (“Silka Sietsma. Interview”, 2021: 78). Para Alvarado (2021), la arquitectura virtual es capaz de producir experiencias sensibles, captadas por los sentidos, y codificadas por herramientas digitales (p. 61). Si bien esto no reemplaza la experiencia completa de la arquitectura, ha marcado un giro en torno a lo que tradicionalmente se concibe como espacio habitable.

En cuanto al tema de la creatividad, varios autores y arquitectos mencionan el interés elevado que pone a la inteligencia artificial como un agente potencial para la arquitectura. Bolojan (2022) advierte que aquélla manifiesta formas limitadas de creatividad, y que pueden observarse ciertas similitudes con los humanos, pero éstas no deben equipararse (p. 25). Aun así, coincide con Steinfeld (2022), quien apunta que la relevancia de este cambio tecnológico está en estas cualidades creativas. Por otro lado, Villanueva (2023) asegura que por novedosos que sean los productos derivados de esta tecnología, es difícil calificar un proyecto así como creativo, al no ser resultado de la inventiva del autor sino de la lógica algorítmica (p. 43).

La inteligencia artificial, tal como se conoce actualmente, aún tiene un largo camino por recorrer, y el impacto que tendrá en la sociedad y la arquitectura sigue siendo un tema de especu-

lación. Leach aborda este asunto ampliamente. Advierte que aunque se ha demostrado que ésta ha dado resultados novedosos en propuestas de diseño arquitectónico difíciles de imaginar, no deben confundirse con ideas en sentido estricto (2022: 1 y 3). Del mismo modo, aunque reconoce el potencial que tiene en el ámbito de lo estético, sugiere hacer una distinción entre la creatividad maquínica en un nivel estratégico y estético (2022: 3). Con todo, el autor observa que es una oportunidad para comprender mejor la propia creatividad humana, al verla en el espejo de la inteligencia artificial (2021: 74).

Para algunos autores los cambios tecnológicos que se viven actualmente son una oportunidad inigualable para replantearse en profundidad la arquitectura, el diseño, el arte y la creatividad. Mientras que para Del Campo y Carlson (2022) pueden ampliar el discurso sobre los límites del diseño y la arquitectura (p. 179), Manovich (2022) los observa como una oportunidad para transformar lo que tradicionalmente se concibe como creatividad y su papel en las artes (p. 65).

El uso de herramientas digitales y tecnologías emergentes ha transformado el ámbito de la arquitectura y los hábitos de proyectar, al proporcionar nuevas formas de visualizar, analizar y materializar ideas. Sin embargo, es insoslayable el manejo adecuado de las herramientas analógicas ante el mundo digital que nos atañe, tanto en el rubro arquitectónico como en el campo multidisciplinario que lo contextualiza. Esto nos lleva a experimentar nuevas tendencias, como la alternancia entre las herramientas circundantes, generando una simbiosis entre lo analógico y lo digital de tal manera que no sean confrontadas en contra sino complementariamente.

NUEVAS TENDENCIAS QUE INFLUYEN EN EL PROYECTO ARQUITECTÓNICO

Las herramientas analógicas y digitales están en una continua interrelación, formando un lazo inseparable. Aunque tradicionalmente se han empleado herramientas analógicas, como el lápiz y

el papel, para el dibujo y la expresión artística, es innegable la influencia y el impacto de las herramientas digitales en este ámbito. La combinación de métodos analógicos y digitales en el proceso creativo ha dado lugar a nuevos procedimientos, como el uso de tabletas, donde “la destreza artística se transfiere directamente a la pantalla”, de manera similar al papel o lienzo convencional (Amado Lorenzo & Fraga López, 2015: 113). Del mismo modo, Moneo (2017, citado por Bohórquez-Rueda *et al.*, 2020: 110), sostiene que lo digital genera nuevas formas de representación y transmisión de información, mientras que lo manual promueve el pensamiento espontáneo.

Aunque la cultura digital introduce transformaciones en la representación y transmisión de información dentro de la construcción, la arquitectura sigue siendo concebida a partir del dibujo (Sainz, 1990: 11). Para mantenerse a la vanguardia en el siglo XXI es esencial dominar una *colaboración híbrida*, que implica la transición entre distintos sistemas expresivos. Esto se traduce en un diseño colaborativo en entornos digitales, mientras se continúan utilizando herramientas tradicionales como el lápiz, manteniendo así la capacidad de expresión creativa en cualquier contexto y con cualquier recurso (Gálvez Nieto, 2014: 192).

HIBRIDACIÓN GRÁFICA

En el campo de la arquitectura existe una amplia variedad de herramientas de trabajo, que van desde las tradicionales y analógicas, como el lápiz, papel y maquetas físicas, hasta aquellas que evolucionan constantemente y son reemplazadas por nuevas versiones, como los *softwares*, la realidad aumentada y, más recientemente, la inteligencia artificial. Asimismo, se han desarrollado versiones avanzadas como la combinación del lápiz con la tableta digital. Esta convergencia de herramientas ha sido referida en la literatura con distintos términos, entre los que destacan: “*el procedimiento de la técnica proyectual contemporánea*”, “*el método de proyecto análogo-digital*”, “*la colaboración híbrida*” y “*el método de hibridación*” (Fernández Ruiz, 2008; Gálvez Nieto, 2014; Muñoz Cosme, 2019; Raposo Grau *et al.*, 2022).

El procedimiento de la técnica proyectual contemporánea, según Muñoz (2019: 53) se caracteriza por mantener una base analógica, complementada con herramientas digitales actuales. En contraste, *el método de proyecto análogo-digital*, planteado por Gálvez (2014: 192) pone énfasis en la integración de maquetas físicas y modelado virtual, lo que permite un registro tangible y evita la linealidad del diseño exclusivamente digital. Por su parte, *la colaboración híbrida*, mencionada por Fernández (2008, párr. 8), se refiere a una sinergia entre las interacciones presenciales y virtuales, proponiendo una migración constante entre ambos sistemas. Finalmente, *el método de hibridación*, abordado por Raposo *et al.* (2022: 246 y 247), destaca la relevancia de seleccionar y combinar las herramientas más adecuadas en cada fase del proceso arquitectónico para mejorar el resultado final.

Los avances en las tecnologías informáticas han generado transformaciones significativas en la práctica del diseño y dibujo arquitectónico, lo que resalta la importancia de considerar las oportunidades que estas tecnologías ofrecen. Este proceso abarca desde la concepción hasta la representación, donde la creatividad y el uso de herramientas cumplen un papel fundamental. En esta línea, Bressani *et al.* (2019: 136) analizan cómo las herramientas digitales influyen en el proceso de diseño y su integración como elementos creativos, lo que invita a reflexionar sobre la modificación de los hábitos proyectuales en un entorno digital. Por lo tanto, en consonancia con el tema del proceso creativo, se puede concluir que las herramientas digitales y analógicas son complementarias y están esencialmente integradas en dicho proceso.

En el contexto del entorno digital y su impacto en las herramientas utilizadas se abre un amplio horizonte para identificar oportunidades en su aplicación dentro del proceso creativo. Las herramientas básicas, como las analógicas, que se mantienen constantes y perdurables, se integran con las digitales, las cuales son dinámicas, efímeras, cambiantes e iterativas, influyendo de manera notable en el proceso creativo. Esta interacción

crea una conexión esencial entre la creatividad y el uso de herramientas en el entorno digital. A través de esta confrontación entre lo analógico y lo digital surgen ciertos términos que versan entre un concepto y el otro, como se ve en la tabla 1.

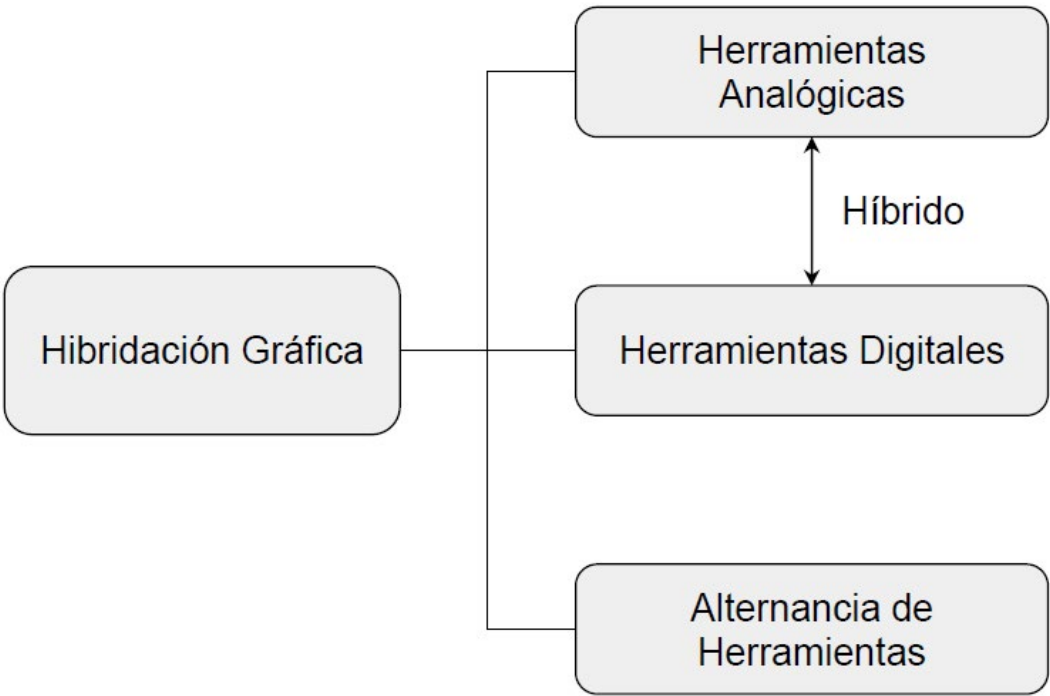
Tabla 1
Aproximación de términos para lo analógico y lo digital

Bosquejo (analógico)	Modelado (digital)
Trabajo individual	Trabajo colaborativo
Dibujo de investigación	Dibujo de representación
Útil para crear	Útil para representar
Artístico	Técnico
Límites espaciales restrictivos	Sin límites espaciales
Intuitivo	Racional
Producto único	Producto reproducible
Permanente, constante	Cambiante, efímero e iterativo

Fuente: elaboración propia.

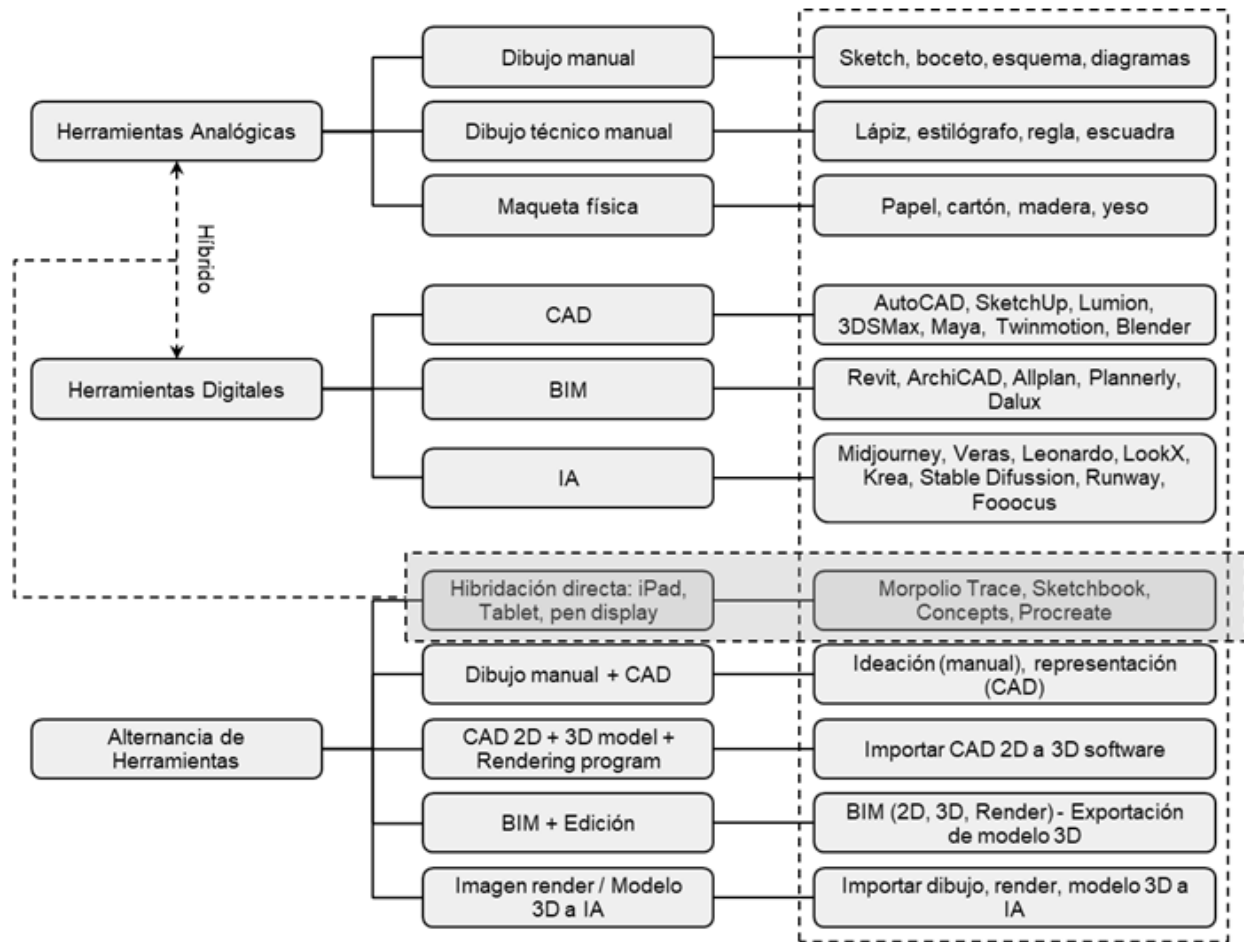
Por tanto, partiendo de la hibridación gráfica los conceptos de analógico y digital, se procede a esclarecer una relación de alternancia y de migración entre ambos conceptos, como se muestra en el diagrama 1. Para ello, se ejemplifica un desglose de lo que podrían proporcionar las herramientas tradicionales, las digitales y la alternancia, como puede apreciarse en el diagrama 2.

Diagrama 1



Fuente: elaboración propia.

Diagrama 2



Fuente: elaborado por Alejandro Madrid.

La propuesta de hibridación gráfica no implica únicamente el uso conjunto de herramientas analógicas y digitales, sino la emergencia de una nueva forma de pensar y proyectar, donde la frontera entre lo manual y lo computacional se vuelve porosa. Este enfoque se diferencia de las posturas tradicionales que los abordan de forma dicotómica o secuencial. En cambio, el proceso híbrido plantea una coexistencia articulada, en la cual cada medio aporta dimensiones cognitivas, sensoriales y operativas distintas al proceso proyectual. Entre los *aportes principales* del enfoque híbrido se encuentra la posibilidad de retroalimentación continua entre representación, experimentación y conceptualización. Lo digital permite multiplicar versiones, simular condiciones y automatizar procesos, mientras que lo ana-

lógico preserva el contacto directo con el trazo, la escala, el cuerpo y la materia, aspectos esenciales para el juicio crítico y la intuición espacial.

No obstante, esta condición también conlleva ciertos riesgos. En un contexto altamente técnico, existe el peligro de que lo digital absorba el proceso creativo, transformando al proyectista en mero operador y programador de *software*. Asimismo, algunas herramientas, al incorporar algoritmos de diseño automático, pueden limitar la reflexión y establecer una lógica proyectual prefijada, reduciendo el papel del juicio humano y del error como parte del proceso. Por ello, se vuelve imprescindible formar arquitectos con pensamiento crítico frente a las herramientas, y no dependientes de ellas.

ALTERNANCIA DE HERRAMIENTAS ANALÓGICAS Y DIGITALES

La convergencia entre medios analógicos y digitales en el diseño arquitectónico ha sido motivo de reflexión y debate durante varias décadas, como lo menciona Ortega (2009: 7). El impacto de las nuevas tecnologías de la información ha provocado discusiones intensas y controvertidas en la disciplina, creando un campo de estudio en constante transformación. A lo largo del tiempo se ha observado la aparición, el abandono y la discusión continua de diversas metodologías en este ámbito, lo que subraya tanto la relevancia como la complejidad de la relación entre los medios tradicionales y los digitales en la arquitectura contemporánea. A continuación se presentan algunos autores que abordan el tema en cuestión.

En un estudio, Vergara (2023: 127) propone un ciclo de conversaciones en la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Valparaíso, donde se reflexiona sobre la transformación digital en la arquitectura desde una perspectiva histórica. Se sugiere una sinergia entre medios analógicos y digitales, subrayando la importancia de combinar la habilidad manual con herramientas digitales en el diseño arquitectónico. Este enfoque se conecta con el trabajo de Velasco *et al.* (2015: 97), a través de un análisis descriptivo de un caso de estudio en una universidad colombiana, introducen nuevas variables en la práctica arquitectónica. Su enfoque iterativo, que abarca desde el análisis hasta la fabricación de objetos como maquetas, demuestra la interacción entre ambos medios en el diseño arquitectónico contemporáneo, destacando la necesidad de integrar ambos enfoques para fomentar la innovación y evolución en la disciplina.

Al igual que Raposo *et al.* (2022), quienes afirman que la arquitectura sólo es viable mediante la diversificación y adaptación del lenguaje gráfico, Velasco *et al.* (2015) subrayan que la computación se percibe como un enfoque innovador en el proceso de diseño, ya que facilita la realización de iteraciones en el análisis y diseño que promueven la evolución de las formas arquitectónicas. Su relevancia y penetración en este ámbito se ilustran en la siguiente cita:

Las herramientas digitales no sólo han servido para agilizar procesos tradicionales, sino que han cambiado las metodologías, utilizando el computador como un medio creativo para la generación de diseños, simulación y visualización de proyectos [...] La computación ha tenido un desarrollo revolucionario. Esto explica cómo en las últimas décadas ha habido un esfuerzo por teorizar estas herramientas para su uso dentro del proceso de diseño (p. 97).

En consecuencia, la integración de medios analógicos y digitales demuestra una hibridación y sinergia que fortalece el ámbito del diseño arquitectónico, abriendo nuevas oportunidades creativas y técnicas dentro de la disciplina. Como se menciona en la literatura, ambos enfoques ya no deben ser vistos como opuestos, sino trabajados en conjunto, dando lugar a un método integral: la *hibridación gráfica*.

A nivel nacional, Portillo (2021) realiza un análisis cuantitativo de las técnicas digitales empleadas en la representación de proyectos arquitectónicos en Nuevo León, México. Señala que el dibujo digital 2D continúa siendo la forma principal de expresión, seguido por técnicas como la edición de imágenes y videos. Aunque la realidad virtual y la aumentada no se consideran esenciales, se reconoce que el proyecto arquitectónico se expresa principalmente a través de representaciones gráficas y escritas, actuando como un medio crucial en el proceso creativo y comunicativo.

El proyecto arquitectónico como documento, es la suma de determinaciones y representaciones gráficas, así como de memorias escritas de la obra o edificio que desea ser construido; por lo que toda la arquitectura se concibe, se produce y se manifiesta, como un proyecto en el que se aplica la representación como medio y comunicación (p. 29).

Por otro lado, Vargas (2021) expone un caso de estudio enfocado en los talleres de arquitectura de la Universidad Privada del Valle, donde destaca el potencial de las herramientas digita-

les en el proceso creativo y académico. Propone integrar entornos virtuales como herramientas didácticas y mecanismos creativos que refuercen las estrategias de diseño. Esta visión sugiere una evolución en la manera en que los estudiantes abordan los ejercicios de diseño, maximizando el uso de los recursos digitales para enriquecer su aprendizaje y fomentar una arquitectura dinámica y vibrante.

Los entornos virtuales presentan una cantidad considerable de recursos aptos para ser incorporados como instrumentos didácticos en el taller de arquitectura, pero más allá de eso para ser incorporados como mecanismos creativos capaces de reforzar las estrategias proyectuales hacia una arquitectura llena de vitalidad (p. 118).

Ambos enfoques subrayan la relevancia de integrar medios analógicos y digitales en el diseño arquitectónico contemporáneo. Se destaca la persistencia de la representación gráfica digital en la comunicación arquitectónica, al tiempo que se resalta el potencial transformador de las herramientas analógicas en los ámbitos educativo y creativo. Esta convergencia entre la práctica profesional y la enseñanza académica enfatiza la necesidad de una hibridación equilibrada entre los medios analógicos y digitales para fomentar la innovación y la vitalidad en la arquitectura actual.

RESULTADOS/LIMITACIONES

Como resultado del análisis realizado, se observa que la alternancia entre herramientas analógicas y digitales genera un espacio fértil para la creatividad arquitectónica, pues permite abordar el proyecto desde diversas perspectivas perceptivas y operativas. La capacidad iterativa de lo digital complementa la intuición táctil y expresiva de lo analógico, y viceversa. Esta relación no es simétrica ni lineal, sino que constituye una dinámica compleja de traducción e integración que impacta la forma en que los arquitectos conciben, representan y comunican sus ideas. Este trabajo

contiene ciertas limitaciones, propias de un enfoque de tipo exploratorio. La investigación se basa en revisión teórica y no considera estudios de caso sistematizados ni datos empíricos cuantitativos. Asimismo, dado que la evolución de herramientas digitales es constante, muchos de los elementos aquí tratados podrían quedar rápidamente desactualizados, lo que invita a mantener una revisión crítica y constante del tema.

CONCLUSIONES

La era del cambio tecnológico supone nuevas condiciones e impacto en todas las esferas de la sociedad, la oferta de nuevas herramientas tecnológicas es cada vez más visible y asequible y, por lo tanto, la sociedad ha asimilado y dado por hecho la disponibilidad de dichos instrumentos como parte indisoluble de la vida diaria. Dicho cambio indudablemente impacta el ámbito de la arquitectura y el proyecto arquitectónico, y es así que la disciplina vive una condición intrínsecamente digital, donde la digitalidad está arraigada a las prácticas arquitectónicas en todas sus facetas.

En la relación arquitectura y tecnologías de diseño se destaca el impulso durante los años noventa, donde se observan dos líneas de investigación. Una liderada por Mario Carpo que propone una reflexión histórico-crítica sobre una base de acontecimientos, y otra liderada por Greg Lynn, sustentada en el rescate material físico y virtual. La tecnología de realidad mixta de Trimble y Microsoft HoloLens le entrega vida al diseño y cierra la brecha entre lo digital y lo físico. Se sustenta que usando esta tecnología se pueden tomar decisiones en el momento del inicio del concepto, acortar el ciclo de diseño y mejorar la comunicación del proyecto.

La interacción entre medios analógicos y digitales en el diseño arquitectónico ha sido un tema central en la disciplina en los últimos años. Este debate ha evolucionado, mostrando diferentes enfoques que van desde su surgimiento hasta su abandono o discusión continua. Se destaca la importancia de combinar la destreza manual con

herramientas digitales para impulsar la innovación en el campo. Además, se reconoce el potencial transformador de los entornos virtuales en la enseñanza de la arquitectura, lo que subraya la necesidad de una hibridación equilibrada entre ambos tipos de medios para promover la vitalidad en la arquitectura contemporánea.

En el ámbito de la representación, tanto lo digital como lo tradicional o analógico, ambos necesitan el desarrollo de habilidades, criterios y herramientas. Factores como conocimientos, calidad, creatividad y dominio de herramientas son fundamentales en cualquiera de las formas. Se entiende entonces imprescindible tener un dominio basado en el pensamiento crítico de las herramientas, a fin de que el carácter instrumental de las mismas no domine el proceso proyectual pero, sobre todo, de que el factor humano destaque en los procesos de diseño. A falta de ello, corre el riesgo de que las herramientas, particularmente aquellas digitales que tienen un carácter creativo y que más que representar, tienen la capacidad de ser el objeto proyectado, dominen sobre la mente de los arquitectos e impongan sus cualidades en el diseño.

Se reconocen las cualidades y limitantes de tanto las herramientas de diseño y representación analógicas como las digitales y emergentes. De tal forma, las primeras son valoradas y se prevé que tengan permanencia gracias a su bajo costo, tiempo de inversión y potencial enormemente creativo y artístico, además de las implicaciones cognitivas que desarrollan la mente de los diseñadores y arquitectos. Por otro lado, se reconoce que ante la influencia de la digitalidad, se debe trabajar en mantener el lugar que les corresponde dentro del proceso de diseño y no permitir su abandono, justamente en afán de preservar las cualidades que representan.

Por otro lado, las herramientas digitales y emergentes tienen cualidades novedosas que es necesario explorar y explotar, pues abrirán las puertas a modos de proyectación que hasta el momento no se siguen experimentando, y que contienen un potencial de mejora y crecimiento. Destaca la capacidad de abonar al número

de ensayos posibles, variaciones, procesos de experimentación y opciones iterativas para lograr mejores proyectos. Además, se reconoce que aportan beneficios para el trabajo colaborativo, participativo, y multidisciplinar. La optimización de los flujos de trabajo, la reducción de tiempos y automatización de procesos son también ventajas destacables. Pero en este sentido, aunque cada vez haya herramientas más intuitivas, existe la posibilidad de que aspectos más sensibles y humanos dentro del proyecto arquitectónico se deterioren en un contexto donde estos instrumentos no se utilicen de la manera más consciente.

La incorporación de la inteligencia artificial y otras tecnologías emergentes en la arquitectura representa un cambio significativo que afecta tanto los medios de producción como las concepciones fundamentales del diseño. Por un lado, estas herramientas ofrecen apoyos concretos en distintas fases del proceso proyectual, y amplían las capacidades de exploración formal y funcional del arquitecto. Por otro, su potencial va de la optimización de procesos, hasta las transformaciones más profundas de concepción del espacio, la percepción y la creatividad. Aunque persisten dudas, resulta innegable que su uso permite cuestionar y enriquecer la comprensión de los propios procesos creativos. Así, el avance de estas tecnologías no sólo modifica la práctica profesional y académica de la arquitectura, sino que invita a una reflexión crítica sobre el papel de lo humano en el acto de proyectar y crear.

En la actualidad, el amplio ecosistema de herramientas que sirven a la proyectación arquitectónica presenta un panorama interesante y fértil para la reflexión e investigación en los posgrados que puede detonar en avances y aportaciones de interés en el ámbito de la arquitectura. Ante el desarrollo tecnológico cada vez más veloz, la tensión y confrontación entre ámbitos tradicionales y progresistas instrumentales, se vuelve imprescindible mantener una reflexión constante y crítica a fin de no caer en polarizaciones y, ante todo, de buscar que lo humano, el factor central del proyecto arquitectónico, siga prevaleciendo en afán de producir un hábitat de calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguado Vicaria, S. (2021). *Evolución del medio gráfico en un proyecto de arquitectura: Del dibujo a mano al CAD y al BIM. La Fisher House*. Universitat Politècnica de València. <https://riunet.upv.es/handle/10251/172218>
- Alba Dorado, M. I. (2016). Arquitectura y creatividad. Reflexiones acerca del proceso creativo del proyecto arquitectónico. *Arquitectura Revista*, 12(2), 125-139. <https://doi.org/10.4013/arq.2016.122.01>
- Alvarado Magallanes, Ó. (2021). La cuarta edad de la arquitectura. *Bitácora Arquitectura*, 46, 58. <https://doi.org/10.22201/fa.14058901p.2020.46.79032>
- Amado Lorenzo, A., & Fraga López, F. (2015). El dibujante digital. Dibujo a mano alzada sobre tabletas digitales. *EGA. Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 20(25), 108. <https://doi.org/10.4995/ega.2015.3330>
- Armstrong, H. (2021). *Big data, big design: Why designers should care about artificial intelligence*. (1ª edición). Princeton Architectural Press.
- Bohórquez-Rueda, J. A., Montañez-Moreno, M. P., & Sánchez-Ávila, W. L. (2020). El dibujo manual y digital como generador de ideas en el proyecto arquitectónico contemporáneo. *Revista de Arquitectura*, 22(1). <https://doi.org/10.14718/RevArq.2020.2660>
- Bolojan, D. (2022). Creative AI. Augmenting Design Potency. En: M. Del Campo & N. Leach (eds.), *Machine hallucinations: Architecture and artificial intelligence* (pp. 22-27). John Wiley & Sons.
- Borglund, C. (2022). *Artificial Intelligence in Architecture and its Impact on Design Creativity*. KYH Royal Institute of Technology. <https://doi.org/10.52783/ijca.v11i3.38205>
- Bressani, M., Carpo, M., Martin, R., Picon, A., & Vardouli, T. (2019). L'architecture à l'heure du numérique, des algorithmes au projet: Un débat entre Martin Bressani, Mario Carpo, Reinhold Martin et Theodora Vardouli, mené par Antoine Picon. (É. Gomez, Trad.). *Perspective*, 2, 113-140. <https://doi.org/10.4000/perspective.14830>
- Budiman, H., Numan, I., & Idham, N. C. (2020). From Observing to Imagining the Opportunity of Freehand Drawing in Digital Era. *Proceedings of the EduARCHsia & Senvar 2019 International Conference (EduARCHsia 2019)*. EduARCHsia & Senvar 2019 International Conference (EduARCHsia 2019), Yakarta, Indonesia. <https://doi.org/10.2991/aer.k.200214.029>
- . (2021). Freehand Drawing and Architectural Expression. *Journal of Architectural Research and Design Studies*, 5(1), 45-54. <https://doi.org/10.20885/jars.vol5.iss1.art5>
- Castells, M. (2005). *La sociedad red*. (3ª edición, vol. 1). Alianza Editorial.
- Castro Pena, M. L., Carballal, A., Rodríguez-Fernández, N., Santos, I., & Romero, J. (2021). Artificial intelligence applied to conceptual design. A review of its use in architecture. *Automation in Construction*, 124, 103550. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103550>
- Chaillou, S. (2022). *Artificial intelligence and architecture: From research to practice*. Birkhauser Verlag GmbH.
- Del Campo, M., & Carlson, A. (2022). The Style. Strange, But Familiar Enough: Reinterpreting Style in the Context of AI. En: S. Chaillou, *Artificial intelligence and architecture: From research to practice* (pp. 172-179). Birkhauser Verlag GmbH.
- Fernández Ruiz, J. A. (2008). *Ideación analógica digital*. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Granada. https://www.ugr.es/~jafruiz/Ideacion%20analogo_digital.pdf
- Gálvez Nieto, A. J. (2014). El método de proyecto análogo-digital para el mejoramiento del aprendizaje de la representación arquitectónica dimensional. *Proceedings of the XVIII Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics - SIGraDi: Design in Freedom* (pp. 191-194). <https://doi.org/10.5151/despro-sigradi2014-0035>
- Gámiz Gordo, A. (2013). Sobre dibujo e historia de la arquitectura. Entrevista con Rafael Manzano Martos. *BAC Boletín Académico. Revista de Investigación y Arquitectura Contemporánea*, 3, 65-72. <https://doi.org/10.17979/bac.2013.3.0.998>
- Leach, N. (2021). *Architecture in the age of artificial intelligence: An introduction for architects*. Bloomsbury Visual Arts.
- . (2022). Architectural Hallucinations. What Can AI Tell Us About the Mind of an Architect? En: M. del Campo & N. Leach (eds.), *Machine hallucinations: Architecture and artificial intelligence* (pp. 66-71). John Wiley & Sons.
- Leandri, G., Iñarra Abad, S., Juan Vidal, F., & Leandri, M. (2022). El cerebro del arquitecto y la mano pensante. *EGA Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 27(46), 184-193. <https://doi.org/10.4995/ega.2022.18434>

- Makstutis, G. (2018). *Design Process in Architecture: From Concept to Completion*. Laurence King Publishing. https://www.academia.edu/110301966/Design_Process_in_Architecture_From_Concept_to_Completion
- Manovich, L. (2022). AI and Myths of Creativity. En: M. del Campo & N. Leach (eds.), *Machine hallucinations: Architecture and artificial intelligence* (pp. 60-65). John Wiley & Sons.
- Morlé, E. (2021). La relation solution / contrainte dans le processus de conception architecturale: De la définition de la solution à la (re)définition du problème. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 15(3). <https://doi.org/10.4000/rac.23529>
- Muñoz Cosme, A. (2019). *El proyecto de arquitectura. Concepto, proceso y representación*. (2ª edición). Reverté.
- Nasr, E. S. (2014). The Impact of Digital Architecture on Freehand Sketches through Design Process. *Emirates Journal for Engineering Research*, 19(1), 49-60. https://www.academia.edu/68658630/The_Impact_of_Digital_Architecture_on_Freehand_Sketches_Through_Design_Process
- Ortega, L. (Ed.). (2009). *La digitalización toma el mando*. Gustavo Gili.
- . (2014). *Digitalization takes command: El impacto de las revoluciones de las tecnologías de la información y la comunicación en arquitectura*. Universitat Politècnica de Catalunya. <http://hdl.handle.net/2117/95368>
- Pallasmaa, J. (2005). *The eyes of the skin: Architecture and the senses*. Wiley-Academy.
- . (2012). *La mano que piensa: Sabiduría existencial y corporal en la arquitectura*. Gustavo Gili.
- Pallasmaa, J., Zambelli, M., & Puente, M. (2022). *Diseminaciones: Semillas para el pensamiento arquitectónico*. Gustavo Gili.
- Parera, C., & Moreira, A. (2021). ¿La digitalización pasa el mando? Diálogos sobre una posible era posdigital. *Bitácora Arquitectura*, 46, 38. <https://doi.org/10.22201/fa.14058901p.2020.46.79033>
- Portillo Ríos, R. A. (2021). Técnicas de representación digital aplicadas a los proyectos arquitectónicos en Nuevo León, México. *Revista Científica UIIsrael*, 8(3), 27-49. <https://doi.org/10.35290/rcui.v8n3.2021.449>
- Postman, N. (1992). *Tecnópolis. La rendición de la cultura a la tecnología*. (V. Campos González, Trad.). Galaxia Gutenberg.
- Raposo Grau, J. F., Salgado de la Rosa, M. A., & Buitragueño, B.-G. (2022, septiembre 11). Del dibujo analógico al dibujo digital. La construcción virtual de la arquitectura como algo más que una implementación tecnológica. *XIX Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica, junio 2022, junio 2022*. <https://doi.org/10.31428/10317/11289>
- Ravi, R., & Murugesan, D. (2022). Applications of Virtual Reality in Architecture. *Journal of Research in Humanities and Social Science*, 10(11), 70-78. <https://www.questjournals.org/jrhss/papers/vol10-issue11/10117078.pdf>
- Rojas-Sola, J. I., Fernández-Sora, A., Serrano-Tierz, A., & Hernández-Díaz, D. (2011). Una revisión histórica: Desde el dibujo en ingeniería hacia la ingeniería del diseño. *Dyna*, 78(167), 17-26. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49622358002>
- Sainz, J. (1990). *El dibujo de arquitectura: Teoría e historia de un lenguaje gráfico*. Nerea.
- Schwab, K. (2020). La Cuarta Revolución Industrial. *Futuro Hoy*, 1(1), artículo 1. <https://doi.org/10.52749/fh.viii.1>
- Silka Sietsma. (2021). Interview. En: H. Armstrong, *Big data, big design: Why designers should care about artificial intelligence*. (1ª edición, pp. 78 y 79). Princeton Architectural Press.
- Steinfeld, K. (2022). The Context. The Sorcerer's Apprentice. En: S. Chaillou, *Artificial intelligence and architecture: From research to practice* (pp. 118-125). Birkhauser Verlag GmbH.
- The Economist Group. (2019, julio 27). Will a robot really take your job? *The Economist*. <https://www.economist.com/business/2019/06/27/will-a-robot-really-take-your-job>
- Vargas Guzmán, C. (2021). Las herramientas digitales en el proceso creativo del taller de arquitectura. *Locus*, 1, 105-118. <https://www.fach.umss.edu.bo/wp-content/uploads/2021/12/B5-Las-herramientas-digitales-en-el-proceso-creativo.pdf>
- Velasco Gómez, R., Chavarro Ayala, D., & Paul Brakke, A. (2015). *Diseño digital. Uso interactivo e integrado de las herramientas digitales en la arquitectura*. Universidad Piloto de Colombia. https://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/7383/Diseno_Digital.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Vergara Vera, C. (2023). Transformación digital: Algunos puntos para una revisión crítica desde la historia, la cultura y la arquitectura. *Márgenes*.

- Espacio Arte y Sociedad*, 15(23), 121-127. <https://doi.org/10.22370/margenes.2022.15.23.3615>
- Villanueva Cajide, B. (2023). El cíborg como estrategia del proyecto arquitectónico contemporáneo. *rita*, 19, 38-51. [https://doi.org/10.24192/2386-7027\(2023\)\(v19\)\(02\)](https://doi.org/10.24192/2386-7027(2023)(v19)(02))
- Yogapriya, G., Mathuraman, N., & Ranganath, N. (2021). Application of software in architectural design. *Journal of the Indian Institute of Architects*, 86, 69-73. https://www.researchgate.net/publication/356980673_application_of_software_in_architectural_design

Acerca de los autores

MARÍA GUADALUPE ALPUCHE CRUZ

Licenciatura en Arquitectura por la Universidad Autónoma de Puebla. Maestría en Arquitectura y Doctorado en Ingeniería con especialidad en Diseño Bioclimático por la Universidad Nacional Autónoma de México.

Actualmente es profesora de tiempo completo en el Departamento de Arquitectura y Diseño de la Universidad de Sonora. Sus áreas de interés son el diseño bioclimático, la eficiencia energética y la exergía en las edificaciones.

Sus líneas de investigación son los “estudios sobre el medio ambiente y la tecnología para el desarrollo de proyectos urbanos y arquitectónicos”. Ha colaborado en diversos proyectos financiados por el Conacyt, la Conavi y la Sener. Colabora con investigaciones del Instituto en Energías Renovables de la UNAM sobre edificaciones, confort térmico y eficiencia energética. Además, participa en proyectos como parte del Cuerpo Académico “Estudios integrales en arquitectura”. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores y del Laboratorio Nacional de Vivienda y Comunidades Sustentables de Conacyt.

Autora de artículos publicados en revistas indexadas, libros, capítulos de libros y memorias de congresos. Ha participado como ponente en diversos congresos nacionales e internacionales en sus áreas de especialidad. Colabora como árbitro en revistas nacionales e internacionales.

Fue coordinadora del Programa de Arquitectura de 2013-2017 y directora de la División de Humanidades y Bellas Artes de la Universidad de Sonora en 2017-2023. Actualmente es la coordinadora general de la Facultad Interdisciplinaria de Humanidades y Artes, período 2023-2028.

Correo electrónico: guadalupe.alpuche@unison.mx

ADRIANA MARGARITA ARIAS VALLEJO

Doctorado en Planeación y Desarrollo Sustentable por la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), México, institución en la que actualmente se encuentra adscrita. Integrante del sistema ORCID con el identificador: <https://orcid.org/0000-0001-9137-8671>. Su línea de investigación se centra en las ciencias sociales aplicadas al desarrollo sustentable, la geografía aplicada y la prospectiva para el análisis y solución de problemáticas territoriales y socioambientales. Autora de artículos publicados en revistas indexadas, libros.

Correo electrónico: aarias91@uabc.edu.mx

ANA CECILIA BORBÓN ALMADA

Ingeniería Civil. Maestría en Arquitectura. Doctorado en Ciencias por el Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California.



Profesora-investigadora titular de tiempo completo y tiene más de 30 años de experiencia académica y en investigación, así como en labores de gestión académica en la Universidad de Sonora. Cultiva las líneas de investigación: estructuras y materiales en la construcción; así como tecnologías ambientales y sustentabilidad.

Profesora con perfil Prodep reconocido por la Secretaría de Educación Pública (SEP).

Líder del Cuerpo Académico “Obra civil, medio ambiente e infraestructura sustentable”. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 1.

Tiene publicaciones diversas en revistas indexadas de circulación nacional e internacional, así como capítulos de libro. Ha desarrollado varios proyectos de investigación con financiamiento externo por Conacyt-Conavi, referente a los problemas de tecnología y materiales de construcción, y tiene participación en congresos nacionales e internacionales con exposición de ponencias. Tiene el reconocimiento como inventora por parte de la Universidad de Sonora, al haber obtenido una patente en 2016. Es creadora del Laboratorio de Análisis Térmico de Materiales en la Universidad de Sonora, donde se desarrollan actividades de docencia, investigación, formación de recursos humanos y proyectos con el sector productivo.

Ha dirigido tesis de posgrado en el área de sustentabilidad y materiales de construcción.

Correo electrónico: ana.borbon@unison.mx

YADIRA CONTRERAS JUÁREZ

Doctorado en Antropología Social por la Universidad Iberoamericana, campus Santa Fe, Ciudad de México.

Actualmente es profesora-investigadora en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados, y docente, desde 2003, a nivel licenciatura y posgrado en la Facultad de Planeación Urbana y Regional de la Universidad Autónoma del Estado de México. Perteneció al Cuerpo Académico: “Procesos, territoriales, ambientales y sociales”. Tiene reconocimiento académico al perfil deseable Prodep-SEP desde el año 2013 a la fecha y pertenece al Sistema Nacional de Investigadoras e Investiga-

dores, SNI. Ha sido directora y revisora de tesis a nivel licenciatura, maestría y doctorado.

Correo electrónico: ycontrerasj@uaemex.mx

DIEGO IGNACIO DOMÍNGUEZ

Sociólogo y Doctor en Ciencias Sociales (UBA). Investigador del Conicet (adjunto), integrante del Grupo de Ecología Política, Comunidades y Derechos, del Instituto Gino Germani, UBA.

Profesor de Sociología Rural y de Ecología Política en la UBA. Investigador adjunto en el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (Conicet) (2010 a la actualidad). Investigador en el Instituto de Investigaciones Gino Germani, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires (2004 a la actualidad). Temas de interés: estudios campesinos, sociología rural y agraria, ecología política, cartografía social.

Correo electrónico: didominguez1@yahoo.com

ANA LARISA ESPARZA PONCE

Doctoranda en Innovación del Hábitat Sustentable por la Universidad de Guadalajara. Maestría en Diseño y Desarrollo de Nuevos Productos. Licenciatura en Diseño Industrial por la Universidad de Guadalajara y la Universidad de Buenos Aires, Argentina.

Actualmente se desempeña como profesora en el Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño, donde también coordina la Licenciatura en Diseño Industrial. Imparte asignaturas vinculadas al diseño ecológico, la sustentabilidad y el trabajo académico aplicado.

Su línea principal de estudio se centra en el desarrollo de materiales funcionales para la creación de artesanías y productos mediante el aprovechamiento de residuos orgánicos agroindustriales. Ha participado en ponencias nacionales en Guadalajara, Puerto Vallarta, Ciudad de México y Tampico, así como tenido participación en eventos internacionales en La Habana, Cuba; Buenos Aires, Argentina; Río de Janeiro, Brasil; Bilbao y Barcelona, España. Además realizó una

estancia de investigación en la Universidad del País Vasco, en San Sebastián, España.

Es cofundadora de Franca Objeto Útil y Franca Podcast, plataformas que amplían el alcance del trabajo académico mediante nuevos formatos: un laboratorio experimental para ejercicios ob-
jetuales y un podcast que difunde los fenómenos creativos del occidente de México.

Correo electrónico: ana.esparza1009@academicos.udg.mx

ANA GARAY

Arquitecta. Doctorado en Ciencias Sociales con orientación en Geografía (UNT) y Especialista en Docencia Universitaria (UNSE). Investigadora en el Conicet (asistente), integrante del Grupo Educación, Ambiente, Hábitats y Territorios, del Instituto de Estudios para el Desarrollo Social (FHSCYS/UNSE-Conicet). Profesora de Historia de la Arquitectura III, en la UCSE.

Correo electrónico: la_garay@hotmail.com

CARLOS GÁNDARA WOONGG

Doctorado en Ciencias de los Ámbitos Antrópicos con énfasis en Urbanismo, grado otorgado por la Universidad Autónoma de Aguascalientes, México. Actualmente se encuentra adscrito a la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), México.

Su investigación se orienta al análisis interdisciplinario de los procesos y relaciones transfronterizas, la movilidad humana y las dinámicas socioespaciales de las ciudades fronterizas, con especial atención a la gestión sustentable del territorio y al desarrollo de soluciones de vivienda alternativa. Autor de artículos publicados en revistas indexadas, libros.

Correo electrónico: gandara.carlos@uabc.edu.mx

MARÍA LUISA GARCÍA YERENA

Doctorado en Arquitectura por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España. Maestría en

Procesos y Expresión Gráfica en la Proyección Arquitectónica-Urbana por la Universidad de Guadalajara (UdG), México.

Su línea de investigación se centra en los procesos de proyección arquitectónica y urbana, así como en el uso de tecnologías aplicadas a la proyección arquitectónica.

Correo electrónico: mluisa.yerena@cuaad.udg.mx

ALAN GARCIA HARO

Doctorado en Gestión y Valoración Urbana y Arquitectónica por la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), España. Actualmente se encuentra adscrito a la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), México.

Integrante del sistema ORCID con el identificador: <https://orcid.org/0000-0002-4302-6492>. Su área de investigación se centra en la planificación y el diseño urbano orientados a la adaptación al cambio climático, mediante el uso de sistemas de información geográfica (SIG) y teledetección para el análisis ambiental urbano y territorial, con énfasis en la caracterización térmica y la resiliencia climática de ciudades en contextos áridos y mediterráneos. Autor de artículos publicados en revistas indexadas, libros.

Correo electrónico: alan.garcia.haro@uabc.edu.mx

EBER ALBERTO GODÍNEZ DOMÍNGUEZ

Doctorado en Ingeniería Estructural por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM-A). Realizó una estancia posdoctoral en la UAM-A mediante un proyecto financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (Conacyt). Profesor-investigador adscrito a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas, Campus I, donde actualmente funge como el coordinador del programa del Doctorado en Ingeniería Civil.

Miembro del Sistema Estatal de Investigadores de Chiapas y del Sistema Nacional de Investigadores de México (SNI) nivel I. Ha sido responsa-

ble técnico de proyectos financiados y cuenta con publicaciones en revistas indizadas de prestigio nacional e internacional. Desarrolla investigación enfocada en el estudio del comportamiento sísmico de elementos y sistemas estructurales.

Correo electrónico: eber.godinez@unach.mx

MÓNICA GUADALUPE GONZÁLEZ YÑIGO

Doctorado en Estudios para el Desarrollo Humano (CIME UAEMéx). Profesora de licenciatura y posgrado.

Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, colaboradora del Cuerpo Académico “Procesos territoriales, ambientales y sociales”. Líneas de investigación: vivienda, sustentabilidad, desarrollo humano, ha desarrollado diversos capítulos y artículos científicos sobre la temática.

Correo electrónico: mgonzalez@uaemex.mx

JESÚS MAURICIO JARAMILLO VILLALOBOS

Maestría en Procesos y Expresión Gráfica en la Proyección Arquitectónica-Urbana por la Universidad de Guadalajara (UdG), México. Licenciatura en Arquitectura por el Tecnológico Nacional de México, Campus Chihuahua II. Su línea de investigación se centra en los procesos para la proyección arquitectónica y urbana, así como en el uso de tecnologías aplicadas a la proyección arquitectónica.

Correo electrónico: jesus.jaramillo1661@alumnos.udg.mx

JOSÉ ALEJANDRO MADRID REA

Maestría en Procesos y Expresión Gráfica en la Proyección Arquitectónica-Urbana por la Universidad de Guadalajara (UdG), México. Licenciatura en Arquitectura y cuenta con una Especialidad en Desarrollo Sustentable, ambos grados obtenidos en la Universidad de Sonora, México.

Su área de investigación se enfoca en los procesos para la proyección arquitectónica y urba-

na, así como en el uso de tecnologías aplicadas a la proyección arquitectónica.

Correo electrónico: jose.madrid1656@alumnos.udg.mx

ALEJANDRO RUIZ SIBAJA

Licenciatura en Ingeniería Civil por el Instituto Tecnológico de Tapachula (1982-1986). Maestría en Ciencias con Especialidad en Estructuras en la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura-UPZ-IPN (1988-1990). Maestría en Ingeniería Sísmica y Dinámica Estructural (1996-1997) y Doctorado en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos (1997-2001), ambos en la Universidad Politécnica de Cataluña (España). Además cuenta con un Diplomado de Censolar (España) en Instalaciones de Energía Solar (2010).

Cuenta con experiencia profesional en el Instituto Mexicano del Petróleo (1992-1996) como ingeniero calculista de estructuras y en Proyex-Valencia (España) (2002-2003) como ingeniero revisor de proyectos de edificación.

Actualmente es profesor-investigador adscrito a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas, miembro colaborador del Instituto Andaluz de Geofísica de Andalucía (España) e integrante del Comité Doctoral de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas.

Correo electrónico: asibaja@unach.mx

MARCO ANTONIO SOLÍS

Licenciatura en Ingeniería Civil (1998-2003) y la Maestría en Ingeniería (2007-2009), ambos en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas. Cuenta con experiencia profesional como verificador de vivienda por parte del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (2006-2009), así como en la elaboración de memorias de cálculos estructurales en la ejecución de obra pública en los municipios de Bochil y Siltepec, Chiapas (2007-2010).

Ha colaborado en el posgrado de la Universidad Valle del Grijalva, en las Maestrías en Estructuras y Vías Terrestres (2011-2019). Actualmente es docente adjunto en la Facultad de Ingeniería, impartiendo materias en el área de Ciencias Básicas.

Correo electrónico: marco.solis@unach.mx

ALBERTO JAVIER VILLAR CALVO

Doctorado en Urbanismo por la Universidad Politécnica de Madrid, línea de investigación procesos urbanos contemporáneos desde la perspectiva histórica y procesos de gentrificación. Miembro del SNI nivel 1. Publicaciones con temas relativos a vivienda, política de vivienda, procesos de urbanización y urbanizaciones cerradas, elitización de espacios urbanos y dinámicas de gentrificación; ha publicado diversos artículos y capítulos de libros relacionados con estos temas.

Correo electrónico: ajvillarc@uaemex.mx

ALMA VIRGINIA YEOMANS FIMBRES

Doctorado en Humanidades con énfasis en Estudios Integrales de Arquitectura. Maestría en Ingeniería Civil y Arquitecta, todos los títulos obtenidos con mención honorífica en la Universidad de Sonora.

Cuenta con formación en simulación energética de edificios, adquirida en la UNAM, además de haber impartido ponencias sobre el tema. Ha sido profesora de nivel superior, y en el ámbito privado ha diseñado, revisado y supervisado proyectos arquitectónicos.

En el sector gubernamental, trabajó en la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y actualmente se desempeña como directora de Proyectos en la Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano del estado de Sonora, en la Dirección General de Proyectos e Ingeniería, donde participa en el diseño, aprobación y supervisión de proyectos de infraestructura estatal.

Correo electrónico: alma_yeomans@hotmail.com