

REVISTA CIENTÍFICA

VIVIENDA Y COMUNIDADES SUSTENTABLES

Enero-Junio 2024 Año 8 Núm. 15
ISSN: 2594-0198

DOI: <https://doi.org/10.32870/10.32870/rvcs.v0i14>



LABORATORIO NACIONAL DE VIVIENDA
Y COMUNIDADES SUSTENTABLES



Universidad de Guadalajara
Laboratorio Nacional de Vivienda y Comunidades Sustentables

Directorio

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Rectoría General Ricardo Villanueva Lomelí
Vicerrectoría Ejecutiva Héctor Raúl Solís Gadea

CENTRO UNIVERSITARIO DE ARTE, ARQUITECTURA Y DISEÑO

Rectoría Francisco Javier González Madariaga
Secretaría Académica Isabel López Pérez
Secretaría Administrativa Everardo Partida Granados

EQUIPO EDITORIAL

Director responsable Fernando Córdova Canela
Editor en jefe José Arturo Gleason Espíndola
Editor adjunto Carlos Emmanuel Aguilar Méndez
Editor adjunto Hiram Eduardo Urias Barrera
Coordinación editorial Celina Yunuén Castillo Moya
Asistente editorial Carolina Ávila Escobedo

COMITÉ EJECUTIVO

Gabriel Castañeda Nolasco (Universidad Autónoma de Chiapas-México), Elvira Maycotte Pansza (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) y Mariana Villada Canela (Universidad Autónoma de Baja California, 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 Cortoreal (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 Valdívía 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 8, Núm. 15, enero-junio 2024 es una publicación digital, en forma semestral editada por la Universidad de Guadalajara a través del Laboratorio Nacional de Vivienda y Comunidades Sustentables (LNVCS) CONAHCYT 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>. Editor Responsable: José Arturo Gleason Espíndola. 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: 05 de marzo de 2024.

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 Conacyt, al formar parte de su estrategia editorial.

Contenido

Editorial	7
Artículos Científicos	
Intersecciones entre salud y vivienda: un análisis discursivo de la enfermedad de Chagas y la política habitacional en el noroeste de Córdoba, Argentina	9
María Inés Sesma, María Rosa Mandrini y Noelia Cejas	
Mujeres, agua y periurbanización. El caso del fraccionamiento de Silos en Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco	25
Abril Casas Cervantes	
Vivienda y su contexto. Desarrollo de dispositivos modulares para cosecha de agua de lluvia	41
Carlos Emmanuel Aguilar Méndez y Fernando Córdova Canela	
Validación del rendimiento térmico en invierno del modelo de una vivienda de interés social	63
Gabriela Bacelis, Karen Estrella Martínez Torres y Raúl Pavel Ruíz Torres	
Una aproximación a la minería de datos para estimar indicadores de confort térmico	81
Julio César Rincón Martínez	
Desempeño térmico y mecánico de tres bloques de concreto con fibras de bambú y poliestireno expandido	103
Oscar Daniel Solano Acosta, Josué Trinidad Carrillo Madrigal, Jorge Armando Ojeda y Carlos Javier Esparza López	

Reseña

Cultura, Arquitectura y Diseño
Carlos Emmanuel Aguilar Méndez

119

Acerca de los autores

123

Editorial

En esta ocasión, la revista *Vivienda y Comunidades Sustentables* presenta un volumen dedicado a la relación de la vivienda y su contexto, con énfasis en la dimensión física del habitar. Desde una perspectiva general, el hábitat puede visualizarse como la suma de los factores del medio ambiente que una especie animal o vegetal necesita para sobrevivir y reproducirse en un área determinada. Bajo esta premisa, es inevitable su relación hacia el aspecto físico que representa la espacialidad, la cual incorpora características particulares como el relieve, el clima o los organismos de soporte que definen el tipo de hábitat. Independientemente de la complejidad existente entre las dinámicas naturales, la definición de un hábitat bajo el contexto humano replantea una nueva forma de comprensión al que se le añaden matices con la incorporación del ser humano.

El ser humano en su habitar incorpora la artificialidad a los elementos propios de la naturaleza, dando como resultado el hábitat humano, con elementos y principios propios; al habitar se generan, adecuan o construyen lugares que sirven de soporte para construir los espacios habitables necesarios para la supervivencia de un grupo humano donde, además de la acción material, representa un fenómeno cultural cargado de sentido. A partir de esta perspectiva, el volumen no. 15 de la revista expone las diferentes interpretaciones, así como la integración de las

dimensiones y las variables del habitar con énfasis en la físico-espacial. Si bien la habitabilidad se visualiza desde una perspectiva holística y al hábitat desde una definición sistémica compleja, los textos presentados presentan en primera instancia la relación existente entre la salud y la materialidad arquitectónica desde la escala de vivienda. Posteriormente, el volumen se adentra en el análisis de satisfactores dentro de la habitabilidad de la vivienda y del espacio público, a partir de propuestas de gestión hídrica en el acto de habitar, así como de desempeño térmico en la producción de vivienda.

Es importante tener en cuenta que las características del espacio habitable condicionan la existencia, por esta razón, disciplinas como la arquitectura y el urbanismo tienen la factibilidad de brindar respuestas a necesidades y/o mejorar la situación de problemas relacionados a la calidad de vida por medio de la ejecución de diferentes tipos de intervenciones como las presentadas. Ha sido común que se ubique a la vivienda como el primer espacio o célula básica de constitución del hábitat humano, donde se manifiestan los modos de habitar, los cuales se extienden a un plano exterior: la ciudad. La creación de hábitat trasciende la mera satisfacción de las necesidades de vivienda e incorpora la movilización en pos del derecho a la ciudad, que incluye la búsqueda por el derecho al uso y disfrute de los bienes y servi-

cios colectivos urbanos como de participación en la definición y producción del hábitat.

Bajo dichas dinámicas de lo que se considera un hábitat urbano, existen tensiones de distinta naturaleza, como los lugares/flujo o la urbanización/habitar, que incluyen implicaciones perversas en el bienestar de los habitantes como producto de la imposición vertical de la urbe, pues funciona como un dispositivo que busca condicionar la forma de vida de los habitantes de la ciudad como objeto estético, lo cual más que bienestar genera malestar urbano. A partir de lo expuesto es posible vislumbrar que el hábitat está definido por categorías que se desarrollan en el entramado del actuar humano, tres de ellas en proporciones físicas y concretas la vivienda, la ciudad y el territorio, la cuarta como un elemento más abstracto la visión del espacio. Referente a este último elemento, existen distintas temporalidades involucradas en las redes del hábitat el tiempo del habitar, el tiempo de la obra, el tiempo de la relocalización y el tiempo de la política; en esta espacialidad se producen las formas en la que los actores o habitantes conciben y actúan con base en sus horizontes temporales.

El hábitat está en constante reconfiguración por el factor antrópico que incorpora elementos relacionados a las dinámicas sociales que no permanecen estáticos. Es posible analizar al

hábitat desde diferentes enfoques como se presentan en este número; sin embargo, se abordan aspectos comunes que pueden definirle de manera conceptual: la espacialidad, la temporalidad, los elementos materiales, el territorio y los simbolismos. Este último viene cargado del aspecto cultural y social relevante al momento de referirse al hábitat como ese sitio habitado por seres humanos.

Al considerar al ser humano como un ser social, los modos de habitar están influenciados por el entorno, por determinada sociedad y sus preceptos culturales; de esta manera, es posible apreciar una relación existente entre diversos hábitats que conviven entre sí en un determinado territorio. Aunque no existe un consenso claro sobre en qué momento se convierte, deja de ser un hábitat o se difuminan las líneas, es preciso presentar una relación entre los argumentos de la academia y posteriormente las propuestas de política pública y de los propios habitantes para su hábitat en pos de tener una mejor inserción en los lugares donde se pretende comprender y/o intervenir. Por ello, la presentación de este volumen ayuda al entendimiento del hábitat y a la creación de una base epistémica común del habitar, dirigida a la generación de conocimiento y deseablemente su aplicación en la atención de problemas prioritarios.

Intersecciones entre salud y vivienda: un análisis discursivo de la enfermedad de Chagas y la política habitacional en el noroeste de Córdoba, Argentina

Intersections between health and housing: a discursive analysis of Chagas disease and housing policy in the northwest of Córdoba, Argentina

DOI: <https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i15.268>

MARÍA INÉS SESMA

AVE-CEVE-CONICET, Argentina. ORCID: 0000-0003-3338-2124

Correo electrónico: ine.sesma@gmail.com

MARÍA ROSA MANDRINI

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina. ORCID:

Correo electrónico: mrmadrini8@gmail.com

NOELIA CEJAS

AVE-CEVE-CONICET, Argentina. ORCID: 0000-0001-9793-3031

Correo electrónico: noelia.cejas@mi.unc.edu.ar

Recepción: 26 de septiembre de 2023. Aceptación: 24 de noviembre 2023.

RESUMEN

Este trabajo señala la relación entre las formaciones discursivas en viviendas rurales y la enfermedad de Chagas en contextos rurales campesinos. La investigación adopta una metodología interdisciplinaria, combinando etnografía, análisis arquitectónico y revisión de políticas públicas. Se llevaron a cabo trabajos de campo en zonas rurales del noroeste de Córdoba, Argentina, estudiando viviendas vernáculas y viviendas construidas bajo el Plan de Sustitución de Vivienda y Erradicación del Mal de Chagas (PSVPEMCh), mediante observaciones, entrevistas y análisis documental. Los resultados revelan dos tipos de viviendas en estas comunidades: las vernáculas, construidas con materiales locales y adaptadas a dinámicas familiares y comunitarias, y las del plan estatal, que emplean materiales industriales y presentan un diseño urbanocéntrico. Las políticas habitacionales producen un efecto de desautorización

sobre las técnicas de construcción vernáculas en nombre de la lucha contra la enfermedad de Chagas, a pesar de que la evidencia sugiere que la calidad de la construcción es un factor clave en la prevención. Aunque el estudio se enfoca en una región específica de Argentina, sus implicaciones son relevantes para repensar las políticas habitacionales en contextos rurales, proponiendo un enfoque integral para la promoción de viviendas saludables y evitando la estigmatización de las comunidades rurales.

Palabras clave: formaciones discursivas, enfermedad de Chagas, viviendas rurales, políticas habitacionales.

ABSTRACT

This paper points out the relationship between discursive formations in rural housing and Chagas Disease in rural peasant contexts. The re-



search adopts an interdisciplinary methodology, combining ethnography, architectural analysis and public policy review. Fieldwork was carried out in rural areas of northwestern Córdoba, Argentina, studying vernacular dwellings and dwellings built under the Housing Replacement and Chagas Disease Eradication Plan (PSVPEMCh), through observations, interviews and documentary analysis.

The results reveal two types of housing in these communities: vernacular houses, built with local materials and adapted to family and community dynamics, and those under the state plan, which use industrial materials and have an urban-centric design. Housing policies produce a disallowing effect on vernacular construction techniques in the name of the fight against Chagas disease, despite evidence suggesting that construction quality is a key factor in prevention.

Although the study focuses on a specific region of Argentina, its implications are relevant for rethinking housing policies in rural contexts, proposing a comprehensive approach to the promotion of rural housing.

Keywords: discursive formations, Chagas disease, rural housing, housing policies.

INTRODUCCIÓN

Durante una década, desde 2009 hasta 2019, la región noroeste de la provincia de Córdoba se convirtió en el epicentro de una política social de vivienda con un enfoque especial en las zonas rurales. Inicialmente concebido como el *Programa de Sustitución de Viviendas Precarias y Erradicación del Mal de Chagas-Mazza* (PSVREMCh), esta política habitacional surgió como respuesta a la ley de emergencia habitacional y sanitaria. Posteriormente, en 2015, se inscribió en un conjunto más amplio de políticas, conformando el Plan de Desarrollo del Noroeste Cordobés (PDNC).

En marzo de 2009, el boletín oficial del gobierno de la provincia de Córdoba informó el estado de “emergencia habitacional-sanitaria en la provincia de Córdoba” y dio cuenta de la sanción

de la ley provincial 9601. Mediante esta ley, se marcó el comienzo de una década de políticas habitacionales enfocadas en las zonas rurales, con el propósito de abordar, a través de estas iniciativas, un importante desafío en materia de salud: la enfermedad de Chagas.

Sin embargo, la intervención espacial de esta política habitacional condensó una pluralidad de definiciones, plasmadas en el diseño, materiales y funciones que excedían aspectos de salubridad (Cejas, 2020). Muchos de los aspectos que condensa la arquitectura del plan, en sus diferentes versiones, presentan marcadas diferencias con la arquitectura de la vivienda rural, comúnmente denominada “rancho”, y las formas específicas en que esto se despliega en la región noroeste de la provincia.

Al momento de abordar estas diferencias y comprender su implicancia en el territorio, advertimos que la manera de implementar esta política se inscribe en un contexto histórico más amplio en el que la relación entre la enfermedad de Chagas y la vivienda rural ha sido establecida, a menudo de manera incorrecta, dando lugar a la creación de discursos y prácticas destinados a reforzar esta relación y fortalecer el prejuicio sobre estos materiales y estas comunidades. De esta forma, el propósito de este escrito es mostrar al PSVPEMCh como un programa en el que esta narrativa ha tomado forma en el territorio o se ha reflejado en él.

Comenzaremos mostrando de qué manera se construyó discursivamente la enfermedad de Chagas en nuestro país, desde la década del 30 en adelante y su impacto histórico a nivel institucional y de políticas públicas. Luego, presentaremos la relación específica que se establece entre la enfermedad de Chagas y la vivienda rural, por qué esta relación es errónea y cómo la arquitectura, como disciplina de la modernidad, colaboró en la consolidación de este relato. Esto nos dará paso a presentar el caso específico del instrumento público que nos compete. Para ello, analizaremos algunos elementos concretos (los diseños de las viviendas, las perspectivas arquitectónicas puestas en juego, las lógicas de funcionalidad impli-

cadás, etcétera) para dimensionar las diferencias entre lo que propone la intervención estatal, y lo preexistente a ella.

METODOLOGÍA

Para el artículo tomaremos elementos del análisis de discurso propuesto por M. Foucault. Para el autor, toda formación histórica se define ante todo por lo que ve y hace ver, y por lo que dice y hace decir (Deleuze, 2013), esto implica que cada época puede ser conocida en su particularidad a través de las prácticas discursivas presentes en ella. Para Foucault, las prácticas discursivas exceden lo meramente lingüístico e incluyen también un conjunto más amplio de elementos; en ese sentido, se considera que un discurso puede ser tanto el texto que acompaña una ley, como una vivienda. El interjuego entre todos estos elementos considerados como discursos es lo que da paso al concepto de dispositivo, que se concibe como aquella

red de relaciones que se pueden establecer entre elementos heterogéneos tales como discursos, instituciones, arquitectura, reglamentos, leyes, medidas administrativas, enunciados científicos, proposiciones filosóficas, morales, filantrópicas, lo dicho y lo no dicho (Castro, 2011, p.114).

Esto implica llevar a cabo un análisis genealógico de las formaciones discursivas; es decir, analizar de qué manera el poder se cristaliza a través de estas formaciones discursivas configurando *regímenes de verdad* (Foucault, 1979).

En línea con lo planteado, para indagar sobre estas prácticas discursivas nos valdremos de fuentes documentales y también del análisis del prototipo de viviendas propias de la ruralidad y las propuestas por el plan de la política habitacional. Entre las fuentes documentales trabajamos con primarias y secundarias. Entre las primarias, encontramos entrevistas y notas de campo realizadas durante encuentros con familias y agrupaciones campesinas de la provincia de Córdoba,

en el marco de proyectos de investigación. En lo que respecta a las fuentes secundarias, trabajamos con documentos oficiales (leyes, ordenanzas, informes de gestión y manuales públicos)¹ y documentos históricos de organizaciones sanitarias nacionales.

A fin de estudiar, desde una perspectiva genealógica, la manera en que las formaciones discursivas se expresan en las viviendas, proponemos un análisis de plantas arquitectónicas.² Como dijimos anteriormente, esto implica atender a aquellos sistemas complejos e integrados de conocimiento, representación y práctica que influyen en la concepción y producción de espacios.

Para analizar una planta arquitectónica desde esta perspectiva de formaciones discursivas, el proceso implica varios pasos interrelacionados. En primer lugar, se deben identificar y desglosar los elementos clave de la planta, como su disposición espacial, selección de materiales y funcionalidades que aloja. Luego, nos interesa contextualizar la planta dentro de un marco histórico y teórico, reconociendo las influencias dominantes y periféricas, que se materializan en los diseños. Finalmente, atendiendo al tipo de proceso del que forman parte, nos interesa reconocer las singularidades que presenta por un lado la vivienda vernácula, emergente de un devenir de escala familiar, frente a un proceso prefigurado

1. Algunos de los más relevantes son: Programa de Desarrollo del Noroeste Cordobés. Segunda Parte. Consejo Federal de Inversiones y Fundación del Banco de Córdoba, Informe de gestión (2018); Programa Provincial de Chagas. Ministerio de Salud de la Provincia de Córdoba (s/f).
2. Vale aclarar que el análisis de estas viviendas se realizaron en el marco de trabajos de campo y proyectos de investigación llevados a cabo por el Área de Estudios Socioterritoriales del Centro Experimental de la Vivienda Económica (AVE-CEVE-CONICET), del cual las autoras forman parte. Estos proyectos de financiamiento son: Proyecto de Investigación Científica y Tecnológica (PICT) denominado *Análisis de las construcciones discursivas en disputa para el abordaje integral del hábitat rural. Caso: región noroeste de la Provincia de Córdoba (2021- 2023)*; Proyecto de Investigación Orientado a la Demanda y a las Oportunidades (PIODO) denominado *Desarrollo tecnológico situado en el hábitat rural. Alternativas integrales para el abordaje de sus funciones residencial, productiva y de socialización (2018-2020)*; y del Proyecto de Investigación Plurianual (PIP) denominado *Recuperación y desarrollo de tecnologías sociales y estrategias de gestión, orientadas al fortalecimiento de las capacidades de los gobiernos locales para la atención de problemáticas habitacionales y socio-productivas (2019-2022)*.

a través de una política habitacional, unilateral y verticalmente diseñada e implementada, que además se basó en una perspectiva de salubridad (en relación a la enfermedad de Chagas, concretamente).

La síntesis de todos estos hallazgos en un análisis integral nos permitirá revelar las formaciones discursivas subyacentes que han dado forma a estas dos concepciones habitacionales.

Operativización teórico-metodológica		
Perspectiva de análisis y operación metodológica	Fuentes analizadas	Variables o indicadores específicos
<p>Estudios de formaciones discursivas:</p> <ul style="list-style-type: none"> —Identificación y desglose de discursos presentes en documentos oficiales, entrevistas, notas de campo y documentos históricos. —Análisis genealógico de cómo el poder se cristaliza en estas formaciones, configurando regímenes de verdad en el ámbito habitacional. —Reconocimiento de elementos heterogéneos en dispositivos: discursos, instituciones, arquitectura, reglamentos, leyes, entre otros. 	Fuentes documentales	<p>Clasificación de fuentes primarias: entrevistas y notas de campo con familias y agrupaciones campesinas. Identificación de tópicos recurrentes y alcances de estos.</p> <p>Clasificación de fuentes secundarias: documentos oficiales, leyes, ordenanzas, informes de gestión, manuales públicos y documentos históricos. Identificación de tópicos recurrentes y alcances de estos.</p>
	Material gráfico: plantas arquitectónicas.	Identificación de elementos clave: disposición espacial, selección de materiales constructivos y funcionalidades presentes en las plantas arquitectónicas.
		Contextualización histórica y teórica de las plantas arquitectónicas, reconociendo influencias dominantes y periféricas en los diseños.
		Reconocimiento de singularidades entre vivienda vernácula y diseño de política habitacional en relación con la enfermedad de Chagas.
Síntesis y análisis integral	Integración de hallazgos para revelar formaciones discursivas subyacentes en las concepciones habitacionales estudiadas.	
	Identificación de conexiones entre discursos, instituciones, arquitectura y otros elementos que han dado forma a las viviendas rurales.	

ANTECEDENTES

ENFERMEDAD DE CHAGAS EN ARGENTINA

La enfermedad de Chagas surgió como problema sanitario en 1933, al identificarse en Argentina los primeros casos agudos. En línea con Rosenberg y Golden (1992), consideramos que:

La enfermedad es al mismo tiempo un evento biológico, un repertorio de construcciones verbales específicos que reflejan la historia intelectual e institucional de la medicina en una generación determinada, la posibilidad de una política pública y la legitimación de esa política, un aspecto del rol social y una entidad individual intrafísica, una sanción para valores culturales, y un elemento estructurante de la relación médico-paciente (en Zabala, 2009, p. 71).

Así, afirmamos que el surgimiento del Chagas en el país se produjo en el contexto de un grupo de estrategias esenciales que dieron forma a prácticas sociales particulares (Foucault, 1996). En otras palabras, las definiciones que se establecieron desde la esfera institucional influenciaron la manera en que la enfermedad se configuró a lo largo de su historia, convirtiéndola en un asunto de interés en el ámbito de la salud pública y en el campo de la investigación científica. Así, puede afirmarse que el estudio de las enfermedades en la región noroeste de Argentina, particularmente el surgimiento de la enfermedad de Chagas como patología relevante, fue posible gracias al establecimiento de un aparato médico institucional, que reflejaba el proyecto científico de la época y se basaba en conceptos de afianzamiento de la identidad nacional. Ejemplo de ello fueron las ideas expresadas en el marco de la fundación de la Misión de Estudios de Patología Regional Argentina (MEPRA):

Aspiramos a fundar una nación fuerte y robusta. Y anhelamos sinceramente la suma de la felicidad para sus habitantes. Entonces tenemos el deber de afrontar valientemente y aún a costa

de grandes sacrificios los problemas epidemiológicos regionales que arrebatan más vidas que la peor de las guerras, como así también el mejoramiento del tipo humano, hoy preocupación universal, acrecentando su capacidad de lucha y de resistencia y su adaptación más perfecta a cada unidad política geográfica (Villagran, en Fleitas, 2014, p. 78).

Simultáneamente, la aparición de esta patología puso de manifiesto la relación existente entre la geografía y el ambiente con las enfermedades. Así, desde sus inicios el Chagas se asoció a condiciones materiales de pobreza, escasez de información y falta de acceso a servicios sanitarios básicos, convirtiéndola en una representación de las inequidades del continente. En ese marco, para Mazza, el Chagas era “a la vez triste producto de la miseria de la vivienda rural americana y exponente [...] de la capacidad y desarrollo de las mentalidades científicas de nuestro continente” (Mazza, 1935, en Fleitas, 2014, p. 78). Así, su resonancia tuvo que ver, por un lado, con el avance científico de identificar una nueva especie de triatomo, y por otro, con la posibilidad de ofrecer una explicación de base biológica a contextos sociales desiguales. De modo que, en línea con el discurso moderno de la época, la ciencia venía a contribuir a un destino de grandeza que aspiraba a construir un cuerpo social vigoroso.

Esto se reflejaba en los discursos expresados en las reuniones de la Sociedad Argentina de Patología Regional del Norte (SAPRN). Allí decían:

Una nueva era se entreabre para los estudios en nuestra tierra. La situación atávica de los poderes e instituciones públicas parece terminar. Con la labor que iniciáis y venís a llenar una deuda sagrada contraída con la patria, a honrar la raza americana y al tentar esfuerzos para asegurar la salud y bienestar del Norte argentino, salvar también al pobre patrimonio que nos queda de las razas primitivas de América (Domínguez, 1926, s/p).

En la década de 1940, el Chagas comenzó a adquirir mayor importancia gracias a las accio-

nes de Ramón Carrillo, ministro de Salud del Gobierno nacional, quien se destacó por su enfoque en la detección y combate de las epidemias. A partir de ese momento, el Chagas empezó a ser reconocido como un “problema nacional” (Zabala, 2012), orbitando en torno a él un conjunto de “prácticas de gobierno” (De Marinis, 1999). Estas medidas se tradujeron en la creación de una estructura institucional que abarcaba programas para combatir al vector, la planificación de actividades de diagnóstico, la investigación y el desarrollo de opciones de tratamiento, entre otras iniciativas. Desde entonces hasta la actualidad, la comprensión científica de la enfermedad de Chagas, su reconocimiento institucional y su importancia política han experimentado transformaciones significativas. En lo que respecta a la política sanitaria, su evolución ha sido caracterizada por altibajos: en ocasiones se ha subestimado la gravedad de la enfermedad, en otras se ha elevado a la categoría de problema nacional, y gradualmente ha perdido prioridad en las agendas políticas. De manera que la sistematicidad en la implementación de medidas para la “lucha contra la enfermedad” (Zabala, 2012) ha variado según los cambios en la historia de Argentina y el grado de interés que el tema haya suscitado en las administraciones provinciales de diferentes periodos históricos.

No obstante, entre las prácticas discursivas creadas en torno al Chagas, hubo un elemento constante desde su “descubrimiento” hasta el presente: se percibe y entiende a la enfermedad como un problema vinculado a la vivienda rural y, en consecuencia, se presenta como algo central la desinfección de las viviendas. Aunque más tarde, en la mitad del siglo XX, se empezó a reconocer que el Chagas no era exclusivamente un problema rural, sino también urbano, la conexión directa entre el Chagas y la vivienda rural quedó instalada como un “régimen de verdad” (Foucault, 1979). Este discurso, en gran parte instalado por la comunidad académica, influyó significativamente en la formulación e implementación de políticas públicas destinadas a abordar esta problemática.

LA ENFERMEDAD DE CHAGAS Y LA VIVIENDA RURAL

La vinchuca tiende a buscar refugio en lugares oscuros y cálidos, tanto en el interior como en el exterior de las viviendas. En el interior, es común encontrarla en montones de ropa, debajo de colchones, entre objetos en desuso y en grietas de paredes y techos. En el exterior, suele refugiarse en áreas peridomiciliarias, como gallineros, corrales, y depósitos, además de entre las ramas de los árboles y la leña. Por lo tanto, las medidas de prevención más efectivas incluyen el rociamiento regular con insecticida en estas áreas y el mantenimiento adecuado de las paredes mediante el blanqueo con cal. También es importante mantener la limpieza y el orden, evitando acumular objetos y realizando un mantenimiento de la estructura de la vivienda, incluyendo revoques bien acabados.

Sin embargo, como se dijo anteriormente, uno de los factores principales asociados a la enfermedad de Chagas se ha centrado en las condiciones de vivienda de las comunidades rurales. De esta forma, se ha puesto el énfasis en la situación de contagio que ocurre dentro de las casas, durante la noche y mientras las personas duermen, descuidando la posibilidad de transmisión que puede tener lugar en un área amplia alrededor de las viviendas. Esta generalización infundada ha llevado a atribuir erróneamente a las diversas técnicas de construcción con tierra como un factor de riesgo para la transmisión vectorial de la enfermedad (Rolón *et al.*, 2016). En ese sentido, ya desde la década de 1930, Salvador Mazza había propuesto la eliminación de las viviendas precarias y su reemplazo por viviendas “más higiénicas” como una medida de salud prioritaria (Mazza, 1939, citado en Rolón *et al.*, 2016).

El diagnóstico que establece una relación directa entre los materiales de construcción de las viviendas vernáculas y la presencia del insecto vector responsable de transmitir el parásito causante de la enfermedad de Chagas, no es preciso. En este sentido, algunas investigaciones indican que la capacidad de controlar la proliferación del

vector está relacionada con la capacidad de mantener la higiene en los espacios habitados (Wisnivesky-Colli *et al.*, 1987; Sanmartino y Crocco, 2000). Otros estudios sugieren que la reproducción de la vinchuca puede ocurrir cuando el peridomicilio está desordenado o tiene un entorno selvático cercano (Jörg, 1989; Black *et al.*, 2007), lo que también se aplica a los corrales ubicados en el peridomicilio de las viviendas (Pinto Dias y Borges Dias, 1982; Koyoc-Cardena *et al.*, 2015). Aquí es importante destacar que estos factores pueden representar riesgos, pero no deben considerarse como una caracterización generalizada de los patrones de vida en las comunidades rurales, con el fin de evitar estigmatizar estas poblaciones.

Además, reconocemos que hay factores de otra envergadura, relacionados al avance de la frontera agroindustrial, que influyen en la transformación de los espacios y de las prácticas en las comunidades campesinas. En ese sentido, en un periodo de tiempo relativamente corto, el uso compartido de áreas como el monte o el espacio peridoméstico (áreas utilizadas para la caza, recolección y cría de animales) fue gradualmente perdiendo legitimidad a medida que avanzaba la producción agroindustrial de recursos naturales. Esto supuso un impacto significativo en la forma en que se utilizaba el espacio cercano a las viviendas y en un grupo de problemas relacionados con ello, tal como se ha mencionado anteriormente.

Simultáneamente, otros estudios hacen hincapié en la relación que existe entre la inapropiada resolución constructiva que presentan las viviendas y el riesgo de proliferación del vector (Pinto Dias y Borges Dias, 1982; Sanmartino y Crocco, 2000). De este modo, se puede afirmar que, “la inadecuada resolución en la vinculación de elementos constructivos o su deficiente ejecución son precisamente los factores de riesgo, y no los materiales *per se*” (Rolón *et al.*, 2016, p. 66). Lo expuesto respalda la idea de que un elemento fundamental en la prevención de la enfermedad de Chagas radica en la calidad de la construcción, incluyendo la correcta finalización de las superfi-

cias, así como en el cuidado de las condiciones de los espacios dentro y alrededor de las viviendas, independientemente del tipo de materiales utilizados en su construcción. No obstante, el discurso de que las técnicas de construcción con tierra, propias de la ruralidad, representan un factor de riesgo por sí mismas, está profundamente arraigada al dispositivo de pensamiento y, por lo tanto, también lo está la idea de erradicarlas como una solución definitiva al problema.

LOS MOVIMIENTOS ARQUITECTÓNICOS MUNDIALES Y SU IMPACTO EN LO LOCAL

La relación lineal que históricamente se estableció entre viviendas rurales y enfermedad de Chagas fue, en parte, reforzada por la arquitectura como disciplina profesional. Esto cobró sentido en el marco de la profesionalización del desarrollo, que se refiere básicamente al “proceso mediante el cual el Tercer Mundo es incorporado a la política del conocimiento especializado y de la ciencia occidental en general” (Escobar, 2007, p. 86). La legitimidad de esta idea se vio respaldada por el rol crucial que desempeñaron la ciencia y la tecnología en la formulación y justificación de este discurso. La tecnología se concebía como una fuerza que no solo contribuiría al progreso material, sino que también operaría en un nivel moral y ético, como algo neutral que inevitablemente conllevaría beneficios. En consecuencia, se creía que lo que se requería era la creación de un tipo específico de conocimiento que se obtendría mediante la aplicación de nuevas disciplinas científicas.

De allí que la arquitectura es una disciplina que, inscrita en la modernidad, compone una narrativa en constante evolución. Los cambios en la concepción y producción de espacios a lo largo de los últimos siglos dan cuenta de un afianzamiento disciplinar, que, visto desde la perspectiva del análisis genealógico, nos permite construir una mirada no-lineal.

Antes de la era industrial, la disponibilidad de materiales de construcción determinaban el ca-

rácter de la arquitectura (Jorquera Silva, 2016), debido a que se construía según los recursos disponibles en el territorio inmediato.

Entre fines del siglo XIX e inicios del siglo XX se sientan en Europa las bases del movimiento moderno en el campo de la arquitectura. La escuela Bauhaus, con su enfoque urbano e industrial, impuso una perspectiva eurocéntrica en la disciplina. Esto marcó el acercamiento de la arquitectura a los procesos industriales emergentes, abordando la precariedad de los asentamientos urbanos de la época.

Conceptos como la prefabricación, la planificación urbana basada en la racionalidad y la valorización de la maquinaria y los medios de transporte se convirtieron en pilares de este movimiento arquitectónico (Moassab, 2020). En este contexto, surgió el hormigón armado como material constructivo dominante en el mercado de la construcción.

En ese contexto también surgieron movimientos arquitectónicos que promovían valores de lo local y lo particular en el contexto mundial, como el regionalismo, por ejemplo, que valoraba la cultura constructiva popular para sus diseños. Constituye un antecedente de pensamiento crítico frente al sistema dominante y colonial heredado.

A través del análisis genealógico es posible observar cómo las concepciones de espacio, función y forma se han moldeado a lo largo del tiempo y cómo han emergido nuevas formas de poder y control a través de la arquitectura. Esto nos permite descubrir los discursos dominantes, como lo son los construidos en este marco disciplinar, que han configurado nuestro entorno construido y, particularmente para este trabajo, han influido en la determinación de las espacialidades con que el Estado llega a los territorios.

ANÁLISIS

FORMACIONES DISCURSIVAS ESPACIALIZADAS EN VIVIENDAS RURALES: ENTRE LO MATERIAL Y LO SIMBÓLICO

A partir de la perspectiva de análisis que planteamos aquí, en este apartado buscamos conocer las maneras en que las formaciones discursivas se espacializan. En ese sentido, para comprender las intervenciones con que el Estado aborda la cuestión del hábitat rural es necesario reconocer el interjuego material y simbólico que se despliega en esas definiciones.

Las plantas arquitectónicas, entendidas como representaciones gráficas que trazan los contornos de un espacio, son, al mismo tiempo, la manifestación de un discurso más amplio que abarca conocimientos históricos y teóricos, normativas y regulaciones. En ese marco, este análisis se propone develar las múltiples capas de significado que forman parte de la concepción de una espacialidad, atendiendo a materialidades y funcionalidades (observables en plantas y cortes), las tradiciones constructivas y de diseño que se encuentran en pugna (entre las viviendas del plan y las vernáculas) y la tensión entre dos tipos de procesos constructivos diferentes (uno de origen estatal y otro familiar).

Desde esta perspectiva nos interesa alimentar una mirada transdisciplinar del hábitat, al advertir cómo las formaciones discursivas influyen en la materialización de los espacios habitables.

SOBRE LA TIPOLOGÍA DE VIVIENDA RURAL ORIGINAL

En lo que refiere a materiales y funciones, y valiéndonos de una síntesis tipológica que realizamos a partir del trabajo de campo, presentamos una planta arquitectónica que sintetiza algunos elementos de las viviendas vernáculas estudiadas en diferentes proyectos de investigación, señalados en el apartado metodológico.

FIGURA 1

Plano de arquitectura de tipología de vivienda vernácula en el hábitat rural cordobés



FIGURA 2

Imagen de fachada de tipología de vivienda vernácula en el hábitat rural cordobés



En las zonas rurales campesinas del noroeste de Córdoba, las viviendas han sido históricamente construidas por sus habitantes utilizando recursos disponibles en su entorno. Esto ha incluido elementos naturales como plantas, cañas, madera, piedra, arcilla y arena, así como materiales producidos localmente, como cueros, lana, grasas y pinturas a base de plantas. Además, en tiempos más recientes, se han comenzado a incorporar materiales industrializados en la construcción.

La versatilidad de las viviendas tradicionales es el resultado de un proceso constructivo que ha evolucionado a lo largo del tiempo, adaptándose a las cambiantes dinámicas, composiciones y prácticas familiares. En numerosos casos, las viviendas siguen una tipología vernácula que se compone de construcciones independientes que conforman una unidad habitacional. Estas viviendas a menudo consisten en un conjunto de espacios distribuidos en un amplio terreno, lo que da lugar a un diseño arquitectónico disperso.

La vivienda rural se concibe como una entidad completa, constituyendo un macroespacio que alberga diversos microespacios o áreas especializadas destinadas a actividades específicas. Esto permite que las viviendas sean multifuncionales y reúnan diversas funcionalidades, incluyendo actividades domésticas, productivas y comunitarias. En estas viviendas, la producción económica y la vida cotidiana convergen en un mismo territorio.

En lo que remite a las tradiciones constructivas y de diseño, las viviendas rurales vernáculas reflejan las tradiciones culturales y prácticas heredadas de generación en generación. La arquitectura local, heterogénea en el arco del noroeste cordobés, se caracteriza por elementos de diseño distintivos, como techos de materiales de la zona, patios barridos, galerías y/o ventanas estratégicamente ubicadas, que son característicos de la arquitectura vernácula estudiada. Estos elementos no solo tienen una función estética, sino que también están intrínsecamente ligados a la cultura y el entorno local.

Focalizando en algunos espacios en particular, podemos detenernos en dormitorios y cocinas. La distribución de espacios en dormitorios inde-

pendientes, a veces integrados en el núcleo habitacional y otras veces como microviviendas separadas a varios metros de distancia, proporciona privacidad y permite la convivencia de diversas generaciones dentro de una misma familia.

Respecto a la cocina, este es uno de los espacios centrales en el hábitat rural, donde se llevan a cabo diversas actividades relacionadas con funciones domésticas y productivas. La cocina no solo se utiliza para preparar alimentos familiares, sino que a menudo sirve como espacio para la producción de productos como dulces, arropes y la cocción de aves para su posterior comercialización. La cocina históricamente ha estado ubicada en espacios exteriores o intermedios, posiblemente debido a la necesidad de mantener una conexión con el entorno exterior y contar con suficiente espacio para llevar a cabo diversas actividades, incluyendo la cocción lenta de alimentos y la atención a otras tareas como la huerta y el cuidado de los animales.

Finalmente, atendiendo a las características que el proceso constructivo implica, como se ha señalado, las viviendas vernáculas responden a diseños emergentes de acervos culturales de las comunidades. En ese sentido, las viviendas son el resultado del devenir de cada familia, de sus conocimientos y de sus posibilidades para cristalizar espacios construidos. La minga o el trabajo de construcción comunitario, forman parte de las estrategias que estas comunidades se dan para su producción de hábitat. Esto refleja la importancia de la unidad familiar y los lazos comunitarios en la vida rural y cómo la arquitectura vernácula se adapta a las dinámicas sociales, sean estas familiares (en términos funcionales) y/o comunitarias (en términos procesuales constructivos, aunque frecuentemente se conciben espacios con funcionalidades de uso colectivo, como salas de producción).

SOBRE LA TIPOLOGÍA DE VIVIENDA DEL PLAN ESTATAL

Atendiendo a la dimensión funcional y material de análisis, las viviendas construidas a través del programa estatal bajo estudio son completamen-

te industriales, empleando materiales como ladrillos cerámicos, plásticos variados, poliestireno expandido, cemento y chapas. Esta elección se fundamenta en consideraciones de higiene y en el esfuerzo por combatir la enfermedad de Cha-

gas. Esta transformación ha implicado la sustitución de la forma tradicional de construcción de viviendas rurales, lo cual contrasta significativamente con las prácticas arraigadas en la historia de estas comunidades.

FIGURA 3

Plano de arquitectura de tipología de vivienda del plan en el hábitat rural cordobés

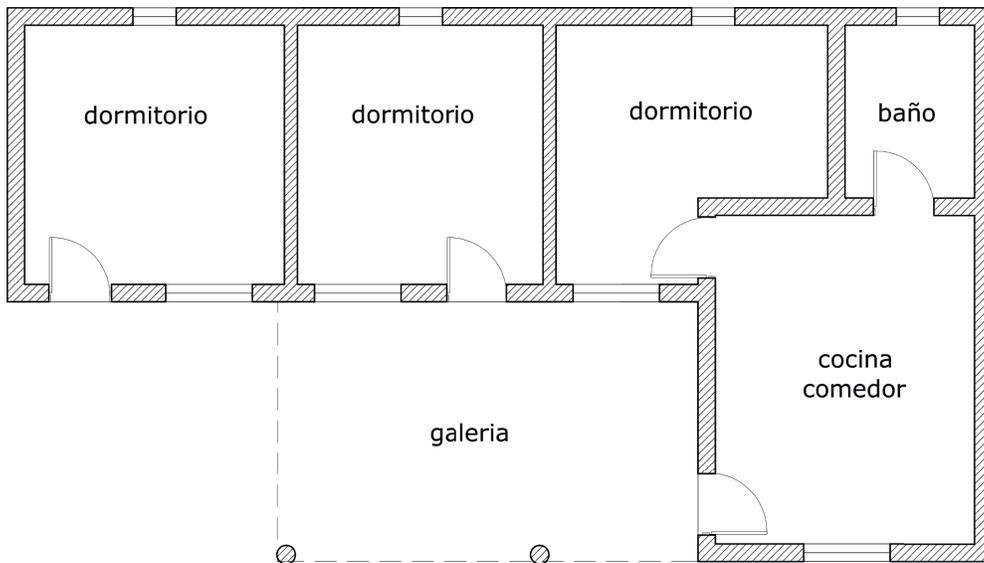


FIGURA 4

Imagen de fachada de tipología de vivienda del plan en el hábitat rural cordobés



Las viviendas construidas a través del Plan de Sustitución de Vivienda y Erradicación del Mal de Chagas (PSVPEMCh) presentan un diseño arquitectónico compacto que se distancia de la disposición dispersa típica de las costumbres campesinas. Este diseño se asemeja más a las lógicas urbanas, donde la eficiencia en el uso del espacio es crucial debido a la limitada disponibilidad de terrenos amplios en las áreas urbanas en comparación con las zonas rurales.

En el discurso oficial, los materiales tradicionalmente utilizados para la construcción en entornos rurales han sido estigmatizados en nombre del control de la enfermedad de Chagas. Esto ha llevado a la percepción negativa de la construcción vernácula, que está en sintonía con las prácticas de vida tradicionales y en armonía con el ambiente. Sin embargo, investigaciones previas (Rotondaro, 1999; Rolon *et al.*, 2016; Mandrini, Cejas y Bazán, 2018) sugieren que el problema no radica necesariamente en el tipo de material utilizado, sino en la calidad de la construcción, independientemente del material. Esto se debe a que cualquier superficie irregular o revoque con fisuras puede crear condiciones propicias para la colonización de triatominos, los vectores de la enfermedad.

Si nos detenemos en dos espacialidades, podemos observar que se producen algunos cambios notorios. Uno de ellos es la ubicación de la cocina en el interior de las viviendas construidas bajo el modelo estatal. Durante nuestros trabajos de campo observamos que las cocinas internas no tienen el mismo uso, en intensidad y frecuencia, que las exteriores. Esto puede atribuirse a la falta de practicidad que estos diseños suponen en relación a las actividades cotidianas y productivas de las familias. Asimismo, en algunas de estas viviendas, los dormitorios están conectados entre sí, lo que también marca una diferencia significativa en comparación con la disposición tradicional de dormitorios independientes.

La política de vivienda ha impuesto un enfoque urbanocéntrico en el ámbito rural, lo que ha deslegitimado los modos de vida y las prácticas habituales arraigadas en las comunidades cam-

pesinas. Esto ha llevado a una disociación entre las formas de vida rurales y las soluciones arquitectónicas de carácter urbano impuestas.

Específicamente en lo que respecta al diseño de las viviendas del programa, estas también indican el abordaje limitado a la funcionalidad residencial. El diseño funcional de las casas desarrolladas por el plan presenta prototipos que imitan un patrón de distribución urbana, que se aleja de las prácticas de vida en el campo (Sesma, 2021). Como ejemplo de ello, se puede señalar la falta de consideración en el diseño de las actividades productivas: únicamente se identifican como espacios productivos aquellos ubicados en el peridomicilio, sin tener en cuenta, en numerosas ocasiones, las actividades laborales que los habitantes de la región realizan en el interior de sus hogares (Hocsman, 2003), tales como la elaboración de conservas o alimentos. Otro ejemplo lo constituye la disposición de la cocina en el diseño propuesto por el programa, que también muestra su carácter urbanocéntrico: se ubica dentro de la vivienda, sin tener en cuenta que las familias suelen cocinar principalmente en la galería o en el área designada para el fogón, como mencionamos previamente.

La diferencia que se presenta en la dimensión material y funcional previamente expuesta también se refleja en los elementos simbólicos. De este modo, advertimos que en estas políticas la vivienda rural tradicional se ve como un objeto que necesita ser mejorado, reemplazado o erradicado; en contraposición, la vivienda propuesta se presenta como un objetivo a alcanzar, a adquirir (Sesma, 2021). En otras palabras, según el discurso estatal, la casa rural original se considera un aspecto visible que debe ser eliminado como parte de la problemática de vivienda en las áreas rurales afectadas por la enfermedad de Chagas.

En ese sentido, recuperando elementos discutidos en el apartado 3.3, es interesante preguntarse por el tipo de conocimientos que se vuelve dominante en la intervención territorial. Allí, una perspectiva específica, disciplinariamente constituida, se vuelve el discurso legitimado para pensar y definir diseños y materialidades.

Esta idea que estructura el abordaje de la política se ve reflejada, por ejemplo, en afirmaciones tales como que a través del plan “[se acercan] nuevas herramientas y una mirada más técnica y científica respecto a su actual manera de producir” (Informe de gestión, 2015, p. 96). Aunque el Gobierno exprese una intención de mejorar la calidad de vida de los habitantes a través de la construcción de nuevas viviendas, esta mejora se concreta a través de un diseño que responde a una lógica urbana.

En esta misma línea, cabe señalar la importancia que se le da a ciertas prácticas de higiene, sin prestar atención, como se explicó anteriormente, a las funciones propias de la vida en zonas rurales, tanto en el ámbito doméstico como en el productivo. En este punto, analizamos el origen de la intervención, que ya no responde a las lógicas familiares o comunitarias sino a definiciones prefiguradas por el actor estatal. Este modo de intervenir en el territorio cobra sentido en el marco de las prácticas propias del modelo de desarrollo, concebidas como un enfoque verticalista (de arriba hacia abajo), “como un sistema de intervenciones técnicas aplicables más o menos universalmente con el objeto de llevar algunos bienes ‘indispensables’ a una población ‘objetivo” (Escobar, 2007, p. 86).

CONCLUSIONES

Como señalamos a lo largo del trabajo, la relación entre la enfermedad de Chagas y la política habitacional en el contexto rural campesino presenta una genealogía que las conecta. El surgimiento de la enfermedad de Chagas no se reduce a su dimensión biológica, sino que además abarca dimensiones discursivas, políticas, sociales y culturales. Su surgimiento en Argentina en 1933 se entrelaza con la historia intelectual de la medicina y la política pública, y se convierte en un aspecto fundamental para abordar la dimensión habitacional en la ruralidad.

Desde sus inicios, se relacionó la enfermedad de Chagas con condiciones de pobreza, falta de

información y acceso limitado a servicios sanitarios, lo que la convirtió en un símbolo de las inequidades en América Latina. Esto resaltó la importancia de la relación entre geografía, ambiente y salud, a lo que posteriormente se ligó la dimensión habitacional, conjugado con el afianzamiento de la arquitectura moderna y su repertorio de materiales industrializados.

A lo largo de este trabajo desplegamos un análisis en el que se observa el énfasis en la relación entre la enfermedad y las condiciones de vivienda rural, lo que ha llevado a una estigmatización de las comunidades rurales y los usos que ellas hacen de técnicas de construcción vernáculas. Analizamos la manera en que la calidad de la construcción y el mantenimiento adecuado son factores clave en la prevención, independientemente de los materiales utilizados.

Asimismo, señalamos que la prevención de la enfermedad de Chagas debe abordarse de manera integral, considerando factores como la calidad de la construcción, el mantenimiento adecuado de las viviendas y espacios peridomiciliarios, así como la higiene en los espacios habitados. Más aún, es fundamental desmitificar la idea de que las técnicas de construcción con tierra en áreas rurales son un factor de riesgo en sí mismas. La evidencia respalda que la inadecuada resolución constructiva y el mantenimiento deficiente son los verdaderos factores de riesgo.

En ese sentido, tras el análisis genealógico de la intersección entre vivienda y enfermedad de Chagas y la contrastación con algunos casos de estudio, sostenemos que las políticas habitacionales podrían enfocar sus esfuerzos en mejorar las condiciones de vivienda, incluyendo en sus diseños las diversas funcionalidades del hábitat rural-campesino, en lugar de enfocarse en la erradicación de estas viviendas. Consideramos relevante que estas políticas eviten estigmatizar a las comunidades rurales y sus prácticas constructivas tradicionales.

Por otra parte, el trabajo recupera una mirada integral del hábitat, más allá de la dimensión constructiva de la vivienda a la que se reducen las políticas habitacionales. En ese sentido, ad-

vertimos las implicancias del modelo productivo agroindustrial, ya que el avance de esta frontera impacta en la reconfiguración de espacios y prácticas campesinas. De manera acelerada, la producción agroindustrial fue ganando terreno al uso compartido del monte o del espacio peridoméstico. Históricamente, este era territorio para la caza, recolección y cría de animales, y ante la imposibilidad de sostener el acceso a este, se reconfiguran las formas de cría y las espacialidades en la proximidad del hogar. Se observa que esto repercutió significativamente en los usos del espacio próximo a la vivienda, dando paso a nuevas o más agudas problemáticas, entre las que podemos señalar la enfermedad de Chagas.

Este análisis plantea la necesidad de políticas públicas que aborden la relación entre salud y hábitat rural desde una perspectiva integral, multidimensional y situada, recuperando los conocimientos de las comunidades sobre las que se busca generar mayor bienestar.

REFERENCIAS

- Black, C. (2007). Household risk factors for *Trypanosoma cruzi* sero positivity in two geographic regions of Ecuador. *Journal of Parasitology*, 93(1), 12-16.
- Castro, E. (2011). *Diccionario Foucault. Temas, conceptos y autores*. Buenos Aires: Siglo XXI Editores.
- Cejas, N. (2020). Para descolonizar el hábitat rural. Un análisis de la matriz colonial de las políticas públicas habitacionales en Córdoba (Argentina). *Territorios*, (43), 224-245. De Marinis, P. (1999). Gobierno, gubernamentalidad, Foucault y los anglofoucaultianos (O: un ensayo sobre la racionalidad política del neoliberalismo). En García Selgas, F. y Ramos Torre, R. (comps.), *Globalización, riesgo, reflexividad. Tres temas de la teoría social contemporánea* (pp. 73-103). Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas.
- Deleuze, G. (2013). *El Saber: Curso sobre Foucault. Tomo I*. Buenos Aires: Cactus.
- Dominguez, J. (1926). Antecedentes americanos del tratamiento del paludismo y la anquilostomiasis. 2.ª Reunión de la SAPRN en Salta. Buenos Aires: Imprenta de la Universidad.
- Escobar, A. (2007). *La invención del Tercer Mundo*. Caracas: Editorial El Perro y La Rana.
- Fleitas, M. (2014). De fiebres debilitantes y malos ambientes. Enfermedades en los tiempos de la Restauración Conservadora en Jujuy (1930-1940). En Carbonetti, A. y Álvarez, A. (eds). *Fragmentos de la Historia de la Salud en la Argentina Rural*. Villa María: Eduvim.
- Foucault, M. (1979). *Microfísica del poder*. Madrid: Ediciones de La Piqueta.
- (1996). *La verdad y las formas jurídicas*. Barcelona: GEDISA.
- Gobierno de la Provincia de Córdoba (s/f). Resumen totales NOC 2009-2019.
- Informe de Gestión (2015). Programa de Desarrollo del Noroeste Cordobés. Segunda Parte. Consejo Federal de Inversiones y Fundación del Banco de Córdoba.
- Informe de Gestión (2018). Programa de Desarrollo del Noroeste Cordobés. Secretaría de Equidad y Empleo de la provincia de Córdoba.
- Jörg, M. (1989). La modificación del biotopo perihabitacional en la profilaxis de la enfermedad de Chagas. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 22(2), 91-95.
- Jorquera Silva, N. (2016). Tierra y piedra, materias primas de la arquitectura santiaguina. *Revista 180*, 51(37), 44-66.
- Koyoc-Cardena, E. (2015). Chicken coops, Triatoma dimidiata infestation and its infection with Trypanosoma cruzi in a rural village of Yucatan, Mexico. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 57(3), 269-272.
- Mandrini, M. R.; Cejas, N. y Bazán, A. (2018). Erradicación de ranchos, ¿Erradicación de saberes? Reflexiones sobre la región noroeste de la provincia de Córdoba, Argentina. *Anales del IAA*, 48(1), 83-94.
- Ministerio de Salud de la Provincia de Córdoba (s/f). Programa Provincial de Chagas. Consultado el 30 de octubre. <https://www.cba.gov.ar/programa/programa-provincial-de-chagas/>
- Moassab, A. (2020). O projeto pedagógico do CAU UNILA, a América Latina e o século XXI. En Moassab y Name (orgs.), *Por um ensino insurgente em arquitetura e urbanismo*. Foz do Iguaçu: EDUNILA.

- Rolón, G.; Olivarez, J.; Dorado, P. y Varela Freire, G. (2016). Las construcciones del espacio domiciliario y peridomiciliario rural como factores de riesgo de la enfermedad de Chagas. *Construcción con Tierra CT7*, pp. 57-68.
- Rotondaro, R. (1999). Componentes y diseños para mejorar la vivienda en zonas afectadas por el Mal de Chagas, Santiago del Estero, Argentina. *Revista INVI*, 14(36), 119-130.
- Sanmartino, M. y Crocco L. (2000). Conocimientos sobre la enfermedad de Chagas y factores de riesgo en comunidades epidemiológicamente diferentes de Argentina. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 7(3), 173-178.
- Sesma, M. I. (2021). *La invención del rancho. Análisis de la construcción discursiva del hábitat rural en programas de desarrollo en el noroeste cordobés*. Tesis de doctorado en Estudios Sociales de América Latina. Centro de Estudios Avanzados. Facultad de Ciencias Sociales. UNC.
- Vanoli, F. y Mandrini, M. R. (2021). Sustentabilidad y hábitat campesino: abordajes desde la ecología política en el territorio rural de Córdoba, Argentina. *Vivienda y Comunidades Sustentables*, 9(5), 77-89.
- Wisnivesky-Colli, C. (1987). Ecología doméstica de la tripanosomiasis americana: perfil alimentario del *Triatoma infestans* en un área rural de la provincia de Santiago del Estero, Argentina. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 20(1), 31-39.
- Zabala, J. (2009). Historia de la enfermedad de Chagas en Argentina: evolución conceptual, institucional y política. *História, Ciências, Saúde -Manguinhos*, 16, 57-74.

Mujeres, agua y periurbanización*

El caso del fraccionamiento de silos en Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco

[women, water and periurbanization]

DOI: <https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i15.254>

ABRIL CASAS CERVANTES

Universidad de Guadalajara, México. ORCID: 0000-0002-1717-8054

Correo electrónico: abrilcasas@gmail.com

Recepción: 5 de mayo de 2023. Aceptación: 19 de septiembre de 2023.

RESUMEN

El objetivo de este artículo es mostrar cómo se configura la relación entre la ubicación periurbana de la vivienda, el acceso limitado al agua y las tareas de la vida cotidiana que son conferidas principalmente a las mujeres. Condiciones que las hace vulnerables en lo que Gonzalo A. Saraví (2020) denomina como “acumulación de desventajas”. Lo anterior, a través del análisis de un asentamiento ubicado en Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, un municipio conocido por sus patrones de urbanización desarticulados y los retos que enfrenta en cuanto al abastecimiento de agua debido, en parte, a este patrón de crecimiento urbano.

Los resultados apuntan a que para las mujeres que pertenecen a grupos sociales menos favorecidos la disparidad se acrecienta y las desventajas se acumulan debido a los gastos asociados con la compra de agua por medio de camiones cisterna y de agua embotellada, así como al tiempo que dedican al transporte, almacenamiento, purificación, distribución y desecho de agua (Gutiérrez-Villalpaldo *et al.*, 2013:101) en un entorno

territorialmente desarticulado y prácticamente aislado.

Palabras clave: gestión del agua, periurbanización, género, acumulación de desventajas.

ABSTRACT

The objective of this article is to show how the relationship between the periurban location of housing, limited access to water and the tasks of daily life that are conferred mainly to women is configured. Conditions that make them vulnerable in what Gonzalo A. Saraví (2020) calls “accumulation of disadvantages”. The above, through the analysis of a settlement located in Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, a municipality known for its disjointed urbanization patterns and the challenges it faces in terms of water supply due, in part, to this urban growth pattern.

The results point to the fact that women belonging to less advantaged social groups the disparity increases and disadvantages accumulate due to the expenses associated with the purchase of water by tanker trucks and bottled water, as

* Este artículo se deriva de la tesis doctoral *El derecho humano al agua potable y al saneamiento. Análisis comparativo desde lo periurbano en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco*, presentada en noviembre de 2022 en el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS).

well as the time they spend on transportation, storage, purification, distribution and disposal of water (Gutiérrez-Villalpardo et al., 2013:101) in a territorially disjointed and practically isolated environment.

Keywords: water management, periurbanization, gender, accumulation of disadvantages.

INTRODUCCIÓN

La vinculación de las mujeres con el espacio doméstico y sus tareas es aún una visión predominante en muchos grupos sociales. Los cuidados son atribuidos a las mujeres, entendido este concepto como una categoría abierta que incluye todas las

actividades que nos sirven en lo cotidiano para regenerar y sostener la vida; la vida de todas las personas en calidad de sujetos interdependientes sin importar el contexto social (Pérez Orozco y Artiaga, 2016, en Pacheco, 2022).

Entre las tareas domésticas, las mujeres desempeñan un rol fundamental como administradoras del agua en los hogares en muchas partes del mundo. Históricamente se les ha asignado la responsabilidad de recolectar, transportar, almacenar y gestionar el agua para uso diario. También establecen mecanismos de adaptación a nivel comunitario cuando el vital líquido es escaso. Esto muchas veces tienen que hacerlo en entornos que pueden dificultar más sus labores debido a una configuración ineficiente del territorio.

El objetivo de este artículo es mostrar cómo se configura la relación entre la ubicación periurbana de la vivienda, el acceso limitado al agua y las tareas de la vida cotidiana que son conferidas principalmente a las mujeres. Condiciones que las hace vulnerables en lo que Gonzalo A. Saraví (2020) denomina como “acumulación de desventajas”.

Lo anterior, a través del análisis de un asentamiento ubicado en Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, un municipio conocido por sus patrones de urba-

nización desarticulados y los retos que enfrenta en cuanto al abastecimiento de agua debido, en parte, a este patrón de crecimiento urbano.

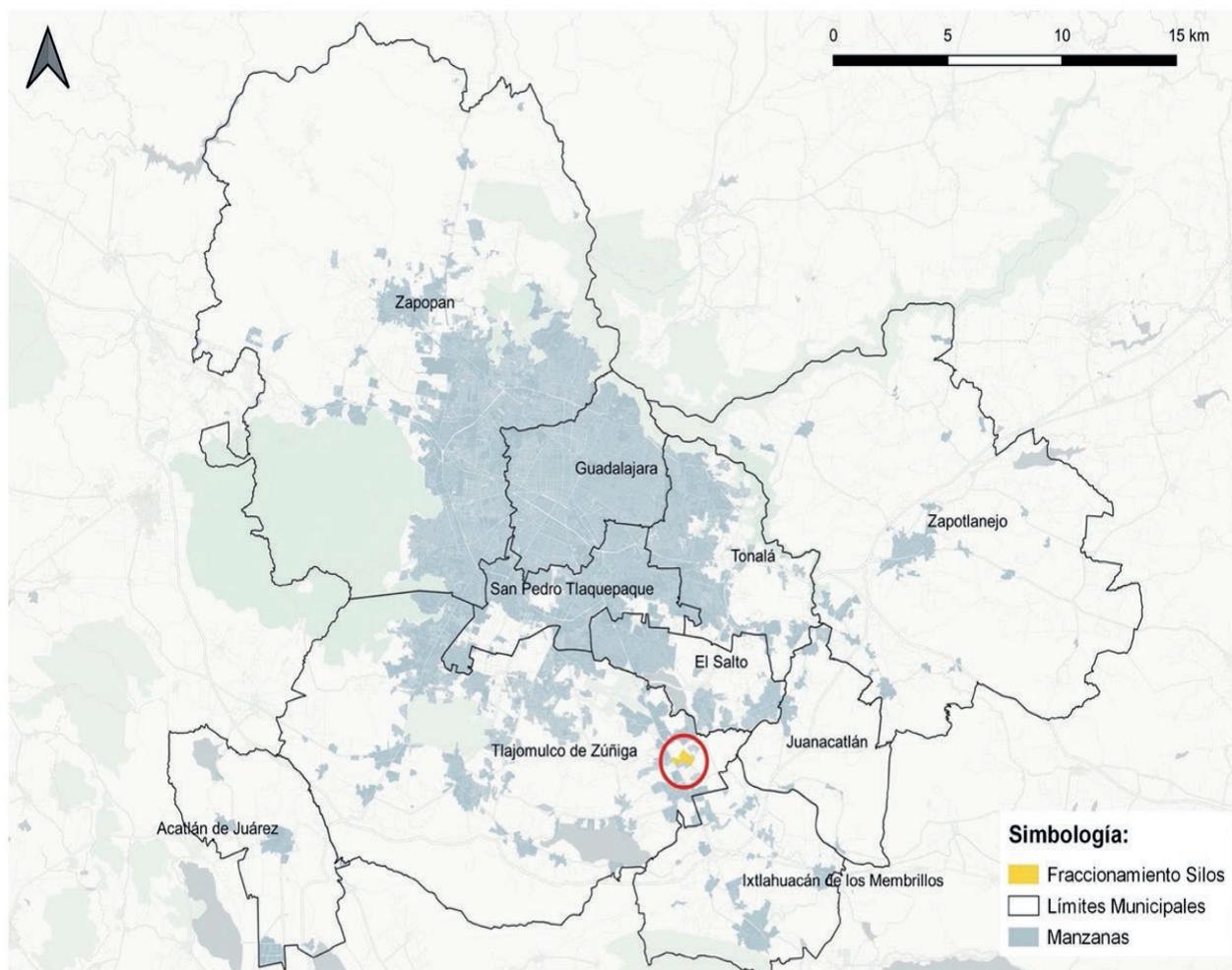
El marco teórico es la acumulación de desventajas, en este caso, a partir de la pertenencia a una categoría de género, desde la visión de Saraví (2020), Mercedes de la Rocha (2018) y Adrián Aguilar y Flor López (2016), que coinciden en que la acumulación de desventajas es un obstáculo para acceder a mejores niveles de bienestar y que resulta muy difícil para las personas en esta condición afrontar situaciones emergentes que pueden agudizar aún más sus condiciones de vulnerabilidad.

El caso de estudio es el fraccionamiento Silos, localizado al sureste del municipio de Tlajomulco, cerca del Aeropuerto Internacional de Guadalupe Miguel Hidalgo. Silos es un ejemplo de todo lo que podía salir mal en términos urbanos. Este lugar se caracteriza por su localización periurbana aislada de la ciudad, cientos de casas abandonadas, espacios públicos descuidados, altos índices de violencia y servicios públicos deficientes, de los cuales el agua es el más sentido entre los habitantes (figura 1).

El trabajo de campo y el análisis documental, aunque con menor profundidad, se realizó también para otros fraccionamientos del municipio y se encontraron problemas comunes, sobre todo relacionados con el servicio intermitente de agua y la desarticulación territorial con el resto de la ciudad (especialmente los construidos a inicios del siglo XXI).

La aportación de este estudio es el acercamiento etnográfico y profundo a la realidad doméstica de las mujeres –una visión históricamente desatendida–, aunque también se presentan sus dinámicas en el orden barrial y de ciudad. La escala doméstica es relevante porque es donde se materializan los efectos de la gestión del territorio. Además, en la vida cotidiana es posible observar qué tan eficiente es la administración de los recursos hídricos a nivel de ciudad y qué impacto tiene en la calidad de vida de las personas habitantes.

FIGURA 1
Ubicación de Silos, Tlajomulco, en el contexto del Área Metropolitana de Guadalajara

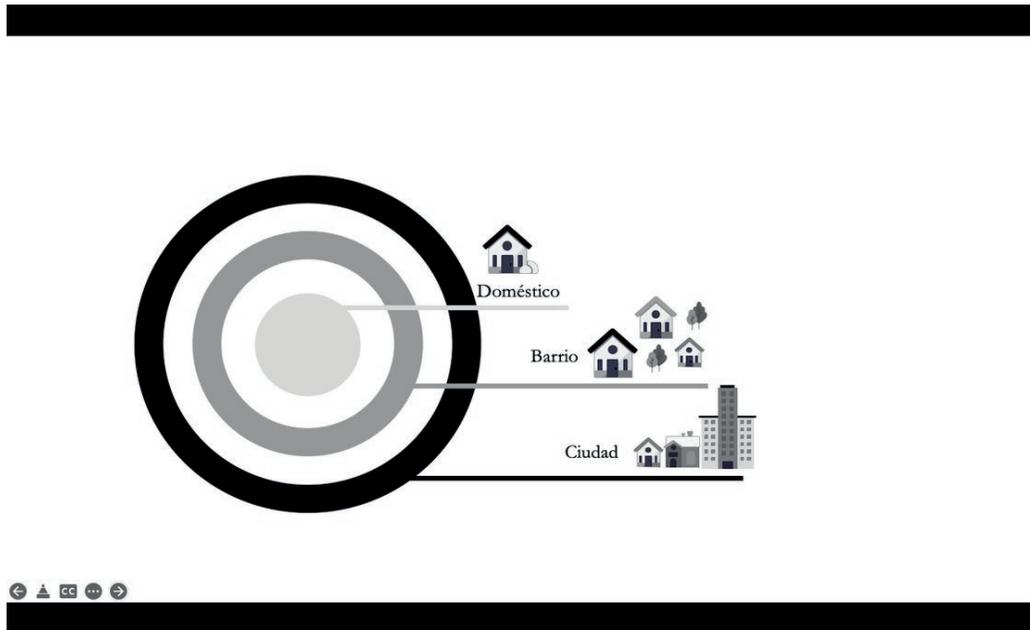


Fuente: Elaborado por Yirah Barraza con base en INEGI, 2020.

En términos generales, el estudio se elaboró con base en el método de estudio de caso, ya que se trata de una investigación empírica, que estudia un problema contemporáneo a profundidad (Yin, 2014:16). Se decidió ordenar la investigación en tres niveles para observar de cerca el acceso al agua potable y la configuración de la ciudad y su relación con los roles de género tradicionales: doméstico, barrial y de ciudad (figura 2). Cada uno proporcionó un acercamiento distinto al problema y ayudó a contextualizarlo.

El trabajo de campo reiteró que ese acercamiento y visión holística multiescalar estaba presente no solo para fines metodológicos sino en el imaginario de los actores. También ayudó a vincular el tema del agua con la configuración del territorio, pues no se pueden ignorar las condiciones periurbanas y el contexto de crecimiento urbano en el que fue concebido el fraccionamiento de Silos tanto a nivel municipal como del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG).

FIGURA 2
Niveles de análisis del estudio



Fuente: Elaboración propia.

El acercamiento doméstico dio cuenta de las relaciones dentro de los hogares y del rol de las mujeres como cuidadoras y administradoras del agua para las actividades básicas que mantienen las dinámicas sociales a varios niveles; la escala barrial se refiere a la vida comunitaria, y a las redes que se tejen en este espacio para confrontar problemas comunes; y, por último, el análisis de la ciudad mostró cómo la configuración de esta determina, en buena medida, las actividades cotidianas de las mujeres de Silos.

Las herramientas y fuentes de información fueron principalmente etnográficas: entrevistas, encuestas, guías de observación, recorridos de campo y charlas informales con las personas que habitan Silos. Estas herramientas se aplicaron entre mayo de 2019 y diciembre de 2020 en estricto sentido. No obstante, se regresó al campo en dos ocasiones más en el año 2022 y se agregaron algunas actualizaciones. También se realizaron revisiones de artículos científicos, de documentos oficiales gubernamentales y se trabajaron con bases de datos para el análisis estadístico y la georreferenciación.

Se elaboraron amplias categorías analíticas para la sistematización de información y después surgieron temas más específicos producto de la revisión documental, la revisión teórica y los hallazgos de campo. Las categorías generales fueron: desigualdad, urbanización, urbanización-agua y mujeres-agua.

Esto permitió la sistematización de la información y la generalización de algunos aspectos tales como la bitácora del agua que se presenta en la tabla 3, que refleja, de manera general, un día en la vida de las mujeres con poca capacidad de almacenamiento de agua en Silos.

Este documento se compone de cinco apartados. La presente introducción señala el objetivo del estudio y la metodología utilizada. El segundo apartado constituye el marco teórico basado en el género como categoría y la acumulación de desventajas.

El tercer apartado permite comprender el crecimiento de Tlajomulco en el contexto nacional y del AMG debido a las políticas neoliberales que prepararon el camino para el crecimiento de la ciudad de manera desarticulada, y que se relacio-

nan con la ineficiencia en materia de prestación del servicio de agua para uso doméstico.

El apartado número cuatro muestra los resultados del análisis del caso de Silos y hace un acercamiento puntual a la cotidianeidad de las mujeres en este fraccionamiento relacionado con la periurbanización y el abastecimiento de agua gracias al trabajo etnográfico. Finalmente, se presentan las conclusiones.

EL GÉNERO COMO CATEGORÍA Y LA ACUMULACIÓN DE DESVENTAJAS: REVISIÓN TEÓRICA

En el marco funcionalista del género, utilizando las ideas de Hawkesworth (1997:15), este es descrito para promover ciertas funciones sociales que tienen un parecido notable con las presuposiciones biológicas. En el caso de las mujeres, su estructura biológica para procrear parece que las hace “más capaces” para cuidar de otros (hijos, esposos, discapacitados, ancianos, etcétera).

Manuela Camus asegura, en su obra *Vivir en el coto. Fraccionamientos cerrados, mujeres y colonialidad*, que a partir de la Revolución mexicana, en México, hubo una matización en los roles de las mujeres y los hombres en los hogares de clases medias altas y altas. Sin embargo, no hubo cambios en las familias con menor poder adquisitivo, donde las desigualdades son más visibles y las relaciones de poder desfavorecen a las mujeres con cargas desequilibradas de trabajo remunerado y doméstico (Camus, 2015).

Así, en entornos más precarios, las desigualdades en el orden doméstico son visibles en la realización de las tareas del hogar llevadas a cabo completamente por mujeres, las cuales también se adaptan a las carencias materiales para desarrollarlas.

Los roles de género estereotípicos para las mujeres incluyen la crianza, la preparación de alimentos, y la limpieza, para lo cual se necesita acceso regular y seguro al agua (Howard & Bartram, 2003; Ray, 2007, citados en Yerian *et al.*, 2014). De otro modo, estas tareas se complejizan

y exponen a las mujeres y a sus familias a estados insalubres, a disponer del ingreso para la compra de agua embotellada, o a recorrer largas distancias para acceder a fuentes de agua segura.

A lo anterior se suma la complejidad del territorio. Las ciudades con crecimientos periurbanos¹ sin planeación son obstáculos para el desarrollo humano y la antítesis de la calidad de vida (Saldarriaga, 2011:62). Estos obstáculos los afrontan principalmente las mujeres en la vida cotidiana; en el ir y venir de los cuidados diarios. De esta forma, además del precario acceso al agua—explicado en buena medida por la lejanía y ubicación de los asentamientos—, las mujeres tienen que desempeñar sus tareas en entornos urbanos dispersos, y desconectados de la oferta de bienes y servicios que caracteriza a la ciudad consolidada y central.

De acuerdo con José Luis Lezama, hay quienes “padecen” la ciudad debido a los múltiples obstáculos para acceder a los servicios que ofrece, y estos grupos “no solo son las clases económicamente explotadas, sino el conjunto de los ciudadanos marginados de algunas de las formas de dominación social” (Lezama, 2020:407). La distribución del territorio que coloca a algunos grupos sociales en mejores condiciones urbanas que a otros, es una clara forma de marginación.

Así, ocurre lo que Gonzalo Saraví señala como acumulación de desventajas o desventaja acumulativa, en sus palabras: “[es] una condición que convoca múltiples desventajas no encadenadas ni necesariamente relacionadas entre sí” (2020:16). Las personas se enfrentan a la suma de varios elementos negativos que impiden su pleno desarrollo.

Esto se puede generar por la pertenencia a una categoría de género o a estigmas territoriales, lo que puede resultar en una acumulación de des-

1. Para el territorio de Tlajomulco, se consideró que el concepto de periurbano es el que mejor describe sus dinámicas de crecimiento y ocupación. La periurbanización se entiende como espacios construidos próximos a la ciudad con una morfología más bien difusa (Rufí, 2003) y que se pueden entender como una franja entre lo rural y lo urbano (Ávila Sánchez, 2009). Cabe señalar que la mayor parte del suelo del municipio está clasificada como de uso agrícola (Gobierno del Estado de Jalisco, 2019).

ventajas tales como: dificultades para acceder a más opciones de servicios por las condiciones de ubicación y desarticulación urbana, y a un mayor uso de recursos económicos o endeudamiento para la compra de agua. Estas dificultades y los gastos monetarios asociados para disminuirlas perpetúan la condición de desventaja en un efecto acumulativo con el paso del tiempo.

Los asentamientos periurbanos precarios son contextos propicios para agravar las condiciones de pobreza por la exclusión social que materializan. Aguilar y López (2016), en un estudio sobre desventajas acumuladas en la periferia urbana de Ciudad de México, señalan que estos asentamientos bloquean la movilidad socioeconómica y residencial de los pobres, lo que produce ajustes en la vida comunitaria y familiar. Esto supone el deterioro de las condiciones de sobrevivencia (Aguilar y López, 2016).

De acuerdo con Mercedes de la Rocha (2018), la pluralidad de desventajas, en este caso las asociadas con el servicio intermitente del agua y la ubicación periurbana de la vivienda, son obstáculos para alcanzar oportunidades y tener una vida con mayores satisfactores, y estas desventajas tienden a agruparse en forma de racimos que se retroalimentan (Wolff y De-Shalit, 2007, citados en De la Rocha, 2018). Es decir, el deterioro de un recurso (tiempo, dinero, etcétera) supone el deterioro de otro.

Las mujeres en entornos periurbanos precarios están expuestas a situaciones de inseguridad y destinan más tiempo y dinero para bienes y servicios básicos (ONU Medio Ambiente, 2019:9), además de que su opinión es poco valorada en la toma de decisiones familiares por su rol atribuido al género. A esto se suma un acceso limitado y deficiente al agua, lo que entorpece y dificulta la realización de sus labores. Lo anterior produce un efecto agregativo, en el que las mujeres no pueden ocupar más tiempo en tareas de ocio, trabajo remunerado o educación, y las somete a un ciclo de precariedad y vulnerabilidad.

Cabe señalar que, en un contexto como este, una situación emergente como una enfermedad o la pérdida de empleo de quien provee econó-

micamente para el sostenimiento del hogar incrementa la precariedad y la condición de vulnerabilidad.

En este caso, el estudio etnográfico, como el que aquí se presenta, es pertinente para señalar procesos de acumulación de desventajas en contextos acotados (De la Rocha, 2018), como el de los hogares de Silos, ya que cada caso presenta características y trayectorias de las cuales depende que las personas y grupos puedan enfrentar o no situaciones emergentes.

EL CRECIMIENTO HACIA TLAJOMULCO Y LA GESTIÓN DEL AGUA

La década de los cincuenta fue testigo del desarrollo de infraestructura para el intercambio económico que a su vez favoreció la urbanización de Guadalajara. Se construyó el aeropuerto en 1950, la primera central camionera en 1955 y la estación del ferrocarril en 1958. En ese entonces era en Guadalajara donde se concentraba la mayor población.

En esta década también se presentó un cambio de paradigma en el imaginario de las clases más acomodadas: si antes de los cincuenta las personas aspiraban vivir en el centro de la ciudad, en la segunda mitad del siglo XX esta aspiración cambió y las personas preferían vivir a las afueras.

Lo anterior se puede explicar por diversos factores: el espacio y el precio del suelo —ya que a las afueras se podían conseguir predios más grandes a menor costo que en las zonas centrales de la ciudad—, la calidad de vida que representa para las personas estar rodeados de naturaleza en las áreas menos urbanizadas, y un estilo de vida más exclusivo. Esta visión estuvo influenciada por la imagen de los suburbios norteamericanos.

En las décadas de los sesenta y los setenta las empresas inmobiliarias construyeron desarrollos de vivienda de lujo en las periferias de Guadalajara prometiendo privacidad, comodidad y exclusividad. Sin embargo, la devaluación del peso en 1976 las orilló a ajustar su oferta y a disminuir el tamaño de las viviendas para que fueran accesi-

bles para las familias de ingresos medios (Núñez Miranda, 2011:29).

Por otro lado, para quienes no podían adquirir una casa en estos nuevos espacios de la ciudad, la vivienda vertical fue una opción asequible y muy popular en esos años que fue facilitada también por la creación en 1972 del Instituto del Fondo Nacional de Vivienda para los Trabajadores.

A finales de la década de los noventa, gracias al llamado modelo neoliberal priísta,² la política económica incentivó la entrada de capital privado para incrementar la oferta de vivienda. Esto dio pie a la proliferación de desarrollos habitacionales. En 1990 grandes constructoras llegaron a Guadalajara y esto marcó un giro importante en el entendimiento social y económico de la ciudad (Gauna Gutiérrez, 2021).

En estos años ocurrió lo que algunos especialistas denominan la *captura del Estado*, un concepto proveniente de la economía política que señala que, a pesar de que el Estado tiene la obligación de proteger el interés público (en este caso el acceso a la vivienda como derecho), este termina favoreciendo a un grupo de interés que, en teoría, debía ser sujeto de su regulación, como las empresas inmobiliarias (Tapia, 2022).

Muchos desarrollos habitacionales se establecieron en la periferia de los pueblos asentados alrededor del anillo periférico, cercanos a la ciudad y en tierras mayormente ejidales dedicadas a la actividad agrícola (Núñez Miranda, 2011:56). Después, estos desarrollos ocuparon zonas cada vez más remotas debido al bajo precio del suelo, lo que hacía que los precios de las casas en estos lugares fueran altamente competitivos en el mercado.

De esta forma, la población de los municipios periféricos del AMG se incrementó en pocas décadas; en algunos casos, como el del municipio de Tlajomulco, de manera significativa gracias a la numerosa oferta inmobiliaria. Esto también incentivó una política de metropolización que sumó municipios aledaños a Guadalajara hasta llegar, actualmente, a diez.

En el periodo 2008-2014, Tlajomulco fue el municipio donde se solicitaron más créditos hipotecarios de todo México; en algunos meses apenas rebasado por el municipio de Tijuana en el estado de Baja California (SHF, 2022). Del año 2000 al 2017 se aprobaron 260 fraccionamientos en Tlajomulco, de acuerdo con la Dirección de Censos y Estadísticas del Gobierno Municipal.

La oferta vino acompañada de un incremento poblacional significativo. En el año 2005, Tlajomulco tuvo el título del tercer municipio metropolitano con mayor crecimiento poblacional en México, con un 10.8 %, después de los municipios de Chicoloapan (14.8 %), en la Zona Metropolitana del Valle de México, y Juárez (14.6 %), en la Zona Metropolitana de Monterrey (INEGI, 2005). De 2000 a 2020 la población de Tlajomulco aumentó de 123,619 a 727,750 habitantes, de acuerdo con INEGI (2020), el mayor crecimiento comparado con el resto de los municipios del AMG (tabla 1).

El crecimiento urbano de 2000 a 2010 se presentó principalmente en la periferia del AMG con muy poca oferta de vivienda en las zonas centrales. Fue justamente en este periodo cuando se construyó Silos, específicamente en el año 2007.

La ciudad creció principalmente hacia el sur (Tlajomulco) y hacia el norte (Zapopan). En 2004 la mancha urbana alcanzaba las 47,543 hectáreas, para 2020 ya eran 62,620, considerando la anexión de dos municipios más y el mencionado crecimiento físico de los municipios periféricos (INEGI, 2020 e IIEG, 2012).

Por otro lado, tampoco se presentaron esquemas de alquiler de vivienda accesibles. La demanda de vivienda de los trabajadores estaba evidentemente dirigida hacia la vivienda nueva y periurbana, y las instituciones hipotecarias gubernamentales se convirtieron en mediadoras entre las empresas inmobiliarias y las personas derechohabientes.

El crecimiento urbano de 2000 a 2010 se presentó principalmente en la periferia del AMG con muy poca oferta de vivienda en las zonas centrales. Fue justamente en este periodo cuando se construyó Silos, específicamente en el año 2007.

2. Es decir, relacionado con el Partido Revolucionario Institucional (PRI).

TABLA 1
Volumen poblacional en los municipios del AMG*

Municipios	Volumen poblacional					
	1970	1980	1990	2000	2010	2020
Guadalajara	1,199,391	1,626,152	1,650,205	1,646,319	1,495,189	1,385,629
Zapopan	155,488	389,081	712,008	1,001,021	1,243,756	1,476,491
Tlaquepaque	100,945	177,324	339,649	474,178	608,114	687,127
Tonalá		52,158	168,555	337,149	478,689	569,913
Tlajomulco				123,619	416,626	727,750
El Salto					138,226	232,852
Ixtlahuacán					41,060	67,969
Juanacatlán					13,218	30,855
Acatlán de Juárez						25,250
Zapotlanejo						64,806
AMG	1,455,824	2,244,715	2,870,417	3,582,286	4,434,878	5,268,642

*Los datos faltantes en la tabla obedecen a los periodos de incorporación de los municipios, es decir, la mayoría de los municipios que hoy conforman el AMG no estaban contemplados como parte de la ciudad, zona conurbada o zona metropolitana en las décadas de los setenta, ochenta y noventa.

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2000, 2010 y 2020.

El crecimiento urbano de 2000 a 2010 se presentó principalmente en la periferia del AMG con muy poca oferta de vivienda en las zonas centrales. Fue justamente en este periodo cuando se construyó Silos, específicamente en el año 2007.

La ciudad creció principalmente hacia el sur (Tlajomulco) y hacia el norte (Zapopan). En 2004 la mancha urbana alcanzaba las 47,543 hectáreas, para 2020 ya eran 62,620, considerando la anexión de dos municipios más y el mencionado crecimiento físico de los municipios periféricos (INEGI, 2020 e IIEG, 2012).

Por otro lado, tampoco se presentaron esquemas de alquiler de vivienda accesibles. La demanda de vivienda de los trabajadores estaba evidentemente dirigida hacia la vivienda nueva y periurbana, y las instituciones hipotecarias gubernamentales se convirtieron en mediadoras entre las empresas inmobiliarias y las personas derechohabientes.

En este escenario de constante crecimiento urbano, los municipios metropolitanos periféricos, con capacidades económicas y humanas limitadas, enfrentan el reto de abastecer de agua, y otros servicios básicos plasmados en el Artículo 115 constitucional, a las viviendas que se siguen sumando a su jurisdicción. Esto bajo un esquema de metropolización que carece de planeación y

que no considera los escenarios a escala local. Este es el caso de Tlajomulco.

A pesar de que el Censo de Población y Vivienda del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2020 apunta a un 97 % de cobertura de agua entubada en los hogares de los tlajomulquenses, esto no refleja las condiciones reales del acceso al agua, tales como la duración del servicio, la calidad, el acarreo y la capacidad de almacenamiento de las viviendas; situación que sortean, principalmente, las mujeres.

La principal fuente de Tlajomulco es el agua subterránea. El municipio cuenta actualmente con 172 pozos profundos (El Informador, 2018), muchos de ellos ya deshabilitados por falta de agua. De acuerdo con uno de los líderes vecinales de un desarrollo cercano a Silos, algunos fraccionamientos de la zona llegaron a ser abastecidos con pozos de 80 metros para después requerir de nuevos pozos de hasta 300 metros.³ Esta información fue confirmada por funcionarios públicos del ayuntamiento.

Este esquema de abastecimiento ha traído serios problemas en la gestión del agua. Cada fraccionamiento tiene uno o más pozos. Las mujeres,

3. Entrevista con líder vecinal en Los Agaves, Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, realizada el 6 de mayo de 2019.

quienes proporcionaron más información en el orden doméstico y barrial, en los recorridos de campo y entrevistas señalaron reiteradamente las inequidades en los tandeos y su duración en diferentes fraccionamientos de Tlajomulco.^{4 5}

Esta infraestructura autónoma para el abastecimiento de agua impide el intercambio de volúmenes aun en viviendas o desarrollos vecinos. En varias ocasiones el Gobierno municipal ha mostrado su preocupación, ya que esta manera de llevar el agua a los hogares es insostenible en el largo plazo y es necesaria una visión de sistema como se tiene en otras partes de la ciudad (Barajas, 2023).

Para las aguas subterráneas no existe un balance entre la extracción y la infiltración, ya que las áreas de cultivo ahora se han convertido en suelo construido mayormente habitacional que impide la recarga. Así, a mayor demanda para uso urbano también se genera un mayor volumen de aguas residuales que sobrepasan la capacidad de las actuales plantas de tratamiento y muchas de las que operan lo hacen de manera ineficiente (Gobierno Municipal de Tlajomulco, 2017).

Así, el municipio presenta serias carencias en tanto la dotación del servicio y la calidad del agua. La demanda de agua de los nuevos fraccionamientos se suma a la poca capacidad de los pozos existentes de las colonias y de los pueblos tradicionales que ahora se ven rodeados de nuevas casas en un contexto de crecimiento que parece que no se detendrá en un futuro cercano.

RESULTADOS: MUJERES QUE HABITAN LO PERIURBANO

En el trabajo de campo, especialmente en Silos, se encontraron estos roles estereotípicos de atribución de la administración y gestión de los cuidados domésticos a las mujeres. Con es-

tereotípicos se refiere a que a las mujeres les son atribuidos emblemas y características de género (Leff, 2004:2).

A pesar de la desproporción en estas tareas, no existen procesos donde las incluyan, ni ahí ni en otras latitudes del mundo con estos problemas, en la toma de decisiones en torno a las políticas del agua (y otros servicios) y del territorio, “a pesar de que las mujeres son las que utilizan y mantienen los servicios y las que enfrentan mayores peligros al acceder a ellos si no están en buenas condiciones de uso” (De Albuquerque, 2012:25).

De acuerdo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (ODS), en 2021 las mujeres y las niñas son las responsables de recolectar agua en el 80 % de los hogares sin acceso a agua corriente en el mundo (CEDHJ, 2022). Es decir, la gestión del agua está íntimamente ligada a las tareas domésticas.

Se afirma que las dificultades en el acceso al agua no son causadas únicamente por la disponibilidad natural del recurso, sino más bien por una gestión ineficiente y desigual del agua y una mala planeación territorial. El trabajo de campo en Tlajomulco también permitió observar que existe una evidente carga diferencial entre mujeres de distintos grupos sociales en Tlajomulco. En los entornos mejor acomodados en términos de plusvalía, el agua no es solo un recurso vital sino también estético y de ocio materializado por las numerosas fuentes y albercas de varios desarrollos habitacionales.

Para las mujeres que pertenecen a grupos sociales menos favorecidos, la disparidad se acrecienta y las desventajas se acumulan debido a los gastos asociados con la compra de agua por medio de camiones cisterna y de agua embotellada, así como al tiempo que dedican al transporte, almacenamiento, purificación, distribución y desecho del agua (Gutiérrez-Villalpardo *et al.*, 2013:101) en un entorno territorialmente desarticulado y prácticamente aislado, como es el caso de estudio.

Silos es un fraccionamiento periurbano construido en 2007, durante la época de mayor crecimiento de la oferta de vivienda en el municipio

4. Entrevista con ama de casa y comerciante del fraccionamiento Rancho Alegre, Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, realizada el 11 de mayo de 2019.

5. Entrevista con ama de casa del fraccionamiento Silos, Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, realizada el 31 de mayo de 2019.

de Tlajomulco. La única vía de comunicación de este lugar con el resto de la ciudad es una carretera regional llamada “Carretera a Chapala” y los autobuses que ofertan sus servicios son foráneos, ya que este lugar se encuentra a 22 kilómetros del centro de Guadalajara, el punto de mayor atracción de viajes del AMG.

El acceso principal de Silos, que corresponde a la calle Jacobo Valdez (figura 3), está lleno de casas sin concluir o abandonadas y de áreas comunes descuidadas que albergan hierba y maleza. El índice de ocupación de vivienda apenas llega al 41 % (tabla 2).

Silos es actualmente un asentamiento irregular, ya que no está municipalizado. La constructora no cumplió con los criterios de habitabilidad marcados por la normatividad y el municipio se vio imposibilitado de integrarlo a su jurisdicción. Esto es un obstáculo para la administración pública local para atender los numerosos problemas y carencias de este lugar. Los pozos que abastecen de agua al fraccionamiento aún están a nombre de la constructora.⁶

6. Esta información se solicitó a través de la plataforma de transparencia INFOMEX para el Gobierno de Tlajomulco.

TABLA 2

Características generales de Silos

Zona	Corredor Carretera Chapala
Población estimada	6,361
Grado de escolaridad (años)	8.6
Tipo de asentamiento	Abierto
Hectáreas	80
Número de viviendas	4,683
Servicios	Todos los establecidos por el Artículo 115 constitucional. <i>Todos de manera intermitente.</i>
Porcentaje de ocupación	41 %
Precio promedio de venta de las viviendas	280,000 m/n
Precio promedio de renta de las viviendas	800 m/n
Duración de tandeos de agua	15 min a 1 hora de agua al día
Viviendas con agua entubada	1,922
Viviendas con finaco	1,156
Viviendas con cisterna	372
Número de pozos	2
Calidad del agua	Dentro de la norma
Tipo de potabilización del agua	Potabilización tradicional por coagulación y desinfección con cloro

Fuente: Elaboración propia con base en documentos municipales, INEGI, 2020, y trabajo de campo.

Las mujeres de Silos se desplazan en un área geográfica limitada de hasta dos kilómetros, utilizando mototaxis⁷ como medio de transporte. Este

espacio urbano intermedio entre Silos y el centro de Guadalajara o el centro de Tlajomulco y que se encuentra sobre la carretera, no ofrece soluciones adecuadas para las actividades diarias, ya que está ocupado principalmente por bodegas industriales y restaurantes campestres dispersos.

7. Los mototaxis son medios de transporte irregulares en el estado de Jalisco, muy populares en desarrollos habitacionales sin servicio de transporte público formal. Son motocicletas de tres ruedas cubiertas con un techo.

FIGURA 3
Calle Jacobo Galvéz en Silos



Fuente: Fotografía por Abril Casas.

Con relación al agua, este es un servicio que se ofrece por tandeos; la duración, en promedio, es de una hora diaria.⁸ El volumen de agua que reciben las personas es de 1 litro y 1.5 litros por segundo de los dos pozos de los cuales se abastece. La demanda es de 4.5 litros por segundo.⁹ Es importante subrayar que la presión del agua puede variar de un día a otro, y esto también determina las actividades que se pueden realizar con el agua y el volumen captado.

En el imaginario de las personas estas tareas son primordialmente femeninas. En una entrevista con una pareja de adultos mayores, la señora aseguró que si bien el agua es un problema en el fraccionamiento, quien no tiene agua es porque las mujeres de la casa no están cumpliendo con su función y “son flojas” para captar el agua por la mañana.¹⁰

Para efectos de este estudio y como resultado de las entrevistas y recorridos de campo se identificaron dos tipos de consumidoras de agua de acuerdo con sus posibilidades de almacenamien-

to: las que cuentan con infraestructura como tinacos, cisternas o aljibes; y las que almacenan el agua en tambos o botes. En ambos casos, las mujeres son las encargadas de vigilar el buen funcionamiento del sistema o, en su defecto, de mantener limpios los contenedores para las actividades del hogar.

La mayoría de las personas de Silos tiene agua por la mañana. De acuerdo con la información que se recabó, se elaboró una bitácora que responde a actividades relacionadas con el agua realizadas por las mujeres. Esta es resultado de la sistematización de la información y se elaboró una vez concluida la primera etapa del trabajo de campo. Esta bitácora es similar para otras mujeres entrevistadas de fraccionamientos contiguos a Silos, lo que reitera el rol tradicional que desempeñan a escala doméstica en las condiciones de acceso al agua y configuración del territorio.

Las mujeres con poca capacidad de almacenamiento son quienes mejor conocían la azarosa tarea de administrar el agua, ya que, en su caso, se requiere de una planeación más detallada que incluye el acarreo y la preparación de los contenedores. El arquetipo en el que se basa la bitácora es una mujer que se queda en casa, hace las labores del hogar, cuida a los miembros de su familia –la mayoría infancias en edad escolar– y recibe el servicio de agua por la mañana (tabla 3).

8. Las entrevistas a habitantes y actores gubernamentales revelaron varias versiones de la duración de los tandeos, desde 30 min hasta dos horas, siendo más común que entre las personas habitantes dijeran que el servicio del agua se les otorgaba una hora al día.

9. Entrevista con funcionario público del área de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Tlajomulco, en el Centro Administrativo de Tlajomulco (CAT), Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, realizada el 4 de junio de 2019.

10. Entrevista con pareja vecinos de Silos, Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, realizada el 31 de mayo de 2019.

TABLA 3
Bitácora del agua en Silos (arquetipo)

7:00 a. m. - 8:00 a. m.	Revisión y recolección de recipientes disponibles para la captación de agua. Estas actividades se combinan con llevar a los niños a la escuela y las actividades matutinas que esto supone, así como la preparación del desayuno. Esta salida también es aprovechada para comprar los insumos necesarios en tiendas cercanas para la comida del resto del día. Si las mujeres necesitan acudir a lugares más lejanos de su vivienda para comprar otros bienes o realizar algún trámite, generalmente procuran preparar la comida desde un día antes, ya que los traslados pueden llevar mucho tiempo. De acuerdo con algunas vecinas, es necesario lavar todos los días los recipientes debido a que el agua deja residuos babosos en las paredes de estos.
9:00 a. m. - 11:00 a. m.	Captación, acarreo y almacenamiento de agua. Lavado de ropa (si la presión del agua lo permite), lavado de trastes y aseo general de la casa, como barrer y trapear los pisos.
11:00 a. m. - 1:00 p. m.	Revisión del volumen del agua captado, cerrado de baldes y distribución del agua para el lavado de trastes y el retrete para el resto del día. Si existe alguna relación de parentesco o amistad con otra vivienda, en este lapso ocurre el acarreo entre viviendas para las actividades que requieran agua. Estas actividades se combinan con la preparación de alimentos, y en el caso de tener niños en edad preescolar recogerlos de la escuela a las doce del día. Muchas aseguran que el agua no se puede almacenar de un día a otro debido a su mala calidad, y que deben hacer esto todos los días.

Fuente: Elaboración propia con base en entrevistas, recorridos de campo, y pláticas informales.

Así, aunque el servicio sea de una o dos horas, se requieren de aproximadamente seis para las actividades relacionadas con la administración del agua; en parte porque se combinan con actividades que requieren salir de la vivienda y, a veces, del fraccionamiento, lo que puede tomar mucho tiempo.

El tiempo que las personas de Silos destinan al traslado a los lugares de trabajo oscila entre las tres y cuatro horas diarias, a las cuales se les suman las jornadas laborales. Los miembros de la familia que tienen un empleo remunerado, habitualmente los esposos e hijos varones, se encuentran más de doce horas ausentes del espacio doméstico debido al aislamiento de este fraccionamiento periurbano. Esto, para las mujeres, significa estar a cargo de las situaciones del día a día con la mínima ayuda; entre ellas, el almacenamiento del agua y su acarreo.

Las mujeres en Silos han encontrado formas de adaptación y ayuda mutua. Varias vecinas forman parte del grupo de WhatsApp donde se intercambia información relacionada con la vida comunitaria, y el agua es uno de los temas más frecuentes. En este grupo se avisa cuando llega el agua, la presión, la calidad de esta y los eventos atípicos, como mantenimiento de la infraestructura.

Por otro lado, en el orden vecinal se organizan para captar agua para quienes no están en sus hogares durante los tandeos, especialmente por cuestiones laborales. También ayudan a la población vulnerable, como adultos mayores con poca capacidad de almacenamiento, que por condiciones físicas no pueden acarrear agua al interior de sus viviendas (figura 4).

FIGURA 4
Baño de una casa en Silos



Fuente: Fotografía por Abril Casas.

Desde que llegaron a habitar Silos, el Estado no ha podido garantizar el servicio ininterrumpido de agua a las personas. Así, principalmente las mujeres, se adaptan a través de redes comunitarias y organizaciones vecinales y, a escala doméstica, a través de una administración minuciosa sobre cuánta agua almacenar de acuerdo con la actividad doméstica que deben y pueden realizar.

Una de las personas que más ayudaron a la inmersión en campo fue María Monserrat Alvarado¹¹ (Monse), una mujer que tiene más de diez años viviendo en Silos.¹² Por muchos años, ella

habitó una casa que no tenía cisterna. Hace dos años su hijo, dueño de una casa contigua y que se mudó a Toluca, le permitió vivir ahí. Monse tiene a varios de sus hijos como vecinos.

Ahorita diario ando corriendo. Me levanto a regar mis plantas, a lavar trastes. Si mi hija no está me fijo y le lleno la cisterna. Mi hijo, el que vive al otro lado, no hace caso y yo voy a llenarle el tambor, porque no tiene más. Ya le hablo en la mañana a mis hijos y al de al lado para que desayunen.

Ya ahorita no le batallo con el agua porque ya estoy en casa de mi hijo, y ahí hay cisterna. [...] Allá [en la otra casa] estaba yo con puros baldes de agua, no se puede tener el baño limpio y ya no le batallo con eso. El piso ahorita está pa la fregada, está todo descascarado, pero limpio.¹³

La situación de Silos hace que Monse planee su día de acuerdo con el agua y las actividades que tenga que hacer fuera de casa, ya que implican traslados de varios minutos u horas. Por ello, el apoyo de otras vecinas es crucial para poder tener agua en su casa cuando ella está ausente.

La vida de Monse y de otras mujeres con las que conviví en Silos incentiva a reflexionar sobre el rol de las mujeres en la esfera pública y privada y cómo logran equilibrar múltiples responsabilidades en su vida diaria, convirtiéndose en articuladoras del entorno a varios niveles. Poseen una visión más amplia y compleja de los problemas y necesidades de quienes habitan el territorio.

El contexto periurbano es un obstáculo para las rutinas de las mujeres. La desconexión en la que se encuentra Silos impide el acceso a espacios de abastecimiento de alimentos, de servicios (entre ellos opciones de embotelladoras de agua potable) e incluso de ocio, a los cuales no se puede ir a distancias caminables.

De esta forma, la visibilización de estas realidades es indispensable para la articulación de

11. El nombre fue utilizado bajo el consentimiento de la persona para este estudio.

12. En el estudio original de tesis doctoral, del cual se deriva este artículo, Monse fue protagonista de la historia de vida que se presentó para ilustrar las condiciones de las mujeres en entornos como Silos. La historia de vida es una herramienta cualitativa que consiste en el análisis por parte del investigador o investigadora de la vida de una persona a partir de la narrativa de esta; esa historia, generalmente, es representativa en términos del estudio que se realiza. Por lo anterior, se transcriben algunos fragmen-

tos de una de las entrevistas que se le realizaron, aunque la herramienta supone otras formas de recolección de información tales como recorridos de campo, visitas a su domicilio y pláticas informales.

13. Entrevista vía telefónica con Monserrat de Silos, Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, realizada el 21 de enero de 2021.

mejores intervenciones públicas. Las mujeres tienen conocimientos valiosos para poder mejorar las condiciones de vida no solo en el orden doméstico sino también en el barrial con relación al agua. Por otro lado, también tienen mucho que aportar en materia de planeación de la ciudad para satisfacer las necesidades de las familias y abonar a condiciones más equitativas entre hombres y mujeres.

CONCLUSIONES

La capacidad de adaptación de las mujeres a las condiciones aquí expuestas no puede, ni debe, ser vista como una situación resuelta ante la ausencia de los elementos básicos para el bienestar que deben ser proporcionados por el Estado, sino como un claro ejemplo de acumulación de desventajas que es imperante atender de manera estructural a través de programas y políticas públicas que les permita a las mujeres salir de la precariedad.

Es importante reconocer y valorar el rol de las mujeres como gestoras del agua a escala doméstica, y promover la igualdad de género en el acceso y control de los recursos hídricos. Esto implica asegurar el acceso a fuentes de agua seguras y cercanas a los hogares, proporcionar infraestructuras adecuadas para el abastecimiento y aliviar la carga de trabajo relacionada con el agua a través de tecnologías apropiadas, como sistemas de bombeo, filtración y almacenamiento.

Es importante que, en materia de planeación de las ciudades, se vinculen aspectos como la gestión del agua, el género y la dimensión doméstica y barrial, y sean considerados como la materialización del éxito o fracaso de las políticas que hasta ahora se han implementado para resolver los problemas derivados de este crecimiento urbano desarticulado. Como se mencionó en el texto, las mujeres tienen una visión mucho más amplia y compleja de los problemas y necesidades de quienes habitan el territorio.

Silos es un caso de estudio que comparte algunas características con otros desarrollos habitacionales del municipio explorados en el trabajo

de campo. Este fraccionamiento se erigió bajo políticas que no deben repetirse y que ahora someten a sus habitantes a condiciones precarias con especial hostilidad para con las mujeres como grupo social y en una condición de acumulación de desventajas.

Por tanto, la planeación en materia de políticas públicas debe contemplar –como lo mencionan Gutiérrez-Villalpaldo *et al.* (2013)– una dimensión humana que involucre la calidad de vida de los sujetos sociales y el empoderamiento de las mujeres. Mejorar las condiciones relacionadas con el acceso al agua y a la configuración de la ciudad significaría una mejora sustantiva en la vida de las familias.

REFERENCIAS

- Aguilar, A. G. & López, Flor M. (2016). Espacios de pobreza en la periferia urbana y suburbios interiores de la Ciudad de México: Las desventajas acumuladas. *EURE* (Santiago), 42(125), pp. 5-29.
- Ávila Sánchez, H. (2009). Periurbanización y espacios rurales en la periferia de las ciudades. *Estudios Agrarios*, 15(42), pp. 93-23.
- Barajas, D. (febrero 16 de 2023). Abasto de agua mediante pozos ha generado deficiencia en el servicio de Tlajomulco. *Mural*. Disponible en: <https://www.milenio.com/politica/comunidad/tlajomulco-abasto-agua-pozos-generado-deficiencias>
- Camus, M. (2015). *Vivir en el coto. Fraccionamientos cerrados, mujeres y colonialidad*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- CEDHJ (2022). Informe especial sobre la situación actual de las cuencas hidrológicas en Jalisco. Disponible en: http://historico.cedhj.org.mx/infor_espe22.asp
- De Albuquerque, C. de. (2012). *Derechos hacia el final. Human Rights to Water & Sanitation, Entidade Reguladora dos Servicos de Águas e Resíduos*, ONGAWA: Lisboa. Disponible en: <https://ongawa.org/wp-content/uploads/2012/07/DerechosHaciaFinal.pdf>
- De la Rocha, M. (2018). Acumulación de desventajas y vulnerabilidad. En De la Rocha, M. & Saraví, G. (coords.). *Pobreza y vulnerabilidad: debates y estudios contemporáneos en México* (pp. 26-57).

- México: Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social.
- El Informador (octubre 22 de 2018). Durante el sexenio, conectan a la llave del agua a 500 mil en ZMG. *El Informador*. Disponible en: <https://www.informador.mx/jalisco/Durante-el-sexenio-conectan-a-la-llave-del-agua-a-500-mil-en-ZMG-20181022-0027.html>
- Gauna Gutiérrez, M. (2021). Violencia estructural en la periferia urbana: el caso del fraccionamiento “Los Silos”. *Mirada Antropológica*, 16(21), pp. 31-45.
- Gobierno del Estado de Jalisco (2019). Tlajomulco de Zúñiga. Disponible en: <https://www.jalisco.gob.mx/es/jalisco/municipios/tlajomulco-de-zuniga>
- Gobierno Municipal de Tlajomulco (2017). Programa de Ordenamiento Ecológico. Disponible en: <https://tlajomulco.gob.mx/sites/default/files/PoelTlajoResumen.pdf>
- Gutiérrez-Villalpardo, V., Nazar-Beutelspacher, D., Zapata-Martelo, E., Contreras-Utrera, J., & Salvatierra-Izaba, B. (2013). Mujeres y organización social en la gestión del agua para consumo humano y uso doméstico en Berrizábal, Chiapas. *LaminaR Estudios Sociales y Humanísticos*, XI(2), pp. 100-113. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74527870007>
- Hawkesworth, M. (1997). Confounding gender. *Sings: Journal of Women in Culture and Society*, 22(3), pp. 3-48.
- IIEG (2012). Mapa General de Jalisco 2012. (Base de datos).
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI) (2000). Censo de Población y Vivienda 2000. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2000/>
- (2005). Delimitación de Zonas Metropolitanas de México. México: INEGI. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/1329/702825010048/702825010048_1.pdf
- (2010). Censo de Población y Vivienda 2010. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/>
- (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- Leff, E. (2004). Ecofeminismo: el género del ambiente. *Polis. Revista de la Universidad Bolivariana*, 3(009), pp. 1-6.
- Lezama, J. L. (2020). *Teoría social. Espacio y ciudad*. México: El Colegio de México.
- Núñez Miranda, B. (2011). *Zapopan, Tonalá y Tlajomulco de Zúñiga. Disyuntivas habitacionales de la zona conurbada de Guadalajara*. Zapopan: El Colegio de Jalisco.
- ONU Medio Ambiente (4 de marzo de 2019). Perspectivas del Medio Ambiente Mundial GEO. Disponible en: <https://www.unep.org/es/resources/perspectivas-del-medio-ambiente-mundial-6>
- Pacheco, E. (2022). El trabajo de cuidado en tres tiempos. En C. A. Vega & M. Rodríguez (eds.). *Desigualdades laborales y urbanas en México* (pp. 123-188). México: El Colegio de México.
- Rufí, J. V. (2003). ¿Nuevas palabras, nuevas ciudades? *Revista de Geografía*, 2, pp. 79-103.
- Saldarriaga, A. (2011). The active subject: Political anthropology in Amartya Sen. *Eidos: Revista de Filosofía de la Universidad del Norte*, 13, pp. 54-75.
- Saraví, G. A. (2020). Acumulación de desventajas en América Latina: aportes y desafíos para el estudio de la desigualdad. *Revista Latinoamericana de Población*, 14(27), pp. 228-256. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/3238/323862727009/html/>
- Sociedad Hipotecaria Federal (SHF) (2022). Índice de precios de la vivienda, segundo trimestre de 2022. Disponible en: <https://www.gob.mx/shf/articulos/indice-shf-de-precios-de-la-vivienda-en-mexico-segundo-trimestre-de-2022-310817#:~:text=El%20Índice%20SHF%20de%20Precios,el%20mismo%20periodo%20de%202021>
- Tapia, M. (2022). Urbanismo, captura del Estado, democracia y desigualdad en la ciudad. En C. A. Vega & M. Rodríguez (eds.). *Desigualdades laborales y urbanas en México* (pp. 189-238). México: El Colegio de México.
- Yerian, S., Hennink, M., & Greene, L. E. *et al.* (2014). The Role of Women in Water Management and Conflict Resolution in Marsabit, Kenya. *Environmental Management*, 54, pp. 1320-1330.
- Yin, R. K. (2014). *Case Study Research. Design and methods*. California: SAGE.

Vivienda y su contexto. Desarrollo de dispositivos modulares para cosecha de agua de lluvia

Housing and context. Development of modular devices for rain water harvesting

DOI: <https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i15.280>

CARLOS EMMANUEL AGUILAR MÉNDEZ

Universidad de Guadalajara, México. ORCID: 0000-0001-7104-9264

Correo electrónico: emmanuel.aguilar@academicos.udg.mx

FERNANDO CÓRDOVA CANELA

Universidad de Guadalajara, México. ORCID: 0000-0002-3590-1621

Correo electrónico: fernando.cordova@cuaad.udg.mx

Recepción: 1 de diciembre de 2023. Aceptación:

RESUMEN

La arquitectura se configura como la dialéctica entre el hábitat y el habitante, constituyendo el espacio para las acciones cotidianas. La vivienda, manifestación primaria de la arquitectura, establece el vínculo entre habitantes y entorno; desde un sentido heideggeriano, al entender el habitar como un ser-estar en el mundo, resulta imprescindible pensar en minimizar el impacto del Gestell para el desarrollo futuro. En México, la vivienda es un derecho social legalmente regulado en el Artículo 4 constitucional y el artículo 2 de la ley de vivienda donde se consideran las condiciones óptimas de habitabilidad; sin embargo, abordando la relación de la vivienda con su contexto, la dotación mínima para vivienda de hasta 99 metros cuadrados construidos es de 150 litros de agua por habitante al día, constituyendo un impacto medioambiental. Por tanto, el presente trabajo tiene por objetivo diseñar dispositivos alternativos de captación pluvial dentro de la arquitectura con una metodología de enfoque mixto, que parte de un análisis arquitectónico que contempla la dimensión espacial, material y de adecuación climática; así, se realizó un rediseño

interior y exterior de un caso de estudio de vivienda para proponer dispositivos que respondan a la cualidad de lo habitable en el espacio.

Palabras clave: arquitectura, vivienda, contexto, diseño modular, captación pluvial.

ABSTRACT

Architecture is conceived as the dialectic interplay between habitat and inhabitant, shaping the spatial framework for daily activities. Housing, as the fundamental expression of architectural principles, establishes a profound nexus between inhabitants and their immediate surroundings. Within a Heideggerian conception, comprehending dwell as an existential being-in-the-world underscores the imperative to strategically mitigate the impact of Gestell for sustainable future development. In the Mexican context, housing is constitutionally recognized as a social right, delineated by the provisions of Constitutional Article 4 and Housing Law Article 2, mandating considerations for optimal habitability conditions. Nevertheless, an examination of the housing-environment interface reveals that the stip-



ulated minimum water allocation for dwellings up to 99 square meters—150 liters of water per inhabitant per day—significantly contributes to environmental degradation. Consequently, the principal objective of this study is to devise alternative rainwater harvesting mechanisms within architectural frameworks, employing a comprehensive mixed-methods methodology. This approach initiates with an architectural analysis encompassing spatial, material, and climatic dimensions. Subsequently, an exhaustive interior and exterior reconfiguration of a housing case study is conducted to proffer solutions aligned with the qualitative aspects of habitability in spatial environments.

Keywords: architecture, housing, contextual analysis, modular design, rainwater harvesting.

INTRODUCCIÓN

La arquitectura y su diseño han basado su proceso y los productos resultantes en el conocimiento de las formas de interacción de las personas y los entornos. De este modo, se convierte en una aplicación del conocimiento basado en la investigación científica. Norberg Schulz (2008) afirma que la arquitectura es un producto humano cuya misión debería ser ordenar y mejorar las relaciones del habitante con su contexto. La forma de tener en cuenta esta relación relativa y variable entre el habitante y el entorno es hacer hincapié en la pregunta: ¿Qué influencia ejerce el ambiente sobre el habitante?; en esta perspectiva, menciona el hecho de que es evidente que el ambiente afecta y determina el estado de ánimo, y en esta singularidad la arquitectura misma es parte del contexto.

El propósito de la arquitectura debe ser dar orden a ciertos aspectos del ambiente y consecuente a ello controla las relaciones entre el habitante y el ambiente; la arquitectura regula el ambiente para hacer posible la colaboración y la interacción. Este control tiene varios aspectos diferentes, el más elemental es la creación de un ambiente controlado que proteja al habi-

tante contra la lluvia, el frío, el calor, la humedad, el ruido, y otras molestias percibidas que le rodean. Este aspecto puede ser denominado control físico. Otro aspecto es la participación de las edificaciones en las acciones humanas, denominando esta dimensión como marco funcional. En este ámbito, las acciones están determinadas socialmente, y los objetos físicos que participan manifiestan significados sociales; la arquitectura representa objetos culturales, cuya simbolización cultural, junto con el aspecto social, constituye un medio simbólico. El cometido de una obra arquitectónica debe ser estudiado por medio de estas cuatro dimensiones de comparación: el control físico, el marco funcional, el medio social y la simbolización cultural.

La vivienda, punto focal del presente trabajo, se enmarca como el espacio primario del ser humano; de forma general, Ferrando Nicolau señala que la vivienda es “el refugio natural, o construido por la mano del habitante, en el que este habita de modo temporal o permanente” (Solá-Morales, 2004). En términos semejantes se expresa Cortés Alcalá, para quien “la vivienda es un lugar con límites definidos, construida por la acción humana, en la que los habitantes habitan con cierta estabilidad”. La vivienda como elemento teórico se relaciona con cinco conceptos básicos. Se parte de un ámbito general al definir i) contexto como los factores de diversos ámbitos que rodean a un ente; se sigue con ii) arquitectura, la cual se expresa como la dialéctica entre el habitante y su contexto. Estos conceptos enmarcan iii) el espacio como un contenedor de actividades y funciones; iv) las vivencias como las acciones diarias que le confieren la identidad a un espacio; y v) los recursos materiales como el nexo entre el espacio, el habitante y su contexto.

En el acto mediado del habitar, el desarrollo de este trabajo, además de teorizar la relación del habitante con su medio, busca incidir en la dimensión física ambiental; específicamente en la variable del recurso hídrico a través del análisis de un caso de estudio enfocado al desarrollo de dispositivos modulares de captación pluvial en la arquitectura habitacional que permitan, por un

lado, iniciar un proceso de formación de recursos humanos, una infraestructura tecnológica mínima, y por otro, la vinculación con el productor de vivienda, de tal forma que se incida también en su modo de producción y en el eventual mejoramiento de su posición competitiva por la implantación de sistemas que orienten a la vivienda hacia un desempeño sustentable, esto último por la generación de información que dé evidencia sólida de dicho mejoramiento.

LA VIVIENDA Y SU CONTEXTO

Derivado del vocablo latino *contextus*, la palabra “contexto” se refiere a todo aquello que rodea, ya sea física o simbólicamente, a un acontecimiento. El concepto “entorno” se entiende como el conjunto de circunstancias o factores sociales, culturales, morales, económicos y/o profesionales, que rodean una cosa o a una persona, colectividad o época, e influyen en su estado o desarrollo. Ambos conceptos convergen en su definición, por tal motivo, como se verá más adelante, algunos autores utilizan las palabras “contexto” y “entorno” indistintamente. Autores como Fuentes (2004) definen al contexto como aquel que incluye las variables ambientales, tanto naturales como artificiales, que inciden de manera directa en una edificación, así como en la relación con el habitante. Por su parte, Bruno Stagno (1992) coincide con Fuentes al referirse a contexto como aquel que determina las condiciones específicas que ejercen acción sobre un objeto de estudio, como ejemplo: la edificación. Además, incluye dentro de su conceptualización las situaciones atemporales, compuestas por los factores sociales, culturales e históricos.

Para Norberg Schulz (2008), el contexto refiere al ámbito en el que el arquitecto se desenvuelve en situaciones originadas de manera determinada y que, explícita o implícitamente, plantea problemas particulares. Estas situaciones se componen de condiciones económicas, políticas y sociales, de tradiciones culturales, de factores físicos como el clima y topografía y, también, de seres humanos que ven el ambiente de formas

diferentes. Es decir, el diseño arquitectónico se ve influenciado por el contexto circundante, el cual comprende el ambiente natural, el social, el cultural, así como la percepción e interpretación que el usuario hace de él. Para Kenneth Frampton (2006), el contexto es el núcleo creativo de toda civilización y cultura en torno a la cual se interpreta la vida. Se puede percibir análogamente como una serie de episodios escenográficos con base en los cuales se desarrolla la vida. Para Rapoport (2003), el contexto debe de entenderse como un sistema conformado por lugares y ambientes que rodean al habitante, en los cuales él realiza ciertos sistemas de actividades.

Para efectos de este trabajo, se debe de entender que los espacios no son entidades independientes, por el contrario, se encuentran rodeados de factores físicos, materiales, económicos, políticos, sociales, culturales, históricos y antrópicos que ejercen una influencia sobre él, a la vez que entablan una relación recíproca. A este conjunto de factores se le denomina contexto y con base en él es que se desarrolla la vida. De esta forma, el contexto no determina ciertamente la conducta de sus ocupantes, pero se coincide con Rapoport al referir que si la inhibe o la alienta y que además el contexto debe de entenderse como un sistema de lugares y ambientes, conformados por diversos elementos que rodean al habitante y en base en los cuales él realiza sus actividades. Se observa que autores como Stagno (1992), Fuentes (2004), Schulz (2008), Frampton (2006) y Rapoport (2003) coinciden en la relación bidireccional que existe entre el diseño y el contexto. De todos ellos, Rapoport profundiza al dividir el concepto de contexto en dos vertientes; por un lado, como un sistema conformado por los lugares y ambientes que rodean al habitante, y por el otro, por los sistemas de actividades del ser humano.

El sistema social tiene como mediador físico entre el habitante y el contexto al producto arquitectónico. Morris menciona que

la arquitectura abarca toda consideración del ambiente físico que rodea la vida humana; así, la arquitectura es el conjunto de modificaciones

y alteraciones producidas en la superficie de la tierra para satisfacer cualquier necesidad humana (Solá-Morales, 2004).

Cuando se habla de arquitectura, generalmente, la primera idea que viene a la mente es de casas y edificios, muros, cubiertas o fachadas; la forma externa y los materiales constructivos. Sin embargo, la arquitectura, además de ser el espacio contenido por los elementos constructivos, es el espacio habitable, percibido por los habitantes (Fuentes, 2004). Hablar de arquitectura no es plantear una libre actividad artística, esta se debe de entender como una profesión basada en la ciencia y encaminada a la solución de problemas; problemas que tienen que ser identificados, no “definidos” o inventados. La disciplina de la arquitectura y su relación con el ámbito del diseño forma en su conjunto un campo de diseño del entorno.

Stagno comenta que la arquitectura es semejante al proceso de hablar, comienza siendo la simple satisfacción de una necesidad y termina en manifestación de la inventiva y capacidad creadora del habitante. La arquitectura es asunto de morada para las antiguas y nuevas rutinas del habitante. Es respuesta a su necesidad de protegerse de la intemperie, pero transformando lo circundante en algo nuevo, inventado, imaginado primero, construido después y posteriormente recreado. Además, la arquitectura es la dialéctica del lugar y el habitante. El lugar pone sus condiciones específicas y el habitante responde desde expectativas que varían de región en región y de tiempo en tiempo. Nouvel (2001) refiere que la arquitectura consiste en llegar a concentrar de una forma durable y habitable los valores culturales de una época y un lugar, encontrar el espacio habitable como problema específico. Por tanto, la especificidad de esta disciplina se encuentra en dar respuesta a una demanda social dentro de un contexto cultural. Solo si se conoce paso a paso, en sus tiempos históricos, en sus referentes funcionales o técnicos a la arquitectura, es posible avanzar en la comprensión de la riqueza de significados y de mensajes que propone.

La arquitectura es la dialéctica entre el lugar y el habitante. A través de sus recursos materiales constituye el espacio que da lugar a las acciones cotidianas o vivencias de los seres humanos que la habitan, a la vez de entablar la relación de estos con su contexto. En este entendimiento, como menciona Solá-Morales, el objetivo de la arquitectura debe de ser ordenar y mejorar las relaciones del habitante con su contexto. En la arquitectura se concentran de forma durable y habitable los valores físicos, materiales, sociales y culturales de una época y un lugar, idea que parte de la definición de Mies van der Rohe al decir que: “la arquitectura es la voluntad de una época traducida al espacio”. Por su parte, Orozco (2004) conceptualiza la vivienda desde un ámbito constructivo y la define como el recinto, cerrado o semicerrado, que delimita espacios construidos. Por tanto, una vivienda es el resultado de un conjunto de elementos físicos o partes constituyentes que permiten su construcción, y sujeto a esto su existencia. En forma muy particular, estos elementos están definidos por componentes que se denominan componentes constructivos, los cuales conforman todo lo edificado y tienen individual o colectivamente funciones y objetivos específicos.

Cabe reiterar en estas conceptualizaciones que la vivienda no debe considerarse solamente como un espacio delimitado entre muros. Rapoport, por tanto, la define como un sistema de lugares en donde las actividades que toman lugar ahí son muy particulares y están definidas en gran parte por el estilo de vida de las personas. Este tipo de conceptualización implica el uso de las calles, lugares especializados y vecindarios. Tiene incidencia en la evaluación de la densidad de población. La vivienda proporciona el mejor modo de relacionar el sistema total de casa, el asentamiento del paisaje y los monumentos con el modo de vida (Rapoport, 2003). Mercado y Mansalvo concuerdan con Rapoport al referir que la vivienda no es solo una estructura construida, sino también una institución espaciocultural, es la relación de objetos y lugares que son diseñados e interconectados, creando condicio-

nes para el desarrollo del comportamiento del individuo o un grupo social. Lo llama “escenarios culturales” (Mercado, 2004).

Gazmuri define “vivienda” como el espacio donde la familia convive para satisfacer sus necesidades básicas, uno de los aspectos que caracteriza las condiciones materiales de la vida familiar y un bien de primera necesidad, por cuanto el bienestar que ofrecen sus condiciones de habitabilidad influye de manera fundamental en la realización de las funciones familiares, la estabilidad, el equilibrio emocional, el estado de salud y capacidad de trabajo de sus moradores. Desde esta perspectiva, es algo más que un techo, es un espacio integrador de procesos sociales necesario para la consolidación de la familia y el desarrollo de sus miembros (Gazmuri, 2012).

Campos define “vivienda” como el lugar de lo cotidiano, donde se encuentran, en una dinámica compleja, la vivencia subjetiva y la producción y reproducción de las estructuras sociales que transcurren, innegablemente, en un espacio y tiempo determinado –un “aquí” y un “ahora”– (Campos & Yáva, 2007). Iglesias (1999) define “vivienda” como la interfaz entre el sujeto y el medio ambiente natural. Red de escenarios conductuales que dan ubicación a los aspectos grupales que constituyen la vida familiar y comunitaria. Es el sitio donde los seres humanos realizan una gran cantidad de actividades sociales a las que la vivienda les da ubicación espacial, donde se satisfacen necesidades biológicas y psicológicas fundamentales para el individuo.

Mies Van der Rohe refiere que la vivienda, como manifestación primaria de la arquitectura, es la voluntad de una época traducida al espacio. Le Corbusier, por su parte, menciona que la vivienda debe ser el estuche de la vida, la máquina de la felicidad. Luis Barragán se suma al referirse a la vivienda como su refugio, una pieza de arquitectura emocional, no un lugar frío de convivencia. En este enfoque abordado en torno a la vivienda, el arquitecto como proyectista de edificios para habitar tiene que conocer los significados relacionados a ella, para así poder controlarlos e intervenir sobre ellos. Si bien la

arquitectura habitacional puede reducirse a la construcción de casas y a ofrecer unos estereotipos que demanda el mercado inmobiliario, se debe de pensar que su interés básico es ofrecer lugares para vivir, los cuales permitan a quienes los habitan formar un hogar. Como menciona Oliveras, para cada elemento de la vivienda existe un discurso técnico, pero a la vez otro simbólico, que el arquitecto no puede desestimar, es decir, edificaciones que brinden un entorno adecuado para que el usuario pueda apropiarse de él e identificarse orgullosamente según sus propios valores (Oliveras, 2000).

Como mencionaba Rapoport, entre la arquitectura y la cultura existe una relación intrínseca, pero de igual manera Oliveras afirma la existencia de una estrecha relación entre formas de vivienda y cultura. Este autor, enfocado a la vivienda, concuerda con Stagno en su postura de arquitectura al afirmar que en la medida en que los estilos de vida son diferentes para cada cultura, la arquitectura no puede pretender modelos de validez universal. Es en la medida en que los valores socioculturales y sus simbolismos varíen en el tiempo que la vivienda tendrá que cambiar mediante adecuaciones para cada época, teniendo en cuenta que existe una riqueza cultural en la arquitectura que debe ser el punto de referencia. Esto se puede concebir en el hecho de que conocer y aprender formas de vida y arquitecturas de otros lugares es importante, pero sin olvidar que la vivienda siempre tendrá según su emplazamiento una relación directa con su cultura, con sus recursos materiales y su entorno. Como afirma este autor, la vivienda es un espacio privado por excelencia. Es expresión de la voluntad individual y familiar que manifiesta el estatus, el gusto y la cultura de sus habitantes (Oliveras, 2000).

Con base en las posturas mostradas se conceptualiza a la vivienda, para efectos de este trabajo, como la manifestación primaria de la arquitectura, el recinto que contiene un espacio; aquel donde toman lugar las actividades y el estilo de vida de las personas que la habitan; como el resultado de un conjunto de elementos físicos que

la constituyen y como el vínculo existente entre el habitante y su contexto. En la ejecución mediada del acto de habitar, este estudio tiene como objetivo incidir en la dimensión físico-ambiental, focalizándose específicamente en la variable del recurso hídrico. Esto se lleva a cabo a través del análisis arquitectónico y el diseño que se concentra en el desarrollo de dispositivos modulares de captación pluvial integrados en la arquitectura residencial.

DESARROLLO DE DISPOSITIVOS MODULARES PARA COSECHA DE AGUA DE LLUVIA

Un sistema de captación de agua de lluvia se define como un conjunto de tuberías, accesorios y equipos que captan la lluvia que cae sobre una superficie para conducirla a un dispositivo de almacenamiento para su uso posterior (Gleason, 2014:267). La cosecha de lluvia es la captación, almacenamiento y reúso de la escorrentía a partir de superficies impermeables. La escorrentía de cubiertas y otras superficies impermeables es tamizada y posiblemente filtrada hacia un sistema de captación que la conduce hacia un dispositivo de almacenamiento, ya sea cisternas o cuerpos de agua (Calkins, 2012:111).

Los dispositivos clave de un sistema de captación son el área de captación, el filtro, la cisterna y el sistema de distribución (Calkins, 2012:111), y en algunos casos, adicionalmente al filtrado, sistemas de tratamiento (Gleason, 2014:272). En general, un sistema de captación de agua de lluvia para edificios, y en específico para vivienda, representa un costo adicional en la instalación hidrosanitaria convencional debido a la habilitación del sistema de conducción y el tanque de almacenamiento (UNEP, 2008:66); la reducción de costo vendrá entonces de dos principios fundamentales: el primero, la reducción del tamaño del tanque, y el segundo, la minimización de la longitud de la tubería de conducción (UNEP, 2008:66), tratando que el almacenamiento esté lo más cerca posible tanto del área de captación como de las áreas que albergan los usos a que se destinará el agua de lluvia (UNEP, 2008:66).

Tecnológicamente es apropiada su implantación cuando la distribución de la precipitación respecto a una áreas de captación y un tamaño de tanque de almacenamiento efectivamente contribuyan en la demanda de consumo de agua en la vivienda, que además la instalación de tanques de almacenamiento sean posibles desde la perspectiva espacial en nuevos edificios o renovaciones, que socialmente sean aceptados por los residentes y habitantes de la vivienda, que los componentes del sistema estén efectivamente diseñados y que el sistema de captación de lluvia en la vivienda sea componente a su vez de un enfoque de manejo integral del agua en escalas urbanas y territoriales más amplias (UNEP, 2008:66).

Adicionalmente, en el ámbito tecnológico tiene la ventaja de que puede ser integrada a diferentes escalas en el orden urbano, con diferentes diseños; destaca sobre todo la solución del tanque de almacenamiento, que puede representar tanques descentralizados visibles en edificios y/o viviendas o tanques semidescentralizados subterráneos conectados a la red municipal de abastecimiento de agua potable, ya sea en edificios y/o viviendas o en clústeres de edificios y/o viviendas. Otro de los aspectos relevantes es que su implantación en áreas urbanas, por lo general, se limita a captar agua de lluvia para usos no potables, debido a la disponibilidad limitada de la cantidad y calidad de agua (UNEP, 2008:66). En este último aspecto y respecto a las preferencias de nuevas fuentes de abastecimiento a escala comunitaria, destacan varias lecciones de acuerdo a Doner *et al.* (2016): la primera es que es necesario dirigir la percepción pública hacia los usos no potables del agua en la vivienda, además de hacer hincapié en la seguridad del abastecimiento de agua; ambas lecciones permiten, por un lado, valorar la contribución del agua de lluvia en los consumos no potables y, en segunda instancia, como fuente alternativa en casos en los cuales el abastecimiento sea intermitente, ya sea por ineficiencia del sistema municipal o por la exposición a riesgos por efecto de eventos hidrometeorológicos extremos.

Existen enfoques desde clasificar a los sistemas de captación de lluvia desde los usos; una de esas clasificaciones atiende a la distinción de

los usos del agua vinculados con riego de áreas verdes o lavado que implican un proceso de filtración primario (Gleason, 2014: 268). En ese caso, se considera como una fuente de agua de baja calidad cuyo uso idóneo para inodoro, riego de jardines y lavado de automóviles (Parkinson & Mark, 2005:109), o bien aquellos que se orientan al consumo humano, que implican sistemas de filtración especializados y de potabilización (Gleason, 2014: 268), que bien pueden representar una alternativa para el consumo humano, sobre todo en hogares pobres, implantando estrategias de filtración y cloración para su purificación (Parkinson & Mark, 2005:109, 110). Otro enfoque de uso considera al tipo de superficie de captación como referente para clasificar el sistema de captación; en caso de azoteas con acceso a mantenimiento constante, por ejemplo, aquellas de barro, lámina de acero, concreto o pizarra, son recomendadas para la cosecha de agua de lluvia, solucionando su manejo con dispositivos de intercepción de primeras lluvias o filtros de sólidos suspendidos, y el agua captada tiene un uso no potable; por otro lado, aquellas superficies de captación en contacto con vialidades o estacionamientos hacen necesaria la implantación de enfoques de tratamiento tales como la biorretención (Calkins, 2012:112).

Un tercer enfoque clasificatorio propuesto por la Unidad de Desarrollo Tecnológico de la Universidad de Warwick, citada por Waite (2010:132), deriva de la capacidad del sistema para abastecer la demanda de agua en la vivienda, clasificándose los sistemas intermitentes que describen una situación de abastecimiento en una parte del año de modo que no abastecen durante la estación seca, sistemas parciales que implican que el sistema abastece de manera limitada durante todo el año, este puede ser el caso de utilizar el agua de lluvia para el consumo humano y se excluyen otros usos potables y no potables, o bien sistemas integrales que cubren la demanda total de abastecimiento durante el año de usos potables y no potables. La clasificación anterior depende del patrón de precipitación, de la disponibilidad espacial para almacenar el agua y de fuentes

complementarias de abastecimiento, tales como los sistemas municipales de abastecimiento de agua potable, por ejemplo, en el caso de centros urbanos.

La captación de agua de lluvia, adicionalmente, se considera como una alternativa para aliviar las interrupciones en el servicio convencional de abastecimiento de agua potable, sobre todo en situaciones de emergencia (Parkinson & Mark, 2005:108), así como un instrumento de control de inundaciones, como en el caso de Beijing (Li, Wang & Che, 2010:141-149). Los sistemas de captación, además de su enfoque de abastecimiento de agua, se han asociado también como componentes de sistemas integrales de manejo sensible al agua que contribuyen al desarrollo de servicios ambientales en la ciudad (Wong *et al.*, 2013:35, 41-45), que incluyen estrategias de ahorro de agua, naturación, tratamiento primario, control de inundaciones, infiltración somera y profunda, y espacio verde y público.

LA CAPTACIÓN PLUVIAL EN MÉXICO

En México, la dotación mínima para vivienda de hasta 99 metros cuadrados construidos es de 150 litros por habitante por día, y para aquella de más de 100 metros cuadrados se consideran 195 litros por habitante por día (Conavi, 2010). De igual manera, la tubería de distribución de agua en la vivienda debe diseñarse y dimensionarse bajo las condiciones de demanda pico, y tomar en cuenta las especificaciones del fabricante para la presión mínima y consumo de los muebles (Conavi, 2010).

Los usos del agua en la vivienda se clasifican generalmente de la siguiente forma:

- Sanitario con el uso del inodoro.
- Higiene personal que incluye uso de la regadera.
- Limpieza general.
- Lavado de ropa.
- Preparación de alimentos y cocina.
- Consumo para beber.

Hay diversos factores que determinan la selección correcta del material de tubería de la instalación intradomiciliaria, entre los que destacan (Conafovi, 2005):

1. Las condiciones de intemperismo a las que estará sometida la tubería.
2. La facilidad de manejo y constructibilidad para su instalación.
3. Su disponibilidad en el mercado nacional para su mantenimiento.
4. El costo de adquisición y de mantenimiento.
5. Su ciclo de vida y reciclabilidad.

Lo anterior se le vincula con un sistema de abastecimiento de agua potable, aparecen algunas alternativas iniciales para el aumento de la oferta hídrica en el orden local que toman a la vivienda como componente principal. En ese sentido, la Comisión Nacional de Fomento de la Vivienda incluye en su guía de uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales a la captación pluvial como una alternativa válida de abastecimiento de agua en la vivienda. Un sistema de captación de agua de lluvia abarca rasgos mínimos como los siguientes (Conafovi, 2005):

1. Una superficie de captación, la cual se conforma por las cubiertas de las edificaciones de las áreas aledañas; la permeabilidad de ambas puede ser variable, dando lugar a soluciones asociadas como cubiertas verdes, jardines de lluvia, espejos de agua y trincheras verdes para infiltración superficial.
2. Dispositivos de recolección y conducción del agua, constan de un sistema de canaletas o bajantes asociados a una red de ramales y conducen el agua hacia los depósitos de almacenamiento o hacia los dispositivos de infiltración. Es deseable que en las bocas de los bajantes de la azotea se disponga de dispositivos que faciliten el flujo de agua hacia la red de conducción, para que sirvan como primer filtro de sólidos suspendidos.
3. Un dispositivo interceptor de primeras aguas provenientes del lavado del techo durante el inicio del temporal de lluvias, con un segundo filtro de sólidos suspendidos.

4. Un dispositivo de almacenamiento de agua de lluvia, a la intemperie, como un tanque de ferrocemento o un tanque de almacenamiento subterráneo de polietileno de alta densidad, que sea impermeable y de superficie lisa en su interior, con una escotilla de entrada que facilite su limpieza y un sistema de bombeo y drenaje para su limpieza y mantenimiento.
5. Una estrategia de uso de agua, la cual definirá el sistema de aprovechamiento dentro de la vivienda o en el paisaje y, en su caso, de purificación del agua recolectada para el consumo humano; todo esto apoyado en la disponibilidad de información y de equipos de control de la calidad del agua.

MÉTODO

El objeto de estudio de la presente investigación refiere a la relación mediada del habitante con su medio a través de la arquitectura, específicamente en la variable hídrica, vinculando la satisfacción de las necesidades básicas del ser con la integridad de su medio. Para cumplir el objetivo de diseñar dispositivos alternativos de captación pluvial dentro de la arquitectura, se comenzó por delimitar una zona de estudio. Se seleccionó un caso de estudio que permite situar el proceso de diseño arquitectónico y relacionarlo con variables del sistema ambiental y social, con base en el incremento demográfico presentado en el año 2022, la demanda de vivienda y, por tanto, la demanda de recursos, se seleccionó la región centro de Jalisco. Posteriormente se realizó un análisis arquitectónico con base en las dimensiones demarcadas por Norberg Schulz (2003) y Bruno Stagno (1997): i) ideas de espacio, ii) recursos materiales, y iii) adecuación al medio ambiente. Se culmina con un proceso de diseño modular de elementos de arquitectura pasiva con base en un enfoque sistémico que relaciona al diseño con las variables físicas y medioambientales.

VIVIENDA Y CAPTACIÓN PLUVIAL EN LA REGIÓN CENTRO DE JALISCO

La vivienda es un derecho social legalmente regulado en el Artículo 4 constitucional y el artículo 2 de la ley de vivienda, dentro de los cuales se consideran las condiciones óptimas de habitabilidad, salubridad, servicios básicos, prevención de desastres, protección física ante elementos naturales. La vivienda, además de arraigar tradiciones, permite la construcción de comunidades, generando redes de ayuda o gestión, y es un indicador básico del bienestar de la población. Permite la creación de oportunidades de negocio, y dentro del ámbito urbano representa el uso de suelo más abundante de la ciudad (Roux y Barrios, 2011).

En los últimos años, Guadalajara ha presentado un incremento poblacional considerable, generando un incremento en la demanda de vivienda y, por lo tanto, de recursos. El estado se enfrenta a una necesidad estimada de hasta 533,349 unidades, lo que representa el retraso en la proyección de 2012 (SPAF, 2008b), justo antes de 2008, se creía que Jalisco enfrentaría una demanda de entre 20,000 y 40,000 unidades (CIDOC-FDH, 2008). Los especialistas de la Universidad de Guadalajara advierten que para hablar de la calidad del agua en la Zona Metropolitana de Guadalajara hay que abordar el tema desde tres perspectivas: el tratamiento que le damos al agua que llega de Chapala –principal proveedor del vital líquido para la población–, la que se encuentra en los mantos freáticos y el agua que desecha la urbe, cuyo común denominador es la falta de infraestructura y voluntad para su tratamiento y carencia de una participación social activa para su mejor aprovechamiento (Soler, 2000).

El uso de agua pluvial autosuficiente en la vivienda no solo desahogaría la demanda centralizada que existe, sino que redundaría en un ahorro de energía y un mejor control del elemento, ya que se considera que aproximadamente un 13 % de las pérdidas físicas se dan en el trayecto de abastecimiento a los centros habitacionales por debajo de la tierra (Vale, 1981), y hasta un 60 % en instalaciones individuales (CONAFOVI, 2007).

El entorno del proyecto está situado en el desarrollo de sistemas de captación de agua pluvial aplicable a vivienda de interés social en la Región Centro de Jalisco, del desarrollo de prototipos de los módulos componentes del sistema y de la definición de potencial de aplicación de los prototipos de almacenamiento en la estructura y el mobiliario, tanto en la unidad como a nivel de mobiliario urbano. El caso de estudio está referido a un nuevo desarrollo de vivienda de interés social, que promueve una desarrolladora pequeña de vivienda (Armonía y Orden en la Vivienda S. A. de C. V.). El municipio elegido fue El Salto, Jalisco, en el cual se sitúa en la actualidad la construcción del área habitacional.

ESTUDIO DE LA PROPUESTA ARQUITECTÓNICA

Desde un punto de vista arquitectónico, las principales condicionantes para el desarrollo del sistema son las siguientes: 1. Evitar en la medida de lo posible modificaciones en el sistema estructural, limitando el movimiento del suelo en las plataformas que sostienen las bases (limitante para la implantación de una cisterna subterránea para el sistema de almacenamiento); 2. Buscar una variedad de usos, además del asignado para el almacenamiento de agua de lluvia, al contenedor; 3. Por último, que el sistema tenga un requerimiento de energía mínimo, evitando la necesidad de desplazamiento forzado que exija de energía eléctrica.

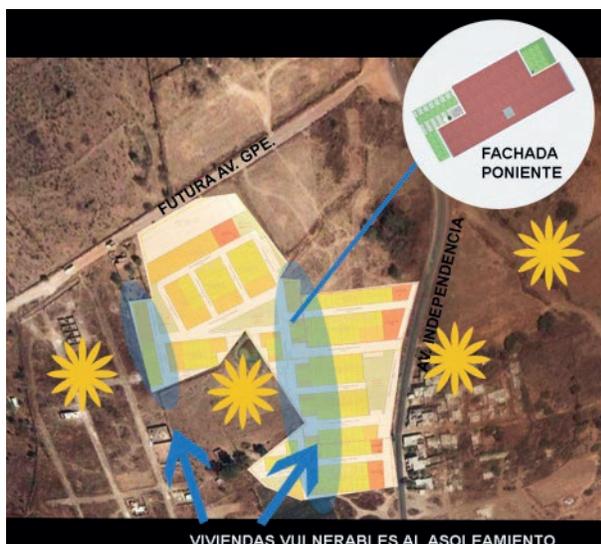
Teniendo en cuenta las limitaciones, se realizó un análisis de contexto inmediato de la vivienda, seguido por uno espacial, funcional y constructivo. Uno de los principales problemas que emergieron fue la ubicación para el tanque de almacenamiento, que condiciona espacial y geoméricamente el o los espacios dentro de la vivienda donde se ubicará, ya que estos presentan dimensiones mínimas, además de la modificación de las instalaciones hidráulicas planteadas por el sistema.

Primeras ideas derivadas del análisis del contexto inmediato

Del análisis de orientación de partida se desprende que algunas manzanas presentan orientaciones desventajosas en términos de asoleamiento (figura 1), lo que sugiere el desarrollo de una implementación del sistema asociado a muros verdes adosados a la fachada de la vivienda. La hipótesis presumía que podía desarrollarse un producto que protegiera a la vivienda de la orientación poniente, al tiempo de que podrían tener la particularidad de ser asimismo muros divisorios, que contribuirán a la mejora de la imagen urbana del fraccionamiento.

FIGURA 1

Viviendas con problemas de asoleamiento de acuerdo con el primer análisis de proyecto urbano



Fuente: Elaboración propia a partir de edición en Google Earth.

El primer acercamiento a la vivienda se propuso a partir del análisis espacial de la vivienda y de su programa arquitectónico, llegándose a la conclusión de que son cuatro los posibles espacios con mayor potencialidad para recibir al sistema de captación de agua de lluvia. El enfoque metodológico fue analizar la disposición y geometría de cada dependencia de la vivienda mediante las plantas arquitectónicas y detectar las áreas donde podría implantarse el sistema, tratando, por

un lado, de no afectar las circulaciones al interior del espacio, minimizar los trayectos y conexiones de la red hidráulica del sistema de captación, y constituirse en elementos de mobiliario adicionales que se integren a la función inicial con que se proyectó el espacio.

Para el análisis, los espacios quedaron divididos en dos grupos:

- En el interior de la vivienda: sala, comedor, cocina, pasillo, dormitorios y baño compartido.
- Fuera de la vivienda: patio, jardín delantero y estacionamientos.

Los criterios que guiaron el análisis fueron:

- Que el sistema puede utilizarse tanto como mobiliario exterior como interior, por lo que debería ser resistente al sol y efectos del clima.
- Deberá tenerse cuidado en las conexiones y uniones para impedir fugas que afecten los espacios interiores.
- Si se restara el espacio que ocuparía el sistema de captación no se afectaría su funcionalidad, quedando un espacio mínimo óptimo para las actividades que en él se efectuarán.

Propuestas para implantación en espacios interiores

Baño

Se propone la implementación de un tanque de almacenamiento de adosado en la parte inferior del lavabo (figura 2), que adicionalmente capte las aguas grises de este. Los principales rasgos de esta implantación consisten en que el agua captada pueda ser utilizada en el inodoro, dada su fácil vinculación, lo cual nos permitirá ahorrar en la instalación hidráulica, el bajante que conducirá el agua captada bajaría directamente por el muro hasta el tanque, para su llenado; adicionalmente, se contemplan a las instalaciones ahogadas en el muro.

Cocina

En este espacio se propone la implementación de un pretil contenedor, que nos permita alma-

cenar el agua pluvial (figura 2). El sistema sería el implementado en la base del lavabo del baño, bajante desde la azotea (área captadora) hasta el pretil contenedor, para de ahí distribuirlo a los diferentes usos mediante una instalación que pueda contenerse dentro del muro.

Los usos del agua captada podrían estar vinculados con lavado de ropa, lavado de auto, riego de jardín, lavado de trastes y cocina (si se implementa un filtro).

Propuestas para implantación en espacios exteriores

Patio trasero

Este espacio se propone por la disponibilidad espacial disponible (figura 2), donde el agua acumulada podría ser utilizada para el lavado de ropa y limpieza de pisos. Por otra parte, la distancia al baño le permitiría la implementación de una instalación que alimentaría el inodoro.

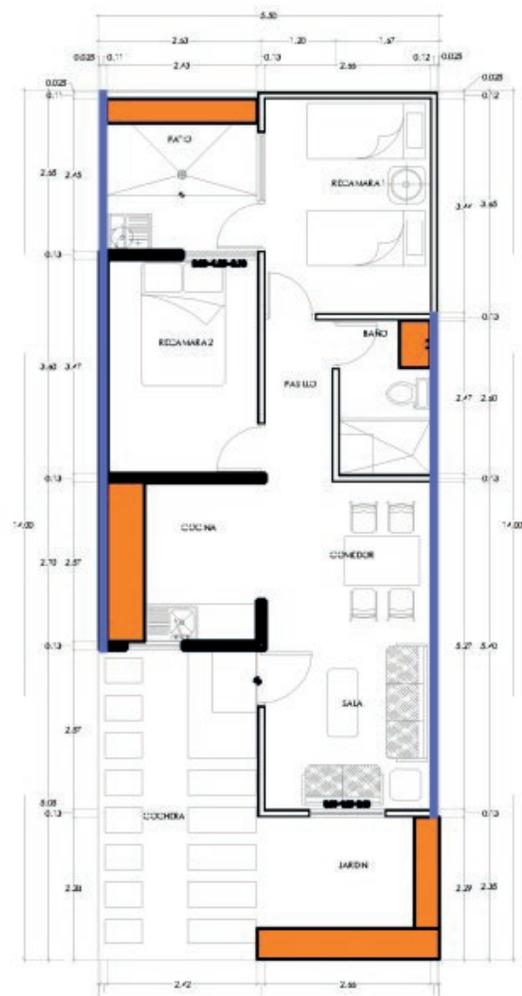
Jardín Frontal

Al igual que en el patio trasero, podría haber un conjunto de muros verdes con contenedores escalonados que permitan el almacenamiento y distribución del agua, estos muros también se convierten en parte de la fachada, aumentando el impacto en la propuesta actual. Eventualmente, sería deseable que se utilizaran como elemento para protección de la luz solar o bien utilizarlos como base para una jardinera (figura 3).

En cuanto a la elección del desarrollo al mismo tiempo de un sistema de muros verde, hay ciertos criterios de diseño relacionados con su estructura escalonada, que permite que por gravedad el agua tenga la suficiente presión para su distribución; habría tres piezas interconectadas con tamaños distintos, todas desmontables para facilitar su transporte e implementación (figura 4).

FIGURA 2

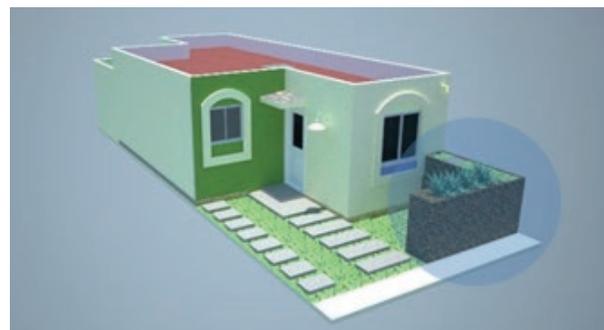
Determinación de áreas potenciales de ubicación del sistema



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 3

Primer acercamiento de implantación en el jardín frontal



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 4

Acercamiento conceptual del sistema de captación asociado con su implantación como muro verde o jardinera en jardín frontal



Fuente: Elaboración propia.

Primeras ideas y bocetos para el diseño del tanque de almacenamiento

El análisis espacial deja en claro que el diseño de los contenedores, la conexión a fuentes de abastecimiento, la determinación de los usos y las funciones alternativas del sistema deben convertirse en los principales ejes de trabajo a nivel arquitectónico.

Algunas de las hipótesis más promisorias en este sentido se relacionan con la posibilidad del desarrollo de muros móviles que puedan almacenar agua de lluvia y que conformarán módulos que se unen entre sí (figura 5).

FIGURA 5

Primeras ideas de desarrollo de contenedores



Fuente: Elaboración propia.

Entre las ideas que se exploraron se propuso diseñar una escalera de dos piezas para almacenar agua pluvial en el patio de servicios, se abastecerá mediante la gárgola que desemboca en dicho espacio (figura 6).

FIGURA 6

Primeras ideas, desarrollo de una escalinata para el patio de servicio



Fuente: Elaboración propia.

Las figuras 7-11 muestran diferentes diseños iniciales de esquemas modulares que se podrían utilizar en el producto final.

FIGURA 7

Primeras ideas, desarrollo de esquema modular para aplicaciones de mobiliario



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 8

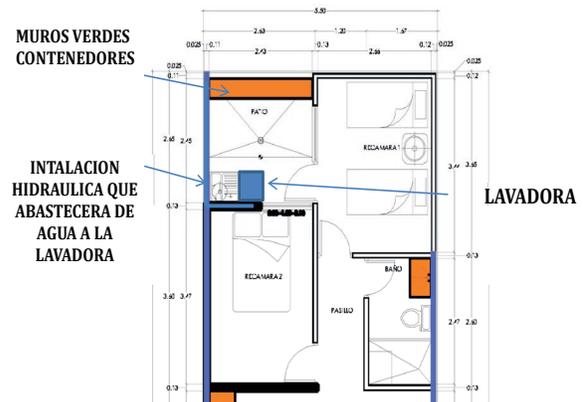
Primeras ideas, desarrollo de esquema modular como muro divisorio en jardín frontal



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 9

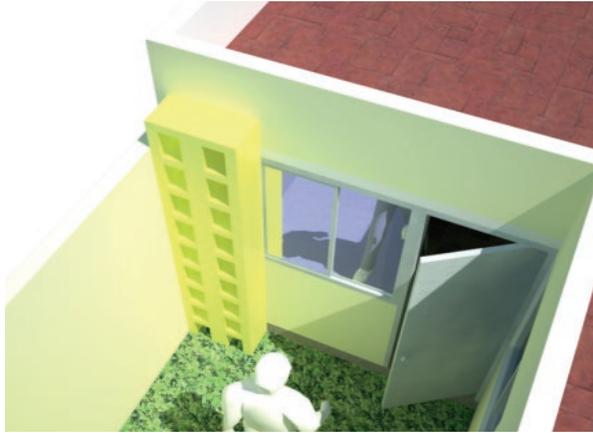
Primeras ideas, desarrollo de esquema modular como muro divisorio o escalera en patio posterior



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 10

Primeras ideas, desarrollo de esquema modular como segunda opción de escalera en patio posterior



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 11

Primeras ideas, desarrollo de esquema modular como mampara divisoria en interiores



Fuente: Elaboración propia.

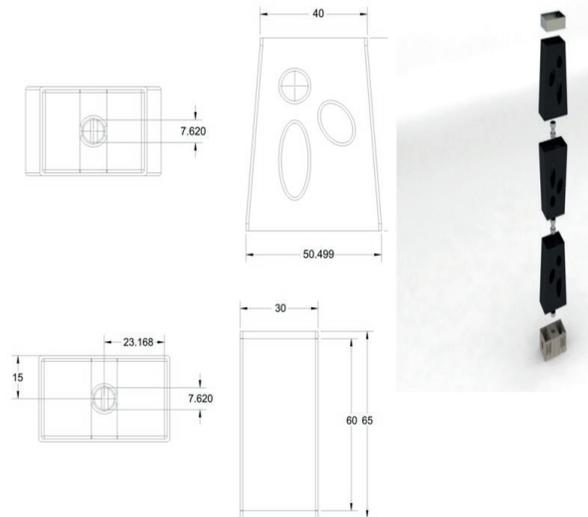
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

PROPUESTA DEFINITIVA DEL MÓDULO DE ALMACENAMIENTO Y APLICACIONES EN LA VIVIENDA

El módulo de almacenamiento parte de un prisma rectangular, el cual es modificado formalmente a través de sustracciones al prisma con formas orgánicas (figura 12).

FIGURA 12

Descripción geométrica general del módulo de almacenamiento, medidas en cm



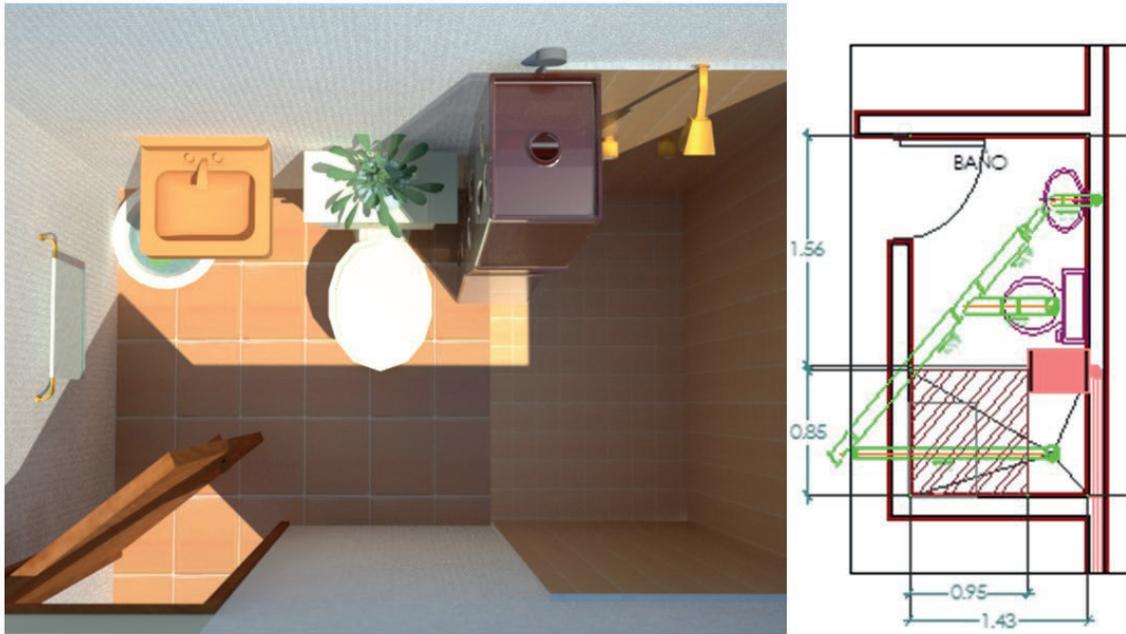
Fuente: Elaboración propia.

BAÑO

La colocación espacial del sistema de almacenamiento dentro del baño permite la delimitación de dos zonas dentro de este. Tres módulos colocados en forma de canto conforman un elemento vertical, que por un lado atiende a funciones de captación de agua de lluvia, además de servir para el almacenamiento de agua pluvial y ser utilizado como mobiliario para la colocación de toallas o artículos de uso personal (figuras 13-14). El dispositivo no interfiere con la función espacial, ya que se prevé que su colocación permita la conservación de las medidas espaciales necesarias para el desarrollo de las actividades que ahí se realizan. Los flujos de circulación quedan libres de cualquier obstáculo; adicionalmente, el dispositivo, al encontrarse vinculado cerca del inodoro, nos permite disminuir considerablemente metros lineales de tubería para ser conectado para alimentar a este, atendiendo además a la mejora estética del espacio por su diseño.

FIGURA 13

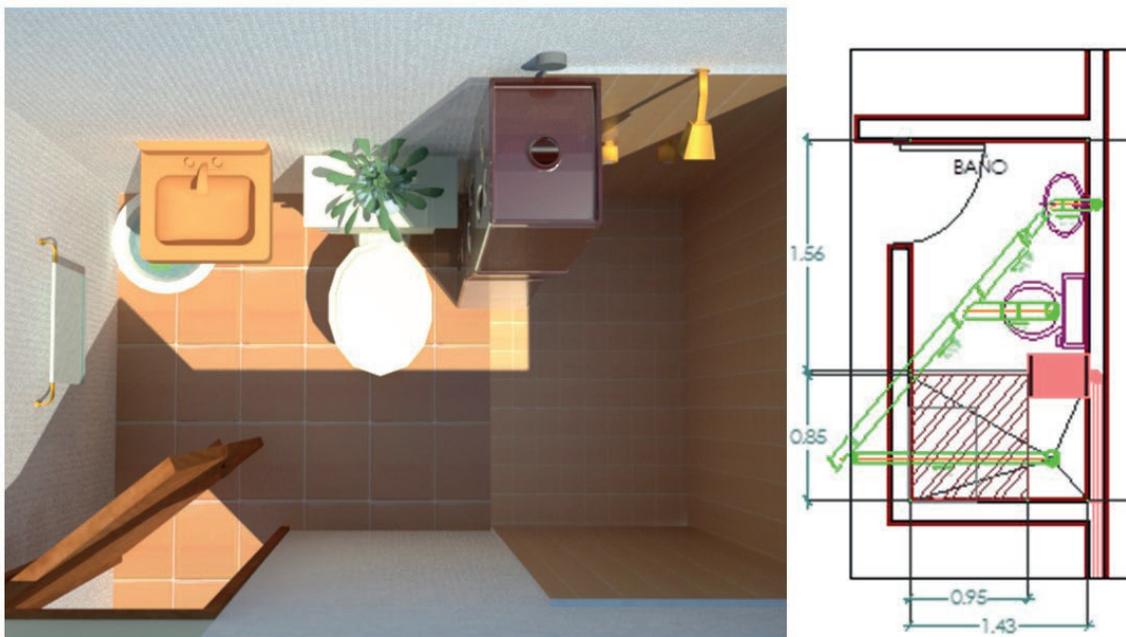
Vista en planta del módulo de almacenamiento



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 14

Vista lateral del módulo de almacenamiento



Fuente: Elaboración propia.

PATIOS

En el caso del jardín frontal se prevé el apilamiento en canto de los módulos interconectados para la formación de un muro divisorio que mejore la estética de la fachada principal de la vivienda y que eventualmente contribuya a la protección del asoleamiento que en algunos casos pueda presentarse (figura 15). La magnitud de la contribución a la protección del asoleamiento queda como una tarea pendiente de investigación para proyectos futuros, dado lo promisorio del tema (figura 16).

FIGURA 15

Esquema de la altura del dispositivo de almacenamiento incluyendo escala humana en jardín frontal



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 16

Esquema de la altura del dispositivo de almacenamiento incluyendo escala humana en patio posterior



Fuente: Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS Y ESCENARIOS DE IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN RESPECTO A LAS INSTALACIONES HIDRÁULICAS DE LA VIVIENDA

El sistema contempla dispositivos de primeras lluvias, de captura de sólidos, de conducción, almacenamiento y salida. A partir del análisis de implantación del sistema de captación, y específicamente su componente más problemático, el dispositivo de almacenamiento, se definieron tres lugares para emplazarlo, en este caso el patio posterior, el jardín frontal y el baño. Los dos primeros lugares son candidatos naturales debido al espacio disponible, la facilidad de dirigir el agua almacenada para usos prioritarios como el lavado y riego de jardines, y debido a la contribución del sistema a la configuración espacial exterior, por su uso como accesorios y elementos de división. Ambos espacios también requieren solo la adaptación de los bajantes y las gárgolas, sin la introducción de tuberías especiales o adaptaciones adicionales para los sistemas hidráulicos existentes previstos en el proyecto inicial, se hace una descripción general de los componentes en la figura 17.

El cuarto de baño es pertinente debido a la cercanía del inodoro, estableciendo al sistema en su fuente de abastecimiento principal durante la época de lluvias. Se hace presente la desventaja de requerir adaptaciones adicionales a los sistemas hidráulicos, tales como tubos y conexiones, así como la modificación de las paredes para su configuración correcta.

PROPUESTA FINAL

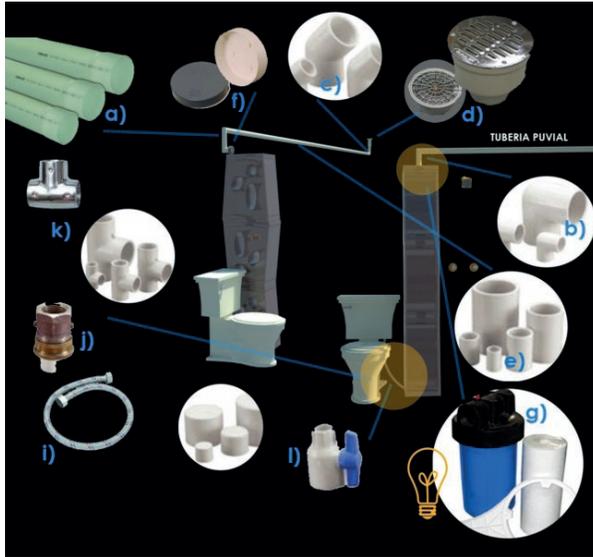
La primera estrategia de la propuesta final es cambiar las pendientes de la azotea para favorecer el suministro del sistema. Por otro lado, cada espacio en el que el dispositivo se va a colocar tiene una capacidad de captura diferente, y debido a consideraciones espaciales solo un cierto número de tanques de almacenamiento puede ser colocado.

En el cuarto de baño es posible colocar tres módulos de almacenamiento, que no generan más de 234 litros, ya que cada módulo tiene capacidad para 78 litros de agua de lluvia.

Estos tres módulos y el dispositivo han de ser colocados entre el inodoro y la regadera, teniendo una función alterna de anaquel.

FIGURA 17

Esquema de piezas, conexiones y uniones del sistema



Nomenclatura

- a) Tubería de PVC 2"
- b) Codo de 90° PVC 2"
- c) Codo de 45° PVC de 2"
- d) Coladera universal con unión de
- e) Cople de 2"
- f) Prensa de 2"
- g) Filtro de carbón activado (aún por definir)
- h) Tubería o conexión
- i) Manguera de acero inoxidable de 55 cm
- j) Unión transición
- k) "T"
- l) Válvula globo

Fuente: Elaboración propia.

El dispositivo que se coloca en el baño se compone de las partes siguientes: tres módulos de almacenamiento, un soporte de pared vertical, una caja de base, tres separadores, base de malla filtro, malla filtro, tapadera, tres abrazaderas.

Otra propuesta es utilizar un lavabo formado por los módulos almacenadores, para aumentar la capacidad de almacenamiento del baño, y que podría ser utilizado como una alternativa para almacenar y reutilizar las aguas grises del lavabo.

Las etapas constructivas para la habilitación del sistema de captación en el baño son las siguientes:

- a. Se habilita un firme de concreto de 30 cm x 50 cm x 10 cm de espesor que nos permita tener nivelado el dispositivo.
- b. Se habilita y coloca el soporte vertical, anclándolo al muro por medio de tornillos y pijas, para que se mantenga firme.
- c. Se coloca sobre el firme la base del dispositivo, para poder apilar los módulos almacenadores.
- d. Se coloca la base que contiene el filtro y soportará la tapadera final.
- e. El armado culmina con la colocación de la tapadera del dispositivo.

Las figuras 18 y 19 describen cómo podría implantarse en el baño el contenedor.

FIGURA 18

Implantación final del sistema de captación en el baño considerando el dispositivo del lavabo



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 19

Implantación final del sistema de captación en el baño sin considerar el dispositivo del lavabo



Fuente: Elaboración propia.

En lo que respecta a la función del dispositivo como divisiones, los módulos de almacenamiento se colocan uno encima del otro, lo que permite la formación de un muro, cuyas dimensiones pueden variar dependiendo de las necesidades del usuario. Una alternativa se presenta en el patio trasero, donde se ha propuesto la colocación de nueve módulos que, además de almacenar el agua de lluvia, forman una pared divisoria.

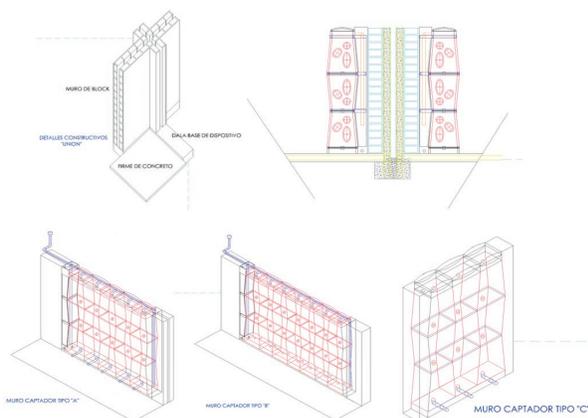
Las líneas de alimentación para el sistema deben incluir una coladera ahogada en la losa que tendrá la función de filtro de sólidos en la azotea, unida a un tubo de PVC de dos pulgadas que conducirá el agua hasta el dispositivo. En caso de exceso, este se controla mediante una tubería de cuatro pulgadas de ancho, que lo llevaría a la alcantarilla principal, que a su vez es conducido debajo de la calle a los tanques de almacenamiento ubicados en las zonas verdes públicas.

Antes de la unión de la tubería exterior con la profunda será necesaria la colocación de una válvula y una salida, que nos permita el desalojo de las primeras lluvias hacia el drenaje.

Para el funcionamiento adecuado del sistema como una pared divisoria es necesaria la implementación de cierto número de módulos captadores, dependiendo de la dimensión de estos, es por eso que tenemos tres tipos de muros divisorios. En las figuras 20 y 21 se exponen los diferentes muros propuestos y algunos detalles constructivos a nivel conceptual para su habilitación.

FIGURA 20

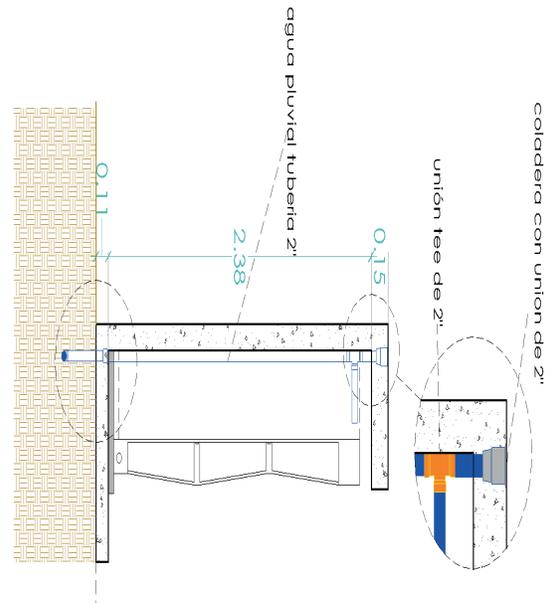
Esquema de implantación de dispositivo de anclaje para el sistema de captación en patio posterior



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 21

Detalles de unión propuestos



Fuente: Elaboración propia.

Las figuras 22 y 23 describen en general los resultados de la implantación como parte de un sistema divisorio en el patio posterior, además de exponer la lógica de captación y de alimentación del sistema para las áreas frontal y posterior de la vivienda.

FIGURA 22

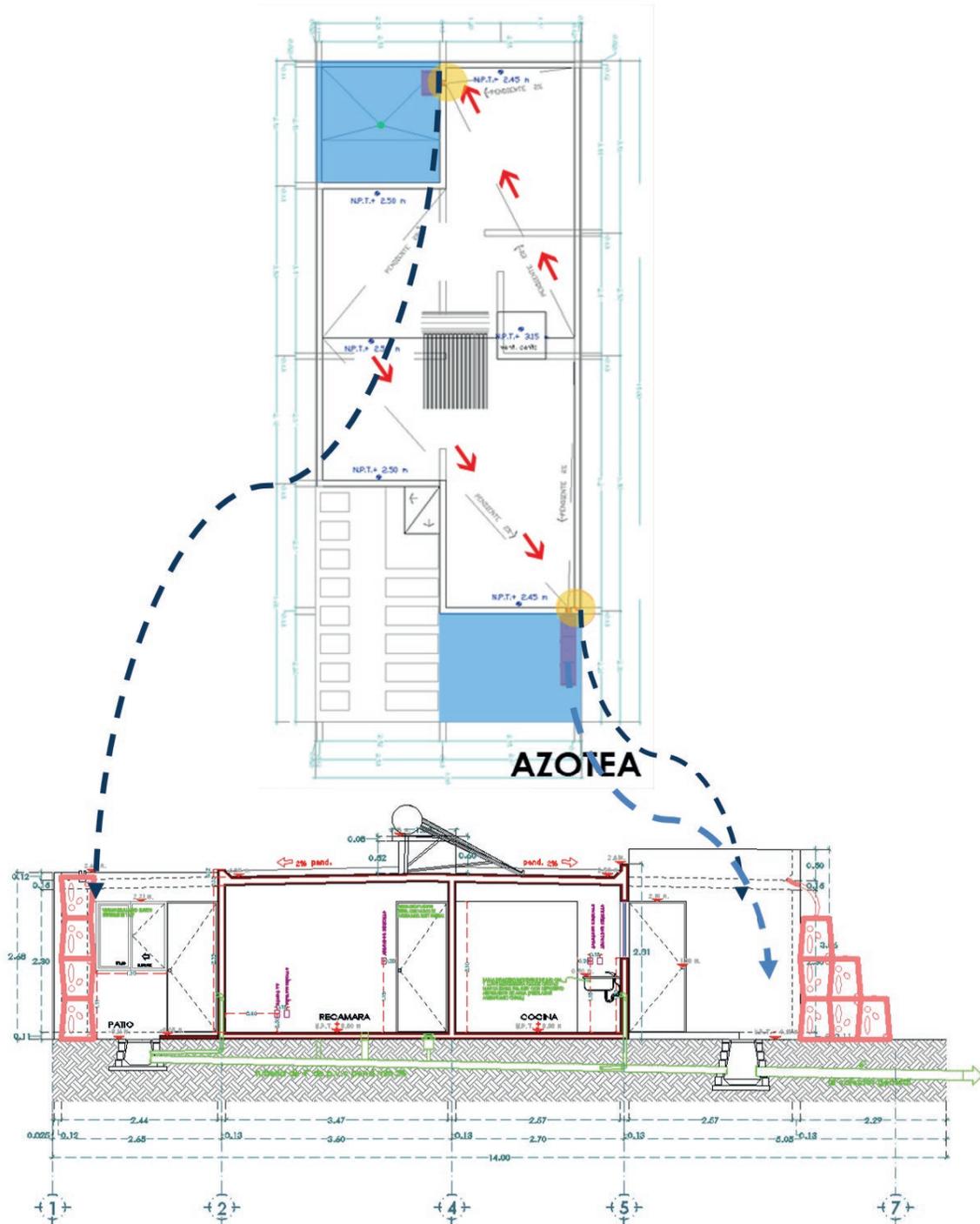
Esquema de implantación del sistema de captación en patio posterior, incluyendo mobiliario y vegetación



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 23

Esquema de conducción de agua de lluvia por las pendientes de la azotea para alimentación de jardín frontal y patio posterior



Fuente: Elaboración propia.



POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO Y DISEÑO A NIVEL DOMÉSTICO

Mediante este apartado se llevará a cabo el estudio de las dos propuestas de captación de aguas pluviales que se han ideado para instalarse en las casas-habitación del fraccionamiento Nueva Vizcaya. Para cada análisis, se iniciará primero describiendo las condiciones de la vivienda, después se aplicará la metodología de demanda y oferta, propuesta por la Universidad de Warwick, pasando después a una propuesta de captación en módulos contenedores. Por último, se dimensionarán los bajantes de aguas pluviales.

El autor considera de suma importancia que el lector conozca primeramente sobre la alternativa de captación que se propone en esta investigación, la cual plantea que el agua de lluvia no sea captada en cisternas convencionales, sino en un sistema modular de capas formado por pequeños módulos contenedores de polietileno de alta densidad, que estarán interconectados entre sí. Este nuevo concepto de contenedores que cuentan con una capacidad de 78 litros cada uno, permite aprovechar en mayor medida el espacio de la casa-habitación.

Es necesario llevar a cabo un análisis de las características de la casa a construir. El análisis incluye el área de captura, la eficiencia de esta, número de habitantes, la cantidad de agua del grifo que requieren para sus actividades, y la aplicación del método de la alimentación y la demanda para su caso específico.

El área elegida en los hogares para la recogida de agua de lluvia es la azotea, ya que suele ser el lugar más convencional. El tejado está formado por una losa de concreto cubierto por una capa de recubrimiento resistente al agua. Cabe señalar que la información que se ha presentado sobre estos materiales ha sido proporcionada por la empresa desarrolladora y, por lo tanto, son confiables.

Para determinar la eficiencia de la captura de un área, en este caso una azotea construida de concreto, se tomó como dato medio el de 0.7, es decir, el valor promedio que podría recolectar este tipo de material.

Esta azotea tiene una superficie de 46.15 m², dividida para nuestros propósitos en dos partes. La primera de ellas, perteneciente al patio frontal, tiene una superficie de 22.91 m², mientras que el segundo, que corresponde a la zona que alimentará a los recipientes colocados en el baño, tiene los restantes 23.24 m².

La vivienda analizada es una vivienda de interés social, con un suministro de agua potable de 150 litros/habitante/día. El número de habitantes por hogar es determinado de acuerdo a la metodología de Becerril (s/f), que especifica lo siguiente:

$$\text{Número de habitantes} = (\text{Número de habitaciones} \times 2) + 1$$
$$\text{Número de habitantes} = (2 \times 2) + 1 = 5$$

Para poder aplicar el método de la demanda primeramente ordenaremos los datos correspondientes:

Datos:

- Dotación (C) = 150 litros/habitante/día.
- Número de habitantes en la casa (n) = 5.
- Periodo que cubrir = 365 días.

De acuerdo con el método de demanda se obtendrá primeramente el consumo anual, que para este caso será también el volumen del contenedor que se necesitará.

$$\text{Consumo anual} = C \times n \times 365 = 150 \text{ lts/hab/día} \times 5 \text{ hab} \times 365 \text{ días}$$
$$\text{Consumo anual} = 273,750 \text{ lts/año} = 273.75 \text{ m}^3/\text{año}$$

La construcción de un tanque contenedor con capacidad de 273.75 m³ no es nada viable, sin embargo, ese dato nos da una idea de toda el agua de lluvia que necesitaríamos captar en un año para poder cubrir al cien por ciento todas las actividades domésticas de una vivienda de interés social.

A diferencia del método de demanda, el método de la oferta se basa en la cantidad de agua de lluvia que se puede captar, por lo que la precipitación anual será fundamental para este cálculo.

Datos:

- Área total de captura = 46.15 m².
- Coeficiente de eficiencia = 0.7.
- Precipitación media anual = 836.3 mm/año.

Disponibilidad de agua al año = $46.15 \text{ m}^2 \times 0.7 \times 836.3 \text{ mm/año} = 27.016 \text{ m}^3/\text{año}$

Disponibilidad de agua diaria = $27.016 \text{ m}^3/365 \text{ días} = 0.074 \text{ m}^3/\text{día}$

De acuerdo con este cálculo, el agua de lluvia que estará disponible de manera diaria una vez captada será de $0.074 \text{ m}^3/\text{día}$, o bien 74 litros/día, aunque es una cantidad pequeña el lector no debe olvidar que estamos hablando de que esos 74 litros estarán disponibles todo el año si así se decidiera. Se tiende a pensar que el agua de lluvia debe utilizarse para fines específicos, pues no suplirá al cien por ciento al agua potable en todas las actividades domésticas, sin embargo, sí minimizará el uso de esta última en alguna o algunas actividades en particular.

REFERENCIAS

- Becerril, H. (s/f). *Datos básicos de instalaciones hidráulicas y sanitarias*. 8.ª ed. Ciudad de México: E. S. I. A.
- Calkins, M. (2012). *The sustainable sites handbook: A complete guide to the principles, strategies and best practices for sustainable landscapes*. Hoboken, New Jersey: John Wiley and Sons, Inc.
- Campos, F. & Yáva, P. (2007). Lugar, vivienda y urbanidad. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 41-52.
- CIDOC-FDH, F. (2008). *El estado actual de la vivienda en México 2008*. Centro de Investigación y Documentación de la Casa AC y Sociedad Hipotecaria Federal. p. 44.
- Cisneros, J.; Galizia Tundisi, B. & Galizia Tundisi, J. (2012). Diagnóstico del agua en las Américas. Red Interamericana de Academias de Ciencias. Foro Consultivo Científico y Tecnológico. Recuperado el 19 de noviembre de 2012, de: http://www.foroconsultivo.org.mx/libros_editados/agua_2012/diagnostico_del_agua_en_las_americas.pdf
- CONAFOVI (2007). Manual del uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales. Comisión Nacional de Fomento de la Vivienda, México, Gobierno Nacional.
- CONAVI (2008). Programa Nacional de Vivienda 2007-2012: hacia un desarrollo habitacional sustentable. Versión Ejecutiva. Ciudad de México: Comisión Nacional de Vivienda.
- Dorner, Z.; Brent, D. A. & Leroux, A. (2016). Preferences for Intrinsically Risky Attributes. Discussion Paper 32/16. Australia: Monash Business School, Department of Economics.
- FAO (s/f). Recuperado el 2 de diciembre de 2012, de <http://www.fao.org>
- Frampton, K. (2006). Hacia un regionalismo crítico: Seis puntos para una arquitectura de resistencia. En H. Foster, *La posmodernidad* (pp. 37-59). Barcelona: Kairos.
- Fuentes, F. (2004). *Clima y Arquitectura*. México: UAM.
- Gazmuri, P. (2012). Familia y habitabilidad en la vivienda. Aproximaciones metodológicas para su estudio desde una perspectiva sociológica. *Arquitectura y Urbanismo*, vol. XXXIV, 32-47.
- Gleason, J. A.; Acosta, M. & Peregrina A. A. (2010). Importancia de los aspectos hidrológicos en la planeación urbana. *Auge21. Revista de Difusión Científica*, 5(1), 153-166.
- Gleason Espíndola, J. A. (2014). *Sistemas de agua sustentables en las ciudades*. México D. F.: Editorial Trillas.
- Iglesia, R. (1999). *Vivir y habitar*. Buenos Aires: Rest.
- IPROVIPE (s/f). Inmobiliaria y Promotora de Vivienda de Interés Público. Recuperado el 15 de diciembre de 2012, de <http://www1.jalisco.gob.mx/wps/portal/iprovipe>
- Leduc, W. & Van Kann, F. (2013). Spatial planning based on urban energy harvesting toward productive urban regions. *Journal of Cleaner Production*, 39, 180-190.
- Li, J. Q.; Wang, W. L. & Che, W. (2010). Studies and practices of urban rainwater harvest and runoff pollution control in Beijing. En Hao, X.; Novotny, V. & Nelson, V (eds.), *Water infrastructure for sustainable communities, China and the World* (pp. 23-34). Londres: IWA Publishing.
- Marsalek, J.; Cisneros, B. J.; Karamouz, M.; Malmquist, P. A.; Goldenfum, J. A. & Chocat, B. (2007). *Urban water cycle processes and interactions: Urban Water Series-UNESCO-IHP Vol. 2*. Taylor & Francis.
- Mercado, S. D. (2004). Algunos factores físicos y psicológicos relacionados con la habitabilidad interna de la vivienda. *Medio Ambiente y Comportamiento Humano*, 89-113.
- McPherson, M. B. & Schneider, W. J. (1974). Problems in modeling urban watersheds. *Water Resources Research*, 10(3), 434-440.
- Nouvel, J. (2001). *Los objetos singulares. Arquitectura y Filosofía*. Buenos Aires: Fondo de la Cultura Económica.

- Ocampo, R. & Ocampo, J. (2008). *Proyecto urbano rural de captación, canalización y reutilización de las aguas pluviales como medio alternativo para su abastecimiento en viviendas y condominios*. Monterrey, N. L.: CEP-UANL.
- Orozco, E. (2008). Notas sobre materiales, técnicas y sistemas constructivos. *Tecnología y Construcción*, 9-18.
- Parkinson, J. & Mark, O. (2005). *Urban stormwater management in developing countries*. Londres: IWA Publishing.
- Rapoport, A. (2003). *Cultura, Arquitectura y Diseño*. Barcelona: Arquitectonics.
- Roehr, D. & Fassman-Beck, E. (2015). *Living roofs in integrated urban water systems*. Nueva York, EE. UU.: Routledge.
- Roux, R. S. & Barrios, D. M. (2011). *Manual Normativo para el desarrollo de vivienda sustentable de interés social en México*. Matamoros, Tamaulipas: Universidad Autónoma de Tamaulipas.
- SAGARPA (2008). *Sistemas de Almacenamiento de agua en el hogar. Proyecto Estratégico para la Seguridad Alimentaria*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- SPAF (2008a). Plan Regional de Desarrollo 2030 Región 12 Centro. Guadalajara, Jalisco. Secretaría de Planeación Administración y Finanzas. p. 68.
- (2008b). Plan Estatal de Desarrollo Jalisco 2030. Guadalajara, Jalisco. Secretaría de Planeación Administración y Finanzas. p. 183.
- Schmidt, M. (2009). Rainwater harvesting for mitigating local and global warming. En Fifth Urban Research Symposium, 26, 28.6.09.
- Schulz, C. N. (2008). *Intenciones en arquitectura*. Gustavo Gili.
- Solà-Morales Rubio, I. (2004). *Introducción a la arquitectura. Conceptos fundamentales*. Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politécnica.
- Soler, A. (2000). Agua que no has de beber!... La calidad del agua en Guadalajara. *Gaceta Universitaria*. Guadalajara, Jalisco: Universidad de Guadalajara.
- Stagno (1997). *Arquitectura para una latitud*. México: MANHIR.
- Stagno, B. (1992). *Arquitectura y Sincretismo Ambiental. Pensamiento Centroamericano*.
- Switch (2010). *Gestión integral del agua urbana para la ciudad del futuro*, Manual 4.
- United Nations Environment Programme, Delft University of Technology, Environment Management Centre (2008). Every Drop Counts. Environmentally Sound Technologies^[1] for Urban and Domestic Water Use Efficiency. Osaka, Japón: Division of Technology, Industry and Economics UNEP - International Environmental Technology Centre.
- Waite, M. (2010). *Sustainable water resources in the built environment*. Londres: IWA Publishing.
- White, I. (2010). *Water and the city: Risk, resilience and planning for a sustainable future*. Nueva York, N. Y.: Routledge.
- Wong, T. H. F.; Allen, R.; Brown, R. R.; Deletic, A.; Gangadharan, L.; Gernjak, W.; Jakob, C.; Johnstone, P.; Reeder, M.; Tapper, N.; Vietz, G. & Walsh, C. J. (2013). *Blueprint2013 -Stormwater Management in a Water Sensitive City*. Melbourne, Australia: Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities Ltd.

Validación del rendimiento térmico en invierno del modelo de una vivienda de interés social

Validation of thermal performance during winter season in a low-income housing model

DOI: 10.32870/rvcs.v0i15.253

GABRIELA BACELIS

Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID:
Correo electrónico: gbacelis@uabc.edu.mx

KAREN ESTRELLA MARTÍNEZ TORRES

Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID: 0000-0002-6744-8622
Correo electrónico: karen.martinez24@uabc.edu.mx

RAÚL PAVEL RUÍZ TORRES

Universidad Autónoma de Chiapas. ORCID: 0000-0001-5707-0411
Correo electrónico: raul.ruiz@unach.mx

Recepción: 5 de mayo de 2023. Aceptación: 5 de octubre de 2023.

RESUMEN

La demanda de vivienda en México promueve la producción en serie a partir del uso de sistemas constructivos y materiales que reducen los tiempos de construcción y sus costos, pero traen como consecuencia deficiencias térmicas, energéticas y de confort en los espacios. Un factor que determina el consumo de energía eléctrica es la envolvente arquitectónica. El objetivo de esta investigación consistió en evaluar el rendimiento térmico de una vivienda de interés social, con envolvente de concreto, construida con un sistema de encofrado y un bloqueador nanotérmico como recubrimiento. El estudio se realizó durante el periodo invernal en Ensenada, Baja California, México, en un clima Bsk (mediterráneo seco). Para este estudio se registraron datos de temperatura y humedad relativa mediante instrumentos de medición. Para la validación del modelo se utilizó el simulador DesignBuilder®, con un motor de cálculo de EnergyPlus. La validación del modelo corresponde a un valor de 1.053 de error cuadrático medio. Los resultados indicaron

un rendimiento térmico deficiente al interior de la vivienda, el mayor decremento se registró en la habitación con orientación suroeste con un valor de 0.60 °C, y un retraso térmico de tres horas. La resistencia térmica no cumplió con lo que señala la norma. Se observó que el bloqueador actuó como un material frío. Se concluyó que las propiedades de los materiales, el bloqueador nanotérmico y la orientación de los espacios fueron factores clave en el rendimiento térmico para el periodo invernal. La principal limitación de la investigación fue la disponibilidad de los equipos de medición.

Palabras clave: vivienda, envolvente arquitectónica, consumo energético, rendimiento térmico, normativa, simulación energética.

ABSTRACT

In Mexico, there is a high demand for housing, which has led to the mass production of buildings using cost-effective construction systems and materials that reduce construction time;



however, this has resulted in thermal, energy, and comfort deficiencies in the living spaces. One factor that determines electrical energy consumption is the architectural envelope. This research aimed to evaluate the thermal performance of a low-income housing unit built using a formwork system coated with a nano thermal blocker. The study was conducted in Ensenada, Baja California, Mexico, during winter, in a climate classified as Bsk (dry Mediterranean). Temperature and relative humidity data were recorded and analyzed. DesignBuilder® with an EnergyPlus calculation engine was used to ensure model accuracy and precision. The validation of the model corresponds to a value of 1.053 root mean square error. The house's thermal performance is not ideal. The southwest room experiences the most significant temperature drop of 0.60°C, with a thermal lag of three hours. The thermal resistance didn't comply with the standard. Factors affecting winter thermal performance were material properties, space orientation, and nano thermal blockers. The limited availability of measurement equipment was a fundamental research limitation.

Keywords: dwelling, architectural envelope, energy consumption, thermal performance, regulations, energy simulation.

INTRODUCCIÓN

La energía se ha convertido en un tema de relevancia en todo el mundo, la Organización de las Naciones Unidas (ONU), dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), considera tres objetivos que abordan el impacto que provoca el uso de la energía en el medio ambiente. Ré y Filippín (2021) mencionan que en el orden global se ha identificado que los edificios intervienen directamente en los problemas generados por la energía, así como en sus efectos en el medio ambiente. Las edificaciones consumen el 40 % de la energía en el planeta y generan el 35 % de los gases que causan el efecto invernadero, contribuyendo al cambio climático (Németh *et al.*, 2021). El sector residencial, actualmente, consume un

porcentaje considerable de energía (Albatayneh, 2021), anualmente la demanda de energía en el mundo se ha incrementado cerca del 1 % desde el año 2000. El incremento se debe a la necesidad de mantener los espacios interiores en condiciones de confort térmico (Daioglou *et al.*, 2022).

En México, durante el periodo de 1982 a 2020, la demanda energética del sector residencial presentó un crecimiento. De acuerdo con un análisis realizado a las tarifas de consumo, en las zonas cálidas la demanda fue mayor, a diferencia de las zonas templadas, en la zona norte del país, mientras que la zona sur y la zona del golfo presentaron un mayor consumo de energía (CONUEE, 2020). Además, en 1998 las viviendas fueron responsables del 9 % de las emisiones de dióxido de carbono (CONAFOVI, 2006). El incremento en el consumo de la energía también se ve reflejado en la economía, el Gobierno de México aporta anualmente más de 40 mil millones de pesos del erario público para subsidiar la energía utilizada con el fin de climatizar las viviendas en zonas de clima cálido (CONUEE, 2020). Esto afecta también en el gasto de las familias mexicanas, en el caso del estado de Baja California en 2012, se destinaba el 37 % del ingreso familiar para cubrir el consumo energético para la climatización de los espacios (Muñoz Meléndez *et al.*, 2012).

Un factor que determina el porcentaje de consumo de energía requerida para mantener los espacios térmicamente confortables es la envolvente arquitectónica, el diseño y componentes de cada uno de sus elementos se relacionan directamente con el consumo (CONUEE, 2017). La envolvente tiene una relación directa con el comportamiento del ambiente interior de los espacios, la interacción de los materiales que conforman la envolvente con las condiciones climáticas del exterior determina el grado de confort térmico y las propiedades termofísicas del material determinan su rendimiento térmico. Optimizar la envolvente arquitectónica permite reducir el uso de la energía y contribuir a mejorar las condiciones de confort térmico del ambiente interior de los espacios (Wang *et al.*, 2019). Por lo que al buscar un ahorro en el consumo de la energía es importante seleccionar de forma adecuada los

materiales de la envolvente, a partir de un enfoque que considere el comportamiento térmico (González, 2004).

En la literatura, se han identificado normativas establecidas por diversos países cuyo objetivo es regular el uso de la energía, así como disminuir los impactos que ocasiona al medio ambiente; estas normas también establecen la importancia de eficientizar la envolvente arquitectónica para dar solución al problema energético (GABC, 2018). Este artículo presenta los resultados obtenidos en la evaluación del rendimiento térmico de una vivienda de interés social construida con un sistema de moldes, la envolvente opaca es de concreto de alta densidad, los muros y la cubierta cuentan con un acabado de tipo bloqueador nanotérmico. El objetivo de la investigación fue evaluar el rendimiento térmico a través de los parámetros de retraso y decremento térmico de la temperatura al interior de la vivienda, a partir de los datos recolectados en la medición *in situ*. Además, se comparó la resistencia térmica del sistema constructivo con lo que indica la norma mexicana, la evaluación se realizó con los datos del día típico del periodo invernal en un ambiente con ventilación natural.-

PROBLEMÁTICA Y ESTADO DEL ARTE SOBRE LA EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO TÉRMICO DE LA ENVOLVENTE

La arquitectura originaria de México ha trascendido gracias a que sus características responden a las condiciones del contexto, ejemplo de ello son las construcciones con adobe y tejados para las zonas montañosas caracterizadas por mayor precipitación, en contraste, la construcción de viviendas en serie del periodo actual, producto de la demanda, se caracteriza por remplazar los métodos de la arquitectura vernácula con propuestas nuevas, como es el caso del sistema encofrado y los muros de menor espesor (Becerra-Santacruz & Lawrence, 2016). El concreto monolítico como sistema constructivo presenta una ventaja en la reducción del tiempo de construcción, este factor lo convierte en un sistema

con alto índice de selección para el desarrollo de viviendas en México; el concreto que se emplea tiene alta densidad, alta capacidad térmica y un valor de coeficiente de resistencia al flujo de calor bajo (Rojas *et al.*, 2016). Considerando que la envolvente es un elemento permanente dentro de la vivienda y que de ella dependen el uso de energía y el confort térmico (CONUEE, 2020), las propiedades termofísicas de los materiales que la conforman son determinantes en su rendimiento. Una envolvente con espesor delgado presenta una disminución en su capacidad para almacenar el calor y en un aumento en el uso de sistemas de climatización (Ostry & Charvat, 2013). Es por ello que existe un interés del Gobierno en el tema del cambio climático, específicamente lo relacionado a disminuir el consumo energético, mediante el uso de estrategias que tengan como objeto la eficiencia energética para minimizar los efectos ambientales generados por el aumento del consumo de energía en la edificación (Berrocal *et al.*, 2022).

La envolvente arquitectónica está compuesta de aquellos elementos que delimitan el espacio interior y lo separan del exterior (Fu *et al.*, 2020; Magadán *et al.*, 2016; Pawar & Kanade, 2018; Sadineni *et al.*, 2011). De acuerdo con Rojas *et al.* (2016), un factor significativo en el desempeño térmico es la manera en que se lleva a cabo la transferencia de calor a través de la envolvente arquitectónica. Rawat y Singh (2022) mencionan que las cubiertas se consideran como un elemento importante por la cantidad de radiación solar que reciben, ya que este elemento no solo protege el ambiente interior de las condiciones del clima exterior, sino que también permite modular las cargas de enfriamiento. Las propiedades termofísicas de los materiales, que son la conductividad, la densidad y el calor específico, determinan las ganancias de calor, el rendimiento térmico y las condiciones térmicas de los espacios interiores (Andoni & Wonorahardjo, 2018; Gunawardena *et al.*, 2017; Muhammad & Wonorahardjo, 2020). La conductividad, es la propiedad que tienen los materiales para conducir el calor (González, 2004), un rango mayor de esta propiedad provocará mayor carga de refrigeración (Muhammad & Wonorahardjo, 2020), la cualidad

de los materiales como almacenadores térmicos la proporcionan la densidad y el calor específico (Nayak & Prajapatl, 2006). Estas propiedades y el espesor de la envolvente son factores que determinan el retraso y el decremento térmico; un material con mayor espesor, mayor densidad y resistencia al calor tendrá un periodo más amplio de tiempo para que el flujo de calor atraviese la envolvente (El *et al.*, 2016). El confort térmico y la reducción de las cargas energéticas se relacionan también con el desempeño de los materiales de la envolvente (Borbon-Almada *et al.*, 2020).

El contexto climático es un factor que influye en el rendimiento térmico de los materiales (Morales-Inzunza *et al.*, 2023), y a su vez el rendimiento térmico determina cómo las temperaturas exteriores son transferidas a través de la envolvente hacia el interior (Nayak & Prajapatl, 2006). Existen dos métodos para evaluar el rendimiento: para las edificaciones que se encuentran en un estado estacionario, se evalúa a través de los factores de transmitancia térmica o valor U y de la resistencia térmica o valor R, para determinar un desempeño térmico como óptimo a partir de estos parámetros, el valor U debe tener un rango menor y el valor R debe tener un rango mayor (Barrios *et al.*, 2012). En México existe la norma NMX-C-460-ONNCE-2009 que establece el valor R de acuerdo a zonas térmicas, el objetivo de la norma es disminuir el uso de la energía para climatizar los espacios aumentando la habitabilidad de estos; para el caso de la ciudad de Ensenada, la norma determina para la cubierta una resistencia térmica de 2.30 m²K/W y para los muros 1.23 m²K/W dentro de la clasificación de habitabilidad, y para el ahorro de energía en las cubiertas un valor de 2.80 m²K/W y para los muros 1.80 m²K/W (DOF - Diario Oficial de la Federación, 2009). La producción de viviendas en México con el sistema constructivo de encofrado utiliza como material principal el concreto, debido a sus propiedades, los muros, losa y piso obtienen un valor U de 3 W/m²K a 4 W/m²K aproximadamente (Becerra-Santacruz & Lawrence, 2016).

Barrios *et al.* (2011) mencionan que el segundo método que se utiliza para determinar el desem-

peño térmico en edificaciones sin utilizar sistemas de climatización es mediante la estimación de los factores del decremento y el retraso térmico. El retraso térmico o *lag time* (LT por sus siglas en inglés) se define como la diferencia de tiempo en un intercambio térmico (Nayak & Prajapatl, 2006), para considerar un rendimiento térmico óptimo el valor del retraso térmico debe ser mayor, pero sin sobrepasar las doce horas, este desfase de tiempo puede darse entre las temperaturas máximas del ambiente interior y exterior (Barrios *et al.*, 2011) o entre las temperaturas de las superficies exterior e interior de la envolvente (Al-yasiri & Szabó, 2021). La ecuación para determinar el retraso térmico o LT se expresa de la siguiente manera:

$$LT = t(T_{in_{max}}) - t(T_{sa_{max}})$$

Donde LT es igual a la diferencia entre el tiempo en el que se obtiene la temperatura máxima interior $t(T_{in_{max}})$ y el tiempo en el que se obtiene la temperatura máxima del aire exterior $t(T_{sa_{max}})$ (Barrios *et al.*, 2011).

El decremento térmico o *decrement factor* (DF por sus siglas en inglés) se define como la disminución de las curvas del flujo de calor (Nayak & Prajapatl, 2006). Cuando la envolvente obtiene un valor de DF menor, es un indicativo de que su resistencia térmica es mayor frente a los cambios de temperatura del ambiente externo (Al-yasiri & Szabó, 2022). Una envolvente con multicapas y aislamiento contribuye en disminuir el decremento térmico, si el valor es menor el resultado es una estabilidad térmica en el interior de los espacios (Jannat *et al.*, 2020). El decremento térmico se puede considerar en las superficies de la envolvente (Al-yasiri & Szabó, 2021), así como en las temperaturas del ambiente interior y exterior. La ecuación para determinar el decremento térmico o DF se expresa de la siguiente manera:

$$DF = \frac{T_{in_{max}} - T_{in_{min}}}{T_{sa_{max}} - T_{sa_{min}}}$$

Donde DF es igual a la diferencia de la temperatura máxima interior $T_{in,max}$ menos la temperatura mínima interior $T_{in,min}$ entre la diferencia de la temperatura máxima del aire exterior $T_{sa,max}$ menos la temperatura mínima del aire exterior $T_{sa,min}$ (Barrios *et al.*, 2011). Un decremento en rangos menores y un retraso térmico con rangos mayores señala un desempeño adecuado (Barrios *et al.*, 2012).

De acuerdo con Nayak y Prajapatl (2006), las propiedades superficiales de los materiales de la envolvente como el color, la textura, la emisividad, el albedo, la rugosidad y la absorción también se consideran factores que intervienen en la transmisión del calor en las construcciones. Con respecto al color, las tonalidades claras favorecerán el reflejo de la radiación recibida del sol, mientras que tonalidades oscuras favorecerán la absorción (Bhargava *et al.*, 2017). La capacidad para ceder el calor que absorben los materiales se conoce como emisividad y la capacidad que tienen los materiales de reflejar la radiación se conoce como albedo, valores altos en estas dos propiedades son cualidades de los materiales fríos, la aplicación de estos materiales en la envolvente reduce el calor que se transmite a los espacios interiores (Alchapar *et al.*, 2012). En climas tropicales el 70 % del calor ganado al interior de las viviendas lo provee la cubierta (Al-Obaidi *et al.*, 2014); la cubierta se encuentra en constante intercambio de ganancias y pérdidas de calor debido a su exposición a la radiación del sol, por esto se considera como un elemento determinante en las condiciones de temperatura de los espacios interiores. El uso de techos fríos contribuye en reducir la transmisión de calor hacia el interior, favoreciendo el desempeño del elemento; los materiales utilizados en la construcción de losas, comúnmente, tienen rangos de emisividad de 0.85, reflectancia solar de 0.05 a 0.25 y algunos recubrimientos reflectantes están en un rango de 0.60 (Sadineni *et al.*, 2011).

Diversas investigaciones han demostrado que optimizar la envolvente contribuye a mejorar el rendimiento térmico, así como favorece las condiciones de confort térmico y el ahorro en el consumo de energía. Un estudio realizado por Alías y Jacobo (2011) en Argentina, cuya muestra fue de diez viviendas de interés social, indica que los materiales de la envolvente tienen relevancia en el consumo energético, la estrategia de mejora consistió en la aplicación de aislantes en los muros, lo que permitió obtener un ahorro en el consumo de energía. Otra investigación realizada en Coahuila, México, comparó el rendimiento térmico de dos habitaciones con diferente envolvente, la primera de concreto celular y la segunda de concreto de alta densidad que incluía un aislante, se observó un mejor rendimiento en la envolvente con aislante (Rojas *et al.*, 2016). Otro estudio sobre el desempeño térmico de la envolvente de viviendas de interés social realizado en Argentina concluyó que las mayores pérdidas térmicas se registraban en muros y losas, el mejoramiento de la envolvente a través de la aplicación de aislantes redujo las cargas para climatizar, también se identificó que el color es un elemento que interviene en el desempeño de la envolvente (Rizzarello *et al.*, 2018).

Una investigación realizada al norte de China tuvo como objetivo el mejoramiento de la envolvente de una vivienda rural, la aplicación de aislantes y el mejoramiento de las ventanas propició mayor reducción de las cargas de calefacción (Wang *et al.*, 2019). Otro estudio desarrollado en Brasil consistió en evaluar la aplicación de estrategias bioclimáticas en la envolvente, se demostraron los beneficios en el confort térmico y la eficiencia energética, además de generar una estabilidad en la temperatura interior (Lodete *et al.*, 2020). En Arabia Saudita se realizó una investigación de aplicación de estrategias pasivas a la envolvente para evaluar el desempeño térmico y el ahorro de energía en el consumo, se consideraron aislantes, acristalamientos, elementos para proyectar sombras y techos verdes, el mayor ahorro se obtiene del conjunto de

estrategias (Al-tamimi, 2022). Como se observa en los casos de estudio presentados, la envolvente es determinante en el rendimiento térmico, se observa el impacto que tiene la optimización de la envolvente en las condiciones ambientales de los espacios y en el ahorro de energía.

Para mejorar la envolvente arquitectónica se requiere de analizar diversas estrategias en diferentes periodos de tiempo y condiciones climáticas. Un simulador tiene la ventaja de realizar el análisis del desempeño térmico-energético tanto del edificio como de las estrategias propuestas en diferentes periodos, lo que permite realizar comparaciones para la selección de la propuesta adecuada, es por esto que la simulación de escenarios resulta ser una herramienta útil (Rizzarello *et al.*, 2018). La utilización de los simuladores tiene como objetivo conseguir la eficiencia energética de las edificaciones (Álvarez *et al.*, 2022). DesignBuilder® es un simulador que proporciona una amplia gama de datos, como son desempeño térmico-energético de las edificaciones, además de cargas de refrigeración y calefacción, así como ventilación e iluminación, entre otros; el programa trabaja con módulos a partir de un modelo en tres dimensiones y utiliza el motor de cálculo de EnergyPlus para realizar simulaciones avanzadas y en tiempo real, para la obtención de los datos climáticos en las simulaciones el programa utiliza archivos climatológicos como el EPW y TMY (Ordoñez, 2014).

Para optimizar la simulación de los escenarios, es importante realizar una validación del modelo, a través de una comparación entre los datos obtenidos en la simulación y los datos que fueron obtenidos en la parte experimental (Rojas *et al.*, 2016). El error cuadrático medio o Root Mean Square Error (RMSE por sus siglas en inglés) es un parámetro de validación, este considera la disociación que puede existir entre los datos recolectados *in situ* y los obtenidos en el simulador, el valor óptimo es de cero (Ali & Abustan, 2014). Como propuesta futura se plantea crear escenarios para evaluar estrategias constructivas que mejoren la envolvente. Otro de los objetivos de esta investigación fue la validación del modelo, esto permitirá dar una certeza de los datos obte-

nidos en estos escenarios futuros y en la selección de estrategias con mayor eficiencia.

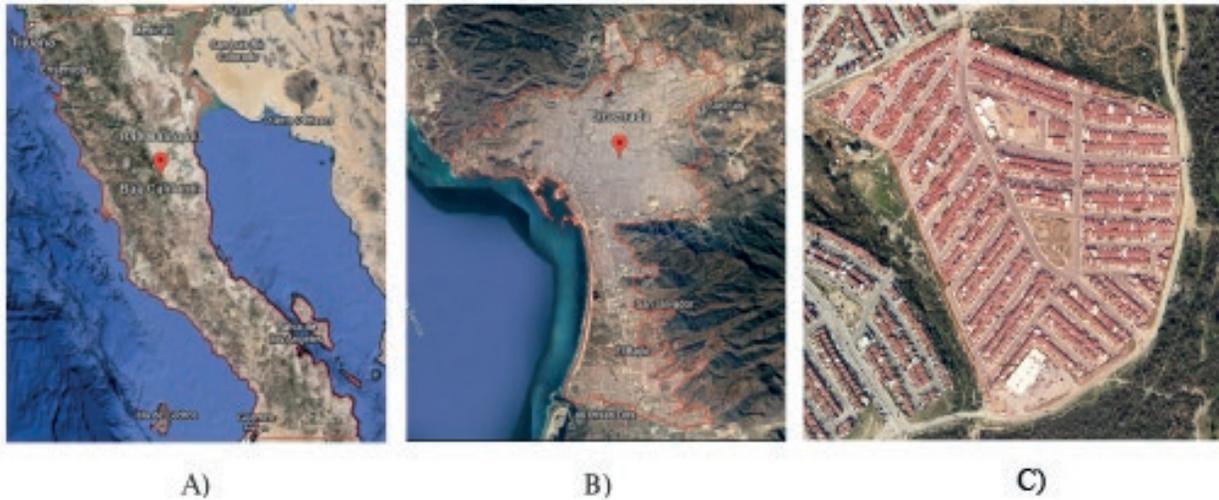
MÉTODO PARA EVALUAR DEL RENDIMIENTO TÉRMICO DE LA ENVOLVENTE EN VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL

La unidad de análisis consistió en una vivienda de interés social construida en serie de forma industrializada con un sistema tipo encofrado, de una envolvente opaca de concreto y un bloqueador nanotérmico como recubrimiento final. La investigación se llevó a cabo en la ciudad de Ensenada, ubicada en el municipio de Ensenada en el estado de Baja California, al noroeste de la república mexicana (figura 1), con una localización geográfica de 31°51'30" latitud norte y 116°38'00" longitud oeste con una altitud de 16 m s. n. m. De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, la ciudad se caracteriza por un clima Bsk que se considera como mediterráneo seco frío. Los meses más cálidos son julio y agosto con temperaturas promedio de 24 °C y sus meses más fríos son de diciembre a febrero con temperaturas promedio entre los 12 °C y 13 °C. La humedad relativa es constante durante todo el año, el mes de agosto registra el porcentaje más alto con 67 % y el mes de enero con 62 %, considerándose el más bajo.

La vivienda forma parte de un parque habitacional ubicado en la zona noroeste de la ciudad, se encuentra emplazada en un terreno de 7 m de ancho y 15 m de largo, cuenta con 52 m² de construcción y tiene una orientación noreste (figura 2). Su envolvente opaca es de concreto armado con un espesor de 10 cm y como acabado final exterior en muros y cubierta tiene un bloqueador nanotérmico de alta refractividad, de acuerdo al fabricante sus características crean en la superficie de la envolvente un acabado tipo espejo que reduce hasta un 80 % la conductividad, lo que favorece en la reducción del consumo de energía, fue aplicado como acabado tipo pintura y forma parte de una estrategia de adecuación pasiva para esta vivienda. La figura 3 muestra las propiedades termofísicas y superficiales de la envolvente opaca.

FIGURA 1

A) Estado de Baja California, México, B) Ciudad de Ensenada, C) Parque Habitacional Villas del Prado I



Fuente: Imagen obtenida de Google Earth, recuperada el 7 de enero de 2021.

FIGURA 2

Panta arquitectónica de la vivienda

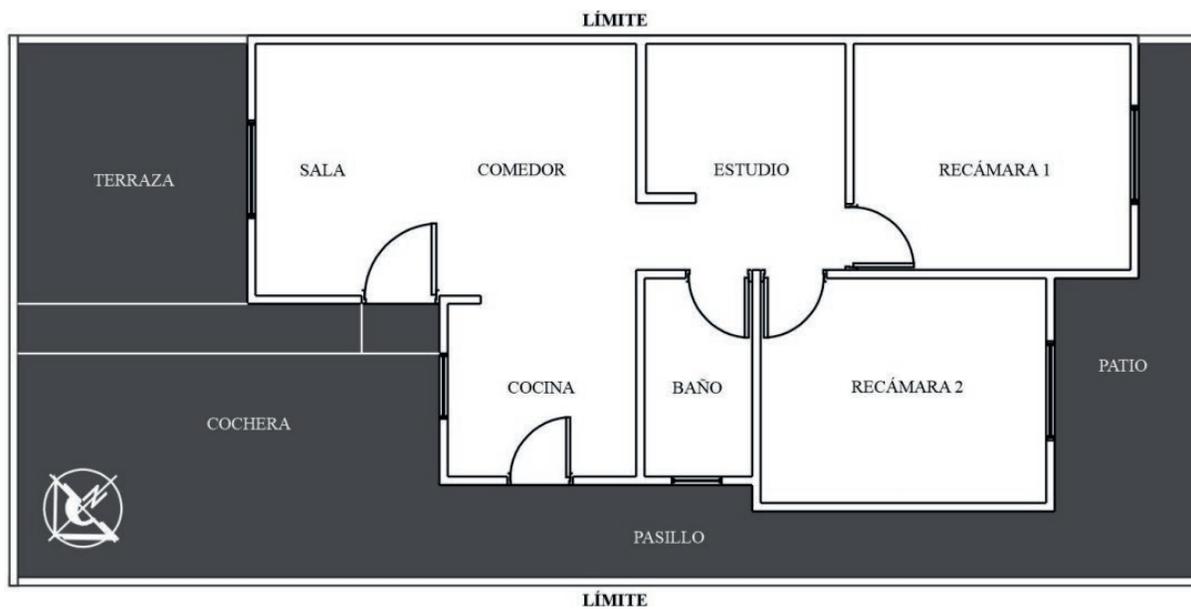
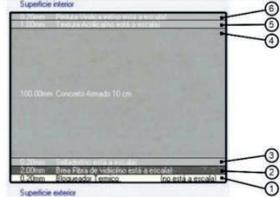


FIGURA 3
Propiedades termo físicas de la envolvente opaca exterior

Propiedades termo-físicas de los materiales						
Elemento	Capa (de la externa a la interna)	Material	Conductividad W/m-K	Calor específico J/kg-K	Densidad kg/m ³	Valor R
 <p>Superficie exterior</p> <p>Superficie interior</p>	6	Bloqueador Térmico	0.047	1675	50	0.350 m ² K/W
	5	Brea, fibra de vidrio asfaltada y mineralizada	0.17	1000	1050	
	4	Sellador	0.2	1500	1050	
	3	Concreto Armado	1.74	1000	2300	
	2	Textura Acrílica	0.2	1500	1050	
	1	Pintura Vinílica	0.2	1500	1050	
 <p>Superficie exterior</p> <p>Superficie interior</p>	6	Bloqueador Térmico	0.047	1675	50	0.240 m ² K/W
	5	Pintura Vinílica	0.2	1500	1050	
	4	Sellador	0.2	1500	1050	
	3	Concreto Armado	1.74	1000	2300	
	2	Textura Acrílica	0.2	1500	1050	
	1	Pintura Vinílica	0.2	1500	1050	

La fase de monitoreo se realizó durante el periodo invernal, del 6 de diciembre de 2021 al 15 de enero de 2022, este lapso se determinó a partir de definir los meses que corresponden a la temporada de invierno mediante el procesamiento de un archivo EPW generado en el programa Meteonorm. Un análisis en el consumo de energía eléctrica de la vivienda señaló que el bimestre de noviembre-enero que corresponde al periodo invernal presentó el mayor consumo, este dato puede considerarse como un indicativo del uso de medios activos para acondicionar el ambiente interior de los espacios en esta temporada. El monitoreo en la vivienda se realizó en condiciones de ventilación natural.

Como resultado de un análisis del recorrido solar, se determinó monitorear los espacios que corresponden a la sala comedor y a las habitaciones de la vivienda. La instalación de los instrumentos se realizó de acuerdo con lo que señala la norma ISO 7726 así como a recomendación de los expertos en el tema. Se utilizó una estación meteorológica modelo ACURITE ATLAS para la recolección de datos de las variables de temperatura y humedad relativa del ambiente exterior, este instrumento ofrece un rango de temperatura

de 32 °F a 122 °F, 0 °C a 50 °C y una precisión de -40 °F a 158 °F (-40 °C a 70 °C) ffl1 °F, así como un rango de humedad de 1-100 % HR y una precisión de 1-100 % HR ffl2 % HR, la recolección de datos estaba predeterminada cada diez segundos, su instalación fue en la superficie exterior de la cubierta de la vivienda (figura 4).

Se utilizaron dos registradores de datos Data Logger HOBO modelo MX1104, para monitorear datos de temperatura y humedad relativa del ambiente interior y exterior, este instrumento ofrece un rango de temperatura de -20 °C a 70 °C (-4 °F a 158 °F) y una precisión de ffl0.21 °C de 0 °C a 50 °C (ffl0.38 °F de 32 °F a 122 °F), en humedad relativa el rango es de 0 % a 100 % a -20 °C a 70 °C (-4 °F a 158 °F), y una precisión de ffl 2.5 % del 10 % al 90 % (típico) hasta un máximo de ffl 3.5 %, incluida histéresis a 25 °C (77 °F); por debajo del 10 % y por encima del 90 % ffl 5 % típico, además, cuentan con un entrada analógica para termopares. Para medir la temperatura superficial de la cara exterior e interior de la losa se utilizaron termopares modelo SD-TEMP-20, con un rango de temperatura de -40 °C a 50 °C (-40 °F a 122 °F) en agua, -40 °C a 100 °C (-40 °F a 212 °F) en aire y una precisión de ffl0.15 °C de 0 °C a 50 °C (ffl0.27

°F de 32 °F a 122 °F). Al interior del espacio de la sala comedor se colocó uno de los registradores de datos, ubicándolo al centro geométrico del espacio a una altura de 1.30 m, otro registrador de datos se colocó en la parte exterior de la cubierta;

de los termopares utilizados, uno se colocó en la superficie interior de la cubierta y otro en la parte exterior de la cubierta, ambos coincidiendo en su ubicación (figura 5). Los datos se recolectaron cada diez minutos.

FIGURA 4

Ubicación de los instrumentos de medición sobre cubierta

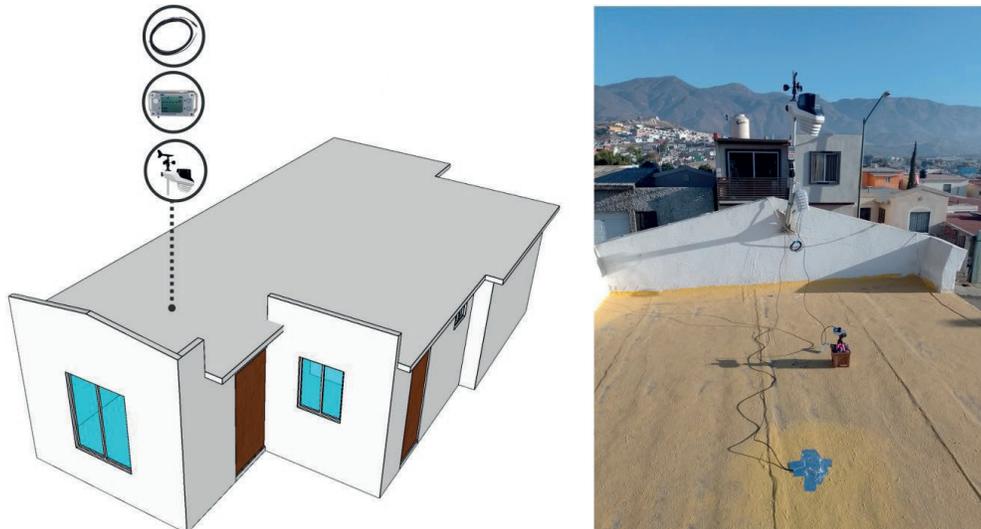
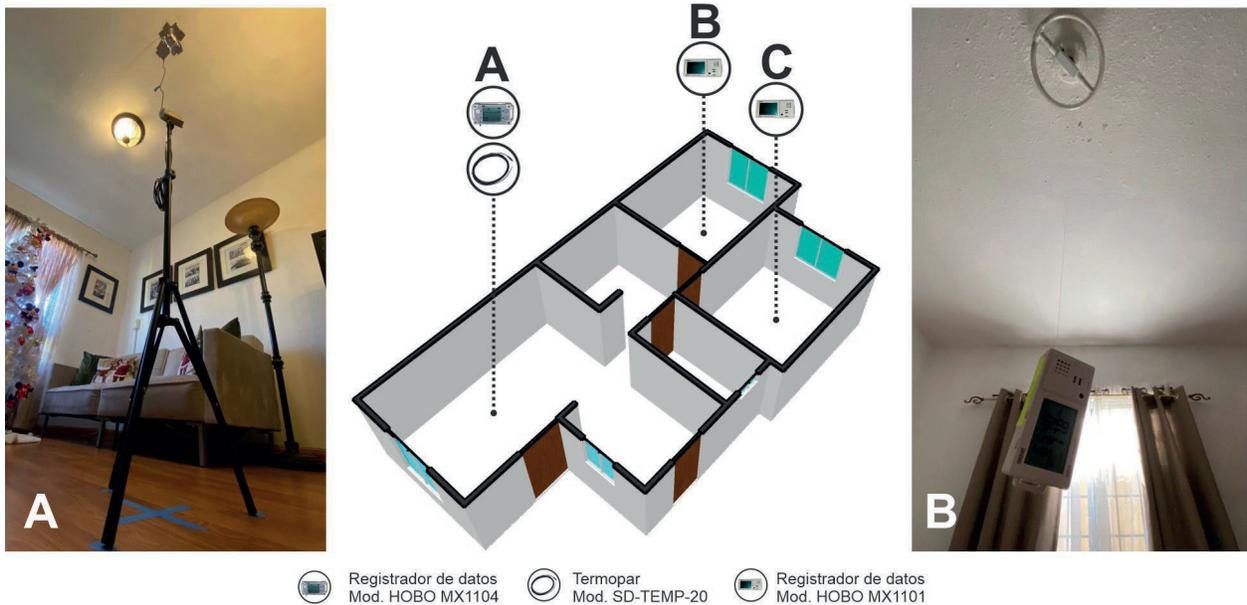


FIGURA 5



A) Registrador Data Logger HOBO modelo MX1104 instalado al centro geométrico de la sala-comedor con un termopar modelo SD-TEMP-20 instalado en la superficie interior de la cubierta. B) Registrador Data Logger HOBO modelo MX1101 instalado al centro geométrico de la habitación 1. C) Registrador Data Logger HOBO modelo MX1101 instalado al centro geométrico de la habitación 2.

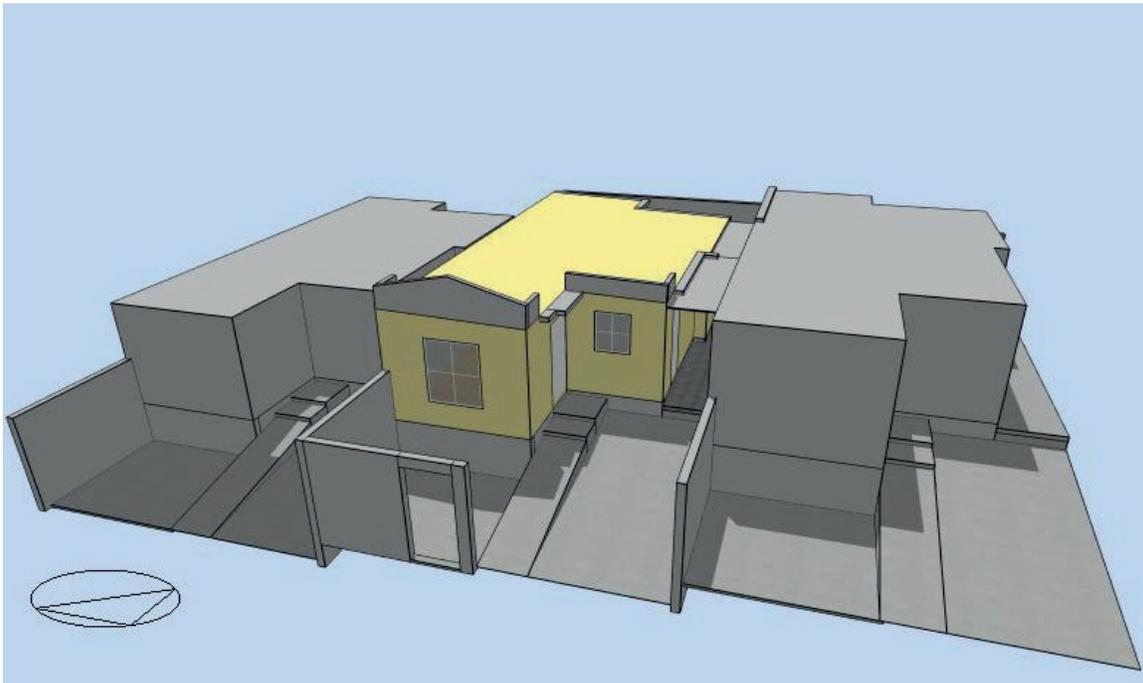
También se utilizaron dos registradores de datos Data Logger HOBO modelo MX1101 para las habitaciones, estos instrumentos registraron datos de temperatura y humedad relativa del ambiente interior, ofrecen un rango de temperatura $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-4\text{ }^{\circ}\text{F}$ a $158\text{ }^{\circ}\text{F}$) y una precisión de $\pm 0.21\text{ }^{\circ}\text{C}$ de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0.38\text{ }^{\circ}\text{F}$ de $32\text{ }^{\circ}\text{F}$ a $122\text{ }^{\circ}\text{F}$), el rango de la humedad relativa es de 1% a 90% (sin condensación) con una precisión de $\pm 2\%$ del 20% al 80% típico hasta un máximo de $\pm 4.5\%$, incluyendo histéresis a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($77\text{ }^{\circ}\text{F}$); por debajo del 20% y por encima del 80% $\pm 6\%$ típico. Una ventaja que presentan estos modelos de registradores, así como el modelo anterior, es que los datos se transfieren de forma inalámbrica a un dispositivo móvil y además se pueden observar los datos en tiempo real gracias a su pantalla LCD. Estos instrumentos fueron colocados al centro geométrico del espacio a una altura de 1.30 m y los datos se midieron cada diez minutos.

Un análisis climático de los datos recolectados en las mediciones *in situ* se utilizó para determinar el día con las condiciones ambientales

exteriores similares al día típico histórico. En un comparativo realizado con las gráficas de temperatura exteriores entre los días medidos contra los días históricos del archivo climático, se identificó que el 3 de enero de 2022 presentaba las condiciones requeridas, los datos del día elegido fueron analizados a partir de medios estadísticos y evaluados con los parámetros que determinan el rendimiento térmico. Para la validación del modelo, primero se procedió a localizar dentro del simulador una fecha del periodo invernal que presentara un comportamiento similar a la temperatura exterior que se monitoreó el 3 de enero de 2022, la fecha que se determinó dentro de los datos del simulador fue el 11 de diciembre. A continuación, se modeló la vivienda (figura 6) y se procedió a simular con la fecha determinada en el simulador DesignBuilder, para después realizar una comparación con las temperaturas interiores entre el modelo real y el modelo simulado, la validación del modelo se realizó a través del parámetro del error cuadrático medio.

FIGURA 6

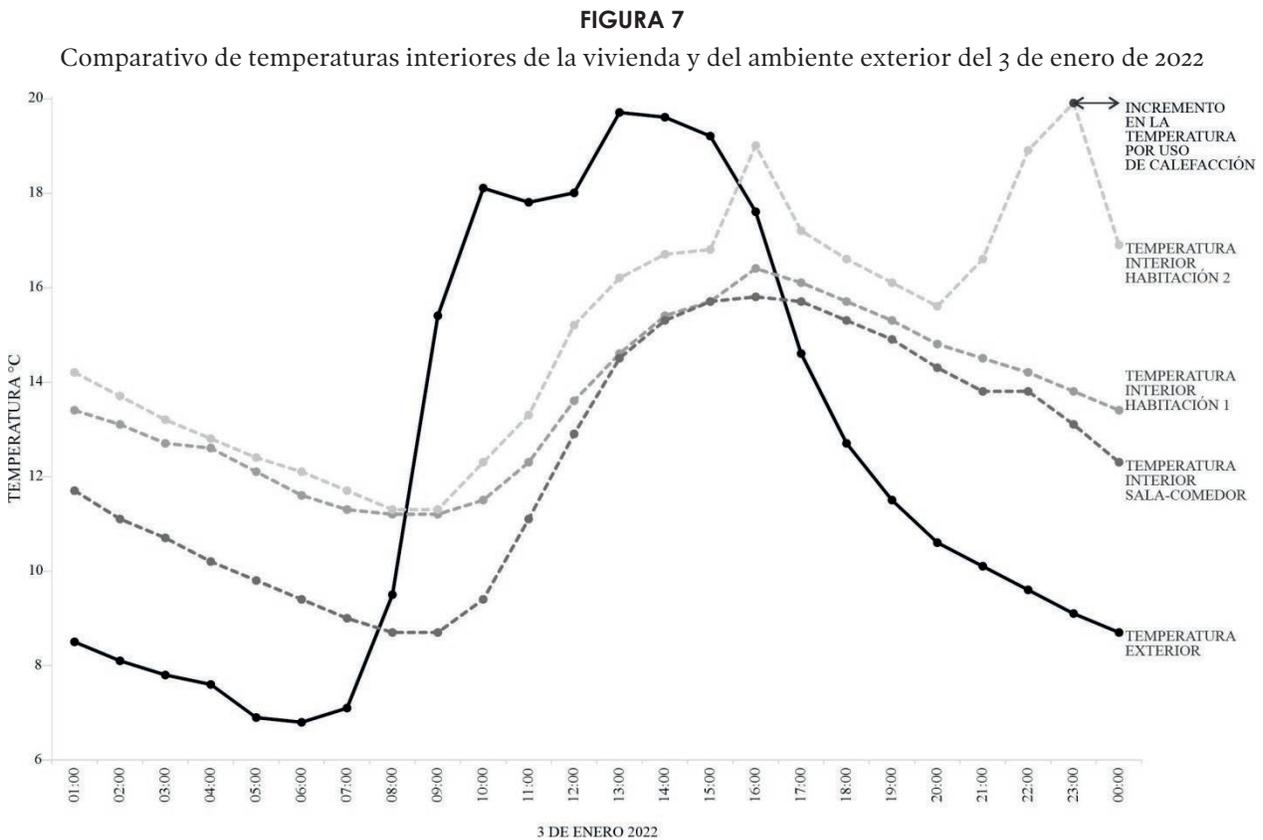
Geometría de la vivienda y el contexto



RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO TÉRMICO DE UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL

A continuación se observan los resultados obtenidos de la evaluación del rendimiento térmico realizada a una vivienda de interés social, a partir

de los datos recolectados de la medición *in situ* obtenidos el día 3 de enero de 2022. Se comparó el comportamiento de las temperaturas del ambiente interior de las áreas de la sala-comedor y las dos habitaciones en contraste con la temperatura exterior (figura 7).



La mayor amplitud térmica se registró en la habitación dos, que se localiza al suroeste, este espacio presentó temperaturas máximas más elevadas, a diferencia de la habitación uno, localizada al sur, y de la sala-comedor, ubicada al sureste de la vivienda; se deduce que estas diferencias se debieron a la orientación de cada espacio, la habitación dos recibe mayor radiación solar directa en muros y cubierta, lo que provoca mayor ganancia de calor al interior del espacio. La temperatura mínima y máxima interior se registró al mismo tiempo en los tres espacios. Se observó que las temperaturas interiores máximas

de los tres espacios se mantienen por debajo de la temperatura máxima del ambiente exterior, este comportamiento es resultado del recubrimiento exterior aplicado en los muros y cubierta, las propiedades superficiales del bloqueador nanotérmico lo convierten en un material frío que impide a la envolvente absorber el calor e introducirlo a los espacios interiores (Alchapar *et al.*, 2012).

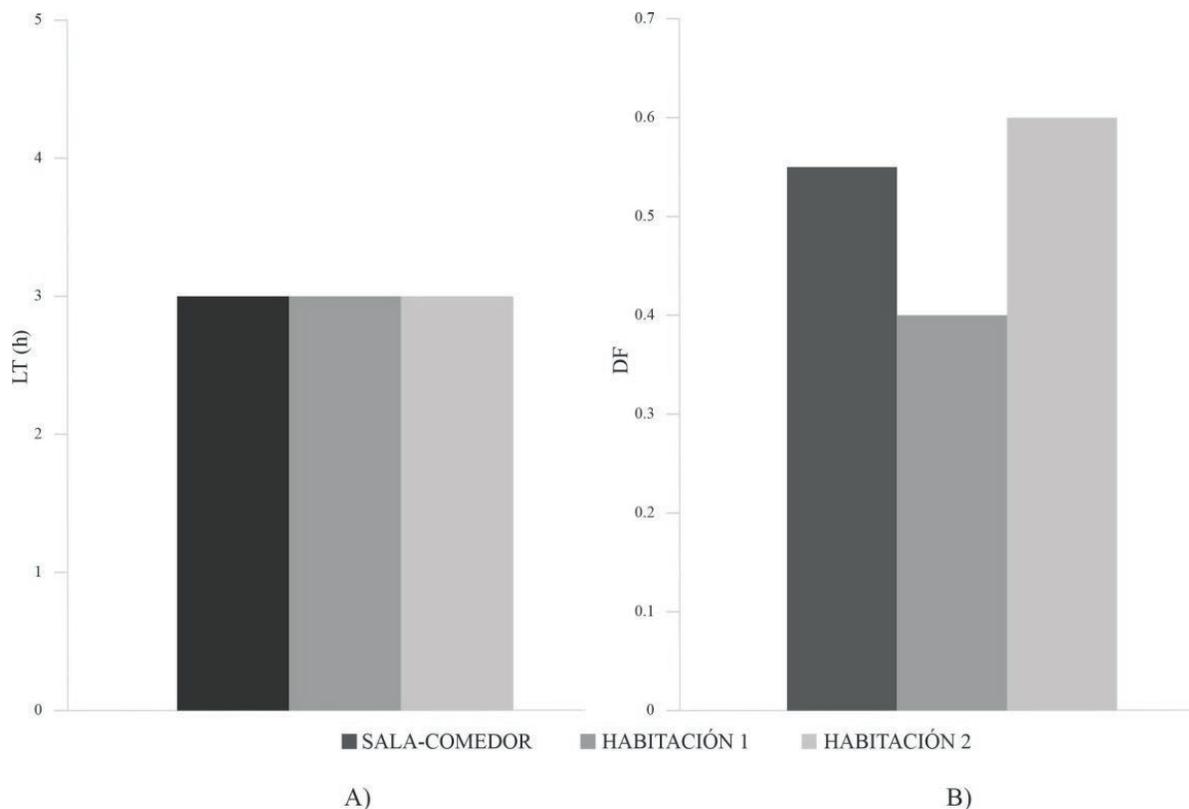
En la figura 8 se observan los valores de los parámetros de la evaluación del rendimiento térmico de la vivienda. La gráfica A muestra la comparación del retraso térmico de los tres espacios analizados, el resultado expone que la

temperatura interior alcanza el mayor valor tres horas después de que se presenta la temperatura máxima al exterior; a pesar de la diferencia en la orientación, el resultado de LT es el mismo para los tres espacios. La gráfica B muestra el resultado del decremento térmico, se observó que la habitación uno presenta un DF de 0.40 °C, se considera el decremento menor entre los espacios analizados, los valores de la temperatura interior

de esta área registraron una dispersión menor, por el contrario, la habitación dos presenta un DF de 0.60 °C, el mayor decremento térmico de los espacios evaluados, la amplitud entre sus valores de temperatura es mayor, la sala-comedor registró un DF de 0.55, valor muy cercano al de la habitación dos. El valor R del sistema constructivo de esta vivienda fue el de cubierta 0.350 m²K/W y el de muros exteriores 0.240 m²K/W.

FIGURA 8

Validación del modelo con el simulador DesignBuilder



A) Gráfica comparativa del retraso térmico o LT, B) Gráfica comparativa del decremento térmico o DF

Para futuras evaluaciones de las estrategias de optimización para la envolvente de la vivienda se realizó la validación del modelo simulado, para ello se compararon los datos de la variable de temperatura del ambiente exterior e interior en el escenario simulado el día 11 de diciembre contra los datos recolectados *in situ* el día 3 de enero de 2022 (valores que corresponden a las condiciones climatológicas del día típico histórico de la temporada invernal), la comparación de datos fue del

espacio de la sala-comedor, se utilizó como parámetro de evaluación el RSME. Como se observó en la gráfica (figura 9), el comportamiento de las temperaturas interiores y exteriores obtenidas del simulador presentaron valores muy similares a los obtenidos en la medición *in situ*, la tabla 1 contiene las temperaturas del ambiente interior y exterior de ambos días, la dispersión de los valores de la variable del día simulado fue menor, esto se confirma con el valor de su oscilación.

FIGURA 9

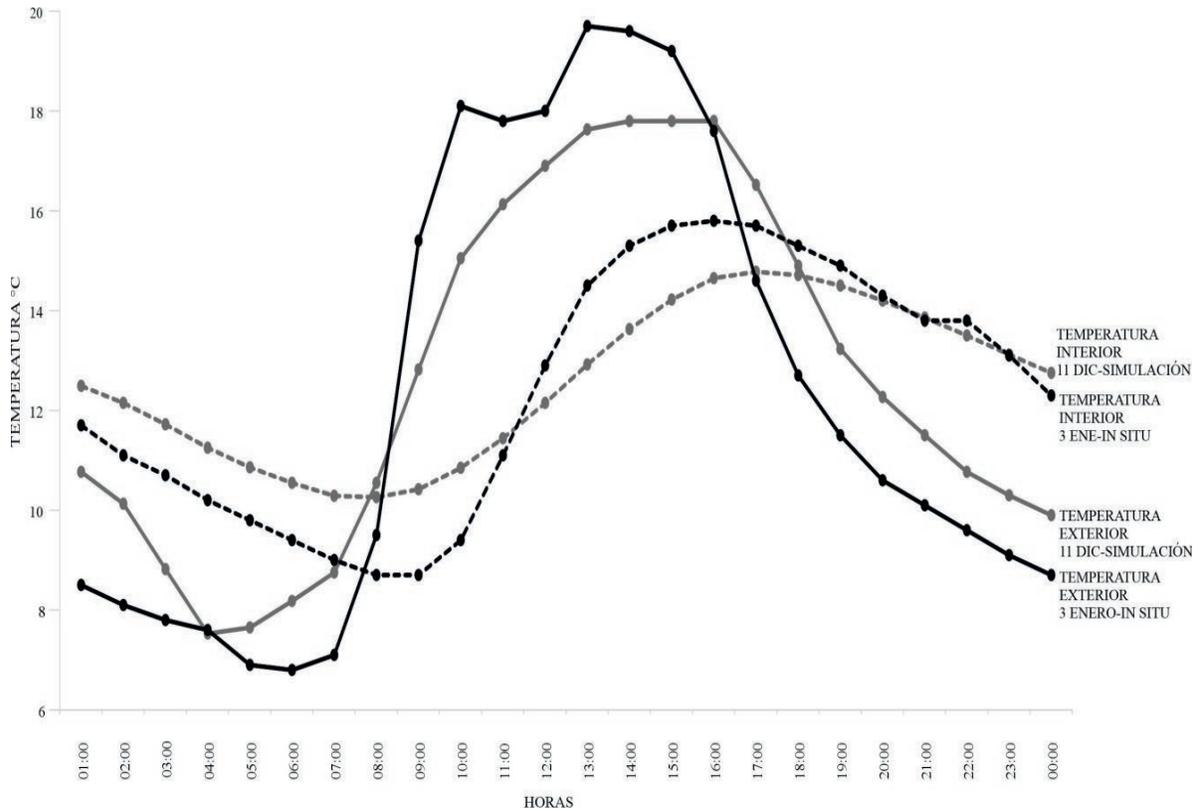
Comparativo de los datos *in situ* contra los datos de simulación, espacio sala-comedor

TABLA 1

Tabla comparativa de los datos de temperatura del modelo simulado y de la medición *in situ*

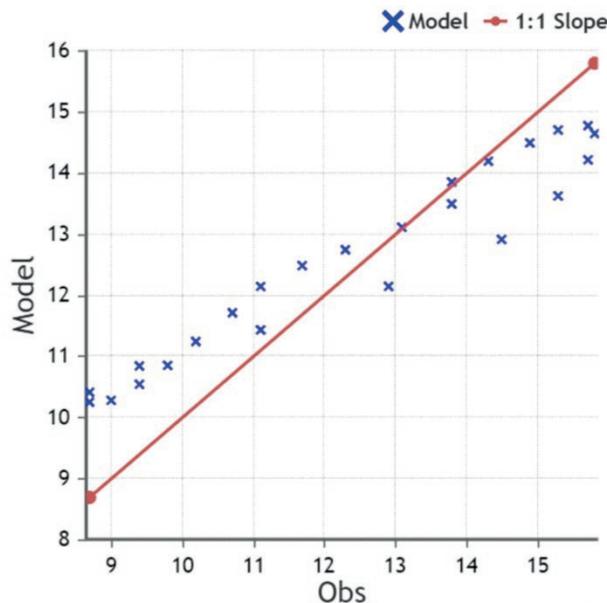
Día		Temperaturas			Oscilación
		máxima	promedio	mínima	
03 enero 2022 in-situ	Exterior	19.70	12.28	6.80	12.90
11 diciembre simulación	Exterior	17.80	12.65	7.53	10.27
03 enero 2022 in-situ	Interior	15.80	12.38	8.70	7.10
11 diciembre simulación	Interior	14.78	12.55	10.26	4.52

Para obtener el RMSE se realizó una comparación entre los valores observados y los simulados de la temperatura interior de la sala-comedor a través de la calculadora de AgriMagrimetsoft.

com. De acuerdo con la gráfica (figura 10), los datos registran una menor dispersión, el valor obtenido en el parámetro de RMSE fue de 1.053.

FIGURA 10

Diagrama de RMSE obtenida de AgriMetSoft (2019). Online Calculators



Fuente: Disponible en: <https://agrimetsoft.com/calculators/Root%20Mean%20Square%20Error> Discusión de la evaluación del rendimiento térmico de una vivienda de interés social

Al evaluar el rendimiento térmico de la vivienda a través de los parámetros de decremento y retraso térmico, se obtuvo que los valores de DF son mayores que los de LT, lo que representa un rendimiento térmico deficiente. Los espacios evaluados presentan una amplitud en los valores de su temperatura, esto se traduce en una inestabilidad térmica, las propiedades termofísicas del material principal de la envolvente, en conjunto con el espesor, favorecen al intercambio del flujo de calor. El concreto de la envolvente tiene una conductividad de 1.74 W/mK , una densidad de $2,300 \text{ kg/m}^3$ y un calor específico de $1,000 \text{ J/kgK}$, la densidad tiene una relación directa con la conductividad del material, a mayor densidad el material tendrá mayor conductividad (González, 2004). Estos valores, junto con el espesor de 10 cm , hacen que la envolvente no almacene el calor captado a través de las ganancias internas y externas durante el día; esto se confirma en el resultado obtenido en los parámetros, al descender la temperatura exterior durante la noche, la temperatura interior responde a este descenso, por lo que se requiere de sistemas mecánicos de

calefacción para mantener los espacios dentro de una zona de confort térmico. La orientación de los espacios es también un factor importante que asociado a las propiedades de los materiales propicia las ganancias térmicas, los elementos de la envolvente que reciben mayor radiación solar en el periodo invernal representan un beneficio para los espacios interiores, tal es el caso de la habitación dos que se ubica al suroeste, aunque es necesario evaluar si esto representa una ventaja durante el periodo estival.

A pesar de que el valor R del sistema constructivo de la vivienda está por debajo de lo que la norma establece, las propiedades superficiales del bloqueador nanotérmico que se encuentra aplicado como acabado final en la envolvente de la vivienda lo convierten en un material frío; el efecto de este tipo de material está en limitar las ganancias térmicas hacia el interior de los espacios, lo que causa que las temperaturas máximas interiores se encuentren por debajo de la exterior. Se recomienda evaluar los efectos del bloqueador durante el periodo estival, ya que durante el periodo evaluado las características del

bloqueador nanotérmico no fueron las adecuadas para las condiciones climáticas. Quedó demostrado que el rendimiento térmico de la vivienda es considerado deficiente, es recomendable aplicar estrategias para mejorar este rendimiento, por lo que la simulación es una herramienta útil. La validación del modelo de la vivienda con los datos medidos darán la certidumbre en los resultados de simulaciones futuras que implementen diversas estrategias. El resultado de la validación determinó un RMSE de 1.053, por lo que el modelo se considera como óptimo debido a que no existe una elevada dispersión entre los datos.

CONCLUSIONES

Se realizó la evaluación del rendimiento térmico de una vivienda de interés social, construida con un sistema de tipo encofrado y de envolvente opaca de concreto de 10 cm de espesor con un bloqueador nanotérmico de alta refractividad como acabado exterior. El estudio se realizó en la ciudad de Ensenada, Baja California, México, que se caracteriza por un clima templado seco frío. El monitoreo se realizó durante el periodo invernal, los datos fueron recolectados a través del uso de instrumentos colocados al interior y exterior de la vivienda. Las áreas analizadas fueron la sala-comedor y las dos habitaciones. El día típico que se seleccionó para la evaluación fue el día 3 de enero de 2022. La evaluación del rendimiento térmico se realizó a través de los parámetros del decremento térmico (DF) y el retraso térmico (LT), además, se comparó la resistencia térmica o valor R del sistema de la vivienda con lo que la norma mexicana NMX-C-460-ONNCCE-2009 establece.

En esta investigación, los resultados obtenidos indican que los tres espacios evaluados registraron un valor DF alto, la habitación dos ubicada al suroeste obtuvo el mayor índice con 0.60 °C, seguida del espacio de la sala-comedor con 0.55 °C, este resultado indica que la temperatura al interior de la vivienda fluctúa de acuerdo a las condiciones climatológicas del ambiente exte-

rior, la dispersión en los valores de la temperatura provoca que durante los días y noches del periodo invernal se requiera de medios de calefacción para lograr una estabilidad térmica al interior. Con respecto al valor de LT, la temperatura máxima interior fue registrada tres horas después de la máxima exterior, esto sucedió en los tres espacios analizados, estos valores son resultado de la aplicación del bloqueador nanotérmico utilizado en la envolvente como acabado exterior, el cual actuó como un material frío. Para determinar que el rendimiento térmico es óptimo, el valor DF debe ser menor, mientras que el LT debe ser mayor; al observar los resultados se puede concluir que el rendimiento térmico de la vivienda es deficiente.

Para mejorar el rendimiento térmico de estas viviendas se requiere la propuesta de estrategias constructivas que incrementen el almacenamiento térmico de la envolvente, ejemplo de ello puede ser la aplicación de los materiales de cambio de fase o materiales que funcionen como barreras térmicas, como es el caso de los aislantes, pero se debe considerar que las estrategias no planeadas desde el diseño se convierten en un costo extraordinario para este tipo de viviendas. La simulación es una herramienta útil para la creación de escenarios que permitan evaluar estrategias en diferentes condiciones y estaciones del año, la medición en el sitio permite obtener datos de las variables climáticas que serán utilizadas para la validación del modelo, el contraste de los datos simulados contra los datos recolectados en el sitio permite tener un grado de certidumbre sobre los valores obtenidos en los escenarios y en la evaluación de estrategias. Un parámetro de validación utilizado es el error cuadrático medio o RMSE, este parámetro considera el cero como un modelo óptimo. En el modelo validado en esta investigación se obtuvo un valor de RMSE de 1.053 que se considera como aceptable, esta validación permitirá comparar diferentes propuestas para mejorar la envolvente y seleccionar la estrategia de mayor eficiencia.

Cada vez es más frecuente la construcción de viviendas de interés social en México con el sis-

tema constructivo tipo encofrado, debido a sus ventajas en la construcción en serie, al ahorro en el tiempo y en los costos de la edificación, lo que ha propiciado que este tipo de sistemas sea la selección más viable para los desarrolladores, pero como se demostró en esta investigación, para el clima predominantemente frío de la ciudad de Ensenada, las propiedades termofísicas del material utilizado, en conjunto con el espesor de la envolvente opaca, generan un rendimiento térmico deficiente, además, se observó que su valor U y valor R no cumplen con lo que establece la normativa para habitabilidad y ahorro en el consumo de energía. Se concluye que el espesor de la envolvente y el material utilizado en este sistema son factores limitantes para desarrollar viviendas sustentables, por lo que, de implementarse este tipo de sistemas constructivos, deberá considerarse el uso de otras estrategias que permitan el desempeño térmico adecuado de acuerdo con las condiciones climáticas del sitio. En el caso particular de la ciudad de Ensenada, el uso de las estrategias para los sistemas constructivos tipo encofrado debe considerar los requerimientos de calefacción en invierno y de enfriamiento en verano.

Como recomendaciones para investigaciones futuras se propone realizar una evaluación en el periodo estival, en conjunto con el bloqueador nanotérmico y sin él, también se recomienda considerar la orientación dentro de la evaluación, ya que se observó que es un factor determinante en las ganancias y pérdidas de calor. El bloqueador podría evaluarse en conjunto con alguna otra estrategia como el uso de termoaislantes para determinar el comportamiento térmico. Dentro de la investigación se registraron diversas limitaciones, entre las cuales estaba el número de instrumentos, esto dificultó la evaluación de la superficie interior y exterior de la envolvente en todos los espacios, por lo que se recomienda contar con un mayor número de instrumentos para la evaluación *in situ*. Otra limitación fue la situación que se presentaba a escala mundial por la pandemia de COVID-19, lo que evitó realizar mediciones *in situ* entre dos viviendas para com-

parar el rendimiento térmico entre una vivienda con y sin estrategia.

REFERENCIAS

- Al-Obaidi, K. M., Ismail, M., & Abdul Rahman, A. M. (2014). Passive cooling techniques through reflective and radiative roofs in tropical houses in Southeast Asia: A literature review. *Frontiers of Architectural Research*, 3(3), 283–297. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2014.06.002>
- Al-tamimi, N. (2022). Passive Design Strategies for Energy Efficient Buildings in the Arabian Desert. *Frontiers in Built Environment*, 7, 805603. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.805603>
- Al-yasiri, Q., & Szabó, M. (2021). Experimental evaluation of the optimal position of a macroencapsulated phase change material incorporated composite roof under hot climate conditions. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 45(March), 101121. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101121>
- (2022). Energetic and thermal comfort assessment of phase change material passively incorporated building envelope in severe hot Climate: An experimental study. *Applied Energy*, 314(January), 118957. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.118957>
- Albatayneh, A. (2021). Optimisation of building envelope parameters in a semi-arid and warm Mediterranean climate zone. *Energy Reports*, 7, 2081–2093. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.04.011>
- Alchapar, N. L., Correa, E. N., & Cantón, M. A. (2012). Índice de reflectancia solar de revestimientos verticales: potencial para la mitigación de la isla de calor urbana. *Ambiente Construído*, 12(3), 107–123. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212012000300008>
- Ali, M. H., & Abustan, I. (2014). A new novel index for evaluating model performance. *Journal of Natural Resources and Development*, 2002, 1–9. <https://doi.org/10.5027/jnrd.v4i0.01>
- Alías, H. M., & Jacobo, G. J. (2011). Eficiencia energética en viviendas sociales. Incidencia de la envolvente en el consumo eléctrico para mantener el bienestar higrotérmico en los espacios interiores. *Arquisur*, 1, 76–89. <https://doi.org/10.14409/ar.vii.925>

- Álvarez, J. L., 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.
- Andoni, H., & Wonorahardjo, S. (2018). A Review on Mitigation Technologies for Controlling Urban Heat Island Effect in Housing and Settlement Areas. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 152(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/152/1/012027>
- Barrios, G., Huelsz, G., Rechtman, R., & Rojas, J. (2011). Wall / roof thermal performance differences between air-conditioned and non air-conditioned rooms. *Energy & Buildings*, 43(1), 219–223. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.09.015>
- Barrios, G., Huelsz, G., Rojas, J., Ochoa, J. M., & Marincic, I. (2012). Envelope wall/roof thermal performance parameters for non air-conditioned buildings. *Energy and Buildings*, 50, 120–127. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.03.030>
- Becerra-Santacruz, H., & Lawrence, R. (2016). Evaluation of the thermal performance of an industrialised housing construction system in a warm-temperate climate: Morelia, Mexico. *Building and Environment*, 107, 135–153. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.07.029>
- Berrocal, D., Aranda, R., Santamaría, S., Vigil, A., & Chen, M. A. (2022). El cambio de fase como estrategia pasiva: Evaluación del rendimiento térmico-energético en edificaciones en Panamá. *I+D Tecnológico*, 17(2). <https://doi.org/10.33412/idt.v17.2.3478>
- Bhargava, A., Lakmini, S., & Bhargava, S. (2017). Urban Heat Island Effect: It's Relevance in Urban Planning. *Journal of Biodiversity & Endangered Species*, 05(02), 1–4. <https://doi.org/10.4172/2332-2543.1000187>
- Borbon-Almada, A. C., Lucero-Alvarez, J., Rodriguez-Muñoz, N. A., Ramirez-Celaya, M., Castro-Brockman, S., Sau-Soto, N., & Najera-Trejo, M. (2020). Design and application of cellular concrete on a mexican residential building and its influence on energy savings in hot climates: Projections to 2050. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(22), 1–22. <https://doi.org/10.3390/app10228225>
- CONAFOVI (2006). Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda. En *Bosque*.
- CONUEE (2017). *Costos y beneficios de la norma mexicana para envolvente de edificaciones residenciales (NOM-020-ENER)*. 1–24. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/234755/Impacto_NOM-020-junio-2017-FINAL.pdf
- (2020). Eficiencia energética en el confort térmico en viviendas de clima cálido en México. *Cuadernos de la Conuee*, 5.
- Daioglou, V., Mikropoulos, E., Gernaat, D., & Vuuren, D. P. Van. (2022). Efficiency improvement and technology choice for energy and emission reductions of the residential sector. *Energy*, 243, 122994. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122994>
- DOF - Diario Oficial de la Federación (2009). *Norma Mexicana NMX-C-460-ONNCCCE-2009, Industria de la construcción-Aislamiento Térmico-Valor "R" para las envolventes de viviendas por zona térmica para la república Mexicana-Especificaciones y verificación*.
- El, F., Lafhaj, Z., Antczak, E., & Chapiseau, C. (2016). Dynamic thermal performance of three types of unfired earth bricks. *Applied Thermal Engineering*, 93, 377–383. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2015.09.009>
- Fu, S. C., Zhong, X. L., Zhang, Y., Lai, T. W., Chan, K. C., Lee, K. Y., & Chao, C. Y. H. (2020). Bio-inspired cooling technologies and the applications in buildings. *Energy and Buildings*, 225, 110313. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110313>
- GABC (2018). *2018 Global Status Report: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector*.
- González, E. (2004). Selección de materiales en la concepción arquitectónica bioclimática. En *Estudios de Arquitectura Bioclimática. Anuario 2004: Vol. January* (p. 351564413).
- Gunawardena, K. R., Mccullen, N., & Kershaw, T. (2017). Heat island influence on space-conditioning loads of urban and suburban office buildings. *Cities and Climate Conference 2017*, 1–13.
- Jannat, N., Hussien, A., Abdullah, B., & Cotgrave, A. (2020). A comparative simulation study of the thermal performances of the building envelope wall materials in the tropics. *Sustainability*, 12(12), 4892. <https://doi.org/10.3390/SU12124892>
- Lodete, T., Arns, G., & Marcelino, R. (2020). Impact Analysis of Bioclimatic Strategies on the Thermoengetic Performance of a Pilot Plant in Southern Brazil. *Journal of Energy Engineering*,

- 146(5), 05020003. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)ey.1943-7897.0000704](https://doi.org/10.1061/(asce)ey.1943-7897.0000704)
- Magadán, T. R., Laredo, C. G., Suarez, G. A., Cacabelos, Reyes Antón, Carrasco, P. P. J., & Álavarez, F. M. Á. (2016). Simulación mediante TRNSYS de la influencia de la envolvente térmica en la demanda energética en un Cuartel de la Armada y propuestas de actuación. *IV Congreso Nacional de I+D En Defensa y Seguridad 2016*, 322630705.
- Morales-Inzunza, S., González-Trevizo, M. E., Martínez-Torres, K. E., Luna-León, A., Tamayo-Pérez, U. J., Fernández-Melchor, F., & Santamouris, M. (2023). On the potential of cool materials in the urban heat island context: Scalability challenges and technological setbacks towards building decarbonization. *Energy and Buildings*, 296(July). <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113330>
- Muhammad, F., & Wonorahardjo, S. (2020). Building Material in the Perspective of Energy Efficiency and Thermal Environment in TOD Area. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 532(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/532/1/012021>
- Muñoz Meléndez, G., Díaz González, E., Campbell Ramírez, H. E., & Quintero Nuñez, M. (2012). *Baja California: Perfil Energético 2010-2020. Propuesta y análisis de indicadores energéticos para el desarrollo de prospectivas estatales*. Comisión Estatal de Energía de Baja California. <https://studylib.es/doc/6258557/baja-california--perfil-energetico-2010-2020>
- Nayak, J. K., & Prajapatl, J. A. (2006). *Handbook on Energy Conscious Buildings*. Indian Institute of Technology, Bombay and Solar Energy Centre, Ministry of Non-Conventional Energy Sources. https://issuu.com/supplementarytechetv2035/docs/handbook_on_energy_conscious_buildings/395
- Németh, B., Ujhidy, A., Tóth, J., Gyenis, J., & Feczko, T. (2021). Testing of microencapsulated phase-change heat storage in experimental model houses under winter weather conditions. *Building and Environment*, 204, 108119. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108119>
- Ordoñez, A. (2014). Manual de ayuda DesignBuilder en español. *Sol.Arq Soluciones Arquitectónicas Sustentables*, 417.
- Ostry, M., & Charvat, P. (2013). Materials for advanced heat storage in buildings. *Procedia Engineering*, 57, 837-843. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.04.106>
- Pawar, B. S., & Kanade, P. G. N. (2018). Energy Optimization of Building Using Design Builder Software. *International Journal of New Technology and Research*, 4(1), 69-73.
- Rawat, M., & Singh, R. N. (2022). A study on the comparative review of cool roof thermal performance in various regions. *Energy and Built Environment*, 3(3), 327-347. <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2021.03.001>
- Ré, G., & Filippín, C. (2021). Evaluación energética y rehabilitación de la envolvente edilicia de una escuela en zona bioambiental templada cálida, Argentina. *Informes de la Construcción*, 73, 563.
- Rizzarello, F., Hongn, M., & Gea, M. (2018). Simulación computacional del comportamiento térmico de una vivienda social en Salta Capital. *Energías Renovables y Medio Ambiente.*, 42, 15-27.
- Rojas, J., Barrios, G., Huelsz, G., Tovar, R., & Jalife-Lozano, S. (2016). Thermal performance of two envelope systems: Measurements in non air-conditioned outdoor test cells and simulations. *Journal of Building Physics*, 39(5), 452-460. <https://doi.org/10.1177/17442591155591993>
- Sadineni, S. B., Madala, S., & Boehm, R. F. (2011). Passive building energy savings: A review of building envelope components. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(8), 3617-3631. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.014>
- Wang, W., Ge, X., & Xiong, H. (2019). Thermal design optimization and analysis on heating load of rural buildings in northern China. *E3S Web of Conferences ICBTE 2019*, 8, 1-5.

Una aproximación a la minería de datos para estimar indicadores de confort térmico con métodos diversos

An approach to data mining to estimate thermal comfort indicators from different methods of analysis

DOI: <https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i15.258>

JULIO CÉSAR RINCÓN MARTÍNEZ

Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID: 0000-0002-1946-3609

Correo electrónico: julio.rincon@uabc.edu.mx

Recepción: 3 de julio de 2023. Aceptación: 12 de septiembre de 2023.

RESUMEN

Los hallazgos del estudio del confort térmico para espacios interiores son difundidos en documentos que regularmente profundizan en la metodología aplicada y los resultados obtenidos, sin embargo, la explicación relacionada con el análisis de datos para llegar a estos, generalmente es reducida. El fenómeno del confort térmico adaptativo comúnmente es interpretado a partir de métodos estadísticos de tipo univariable que, por lo regular, se basan en la regresión lineal simple o en el método de medias por intervalos de sensación térmica; aunque también es posible encontrar estudios que utilizan el método gráfico de ANSI/ASHRAE 55. El objetivo de este documento es describir la minería de datos con la que se procesan estadísticamente los datos a partir de diversos métodos de análisis. Para ello, con base en la consulta de diferentes investigaciones relacionadas con el confort térmico se definieron los métodos más utilizados en sus etapas de tratamiento y correlación de datos, se investigó su fundamento teórico y se aplicaron a un caso hipotético. Lo anterior permitió identificar que el método de medias por intervalos de sensación térmica ofrece resultados con mayor consistencia dada la interpretación causal-fenomenológica que permite respecto a la relación entre la sen-

sación térmica percibida y las condiciones del ambiente térmico.

Palabras clave: ANSI/ASHRAE 55, confort térmico adaptativo, medias por intervalos de sensación térmica, minería de datos, regresión lineal simple.

ABSTRACT

The study of thermal comfort phenomenon is commonly disseminated in documents focused on the applied methodology and the results obtained, however, the data analysis used is usually limited to a basic explanation. This study phenomenon is commonly understood and interpreted from univariate type statistical methods based on the Simple Linear Regression method or the Averages by Thermal Sensation Interval method; although it is also possible to find studies that use the ANSI/ASHRAE 55 method. The objective of this paper is to show a detailed procedure that allows statistical processing of data from different analysis methods. For this, the most used methods in different studies of thermal comfort are defined, their theoretical foundation is investigated and they are applied to a hypothetical case. The foregoing made it possible to identify that the Averages by Thermal Sensation Intervals method



offers results with greater consistency because it allows a causal-phenomenological interpretation regarding the relationship between the perceived thermal sensation and the thermal environment.

Keywords: adaptive thermal comfort, averages by thermal sensation intervals, ANSI/ASHRAE 55, data mining, simple linear regression.

INTRODUCCIÓN

“Aquella condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico y es definida por evaluaciones subjetivas”, es conocida como confort térmico, de acuerdo con ANSI/ASHRAE 55 (2017); donde la base de la percepción térmica es definida por las sensaciones físicas y psicológicas generadas por los estímulos del ambiente térmico, actividad en desarrollo, experiencia y expectativa de las personas, principalmente.

Según Humphreys y Nicol (1998), el enfoque adaptativo es uno de los esquemas metodológicos desde los cuales puede ser estudiado el confort térmico, siempre que las bases en las que se sustente sean las siguientes:

- El individuo debe estudiarse en su hábitat natural, por lo que las condiciones de evaluación varían conforme al clima del sitio; por ende, los estudios se basan en datos recabados en campo;
- Se considera al sujeto de estudio como receptor activo en constante búsqueda del confort térmico, por lo que sus reacciones psicofisiológicas son determinantes para su análisis; y,
- Las condiciones de confort térmico dependen de la temperatura media exterior.

Es común que la difusión de este tipo de estudios centre su atención en la publicación de sus hallazgos a partir de la descripción precisa de la metodología empleada y la interpretación detallada de los resultados obtenidos (Buonocore *et al.*, 2020; Rincón, 2019; Jindal, 2018; Mishra y Ramgopal, 2015; González, 2012; Mayorga, 2012; Martínez, 2011; Bojórquez, 2010; Humphreys, Nicol y Raja, 2007; Hernández y Gómez, 2007; Gómez-Azpeitia *et al.*, 2007a; García-Chávez,

Ambríz y Paredes, 2005; Ambríz, 2005; Boerstra, Kurvers y Van der Linden, 2002; Bravo y González, 2001; Auliciems, 1981; Auliciems y De Dear, 1998), pero poco se profundiza sobre la minería de datos, el procedimiento y los métodos utilizados para el procesamiento y el análisis de los datos recabados en campo; más limitada aún, es la descripción proporcionada acerca de las diferentes etapas a las que fue sometida la base de datos una vez conformada: desde la identificación de datos atípicos, hasta la correlación de los datos consistentes que permitan contar con suficiente certidumbre de los resultados obtenidos. Actualmente son pocas las obras que presentan información y ejemplos vastos en esta índole, lo que permite garantizar estimaciones consistentes y de suficiente comprensión para lograr la réplica en investigaciones de similar fenómeno de estudio (Mishra, 2018; Humphreys, Nicol, y Roaf, 2015).

Por esta razón, en este documento se presentan diversas alternativas estadísticas utilizadas en la minería de datos en estudios sobre confort térmico, con el fin de que el investigador dedicado a este tipo de estudios cuente con una base sólida y confiable a partir de la cual pueda procesar los datos de campo —etapa que permite dar sentido a los datos obtenidos con la metodología aplicada y encontrar los resultados buscados—. En ese tenor, el procesamiento de datos aquí descrito se estructura en dos etapas básicas, cuyas alternativas de aplicación estadística se listan a continuación:

1. Identificación de datos atípicos.
 - a) Z-Score (Hernández *et al.*, 2014; Nie *et al.*, 1975);
 - b) Quartile (Sánchez, 2007; NIST/SEMATECH, 2012); y
 - c) Jerarquía ponderada (Rincón, 2019).
2. Correlación de los datos.
 - a) Regresión lineal simple (Cardona *et al.*, 2013; Kelmansky, 2010; Martínez, 2005; Levin y Rubin, 2004);
 - b) Medias por intervalos de sensación térmica (Gómez-Azpeitia *et al.*, 2007b); y
 - c) Método de ANSI/ASHRAE 55 (2017).

Si bien la correlación de datos en este tipo de estudios puede llevarse a cabo a partir de diferentes métodos estadísticos, en este documento únicamente se describen aquellos que cuentan con potencial de aplicación a este fenómeno, así como el método contenido en la ANSI/ASHRAE 55 (2017). Estos métodos estadísticos, de tipo univariable, según diferentes autores (Cardona *et al.*, 2013; Martínez, 2005; Alegre y Cladera, 2002), se centran en la correlación de una variable independiente (variable física del ambiente térmico registrada durante la evaluación) y una variable dependiente (voto de confort emitido por los sujetos de estudio). En este sentido, con el fin de estimar modelos genéricos de confort, el análisis de datos se desarrolla a través de las variables que mayor influencia representan en este fenómeno, ubicando en segundo plano aquellas cuyo impacto es más acotado respecto a las apreciaciones del ambiente: edad, género, nivel de arropamiento y nivel de actividad, entre otras. No obstante, si dentro de los objetivos de la investigación se plantea obtener indicadores térmicos específicos a partir de alguna de las variables antropogénicas antes listadas, a la base de datos simplemente se le tendrían que aplicar algunos filtros de manera tal que permita encontrar esos indicadores específicos.

El procedimiento aquí presentado se basa en métodos o modelos estadísticos ya establecidos y utilizados continuamente en diferentes campos del conocimiento. Sin duda, existen numerosos procedimientos para procesar estadísticamente una base de datos, sin embargo, el que aquí se presenta se adapta con mayor flexibilidad a los estudios sobre confort térmico adaptativo.

MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS DE DATOS

Para obtener resultados consistentes y llevar a cabo un adecuado procesamiento de datos en estudios sobre confort térmico, el procedimiento presentado en este documento se clasifica en dos etapas: a) Identificación de datos atípicos, y b) Correlación de los datos; por lo que este apar-

tado describe de forma detallada cada una de las alternativas estadísticas con las que es posible desarrollar dichas etapas.

IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS

Esta etapa consiste en brindar un tratamiento preventivo a la base de datos con el fin de omitir los datos atípicos que pudieran afectar los resultados buscados. La preparación de la base de datos es una etapa preliminar de suma importancia a la manipulación de los datos recabados y al modelado de los resultados esperados, ya que si se omite este procedimiento, se arriesga la consistencia de los resultados obtenidos por el posible manejo y la falta de tratamiento de datos erróneos (sesgo) (CCPE, 2011). El propósito de este procedimiento es la revisión, la validación y la verificación de la consistencia de los datos recabados en campo, con el fin de lograr la validez que permita realizar un análisis preciso de la realidad de una población determinada.

Los datos atípicos, también conocidos como *outliers*, son observaciones que se desvían tanto de otras observaciones que despiertan la sospecha de que se generaron por un mecanismo diferente (Hawkins-Douglas, 1980), son aquellos valores extremos de alguna variable que difieren del comportamiento del resto de la muestra (Rodríguez, Sandoval y Pacheco, 2011; López, 2011). Según Hawkins-Douglas (1980), las consecuencias de una sola observación atípica pueden ser graves y distorsionar los resultados (inconsistencia en la precisión) o afectar la normalidad de la base de datos (correlación de los datos).

En este sentido, Bisbé (2011) menciona que los datos atípicos de una base de datos pueden ser tratados de tres formas: a) Sustitución (reemplazo por valor específico o promedio), b) Omisión (conservar los datos pero no utilizarlos para el procesamiento), y c) Eliminación (borrar el valor de los datos con el fin de que los registros sean nulificados). Para los estudios de confort térmico adaptativo se recomienda la omisión, y no la eliminación, de aquellos valores que pudieran afectar

los resultados esperados, ya que estos pudieran ser de utilidad en otro momento para alcanzar fines distintos de investigación.

Existen diversos métodos y procedimientos para dar tratamiento a los datos atípicos de una base de datos, no obstante, en este documento se describen los utilizados continuamente en las distintas áreas del conocimiento: Z-Score y Cuartil (Hernández *et al.*, 2014); adicionalmente, se presenta un método con base estadística propuesto por el autor de este documento, denominado *jerarquía ponderada*.

Z-SCORE

De acuerdo con Hernández *et al.* (2014), el método Z-Score, también conocido como puntuación Z, es la medida que indica la dirección y el grado en que un valor individual se aleja de la media, en una categoría de unidades de desviación estándar (DS). Nie *et al.* (1975) mencionan que las puntuaciones Z son el método comúnmente utilizado para estandarizar la categoría de una variable medida en un nivel por intervalos. Su fórmula es:

$$z = \frac{X - \bar{X}}{s} \tag{1}$$

Donde:

X = Puntuación o valor a transformar.

X̄ = Media de la distribución a la que pertenece el valor a transformar.

s = Desviación estándar de la distribución a la que pertenece el valor a transformar.

z = Valor transformado en unidades de desviación estándar.

En este tenor, para que esta medida pueda ser empleada como método de identificación de datos atípicos es necesario que cada uno de los valores que conforman la distribución no exceda el intervalo de -3.0 DS a +3.0 DS (López, 2011).

A modo de ejemplo aplicativo, en la tabla 1 se concentra la variable dependiente conformada por los datos de Sensación Térmica (ST) recabados en un estudio de confort térmico, donde la escala de ST utilizada se conformó por categorías del 1 al 7 con base en los siete puntos de percepción térmica sugeridos en ANSI/ASHRAE 55 (2017).

TABLA 1
Identificación de datos atípicos a partir del método Z-Score

Muestra (Categoría ST)	Z-Score (DS)	¿Es atípico? (-3 DS > Z-Score > 3 DS)
5	1.76	No atípico
4	0.79	No atípico
3	-0.18	No atípico
2	-1.16	No atípico
2	-1.16	No atípico
1	-2.13	No atípico
1	-2.13	No atípico

La columna *Muestra* contiene las categorías de ST elegidas por los sujetos durante la evaluación, la columna *Z-Score* muestra la transformación a DS de cada uno de los valores concentrados en la columna anterior, y la columna *¿Es atípico?* define si cada valor contenido en la primer columna es o no atípico respecto a la distribución total de datos que la contiene; esto, a partir de su valor Z-Score respecto a un intervalo de -3.0 DS a +3.0 DS.

De acuerdo con este método, ninguno de los 21 votos de confort recabados en ese estudio de confort térmico (con valores de ST de 1 a 5) se clasificaría como atípico.

CUARTIL

De acuerdo con Sánchez (2007), los cuartiles son medidas estadísticas de posición que tienen la propiedad de dividir la serie estadística en cuatro grupos de números iguales de términos; es decir, son los tres valores que dividen al conjunto de datos ordenados en cuatro porciones iguales:

- El primer cuartil Q_1 es el valor de la variable que deja a la izquierda el 25.0 % de la distribución;
- El segundo cuartil Q_2 es el valor de la variable que deja a la izquierda el 50.0 % de la distribución; es el valor equivalente a la mediana del conjunto de datos; y
- El tercer cuartil Q_3 es el valor de la variable que deja a la izquierda el 75.0 % de la distribución.

La fórmula general de los cuartiles para datos agrupados es:

$$Q_k = L_i + \frac{\left(\frac{kn}{4} - Ma\right)w}{mc} \quad (2)$$

Donde:

L_i = Límite inferior que contiene el cuartil-k.

n = Número de observaciones.

k = Cuartil.

Ma = Frecuencia acumulada hasta antes de la clase del cuartil-k.

mc = Frecuencia de la clase que contiene el cuartil-k.

w = Amplitud del cuartil-k.

Bajo este contexto, NIST/SEMATECH (2012) menciona que para que esta medida de posición pueda ser empleada como método de identificación de datos atípicos es necesario, primeramente, calcular el rango intercuartil (IQ) —diferencia entre el cuartil superior Q_3 y el cuartil inferior Q_1 —, después, continuar con cada una de las siguientes premisas para calcular el intervalo que definirán a un valor como:

- Muy atípico. Cuando el dato analizado tiene valor mayor a $Q_3 + 3.0 \text{ IQ}$ (MaL_s) o un valor menor a $Q_1 - 3.0 \text{ IQ}$ (MaL_i);
- Algo atípico. Cuando el dato analizado tiene un valor mayor a $Q_3 + 1.5 \text{ IQ}$ (AaL_s) o un valor menor a $Q_1 - 1.5 \text{ IQ}$ (AaL_i); o
- No atípico. Cuando el dato analizado tiene un valor comprendido entre AaL_i y AaL_s .

Con el fin de impulsar una mejor comprensión de lo expuesto, a continuación se citan nuevamente los valores empleados en el ejemplo del apartado anterior. De acuerdo con la tabla 2, la

columna *Muestra* contiene las categorías de ST recabadas con el estudio de confort térmico, la columna *Muy atípico* muestra los límites MaL_i y MaL_s , la columna *Algo atípico* muestra los límites AaL_i y AaL_s , y la columna *¿Es atípico?* define si cada valor contenido en la primer columna es o no atípico (muy atípico o algo atípico) dependiendo de su valor respecto a los límites definidos en las dos columnas anteriores.

De acuerdo con este método, solo los registros en los que se eligió la categoría de ST igual a 1 son *Algo atípicos*, ya que su valor numérico es inferior a 1.5, mientras que el resto de datos son clasificados como no atípicos.

TABLA 2
Identificación de datos atípicos a partir del método Cuartil

Muestra (Categoría st)	Muy atípico (MaL_i - MaL_s)	Algo atípico (AaL_i - AaL_s)	¿Es atípico? (AaL_i >value > AaL_s)
5	0.0 - 7.0	1.5 - 5.5	No atípico
4	0.0 - 7.0	1.5 - 5.5	No atípico
4	0.0 - 7.0	1.5 - 5.5	No atípico
4	0.0 - 7.0	1.5 - 5.5	No atípico
4	0.0 - 7.0	1.5 - 5.5	No atípico
4	0.0 - 7.0	1.5 - 5.5	No atípico
4	0.0 - 7.0	1.5 - 5.5	No atípico
4	0.0 - 7.0	1.5 - 5.5	No atípico
4	0.0 - 7.0	1.5 - 5.5	No atípico
4	0.0 - 7.0	1.5 - 5.5	No atípico
3	0.0 - 7.0	1.5 - 5.5	No atípico
3	0.0 - 7.0	1.5 - 5.5	No atípico
3	0.0 - 7.0	1.5 - 5.5	No atípico
3	0.0 - 7.0	1.5 - 5.5	No atípico
3	0.0 - 7.0	1.5 - 5.5	No atípico
3	0.0 - 7.0	1.5 - 5.5	No atípico
3	0.0 - 7.0	1.5 - 5.5	No atípico
3	0.0 - 7.0	1.5 - 5.5	No atípico
2	0.0 - 7.0	1.5 - 5.5	No atípico
2	0.0 - 7.0	1.5 - 5.5	No atípico
1	0.0 - 7.0	1.5 - 5.5	Algo atípico
1	0.0 - 7.0	1.5 - 5.5	Algo atípico

JERARQUÍA PONDERADA

El Z-Score y el Cuartil determinan los datos atípicos de un universo de datos a partir de la lejanía que su *valor* representa respecto a la distribución normal del resto de los registros; no

obstante, el método de la jerarquía ponderada se basa básicamente en las categorías de ST contenidas en ANSI/ASHRAE 55 (2017) para describir la percepción térmica que los sujetos perciben de su entorno inmediato.

Si bien este método es propuesto por el autor del presente trabajo para identificar los datos atípicos en estudios sobre confort térmico, su aplicabilidad se extiende a la evaluación del confort ambiental del espacio (acústico, lumínico, hídrico, eólico, etcétera), pues este se basa específicamente en la frecuencia con la que cada categoría de confort se repite en función del total de votos recabados; en otras palabras, permite ponderar la representatividad de cada categoría de confort dentro de un total neto de votos dados. Por ende, lo anterior se rige estrictamente por la cantidad de categorías que presente la escala de evaluación según la variable ambiental estudiada: para lo térmico y lo hídrico, regularmente son siete; para lo eólico y lo acústico, cinco; y para la aceptación general del ambiente, dos. Por la naturaleza del presente trabajo, se continuará describiendo el método focalizándolo en el confort térmico, aunque su aplicación para el resto de variables ambientales es la misma, ajustándolo únicamente al total de categorías que ampara la escala de confort empleada.

En este sentido, los criterios considerados por este método para la sucesiva identificación de datos atípicos, son:

- El *significado* perceptivo que representa cada categoría subjetiva de ST para evaluar las condiciones del entorno y, no así, el valor cuantitativo que representa; y
- La *frecuencia* con la que cada categoría de ST es elegida bajo una misma, o similar, magnitud de variable física (conjunto de observaciones generadas en diferentes momentos próximos entre sí); y
- La *proporción* que cada una de las categorías de ST representa respecto al total de votos recabados.

En otras palabras, el método de jerarquía ponderada basa su criterio de identificación atípica en el *significado*, la *frecuencia* y la *representación*

proporcional de cada categoría de ST, y no en el valor cuantitativo que representa cada una de ellas.

Este método se basa en la medida estadística de la *proporción*, también conocida como frecuencia relativa, la cual, según Ruíz (2004), es una medida de resumen que consiste en el número de veces que se presenta un valor respecto al total de la muestra. Esta medida estadística cuenta con la ventaja de aplicarse en variables cualitativas, tal el caso de los votos de confort subjetivos emitidos por los sujetos en estudios sobre confort térmico. Su fórmula general es:

$$P_i = \frac{x_i}{n} \quad (3)$$

Donde:

x_i = Número de observaciones de interés (número de veces que se repite un mismo valor en la muestra).

n = Tamaño de la muestra (número total de observaciones).

P_i = Proporción ponderada que representa el valor respecto al total de observaciones.

Para que la *proporción* pueda aplicarse como método de identificación de datos atípicos, se deben aclarar ciertos términos de aplicación:

- Los valores a emplear para describir el universo de datos en cada muestra evaluada son del 1 al 7 (categorías de ST dadas en ANSI/ASHRAE 55, 2017): De 1 = Mucho frío a 7 = Mucho calor.
- El criterio para determinar cuáles son los datos atípicos, es que la proporción que represente cada categoría sea inferior a 0.1429 (1/7 del tamaño total de la muestra), al aplicar la ecuación de la *proporción* a cada conjunto de observaciones que ha elegido una misma categoría de ST. Esto, a partir del supuesto de que, en condiciones hipotéticamente homogéneas, el mínimo de sujetos que elige cada una de las siete categorías de ST corresponde a 1/7 de la muestra estudiada.
- La identificación de datos atípicos se realiza por conjunto de evaluaciones llevadas a cabo

en momentos próximos entre sí, cuya magnitud de variable física registrada es igual o similar entre sí. Esto permite identificar de forma rápida, eficiente y precisa, las observaciones atípicas surgidas en un mismo momento, turno o día, por ejemplo.

Con lo anterior, y con el fin de asimilar una mejor comprensión del planteamiento y los criterios aplicados con este método de identificación, se cita nuevamente el ejemplo que se ha descrito en los métodos anteriores. Así, en la tabla 3 se puede apreciar que la columna *Muestra* contiene las categorías de ST elegidas en el estudio de confort térmico y la columna *Proporción* aloja la proporción que cada una de esas categorías representa respecto al total de observaciones recabadas.

Por su parte, la columna *¿Es atípico?* define, a partir de un valor inferior a 0.1429 en la columna *Proporción*, si cada valor de la primera columna es atípico respecto a la distribución total de datos.

Con este procedimiento es posible obtener mayor consistencia en la clasificación de los valores atípicos, pues es posible determinar que las categorías de ST que solo presentan una o dos respuestas (categorías 1, 2 y 5) son atípicas respecto al total de observaciones recabadas, lo que permite realizar el procesamiento de datos solo con las observaciones de las categorías de ST que reflejan mayor frecuencia (categorías 3 y 4, ocho observaciones cada una).

CORRELACIÓN DE DATOS

Una vez identificados y tratados los datos atípicos, se procede con la correlación de la base de datos resultante. Para llevar a cabo esta etapa de análisis de datos, se describen a continuación tres métodos: dos estadísticos de correlación univariable —utilizados con mayor frecuencia en los estudios de confort térmico— y uno contenido en ANSI/ASHRAE 55 (2017):

- Regresión lineal simple (Cardona *et al.*, 2013; Kelmansky, 2010; Martínez, 2005);

- Medias por intervalos de sensación térmica (Gómez-Azpeitia *et al.*, 2007b); y
- Método de ANSI/ASHRAE 55 (2017).

TABLA 3

Identificación de datos atípicos a partir del método de jerarquía ponderada

Muestra (Categoría ST)	Proporción ($P_i = x_i / n$)	¿Es atípico? ($P_i < 1/7$)
5	0.05	Atípico
4	0.38	No atípico
4	0.38	No atípico
4	0.38	No atípico
4	0.38	No atípico
4	0.38	No atípico
4	0.38	No atípico
4	0.38	No atípico
4	0.38	No atípico
4	0.38	No atípico
3	0.38	No atípico
2	0.10	Atípico
2	0.10	Atípico
1	0.10	Atípico
1	0.10	Atípico

REGRESIÓN LINEAL SIMPLE

De acuerdo con Cardona *et al.* (2013), la regresión lineal simple (RLS) permite cuantificar la relación entre una variable dependiente (Y, endógena o criterio) y una independiente (X, exógena o predictora), exponiéndola en una ecuación lineal que permite pronosticar la relación. Se trata de encontrar la línea media que sintetice la dependencia entre la variable Y y la X, con el fin de explicar la causa de la variable dependiente y prever los valores futuros de Y para valores dados en X (Martínez, 2005).

La estructura de la ecuación lineal que describe la relación entre las dos variables, según Kelmansky (2010), es la siguiente:

$$y = \alpha + \beta x + \epsilon \quad (4)$$

Donde:

y = variable a predecir.

$\alpha + \beta x$ = parámetros desconocidos a estimar.

ϵ = error en la predicción de los parámetros.

En este modelo, los valores de la variable dependiente Y se encuentran relacionados linealmente con la variable independiente X, más un error que atiende la variabilidad en Y que no se puede explicar con la relación lineal. Cardona *et al.* (2013) mencionan que existen medidas que permiten determinar el grado de relación entre ambas variables: el coeficiente de determinación (r^2) y el coeficiente de correlación (r).

El coeficiente de determinación es una medida estandarizada que indica, en un intervalo de 0 a 1, el grado de relación que existe entre las dos variables: 0 significa la independencia total entre las variables y 1 significa la relación perfecta entre ellas (Kelmansky, 2010; Martínez, 2005; Levin y Rubin, 2004). Con base en Kelmansky (2010), la ecuación general de la r^2 puede expresarse

$$r^2 = \frac{\sum(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum(Y_i - \bar{Y})^2} \quad (5)$$

Donde:

r^2 = coeficiente de determinación.

Numerador = variación explicada.

Denominador = variación total.

Un error típico en la interpretación de r^2 es la no consideración del tamaño de la muestra, las cuales suelen variar de forma inversa. Basta con considerar un número pequeño de observaciones para que r^2 alcance un valor próximo a la unidad, sin que ello evidencie la existencia de una marcada relación lineal entre dos variables (Martínez, 2005).

Por su parte, el coeficiente de correlación es una medida que se usa para describir qué tan bien explica una variable a la otra (Cardona *et al.*, 2013). Este se expresa como la raíz cuadrada del coeficiente de determinación:

$$r = (b \text{ sign})\sqrt{r^2} \quad (6)$$

Donde:

r = coeficiente de correlación.

(signo de b) = relación directa (+) o inversa (-).

r^2 = coeficiente de determinación.

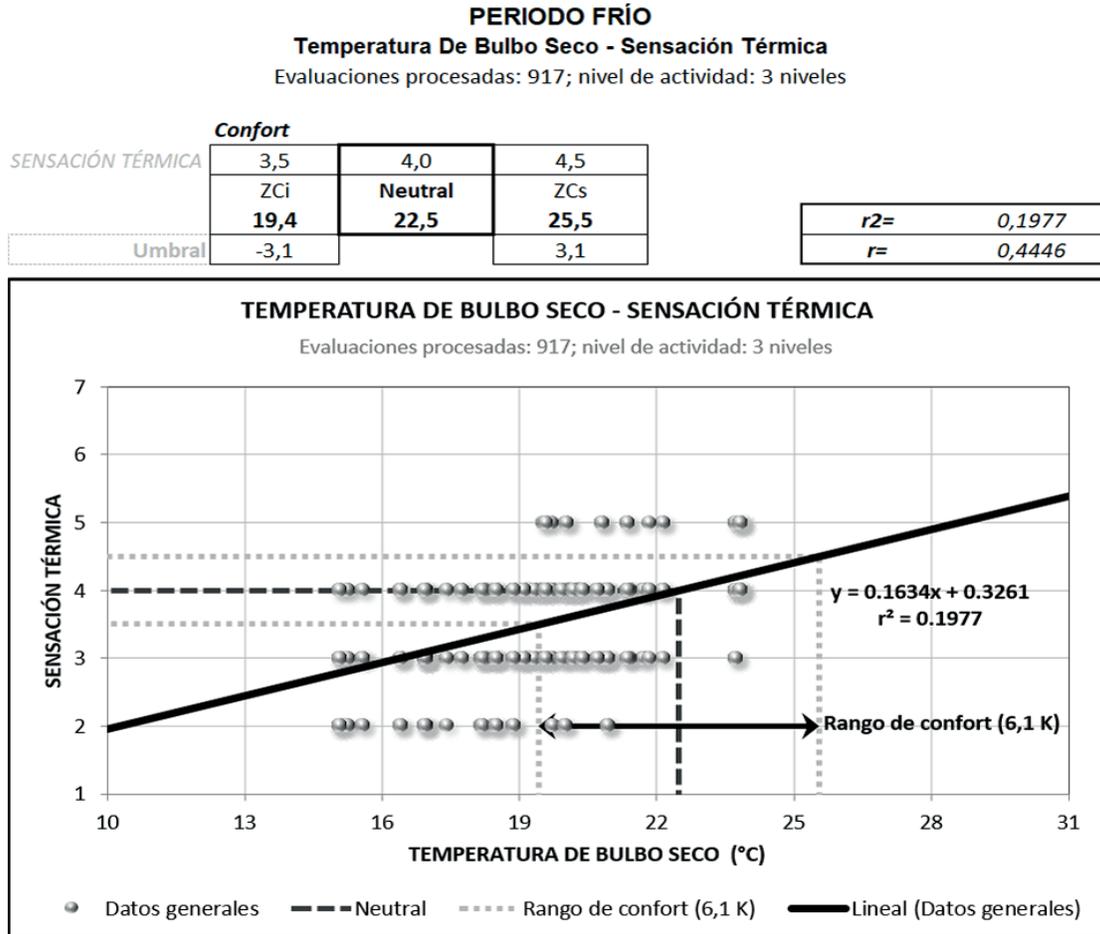
El coeficiente de correlación mide, en un intervalo de -1 a 1, la intensidad de la relación que existe entre las dos variables; en ambos casos existe una relación intensa, negativa y positiva respectivamente, conforme el valor se acerca a 0, la relación se va debilitando hasta carecer de ella (Cardona *et al.*, 2013).

En el caso de los estudios sobre confort térmico adaptativo, el diagrama de dispersión se conforma de los pares de datos recabados en las evaluaciones de sitio: las variables independientes corresponden a las variables físicas registradas (temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad de viento) y las variables dependientes corresponden a los votos de ST dados por los sujetos de estudio. En este sentido, el diagrama de dispersión se genera a partir de los votos de ST sobre el eje Y y las magnitudes de variable física sobre el eje X.

Dado que el objetivo de los estudios sobre confort térmico no es conocer la respuesta de ST de los sujetos a partir de su exposición a determinadas condiciones físicas ambientales, sino estimar el confort térmico a partir de cada una de las variables físicas que intervienen en la percepción térmica de los sujetos, es recomendable, por un lado, despejar a X de la función lineal obtenida por la recta de regresión y, por otro, dar a Y un valor igual a 4 (categoría de ST equivalente a ni calor, ni frío) para obtener el valor neutral de la variable física analizada e, igual a 3,5 y 4,5 según González y Bravo (2003), o 3,0 y 5,0 según Fanger (1972), para estimar los límites del rango de confort (figura 1).

FIGURA 1

Ejemplo de correlación de datos a partir del método de regresión lineal simple



Fuente: Rincón *et al.* (2017).

Algunas ventajas que presenta la utilización de este método estadístico son:

- Estimación de un rango de confort, adicional a un valor de neutralidad.
- Consistencia en la correlación de cualquiera de las variables físicas registradas con la ST percibida, para estimar el valor neutral y los rangos de confort. No obstante, dicha consistencia se altera si se correlacionan las variables físicas registradas con votos de confort distintos a la ST, por ejemplo: sensación hídrica, preferencia térmica, preferencia hídrica, sensación eólica, preferencia eólica y aceptación personal.

Por su parte, las desventajas identificadas con el empleo de este método estadístico son:

- La estimación del rango de confort queda a criterio del analista y por lo general se modela equidistante al valor de neutralidad.
- El valor de la r^2 resulta por debajo de 0,5, lo que, en términos de confort térmico corresponde a una correlación baja y a un alto grado de dispersión en la muestra.

MEDIAS POR INTERVALOS DE SENSACIÓN TÉRMICA

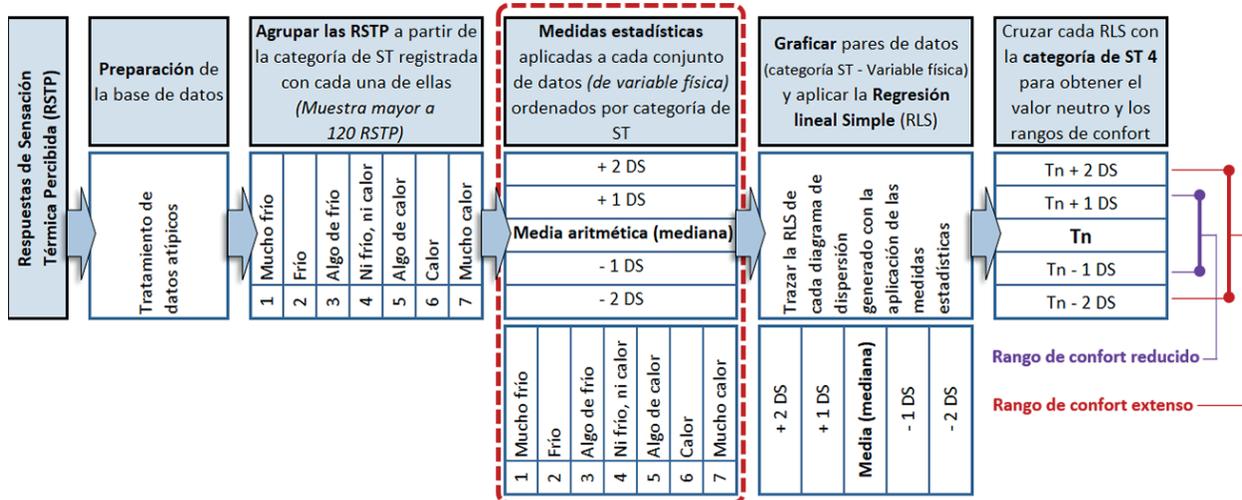
El método estadístico de medias por intervalos de sensación térmica (MIST) fue planteado por Gómez-Azpeitia *et al.* (2007b) con base en la pro-

puesta de Nicol (1993) para climas asimétricos, donde los límites del rango de confort térmico no son equidistantes a la temperatura neutra. El método consiste en utilizar la estadística descriptiva para estimar el valor de neutralidad y los rangos

de confort de la variable física analizada a partir de los votos de confort manifestados por los sujetos de estudio. En la figura 2 se puede apreciar un diagrama general del procesamiento de datos a partir de la utilización del método en mención.

FIGURA 2

Diagrama general del procesamiento de datos a partir del método MIST



Fuente: Elaboración propia con base en Bojórquez (2010).

De acuerdo con este diagrama (figura 2), el procedimiento que describe cada una de las etapas de este método, es el siguiente:

1. A partir de la base de datos conformada, agrupar las *respuestas de sensación térmica percibida* (RSTP) a partir de la categoría de ST registrada en cada una de ellas. Una RSTP es el *par de datos* conformado por un voto de confort y una magnitud de variable física. Gómez-Azpeitia *et al.* (2009) sugieren recabar un mínimo 120 RSTP por periodo de estudio a fin de lograr suficiente consistencia en el procesamiento de datos, aun cuando, de ser el caso, el diseño de la muestra haya resultado en un número inferior.
1. A partir de las magnitudes de variable física agrupadas por categoría de ST, se calcula la media aritmética, la cual, al graficarse con la categoría de ST a la que corresponde, conforman el diagrama

de dispersión necesario para generar la regresión lineal simple (RLS media) que permite estimar el valor de neutralidad (Temperatura neutra: Tn).

2. Paso siguiente, se calcula la DS con base en las magnitudes de variable física agrupadas por categoría de ST.
3. Por cada categoría de ST, adicionar y sustraer una DS (ffl1 DS) a la media aritmética. Los valores obtenidos, en conjunto con la categoría de ST a la que corresponden, conforman el diagrama de dispersión que genera la regresión lineal simple (RLS) que permite estimar los límites del *rango de confort reducido* (RLS ffl1 DS). Se repite el mismo procedimiento con la adición y sustracción de dos DS (ffl2 DS) para conformar el diagrama de dispersión que genera la RLS que permite estimar los límites del *rango de confort extenso* (RLS ffl2 DS) (Figura 3).

FIGURA 3

Ejemplo de correlación de datos a partir del método MIST

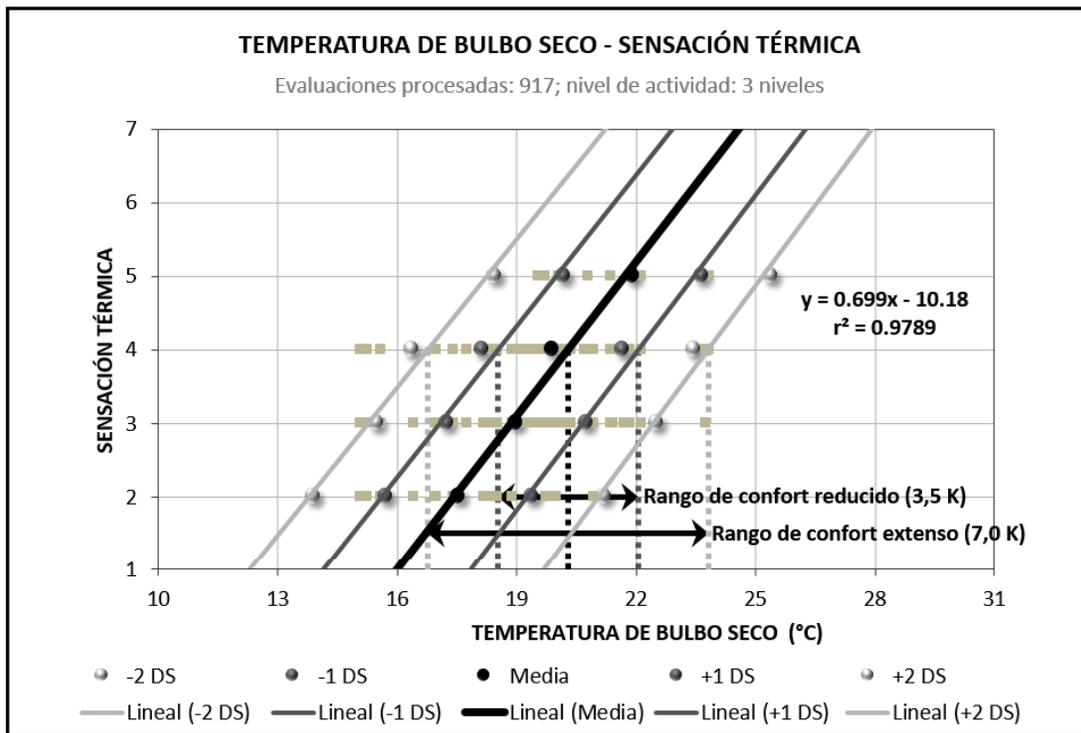
PERIODO FRÍO

Temperatura De Bulbo Seco - Sensación Térmica

Evaluaciones procesadas: 917; nivel de actividad: 3 niveles

DS	ST	Escala	-2 DS	-1 DS	Media	+1 DS	+2 DS	Votos
1,7	Algo de Calor	5	18,4	20,2	21,9	23,6	25,4	50
1,8	Ni calor, Ni Frío	4	16,4	18,1	19,9	21,7	23,4	442
1,8	Algo de Frío	3	15,5	17,2	19,0	20,7	22,5	346
1,8	Frío	2	13,9	15,7	17,5	19,4	21,2	79

Ecuación	$y = 0,67x - 7,25$	$y = 0,68x - 8,69$	$y = 0,70x - 10,18$	$y = 0,71x - 11,73$	$y = 0,73x - 13,35$
r²	0,9785	0,9788	0,9789	0,9788	0,9784
Neutral	16,8	18,5	20,3	22,0	23,8
Umbral	-3,5	-1,8		1,8	3,5



Fuente: Rincón *et al.* (2017).

4. Estimación del valor neutral y los rangos de confort a partir del procedimiento siguiente:

a) Valor neutral = Abscisa resultante del cruce de la RLS media con la categoría de ST número 4.

b) Límite superior del rango de confort reducido = Abscisa resultante del cruce de la RLS +1 DS con la categoría de ST número 4.

c) Límite inferior del rango de confort reducido = Abscisa resultante del

- cruce de la RLS -1 DS con la categoría de ST número 4.
- d) Límite superior del rango de confort extenso = Abscisa resultante del cruce de la RLS +2 DS con la categoría de ST número 4.
- e) Límite inferior del rango de confort extenso = Abscisa resultante del cruce de la RLS -2 DS con la categoría de ST número 4.
- Según Reynaga (2011), se estima que para datos normalmente distribuidos, el rango de ffl1 DS incluye al 68.26 % de las respuestas dadas por los sujetos de estudio, el rango de ffl2 DS incluye al 95.45 % de ellas, y, el rango de ffl3 DS incluye al 99.74 %. Para datos no distribuidos normalmente este porcentaje puede variar, por lo que se recomienda obtener el mayor número de respuestas posible en los estudios de campo para lograr una distribución normal.
5. Obtención del coeficiente de determinación (r^2) y la ecuación lineal ($y = a + b x$) de cada RLS generada, con el fin de validar la correlación existente entre las dos variables. De acuerdo con Bojórquez (2010), la certidumbre de este método se da a partir del valor obtenido en la r^2 de la RLS media.
- En este tipo de estudios es común que la muestra analizada derive de un diseño estadístico aplicado al universo objetivo, por lo que la cantidad de observaciones obtenidas representa consistentemente a este. En este tenor, Bojórquez (2010) menciona que la r^2 es la que permite identificar el grado de dispersión de las respuestas de ST dadas respecto a las variables físicas registradas; por lo que, con base en Gomez-Azpeitia *et al.* (2009), Ruíz (2007), Nikolopoulou (2004), Bravo y González (2003), De Dear *et al.* (1997), Nicol *et al.* (1993), Auliciems (1981), Humphreys (1976) y Bedford (1936), se establecen los criterios siguientes para determinar el grado de relación entre las variables:
- Si $r^2 \star 0.9$ la correlación es muy alta, por lo que hay certeza en la concentración de respuestas.
 - Si $0.7 \star r^2 < 0.9$ la correlación es alta, la muestra es poco dispersa.
 - Si $0.5 \star r^2 < 0.7$ la correlación es media, la muestra tiene una concentración moderada.
 - Si $r^2 < 0.5$ la correlación es baja, con alto grado de dispersión en la muestra.
7. Análisis fenomenológico (o circunstancial) de cada valor obtenido, a partir de los recursos gráficos y matriciales generados con este método, con el fin de visualizar y fundamentar la adaptación térmica que la muestra estudiada consigue en cada periodo de evaluación.
- En el caso de distribuciones asimétricas, donde la media se carga significativamente a uno de los extremos del conjunto de datos y no refleja el punto medio de la muestra, se recomienda utilizar la mediana y, por lo tanto, adicionar o sustraer la DS a ella (Bojórquez, 2010).
- De acuerdo con trabajos recientes (Rincón, 2019; González, 2012; Martínez, 2011; Bojórquez, 2010; Gómez-Azpeitia *et al.*, 2007a; Hernández y Gómez, 2007), cuyo método para correlación de datos fue el MIST, las ventajas que este presenta son:
- Ofrece mayor consistencia en resultados y mayor valor en la r^2 y la r .
 - Además de estimar el valor de neutralidad, es posible conocer los valores límite de dos rangos de confort:
 - a) *Reducido*. Considera al 68.26 % de las RSTP obtenidas en los estudios.
 - b) *Extenso*. Involucra al 95.45 % de los sujetos evaluados.
 - Por lo general, la estimación de los rangos de confort resulta no equidistante al valor de neutralidad, adecuándose con mayor precisión a las condiciones ambientales dadas en el sitio de estudio.
 - La r^2 de la RLS media regularmente se aproxima a la unidad, lo que permite, según Bojórquez (2010), tener certidumbre del grado de relación entre ambas variables.

- Es posible una interpretación fenomenológica a partir de las cinco RLS obtenidas; por ejemplo, cuando el valor de la r^2 es mayor en los límites inferiores de los rangos de confort, se puede interpretar mayor adaptación humana a condiciones térmicas frías (inferiores al valor neutral) que a las superiores. Adicionalmente, se puede interpretar desde el diagrama de dispersión que entre mayor aproximación se visualice entre los pares de datos graficados por categoría de ST, menor grado de adaptación, y, a mayor dispersión, mayor grado de adaptación (dispersión que deriva de la DS obtenida por categoría de ST). Lo anterior permite validar los resultados obtenidos con este método si se comparan con los obtenidos con el método de regresión lineal, donde el rango de confort (límites y amplitud) se estima equidistante al valor de neutralidad.
- El valor de neutralidad estimado con el MIST es muy próximo a la temperatura neutra (T_n) que se obtiene con la aplicación de la ecuación lineal de Auliciems y Szokolay (1997), lo que permite validar bioclimáticamente el resultado.
- Los límites del rango de confort extenso del MIST se homologan con los límites del rango de confort obtenido con el método de regresión lineal simple.

No obstante, las desventajas que este presenta son:

- Las cinco RLS obtenidas son producto de un conjunto de datos reducido (máximo siete pares de datos, el equivalente a las siete categorías de ST), por lo que el valor de sus r^2 siempre resulta próximo a la unidad, pervirtiendo la fiel consistencia de la relación entre cada par de datos obtenidos en campo.
- Las líneas de regresión no siempre caracterizan adecuadamente las regresiones lineales de las RLS f_{1DS} y/o f_{2DS} , ya que, en ocasiones, se puede observar una clara tendencia curva entre los puntos de dispersión graficados.
- Cuando en una categoría de ST las magnitudes de variable física son próximos entre sí o tienen un mismo valor (por lo general, en

las categorías de ST extremas), las líneas de regresión suelen pervertirse y alterar significativamente los resultados esperados.

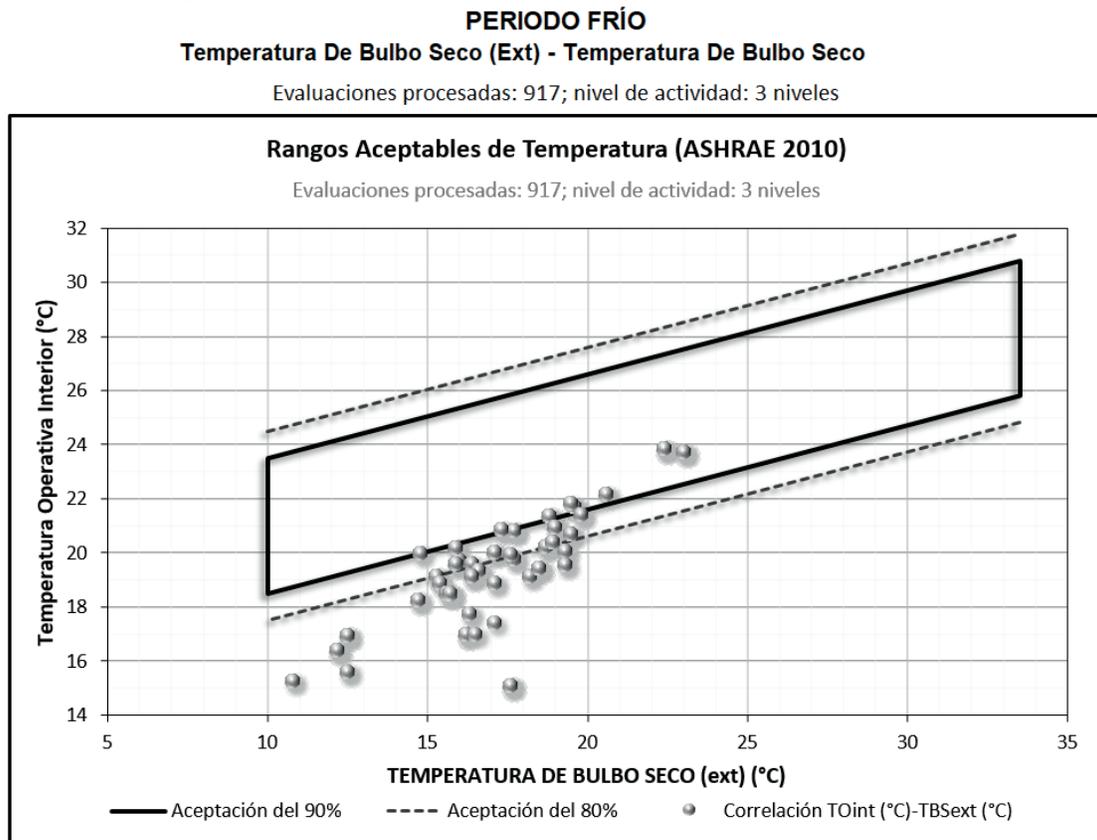
MÉTODO DE ANSI/ASHRAE 55

Este método solo aplica para espacios interiores naturalmente ventilados, donde los sujetos realizan actividades sedentarias (1.0 met a 1.3 met) y cuentan con posibilidad de adaptar su nivel de arropamiento y entorno inmediato (a partir del cierre o apertura de ventanas) para solventar las necesidades térmicas de su espacio (ANSI/ASHRAE 55, 2017).

Se basa en un diagrama que cuenta con una zona de confort térmico ya definida para casos de estudio que comparten las características antes mencionadas (figura 4). En él, se traza la temperatura ambiente exterior (sobre el eje de las abscisas) y la temperatura operativa interior (sobre el eje de las ordenadas) para conocer, con base en los puntos de dispersión resultantes, si los sujetos de estudio se encuentran en condiciones de confortabilidad térmica. Para ello, el diagrama permite visualizar, a partir de dos zonas de confort térmico, la temperatura permisible para espacios interiores: la primera marca las condiciones aceptables para el 80.0 % de los sujetos y, la otra, para el 90.0 % de ellos. Los umbrales que limitan a la primera zona son para aplicaciones cotidianas y deben utilizarse cuando no haya disponibilidad de información adicional; en tanto, es posible utilizar los límites de la segunda zona cuando se desea mayor precisión del confort térmico (ANSI/ASHRAE 55, 2017).

El rango de confort se especifica en ± 3.5 °C del valor neutral, para el 80.0 % de aceptación, y de ± 2.5 °C, para una aceptación del 90.0 %. Para evitar incertidumbre en los resultados obtenidos, es inválido extrapolar los límites de la temperatura permisible a áreas fuera de los límites marcados.

FIGURA 4
Ejemplo de trazado de datos con el método gráfico de ANSI/ASHRAE 55 (2017)



Fuente: Elaboración propia con base en ANSI/ASHRAE55 (2017).

El diagrama considera la adaptación de la ropa de las personas en los espacios acondicionados naturalmente para relacionar el rango de confort térmico interior con el clima exterior, por lo que no es necesario estimar los valores de la ropa usada en el espacio. De igual forma, los límites de la humedad relativa y la velocidad del viento no son necesarios con el empleo de este método.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el fin de conocer los probables resultados que podrían obtenerse con cada uno de los métodos antes descritos aplicados a un caso de estudio y, con ello, identificar la efectividad con la que podrían describir al fenómeno del confort térmico, en este apartado se presentan de forma condensada los resultados obtenidos en un trabajo desa-

rollado por Rincón *et al.* (2017). En este sentido, los valores estimados con la aplicación simultánea de los tres métodos deben ser considerados únicamente como referentes a fin de identificar las particularidades que cada uno presenta.

El trabajo consistió en la estimación del confort térmico para espacios interiores ventilados naturalmente, en la ciudad de Ensenada, México, que presenta un bioclima templado seco. El estudio se llevó a cabo durante el periodo frío, en el que dan lugar temperaturas máxima promedio, media y mínima promedio de 19.2 °C, 14.2 °C y 9.2 °C, respectivamente; humedades relativas máxima promedio, media y mínima promedio de 89.5 %, 70.7 % y 46.2 %, respectivamente; y viento con velocidad promedio de 2.8 m/s proveniente del E y del NE. La muestra de estudio se conformó de 917 jóvenes adultos de entre 15 y 24 años de edad, residentes de la ciudad, con actividad física pre-

dominantemente sedentaria (1.2 met, de acuerdo con ISO 8996, 2004), resistencia térmica por arropamiento moderada (1.0 clo aproximadamente, con base en ANSI/ASHRAE 55, 2017) y con actitud activa para solventar sus necesidades térmicas de forma adaptativa.

Con el método de RLS (figura 1) se obtuvo una temperatura de confort de 22.5 °C y un rango de confort de 19.4 °C a 25.5 °C, equivalente a una amplitud equidistante de 3.1 K. La temperatura de confort corresponde con el valor de la abscisa que resulta de intersectar la línea de regresión con el valor 4 del eje de las ordenadas (categoría de sensación térmica *ni calor, ni frío*); mientras que el rango de confort resulta del cruce de la línea de regresión con los valores 3.5 y 4.5 del eje de las ordenadas (González y Bravo, 2003) –en este caso, el rango de confort quedó a criterio del analista–. De acuerdo con Bojórquez (2010), el grado de correlación es bajo, dado que el valor de la r^2 resultó en 0.1977, con una pendiente de la recta igual a 0.1634. Para llegar a estos resultados, primeramente se omitieron los registros atípicos de la base de datos a partir del método de jerarquía ponderada, por lo que de 983 RSTP recabadas, solo se procesaron 917 RSTP.

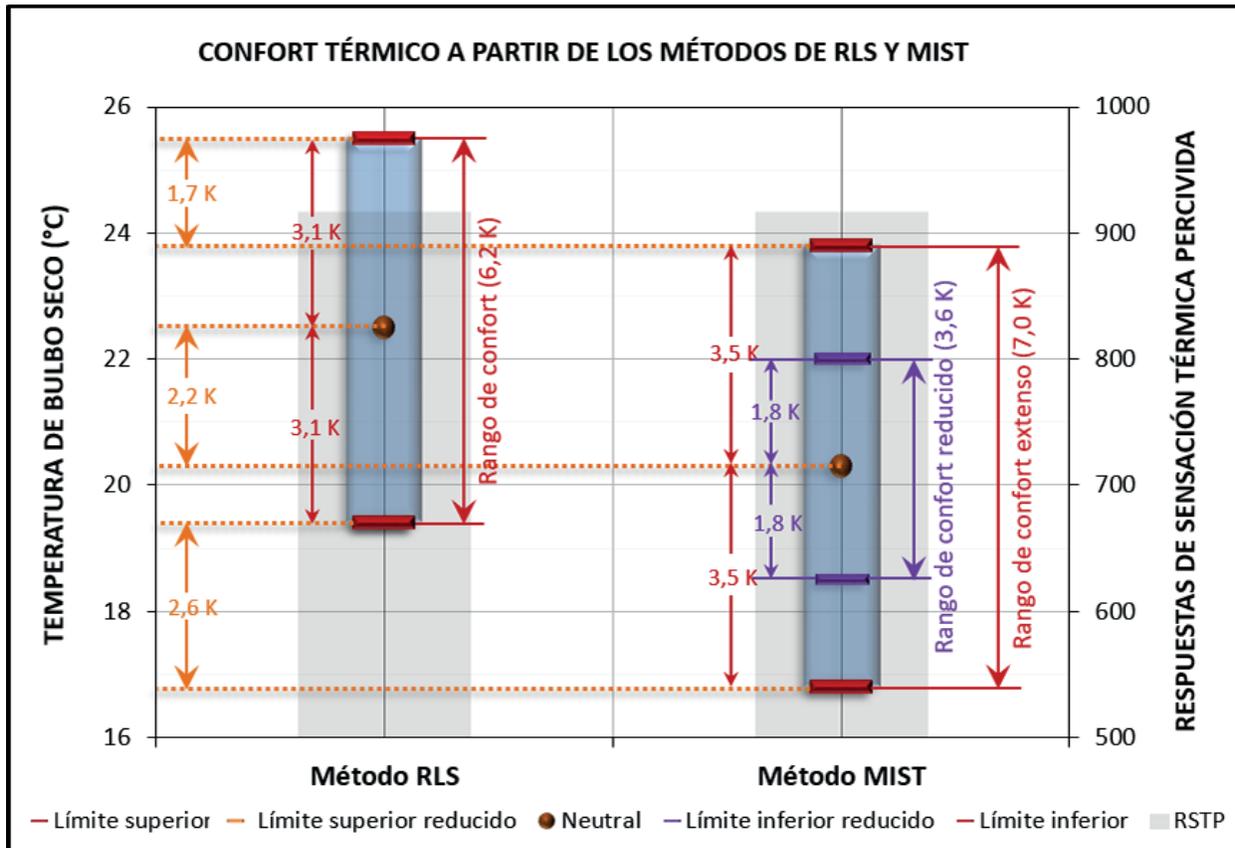
En el caso del método de MIST (figura 3), la temperatura neutra se estimó en 20.3 °C; paralelamente, el rango de confort reducido resultó de 18.5 °C a 22.0 °C, con una amplitud equidistante a la temperatura neutra de 1.8 K, asimismo, el rango de confort extenso se definió de 16.8 °C a 23.8 °C, con una amplitud simétrica de 3.5 K. Si bien numérica y gráficamente se pueden apreciar unas amplitudes de confort equidistantes a la T_n , este método cuenta con la bondad de presentarlas asimétricas si las condiciones ambientales del caso de estudio cuentan con esa característica, denotando el grado de adaptación que los sujetos de estudio podrían presentar en función de su inclinación por temperaturas superiores o inferiores a la T_n , según sea el caso. Para el estudio presentado, la adaptación psicofisiológica de los sujetos es equivalente tanto a temperaturas por debajo de la neutra como a temperaturas por encima de esta, característica natural en la adapta-

ción humana si se presta atención en las condiciones higrotérmicas que presenta el periodo de estudio y, particularmente, en el historial térmico de los sujetos al habitar una ciudad en la que nueve de los doce meses presenta condiciones de frío (Huerta, 2018). De acuerdo con Bojórquez (2010), el grado de correlación es muy alto, dado que el valor de la r^2 resultó en 0.9789, con una pendiente de la recta igual a 0.6990, valores por encima de los obtenidos con el método de RLS. Para llegar a estos resultados, al inicio del procesamiento de datos se omitieron los registros atípicos de la base de datos a partir del método de jerarquía ponderada, por lo que de 983 RSTP recabadas, solo se procesaron 917 RSTP.

De acuerdo con la figura 5, que presenta referencialmente los valores neutros y los rangos de confort obtenidos a partir de la aplicación simultánea de los métodos de RLS y de MIST, es posible identificar de una forma precisa la magnitud térmica en la que inicia y concluye cada rango de confort y, por ende, la amplitud que cada uno de ellos presenta. A este respecto, y tomando en consideración las condiciones climáticas de Ensenada durante el periodo de estudio (descritas al inicio de este apartado), se puede advertir la mayor consistencia que presentan las estimaciones obtenidas con el método de MIST al presentar un valor de neutralidad y un rango de confort térmico en correspondencia fenomenológica con las condiciones higrotérmicas del periodo y el sitio de estudio, particularmente las que se relacionan con el límite inferior del rango de confort y la T_n , que se encuentran 2.5 K, en promedio, por debajo de las estimaciones obtenidas con el método de RLS. Otro aspecto a destacar, en correspondencia con las condiciones térmicas anuales de Ensenada (predominantemente frío) y, por ende, con las del periodo previo y posterior al de estudio (historial térmico y expectativa, respectivamente), es la amplitud del rango de confort térmico que se pronuncia más con las estimaciones obtenidas a partir del método de MIST (7.0 K) que con las obtenidas con el método de RLS (6.2 K).

FIGURA 5

Comparativa del confort térmico estimado con los métodos de RLS y MIST para el mismo caso de estudio



Por último, con el método de ANSI/ASHRAE 55 (2017) únicamente es posible determinar si, con base en las condiciones térmicas de evaluación, los sujetos se encuentran en confort térmico según las zonas establecidas en el diagrama ofrecido por el método. Con ello, en la figura 4 es posible observar que alrededor del 75.0 % de los sujetos evaluados se encontraban fuera de la zona de confort térmico marcada como aceptable para el 80.0 % de la muestra estudiada, y alrededor del 55.0 % fuera de la zona definida como aceptable para el 90.0 % de la muestra estudiada. Los puntos concentrados a la izquierda del diagrama corresponden con los sujetos evaluados en horario matutino (momento frío de un día normalizado), mientras que los concentrados a la derecha del diagrama corresponden con los evaluados en horario vespertino (momento cálido de un día normalizado), razón por la que el diagrama de dispersión se presenta fragmentado en ambos extremos.

En este sentido, referenciando los resultados obtenidos con este método con relación a los obtenidos con los métodos de RLS y MIST, podemos identificar que, en tanto con el método gráfico ANSI/ASHRAE 55 (2017) entre el 25.0 % y el 45.0 % de los sujetos evaluados encontró confort térmico en las condiciones en las que se le evaluó, con el método de RLS ese porcentaje se incrementó al 55.0 %, y con el método de MIST, al 75.0 %, lo que evidencia, en principio, la eficacia con la que cada uno de los métodos funciona según condiciones ambientales presentes durante la evaluación y, por ende, la posibilidad de pronosticar posibles escenarios térmicos precisos que respondan a las condiciones específicas del caso de estudio o algunos otros que presenten una base físico-ambiental equivalente.

CONCLUSIONES

Los métodos estadísticos univariantes de *regresión lineal simple* y de *medias por intervalos de sensación térmica* permiten correlacionar cualquier voto de confort recabado en campo con cualquier variable física del entorno térmico registrada simultáneamente; esto es, con ambos métodos, la sensación y la preferencia (térmica, higríca y eólica, así como la aceptación personal del espacio y el estado de ánimo derivado de las condiciones ambientales) obtenidas como parte de la percepción subjetiva del ambiente térmico, pueden ser correlacionadas individual e indistintamente con cada una de las variables físicas registradas durante la evaluación (temperatura de bulbo seco, temperatura de globo negro, humedad relativa, velocidad de viento y cualquier variable del entorno térmico registrada), con el fin de encontrar el grado de asociación y dependencia entre ambas variables y explicar el comportamiento de una respecto a la otra. No obstante, los votos de confort que presentan mayor grado de correlación con las variables físicas registradas son la sensación y la preferencia térmicas con las temperaturas de globo negro y bulbo seco, respectivamente.

La diferencia principal entre el MIST y la regresión lineal simple es que antes de obtener la línea de regresión que caracteriza a la muestra estudiada, las RSTP que coinciden en categoría de ST se agrupan por estratos con el fin de calcular la media aritmética y la desviación estándar de las magnitudes de variable física registrada. Así, la regresión lineal no se hace a partir de todos los pares de datos de la muestra, sino solo con los valores medios (y la adición y sustracción de una y dos DS a esta) de cada categoría de ST involucrada en el análisis.

Por su parte, con el método de ANSI/ASHRAE 55 (2017) únicamente es posible correlacionar dos variables físicas del entorno térmico registradas (una interior y otra exterior), debido a que el rango de confort térmico ya se encuentra definido para casos específicos de estudio: espacios interiores naturalmente ventilados, donde los sujetos realizan actividades sedentarias (1.0 met

a 1.3 met) y cuentan con posibilidad de adaptar su nivel de arropamiento y entorno inmediato (a partir del cierre o apertura de ventanas) para solventar sus necesidades térmicas.

A partir de diferentes estudios especializados en confort térmico (Rincón, 2019; Rincón *et al.*, 2017; González, 2012; Martínez, 2011; Bojórquez, 2010; Gómez-Azpeitia *et al.*, 2009; Gómez-Azpeitia *et al.*, 2007a, 2007b; Hernández y Gómez, 2007, Ruíz, 2007) es posible identificar que el método MIST ofrece resultados con mayor consistencia respecto a la sensación térmica y el comportamiento personal de los sujetos, dada su correspondencia causal y fenomenológica con las condiciones higrotérmicas presentadas durante la evaluación. Esta consistencia se observa en los valores estadísticos obtenidos en el coeficiente de determinación y la pendiente de la recta, en cada caso de aplicación. Además, con el MIST es posible estimar el valor de neutralidad y dos rangos de confort (extenso y reducido) de la variable física analizada que, no necesariamente, resultan equidistantes al valor de neutralidad (Bojórquez, 2010).

En este sentido, el método de RLS también permite estimar el valor de neutralidad de la variable analizada y un rango de confort, sin embargo, este último queda a criterio del analista y por lo general se modela equidistante al valor de neutralidad. Por su parte, con el método de ANSI/ASHRAE 55 (2017) no es posible estimar el confort térmico a partir de datos recabados en campo, no así, es posible conocer si los sujetos de estudio se encuentran, o no, en condiciones de confort térmico, por ende, los resultados obtenidos se acotan a las zonas de confort ya establecidas para los casos específicos en los que pudieran aplicar, además de que, de igual manera, considera rangos de confort equidistantes al valor térmico neutral.

Adicionalmente, se observó que los valores estimados con el método MIST resultan consistentes independientemente del voto de confort y la variable física correlacionados, mientras que con los otros métodos, la consistencia de los resultados se limita únicamente a la correlación de

lo térmico. Otra ventaja observada con la utilización del MIST es que los límites de los rangos de confort, además de no ser necesariamente equidistantes al valor de neutralidad, se ajustan periódicamente con base en la aclimatación que los individuos van adoptando a lo largo del año. Esto probablemente se deba al efecto fenomenológico que es posible interpretar con este método, al estimar los rangos de confort con la adición y la sustracción de desviaciones estándar que consideran la representatividad de las diferentes manifestaciones de adaptación ambiental que presentan los sujetos frente a las condiciones cambiantes del entorno térmico.

Para finalizar, este documento permite un acercamiento a la minería de datos utilizada por los investigadores interesados en el estudio del fenómeno del confort térmico, pues presenta la base teórico-práctica de los métodos comúnmente utilizados en el procesamiento de datos en estos estudios, desde el tratamiento de los datos atípicos, hasta la correlación de las variables, a fin de contar con un panorama amplio respecto a las bondades y limitantes que cada uno presenta y poder decidir de forma consciente sobre el uso de cada uno de acuerdo con el alcance y los objetivos de la investigación.

REFERENCIAS

- Alegre, J. y Cladera, M. (2002). *Introducción a la estadística descriptiva para economistas*. España: Universitat de les Illes Balears.
- Ambríz, J. (2005). La temperatura afecta la productividad. *Investigación y desarrollo ID*. <http://www.invdes.com.mx/>
- ANSI/ASHRAE 55 (2017). *Thermal environmental conditions for human occupancy*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers.
- Auliciems, A. (1981). Towards a psycho-physiological model of thermal perception. *International Journal Biometeorology*, 25: 109-122. <https://doi.org/10.1007/BF02184458>
- Auliciems, A. y De Dear, R. (1998). Thermal adaptation and variable indoor climate control. En: Auliciems, A. (ed.). *Human Bioclimatology. Advances in Bioclimatology* (5). Berlin: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-80419-9_3
- Auliciems, A. y Szokolay, S. (1997). Thermal comfort. *Notes of Passive and Low Energy Architecture International*, note 3: 112-177. https://doi.org/10.1243/PIME_CONF_1967_182_147_02
- Bedford, T. (1936). The warmth factor in comfort at work: A physiological study of heating and ventilation. *Report No. 76*. HMSO. EE. UU.: Industrial Health Research Board. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19362702015>
- Bisbé, A. (2011). Tratamiento de valores atípicos continuos en Excel 2010. *Amy.Net: Business Intelligence con SQL Server y más*. Recuperado de <http://amby.net/2011/12/09/tratamiento-de-valores-atipicos-continuos-en-excel-2010/>
- Boerstra, A., Kurvers, S. y Van der Linden, A. (2002). Thermal comfort in real live buildings: Proposal for a new dutch guideline. En: Levin, H. (ed.). *Proceedings of the 9th international conference on indoor air*, 4: 629-634. <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB7514.pdf>
- Bojórquez, G. (2010). *Confort térmico en exteriores: Actividades en espacios recreativos, en clima cálido seco extremo* (tesis de doctorado en Arquitectura, Universidad de Colima, México). Recuperado de https://sistemas.ucol.mx/tesis_posgrado/resumen1717.htm
- Bravo, G. y González, E. (2001). Confort térmico en el trópico: Hacia un estándar en viviendas naturalmente ventiladas. *Información Tecnológica*, 12(5): 169-174. <https://books.google.com.mx/books?id=WPLrWIW7CJAC&pg=PP2>
- (2003). Confort térmico en el trópico húmedo: Experiencias de campo en viviendas naturalmente ventiladas. *Ambiente Construido (Revista da Antac)*, 3(2): 47-55. <https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/3450>
- Buonocore, C., De Vecchib, R., Scalcoc, V. y Lamberts, R. (2020). Thermal preference and comfort assessment in air-conditioned and naturally-ventilated university classrooms under hot and humid conditions in Brazil. *Energy and Building*, 211: 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109783>
- Cardona, D., González, J., Rivera, M. y Cárdenas, E. (2013). *Inferencia estadística. Módulo de regresión lineal simple*. Colombia: Universidad del Rosario. https://repository.urosario.edu.co/flexpaper/handle/10336/10447/BI_147-Web.pdf

- CCPE (2011). *Toolkit de encuestas de salud reproductiva*. Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. Limpieza y preparación de datos. Recuperado de <http://www.cdc.gov/Spanish/EncuestasSR/AnalisisE/aedatos.html>
- De Dear, R. y Brager, G. (1998). Developing an adaptive model of thermal comfort and preference (RP-884). *ASHRAE Transactions*, 104(1). <https://escholarship.org/content/qt4qq2p9c6/qt4qq2p9c6.pdf>
- Fanger, O. (1972). *Thermal comfort*. Nueva York: McGraw-Hill.
- García-Chávez, J., Ambríz, J. y Paredes, H. (2005). Determinación del umbral de las condiciones de confort higrotérmico y su relación con el movimiento del aire. *Memorias COTEDI 2005*, Distrito Federal, México, 23-27 mayo 2005, pp. 215-220.
- Gómez-Azpeitia, G., Bojórquez, G., Ruíz, P., Romero, R., Ochoa, J., Pérez, M., Reséndiz, O. y Llamas, A. (2009). Comfort temperatures inside low-cost housings of six warm climate cities in Mexico. *PLEA2009 - 26th Conference on passive and low energy architecture*. Quebec: Les Press de l'Université Laval.
- Gómez-Azpeitia, G., Ruíz, R., Bojórquez, G. y Romero R. (2007a). *Confort térmico y ahorro de energía en la vivienda económica en México, regiones de clima cálido seco y húmedo*. México: CONAFOVI.
- (2007b). *Monitoreo de condiciones de confort térmico: Reporte técnico (Producto 3)*. México: CONAFOVI. 2004-01-20.
- González, E. y Bravo, G. (2003). Sobre el confort térmico: Temperaturas neutras en el trópico. En Rodríguez, M. (comp.). *Estudios de arquitectura bioclimática*. Anuario 2003, vol. V. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- González, F. (2012). *Zona de confort higrotérmico para adultos jóvenes de la ciudad de México* (tesis de maestría, sin publicar, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Instituto Politécnico Nacional, México). Hawkins-Douglas, M. (1980). *Identification of outliers*, pp. 128-135. Londres: Chapman and Hall. https://openlibrary.org/books/OL3869458M/Identification_of_outliers
- Hernández, G. y Gómez, A. (2007). La temperatura ambiental y su vinculación con el aprovechamiento escolar. *Palapa. Revista de Investigaciones Científicas en Arquitectura*, 2(2): 21-30. <https://www.redalyc.org/pdf/948/94820204.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta. ed.). México: McGraw-Hill.
- Huerta, Y. (2018). *Manual de diseño pasivo para el arquitecto: Un reflejo del análisis climático y bioclimático de Ensenada, Baja California* (tesis sin publicar). Universidad Autónoma de Baja California, México. https://catalogocimarron.uabc.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=232390&shelfbrowse_itemnumber=590732
- Humphreys, M. (1976). Field studies of thermal comfort compared and applied. *Building Services Engineer*, 44: 5-27. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(76\)90104-6](https://doi.org/10.1016/0003-6870(76)90104-6)
- Humphreys, M. y Nicol, F. (1998). Understanding the adaptive approach to thermal comfort. *ASHRAE Transactions, Technical Bulletin*, 104(1): 991-1004. https://www.researchgate.net/publication/279888246_Understanding_the_adaptive_approach_to_thermal_comfort
- Humphreys, M., Nicol, F. y Raja, I. (2007). Field studies of indoor thermal comfort and the progress of the adaptive approach. *Advances in Building Energy Research*, 1(1): 55-88. <https://doi.org/10.1080/17512549.2007.9687269>
- Humphreys, M., Nicol, F. y Roaf, S. (2015). *Adaptive thermal comfort: Foundations and analysis*. Londres: Publisher Earthscan. <https://doi.org/10.4324/9781315765815>
- ISO 8996 (2004). *Ergonomics of the thermal environment - Determination of metabolic rate*. Ginebra: International Organization for Standardization.
- Jindal, A. (2018). Thermal comfort study in naturally ventilated school classrooms in composite climate of India. *Building and Environment*, 142: 34-46. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.05.051>
- Kelmansky, D. (2010). Regresión lineal simple. En Author (ed.). *Estadística (Q)*. Argentina: Universidad de Buenos Aires. Recuperado de http://www.dm.uba.ar/materias/estadistica_Q/2010/2/C014_%20Regresion%20Lineal%20Simple%20.pdf
- Levin, R. y Rubin, D. (2004). *Estadística para administración y economía* (7ma. ed.). México: Pearson Educación. <https://profefily.com/wp-content/uploads/2017/12/Estad%3%ADstica-para-administraci%3%B3n-y-economia-Richard-I.-Levin.pdf>

- López, A. (2011). *Análisis previo y exploratorio de datos*. España: Universidad de Sevilla. Recuperado de <http://personal.us.es/analopez/aed.pdf>
- Martínez, E. (2005). Errores frecuentes en el coeficiente de determinación lineal. *Anuario Jurídico y Económico Escurialense*, 38 (1): 315-332. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1143023>
- Martínez, K. (2011). *Temperatura y rangos de confort térmico en oficinas climatizadas artificialmente en un clima cálido subhúmedo* (tesis de maestría, sin publicar, Universidad de Colima, México).
- Mayorga, J. (2012). *Arquitectura y confort térmico: Teoría, cálculo y ejercicios*. México: Plaza y Valdés Editores.
- Mishra, A. (2018). *Statistical analysis of data from thermal comfort field studies*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14484.60801>
- Mishra, A. y Ramgopal, M. (2015). A thermal comfort field study of naturally ventilated classrooms in Kharagpur, India. *Building and Environment*, 92: 396-406. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.05.024>
- Nicol, F. (1993). *Thermal comfort: A handbook for field studies toward an adaptive model*. Londres: University of East London.
- Nicol, F., Jamy, G., Sykes, O., Humphreys, M., Roaf, I. y Hancock, M. (1993). *A survey of thermal comfort in Pakistan toward new indoor temperature standards*. Reino Unido: Oxford Brookes University.
- Nie, N., Bent, D. y Hull, C. (1975). *Statistical Package for the Social Sciences* (2da. ed.). Nueva York: McGraw-Hill.
- Nikolopoulou, M. (2004). *Designing open space in the urban environment: A bioclimatic approach*. Attiki: Center for Renewable Energy Sources.
- NIST/SEMATECH (2012). What are outliers in the data? *Engineering Statistics Handbook (e-Handbook of Statistical Methods)*. Recuperado de <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/prc/section1/prc16.htm>
- Reynaga, J. (2011). *Relación entre el promedio y la desviación estándar con la curva normal*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rincón, J. (2019). *Confort térmico en interiores: Estimación con los enfoques adaptativo y predictivo*. México: Universidad Autónoma de Baja California. Recuperado de <https://libreriauabc.com/products/confort-termico-en-interiores-estimacion-con-los-enfoques-adaptativo-y-predictivo-fragmento-de-julio-cesar-rincon-martinez-confort-termico-en-bioclima-semi-frio-estimacion-a-partir-de-los-enfoques-de-estudio-adaptativo-y-predictivo>
- Rincón, J., Bojórquez, G., Fuentes, V. y Calderón, C. (2017). Adaptive Thermal Comfort in Learning Spaces: A Study of the Cold Period in Ensenada, Baja California. *Journal of Natural Resources and Development*, 07: 96-107. <https://doi.org/10.5027/jnrd.v7i0.12>
- Rodríguez, J., Sandoval, R. y Pacheco, G. (2011). *Detección de outliers aplicando algoritmo de optimización basado en el apareo de abejas*. Argentina: Universidad Nacional de Salta.
- Ruíz, D. (2004). *Manual de Estadística*. España: Universidad Pablo de Olavide. <https://www.eumed.net/cursecon/libreria/drm/24.pdf>
- Ruíz, R. (2007). *Estándar local de confort térmico para la ciudad de Colima* (tesis de maestría, Universidad de Colima, México). Recuperado de https://sistemas.ucol.mx/tesis_posgrado/resumen1873.htm
- Sánchez, G. (2007). *La estadística aplicada al análisis económico*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.economia.unam.mx/profesor/barajas/estadis/part1.pdf>

Desempeño térmico-mecánico de tres bloques de concreto mezclado con fibras de bambú y poliestireno expandido

Thermal-mechanical performance of three concrete blocks mixed with bamboo fibers and expanded polystyrene

DOI: 10.32870/RVCS.V0I15.249

OSCAR DANIEL SOLANO ACOSTA

Universidad de Colima, México. ORCID: 0009-0002-1684-8842
Correo electrónico: osolano0@ucol.mx

JOSUÉ TRINIDAD CARRILLO MADRIGAL

Universidad de Colima, México. ORCID: 0009-0001-4396-135x
Correo electrónico: jcarrillo6@ucol.mx

JORGE ARMANDO OJEDA SÁNCHEZ

Universidad de Colima, México. ORCID: 0000-0002-5026-5459
Correo electrónico: jojeda1@ucol.mx

CARLOS JAVIER ESPARZA LÓPEZ

Universidad de Colima, México. ORCID: 0000-0003-0058-5072
Correo electrónico: cesparza@ucol.mx

Recepción: 25 de abril de 2023. Aceptación: 17 de agosto de 2023.

Resumen

Actualmente, la demanda de los recursos naturales en la industria de la construcción ha incrementado debido a la explosión demográfica en las zonas rurales y urbanas. El desarrollo de nuevos materiales nos permite satisfacer o mejorar las necesidades requeridas por la población reduciendo el impacto y repercusiones en el medio ambiente.

En el presente trabajo se analiza el desempeño térmico y mecánico de los materiales y su impacto, específicamente en bloques de concreto con fibras de bambú y perlas de poliestireno expandido en cuatro diferentes proporciones para mejorar su desempeño térmico manteniendo sus propiedades mecánicas. Estos bloques se plantean utilizar particularmente para la creación de muros divisorios, con el fin de generar espacios habitables más cómodos en un clima cálido subhúmedo como el de Colima. Los procedimientos de análisis se realizaron conforme a norma,

especialmente en el uso de la prensa hidráulica eléctrica para las pruebas mecánicas, regulada por la norma NMX-C-159-ONNCCE-2004 y el analizador de propiedades térmicas KD2 Pro con un sensor de doble aguja SH-1, diseñado bajo las normas ASTM-D5334-08, 2008 e IEEE Std 442-198, al igual que las herramientas utilizadas al realizar los bloques propuestos (Decagon, 2006).

Los resultados obtenidos muestran un incremento en la resistencia a la compresión y una disminución en la conductividad térmica de dicho compuesto con un incremento de la fibra en proporción. En dicho caso, el bloque que presentó una mejor conductividad térmica fue el bloque 3.0, que arrojó un resultado de 0.523 W/(mK) . Por otra parte, el bloque que indicó un mejor desempeño mecánico fue el bloque 4.0, con una carga máxima del material de $78,340 \text{ Kg}_f$ que equivalen a 78,340 toneladas. Dichos bloques pueden favorecer en la creación

de espacios más resistentes y confortables para el desarrollo del ser humano.

Palabras clave: conductividad térmica, carga máxima, guadua angustifolia kunth, poliestireno, material compuesto.

ABSTRACT

The demand for natural resources in the construction industry has increased due to the population explosion in rural and urban areas. The development of new materials allows us to meet or improve the needs required of the population by reducing the impact and environmental impacts.

This paper analyzes materials' thermal and mechanical performance and impact, specifically in concrete blocks with bamboo fibers and polystyrene beads expanded in 4 different proportions to improve their thermal performance while maintaining their mechanical properties. These blocks are proposed to be used mainly to create dividing walls to generate more comfortable living spaces in a warm subhumid climate, such as Colima. The analysis procedures were carried out according to standard, especially in the use of the electric hydraulic press for mechanical tests, regulated by NMX-C-159-ONNCCE-2004 and the KD2 Pro thermal properties analyzer with an SH-1 dual-needle sensor, designed under the standards ASTM-D5334-08, 2008 and IEEE Std 442-198, as well as the tools used when making the proposed blocks.

The results obtained show an increase in the resistance to compression and a decrease in the thermal conductivity of said compound, with an increase in fiber in proportion. In this case, the block that presented the best thermal conductivity was the block 3.0, which yielded a result of 0.523 W/(mK). On the other hand, the block that indicated a better mechanical performance was block 4.0, with a maximum material load of 78,340 Kgf, which is equivalent to 78,340 tons. These blocks can favor the creation of more resistant and comfortable spaces for the development of the human being.

Keywords: thermal conductivity, maximum load, guadua angustifolia kunth, polystyrene, composite material.

INTRODUCCIÓN

En el presente se analiza el desempeño térmico y mecánico de los materiales en bloques de concreto mezclado con fibras de bambú y perlas de poliestireno expandido a diferentes proporciones.

Para determinar lo anterior se realizan pruebas térmicas y mecánicas en bloques, además de contrastar entre ellos los resultados obtenidos de los diferentes bloques obtenidos, con el único fin de solucionar algunas problemáticas existentes en la región, además de observar sus beneficios y deficiencias en la creación de espacios habitables en un clima cálido subhúmedo como el del estado de Colima.

La arquitectura, desde la antigüedad, se ha encargado de diseñar, proyectar y construir los espacios a nuestro alrededor con el objetivo de cumplir con las necesidades requeridas del ser humano en ese entorno, ya sea la funcionalidad, la seguridad, la comodidad, la resistencia mecánica o el desempeño térmico, entre otros. Una de las más importantes es el desempeño térmico y mecánico de los materiales, pues desde tiempos lejanos nuestros antepasados han buscado crear un refugio que se relacione con las particularidades ambientales del entorno y los materiales existentes en la región, ya sea viviendo en cuevas, construyendo casas de madera, tierra o palapa.

De acuerdo con los datos obtenidos del estudio al INEGI de la revista *Problemas del Desarrollo*, México produjo en 2015 alrededor de 44.9 millones de toneladas de cemento (Corrales, 2017; INEGI 2020). Como resultado de esto, a finales del año 2020 y a principios del año 2021, el valor del acero y el concreto ha presentado un aumento de hasta un 40 % más de lo que solían costar anteriormente, lo que representa un condicionante económico y nos orilla a buscar alternativas para construir (López, 2021).

El bambú, por otra parte, es un material que en poco tiempo ha adquirido gran relevancia dentro del ámbito de la construcción. Los bambúes son un grupo de especies de la familia de las gramíneas con cualidades como bajo costo y gran versatilidad, además de ser una especie que puede ser usada para una gran cantidad de partes de una vivienda o para la creación de materiales compuestos con un bajo costo energético en su producción, extracción y venta (SEMARNAT, 2013).

Se estima que 1,000 millones de personas viven en casas construidas de bambú (Romo y Carlos, 2006). Los bambúes son una especie de rápido crecimiento que aumenta hasta 21 cm por día y que produce más biomasa seca por hectárea al año que el eucalipto. Esta producción de biomasa depende de muchos factores, sin embargo, la producción de *Gradua angustistifolia kunth* llega a tener entre 1,200 y 1,350 cañas por hectárea al año (Hidalgo, 2003). Esta especie de bambú fue recientemente sembrada en Colima, en un terreno aproximado de 100 hectáreas, en respuesta a su alta eficiencia y resistencia a la flexión, tracción y compresión (Elizondo *et al.*, 2015).

Por consiguiente, el bambú tomó gran relevancia en el ámbito de la construcción, con el fin de aprovechar sus cualidades mecánicas y térmicas. Una de estas cualidades es su alta resistencia a la tracción; es capaz de resistir hasta 40 KN/cm^2 (400 N/mm^2 / $\text{N/mm}^2 = 400 \text{ MPa}$), alcanzando la resistencia del acero. Por otro lado, tiene una resistencia a la compresión que varía de los 5.6 KN/cm^2 hasta los 2.7 KN/cm^2 y una conductividad térmica de $0.004 \text{ Kcal/mh}^\circ\text{C}$, esto depende de la esbeltez del bambú y la región en donde se desarrolló (Minke, 2010).

Es por ello que es fundamental explorar a fondo el uso de diversos materiales y sus posibles variaciones como materiales compuestos en la construcción, con el objetivo de ayudar a mejorar el desempeño térmico y mecánico de un espacio, puesto que se vuelve una necesidad el construir viviendas o espacios más aptos al usuario, con relación a las condiciones climáticas del entorno; esto, en función a la Norma APROY-NMX-C-460-ONNCCE-2007, que establece las especificaciones

en cuanto a la resistencia térmica que deben tener los materiales para las viviendas.

La resistencia mecánica es la capacidad de un cuerpo de resistir fuerzas sin deformarse, evaluada principalmente mediante la carga máxima en toneladas. En casos en los que las construcciones deben resistir una zona sísmica de riesgo alto, esto es fundamental. Por otra parte, la resistencia térmica es la propiedad del material de oponerse al flujo del calor, evaluada mediante la conductividad térmica de los materiales que componen un sistema constructivo. En climas donde la temperatura exterior del espacio no se desea transmitir al interior de este, es indispensable utilizar materiales con resistencia al flujo de calor, para crear espacios con un buen confort térmico. Esto en función a la Norma ISO 7730 que expresa el confort térmico como “Esa condición de mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico” (CTN 81 - Seguridad y salud en el trabajo, 2006).

De acuerdo con la investigación realizada se observó un estudio para incorporar el bambú a una mezcla de mortero con la finalidad de mejorar sus propiedades bajo la norma ASTM C1116-89 “Standard Specification for Fiber Reinforced Concrete” utilizado para matrices de morteros reforzados para paneles. En dicha experimentación se realizaron pruebas para que las fibras de bambú no fueran afectadas a la compresión e impacto, ya que esto influye en la resistencia o durabilidad del material compuesto (Arbeláez, 1997).

En base a la investigación realizada por un alumno de la Universidad de Colima en 2018 para determinar la conductividad térmica de un bloque de concreto con agregados de poliestireno a diferentes proporciones, se determinó que a mayor proporción de poliestireno es una mayor resistencia térmica, en base a los resultados obtenidos en dicho trabajo (Roblez, 2018).

En el año 2020 se hicieron diversos estudios de la interacción del concreto en conjunto con las fibras del bambú de la cual los autores Choo *et al.* (2020) afirmaron que el uso de las fibras en el concreto contribuyó al aumento de sus cualidades térmicas. Lo cual reafirma la hipótesis y el objetivo sugeridos en el presente documento.

En 2021, en una investigación hecha por unas alumnas de la Universidad de Colima para identificar el comportamiento del concreto con las fibras de bambú en Colima, se estudió el desempeño térmico y mecánico de seis bloques diferentes de concreto con fibras de bambú y como tercer material arena, jal, acetato de polivinilo, entre otros. De acuerdo con los resultados observados en la investigación se obtuvo la dosificación del bloque con mejores propiedades mecánicas, este fue el que tenía una mayor proporción de fibras de bambú, estas propiedades fueron mayores a las exigidas por la normativa para un elemento estructural. Por otro lado, el bloque con mejor desempeño térmico fue el de acetato de polivinilo, puesto que este ayudó al desempeño del material en la prueba realizada (Mercado *et al.*, 2019).

En octubre de 2021, una alumna de la Universidad de Colima realizó una investigación para observar el desempeño térmico en bloques multiperforados a base de concreto con fibras de bambú en Colima. De acuerdo a los resultados de dicho estudio se concluyó que el bloque que tenía una mayor concentración de fibras de bambú, en conjunto con las configuraciones desarrolladas ayudan a que la temperatura exterior se logre reducir al interior (Alcántara, 2021).

Uno de los principales objetivos del uso de diferentes materiales en la construcción es disminuir el impacto que estos tendrán en el ambiente, además de proporcionarle al ser humano un espacio interior más cómodo y resistente.

Como anteriormente se indicó, el estudio se llevó a cabo en Colima tomando como referencia sus temperaturas. Posteriormente se realizaron un conjunto de pruebas en los bloques tomando como referencia para su dosificación las diversas investigaciones estudiadas para sacar la mejor proporción por separado de fibras de bambú y poliestireno expandido, con el fin de medir su conductividad térmica y resistencia mecánica en conjunto, para determinar si a diferentes combinaciones aumenta o disminuye la resistencia térmica y mecánica del bloque, por lo tanto, evitar las ganancias de calor en los muros y soportar más peso sobre estos.

Es por ello que en base a las investigaciones realizadas por otros autores, se cree óptimo dar continuidad al estudio de la interacción del concreto con fibras de bambú y poliestireno expandido en un bloque, puesto que estos tres materiales reflejaron tener un alto rendimiento en las pruebas por separado y no han sido estudiados en conjunto como un material compuesto.

MATERIALES Y MÉTODOS

El objetivo principal del estudio realizado es modificar y mejorar las propiedades térmicas y mecánicas de un elemento tradicional, como es el ladrillo, en base a la utilización de un material compuesto, como es el bloque de concreto con fibras de bambú y poliestireno expandido; esto, en función de las investigaciones realizadas por Alcántara (2021), Mercado y Orozco (2019) y REVISTACYT (2013). Ellos afirman que el compuesto de concreto con fibras de bambú genera una mejora térmica y mecánica en dicho compuesto, en proporción a la modificación de sus materiales y las proporciones que se le agregan a dichos elementos. Es por ello que se optó por tomar como base las proporciones indicadas en la investigación de Mercado y Orozco (2019), ya que ellos analizaron cada paso de la fabricación de los bloques y generaron tres diferentes proporciones para dar la consistencia adecuada a dicho compuesto y así lograr la resistencia adecuada para el cumplimiento de la norma.

La investigación fue de tipo experimental y cuantitativo, de acuerdo con lo expuesto por Hernández *et al.* (2015), puesto que en este estudio se manejaron distintas variables medibles numéricamente. Estas variables pueden ser de control, dependientes o independientes, ya que unas pueden ser controladas y monitoreadas para saber su influencia en los resultados arrojados en dicha experimentación, o, por el contrario, no pueden ser controladas y solo se pueden monitorear sus propiedades o efectos en dicho estudio.

El proceso por realizar en el siguiente estudio es de tipo secuencial, correlacional y experimental, ya que utiliza una serie de pasos con un deter-

minado tiempo y determinadas condiciones para dar un sentido u orden a la investigación y experimentación, haciendo posible que den datos más precisos y replicables (Hernández *et al.*, 2015).

UNIVERSO DE ESTUDIO

De acuerdo con datos registrados en 2019 en algunas ciudades de México, las temperaturas variaron desde 1.8 °C como temperatura más baja hasta 38.6 °C como temperatura más alta. En el caso especial de Colima, la temperatura media anual es de 25 °C, la temperatura más alta es mayor a 35 °C y la mínima es de 18 °C; esto, conforme a reportes de CONAGUA (2019).

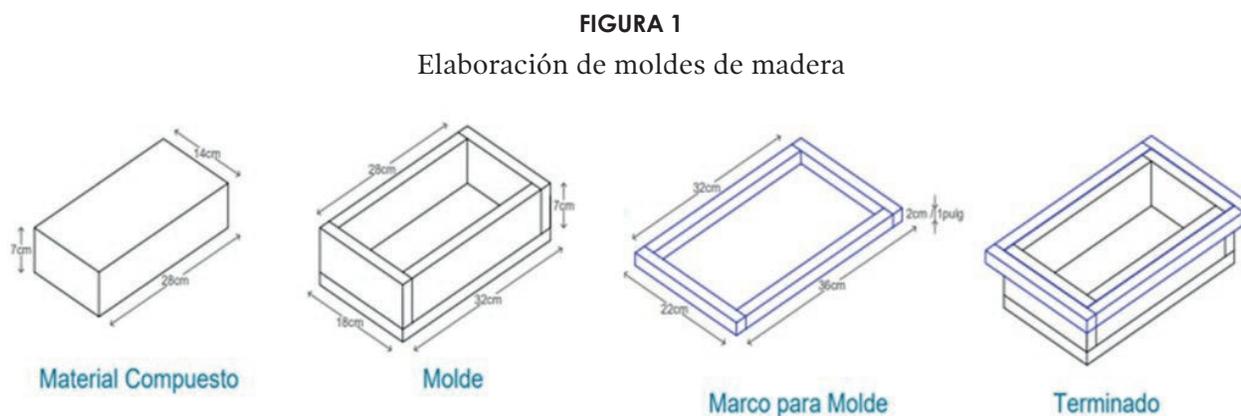
Nuestro caso de estudio se realizó en el estado de Colima, más específicamente en el municipio de Coquimatlán; dicho municipio tiene un clima cálido subhúmedo y una temperatura promedio de 26 °C (Municipios, 2022). Cuenta con una pre-

cipitación de 856 mm, teniendo lluvias en verano en al menos el 86 % de su territorio (Alcántara, 2021; Mercado y Orozco, 2019). Se encuentra delimitado al noreste con Villa de Álvarez, al noroeste con Minatitlán, al sureste con Armería, al suroeste con Tecomán, al este con el municipio de Colima y al oeste con Manzanillo, entre las coordenadas 19°11'52" latitud norte y 103°48'41" longitud oeste y tiene una altitud aproximada de 400 metros sobre el nivel del mar (Municipios, 2022).

PROCEDIMIENTO

Construcción de moldes

Se realizaron cuatro moldes de madera con las dimensiones establecidas en la figura 1 para posteriormente engrasarlos tres veces y dejarlos reposar sobre una superficie, puesto que así las piezas podrán absorber el aceite que nos ayudará a que los bloques puedan desmoldarse fácilmente y de forma segura.



Fuente: Elaboración propia (2022).

Preparación de los materiales

En este proceso se obtuvieron el cemento, la arena, el agua, el poliestireno expandido y la fibra de bambú. El bambú se recortó en pedazos más pequeños de 15 cm de longitud para poder triturarlos en una trituradora marca ACCOR-P215. Al

obtener la fibra del bambú pasamos a cernirlo con una malla de 5 mm, puesto que dicha fibra todavía contenía fragmentos sin triturar por completo y la fibra debería emular el tamaño máximo del grano de arena y esbeltez de un hilo; véase la figura 2.

FIGURA 2
Preparación de las fibras de bambú



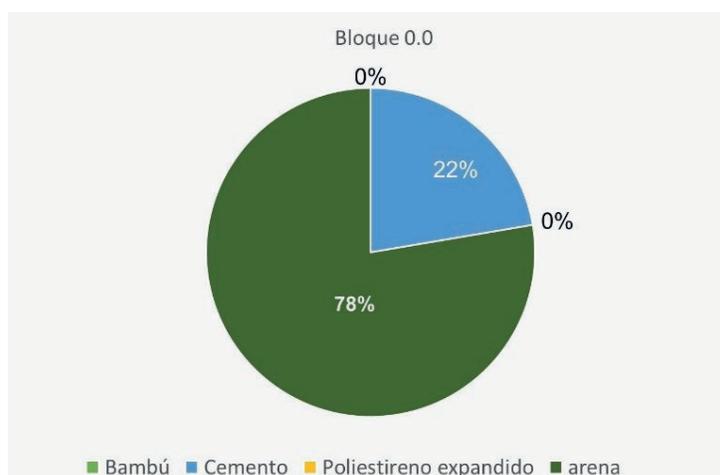
Fuente: Elaboración propia (2022).

Preparación de los compuestos

Todos los materiales se introdujeron en una re-
volvedora para realizar la mezcla, este proceso
se realizó cuatro veces puesto que realizaremos
un bloque de concreto natural y tres diferentes
bloques con diferentes proporciones de bambú.

El primer bloque (o.o) es un bloque de con-
creto natural cuya proporción es de 1 ½ kg de
cemento, 4.444 kg de arena, 0 kg de poliestireno
expandido, 0 kg de fibra y 1 ½ L de agua. Este
bloque se elaboró principalmente para poder ten-
er un elemento de referencia con el cual poder
comparar los resultados obtenidos en los tres
bloques elaborados.

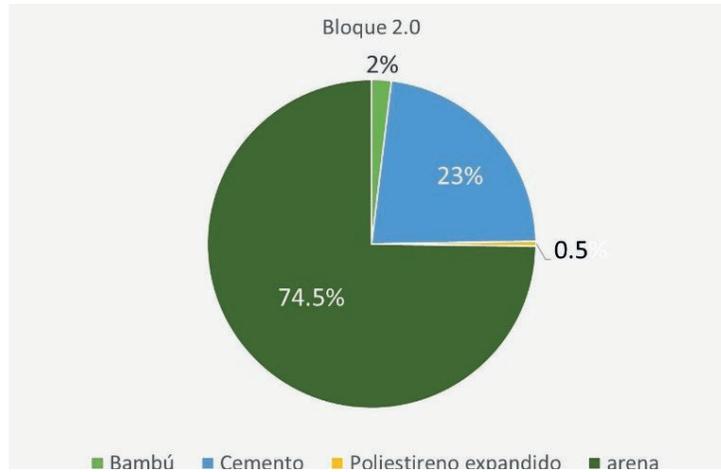
FIGURA 3
Bloque o.o



Fuente: Elaboración propia (2022).

El segundo bloque (2.0) es un bloque con proporción 2 de fibra, cuya proporción es 1 ½ kg de cemento, 4.04 kg de arena, 0.006 kg de poliestireno expandido, 0.096 kg de fibra y 1 ½ L de agua.

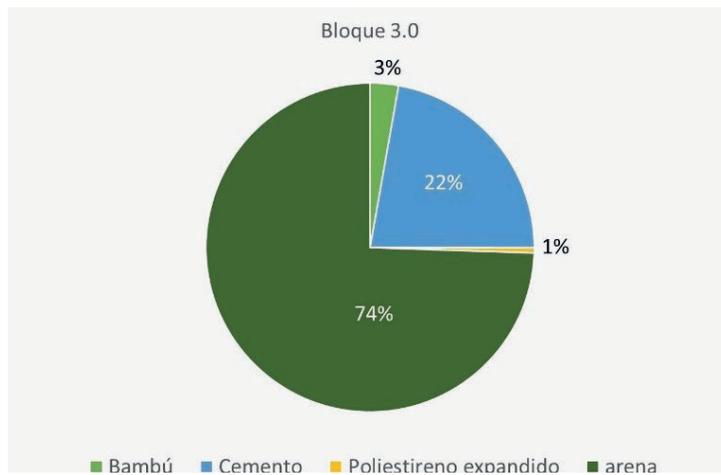
FIGURA 4
Bloque 2.0



Fuente: Elaboración propia (2022).

El tercer bloque (3.0) es un bloque con proporción 3 de fibra, cuya proporción es 1 ½ kg de cemento, 4.04 kg de arena, 0.006 kg de poliestireno expandido, 0.144 kg de fibra y 1 ½ L de agua.

FIGURA 5
Bloque 3.0

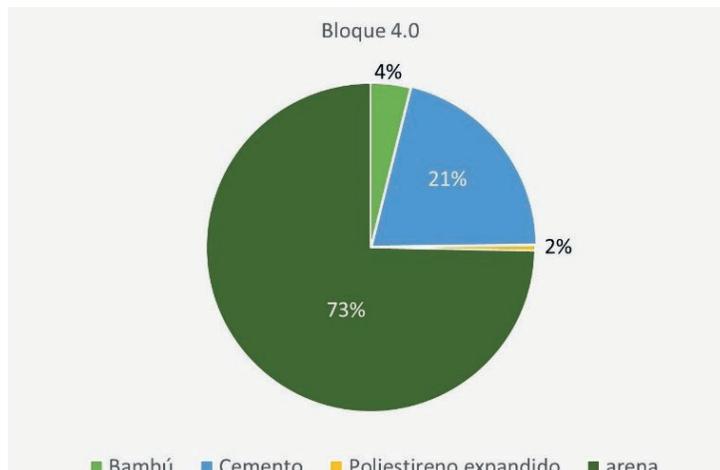


Fuente: Elaboración propia (2022).

El cuarto bloque y último es el bloque 4.0 o bloque con proporción 4 de fibra, cuya proporción es 1 ½ kg de cemento, 4.04 kg de arena, 0.006 kg de poliestireno expandido, 0.192 kg de fibra y 1 ½ L de agua.

FIGURA 6

Bloque 4.0



Fuente: Elaboración propia (2022).

REALIZACIÓN DE BLOQUES

Todos los materiales se introdujeron en una re-
volvedora para realizar la mezcla, este proceso se
realizó tres veces puesto que realizaremos tres
diferentes bloques con diferentes proporciones

de bambú. Posteriormente se vertió la mezcla en
sus respectivos moldes antes mencionados para
empezar a vibrarlos y compactarlos, con el fin
de no dejar huecos del tabique. Véase la figura 7.

FIGURA 7

Realización de los bloques



Fuente: Elaboración propia (2022).

SECADO Y DESCIMBRADO DE LOS BLOQUES

Los tabiques se dejaron secar en la madera en
un patio al aire libre y expuesto al sol por tres
días, puesto que ese es el tiempo necesario para

asegurar su secado, posteriormente se deberán
descimbrar y dejar secar cuatro bloques por 28
días y cuatro moldes por 56 días.

FIGURA 8

Secado de bloques



Fuente: Elaboración propia (2022).

EQUIPO Y MATERIAL A UTILIZAR

Los equipos y materiales por utilizar en las pruebas de resistencia a la compresión y a la conductividad térmica son los siguientes:

Pruebas mecánicas

- Prensa hidráulica eléctrica (pruebas de compresión).
- Placa metálica plana.
- Azufre.
- Barra metálica plana.
- Maso o martillo.
- Aceite quemado.
- Espátula.

Pruebas térmicas

- KD2 Pro (Analizador de propiedades térmicas) con sensor SH-1.
- Taladro.
- Broca de acero de alta velocidad de 1/16".
- Grasa térmica a base de silicona.

USOS

El uso de los bloques prefabricados de cualquier tipo en la construcción es sumamente importante para construcciones no tan altas, debido a todas las ventajas que tienen en su elaboración, abastecimiento y bajo costo.

PRINCIPALES USOS

- Muros simples o divisorios.
- Muros de contención.
- Muros estructurales.
- Bardas perimetrales.

En el caso del bloque a base de concreto con fibras de bambú y poliestireno expandido, se planea implementar su uso en muros simples o divisorios con el fin de regular la temperatura al interior del espacio edificado, haciendo de este un espacio más confortable y seguro.

PRUEBAS MECÁNICAS

De acuerdo con los documentos revisados de nuestra investigación, las pruebas de compresión se aplican a los 28 y 56 días, con el fin de que alcancen la solidez y resistencia adecuadas (Alcántara, 2021; Mercado y Orozco, 2019; Mexicodocuments (2004)). Para el siguiente análisis se revisó la norma NMX-C-159-ONNCCE-2004. Esta norma mexicana establece los procedimientos para elaborar y curar, en el laboratorio, los especímenes de concreto utilizados para las pruebas de resistencia a la compresión, a la flexión y a la tensión diametral.

Antes de empezar directamente con las pruebas a compresión, se realizó el cabeceo de los cuatro bloques a los 28 y 56 días, el cual consiste en tener una superficie plana de contacto. Esto se consigue al derretir azufre y volverlo líquido, este líquido deberá de ser vertido en un marco formado por barras metálicas planas con el fin de que las caras de los bloques a medir sean lo más planas posible. Este proceso para cuatro bloques solamente dura una hora y media, dejando secar el azufre máximo dos minutos para que alcance su solidez, para posteriormente llevarlos a la prensa hidráulica eléctrica en donde se medirá su resistencia a la compresión; este proceso se llevó a cabo en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil en el campus de Coquimatlán, Colima. Véase la figura 9.

FIGURA 9

Proceso de cabeceo de bloques



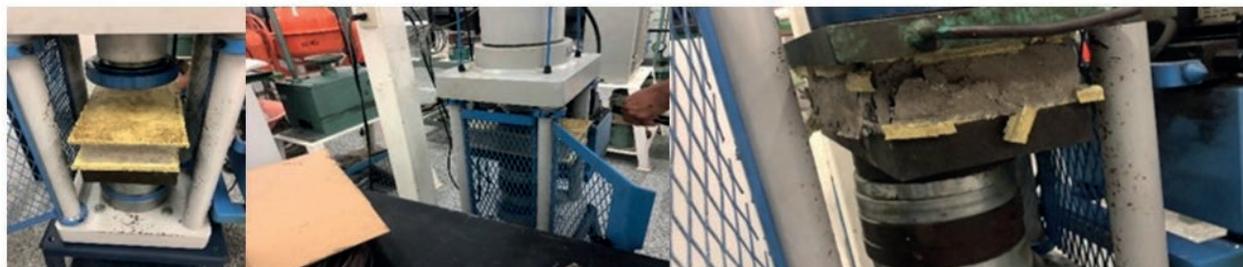
Fuente: Elaboración propia (2022).

Después de terminar el cabeceo se procedió a llevar los bloques a una prensa hidráulica eléctrica, la cual está calibrada a un máximo de compresión de 70-90 toneladas, puesto que dicha maquinaria podría descalibrarse si se sobrepasa de dicho rango. Este proceso fue llevado a cabo por el Ing. Luis Enrique Montaña Cárdenas en el Laboratorio de Materiales en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad de Colima. Al calibrar la prensa hidráulica eléctrica se procedió

a colocar el bloque lo más centrado posible en medio de dos placas de metal, con el fin de que la fuerza aplicada se distribuyera uniformemente sobre la pieza. Posteriormente se procedió a liberar dicha presión, de forma paulatina, para observar su comportamiento hasta el punto de ruptura de dicho bloque; este proceso tardó aproximadamente de 5 a 7 minutos por bloque, aumentando su tiempo de acuerdo con su esfuerzo a la compresión. Véase la figura 10.

FIGURA 10

Proceso de compresión de bloques



Fuente: Elaboración propia (2022).

La prensa registra los resultados de dicha prueba en kilos, dejando como único resultado la carga máxima del material. Posteriormente se procedió a realizar la siguiente fórmula $E = P/A$ donde E es el esfuerzo a la compresión, P la carga máxima del material y A el área cuadrada o superficie del objeto.

PRUEBAS TÉRMICAS

En relación a la investigación y los documentos revisados, se decidió realizar las pruebas térmicas a los 28 días posteriores a elaborar los

bloques, con el fin de observar qué comportamiento térmico tenían los bloques una vez que alcanzaran la solidez y resistencia adecuada (Alcántara, 2021; Mercado y Orozco, 2019). Para el siguiente análisis se revisó la norma NMX-C-159-ONNCE-2004. Esta norma mexicana establece los procedimientos para elaborar y curar, en el laboratorio, los especímenes de concreto utilizados para las pruebas de resistencia a la compresión, a la flexión y a la tensión diametral.

Antes de empezar directamente con las pruebas térmicas, se realizaron dos perforaciones a

una distancia de 6 mm y con una profundidad de 3 cm con una broca de acero de alta velocidad de 1/16" en cuatro cilindros con una proporción de 0.0 o natural, 2.0, 3.0, 4.0. Cabe destacar que para

realizar las perforaciones en dichos cilindros se necesitó de seis brocas, ya que estas eran muy delgadas y al momento de hacer las perforaciones se deformaban o se rompían. Véase la figura 11.

FIGURA 11

Bloques 0.0, 2.0, 3.0 y 4.0



Fuente: Elaboración propia (2022).

La realización de dichas perforaciones en los bloques anteriormente mencionados fue con el fin de usar el dispositivo KD2 Pro con un sensor de doble aguja SH-1, este dispositivo opera bajo las normas ASTM-D5334-08, 2008, e IEEE Std 442-198, que indican un procedimiento para determinar la conductividad térmica de sólidos. El sensor de doble aguja debe ser recubierto por grasa

térmica a base de silicona, cuya única función es permitir al dispositivo tener contacto con el cilindro. Este proceso fue llevado a cabo en conjunto con el Dr. Jorge Armando Ojeda Sánchez en el Edificio de Posgrado en el campus de la Facultad de Arquitectura y Diseño en Coquimatlán, Col. Véase la figura 12.

FIGURA 12

Procedimiento para determinar la conductividad térmica de sólidos



Fuente: Elaboración propia (2022).

El dispositivo KD2 Pro con un sensor de doble aguja SH-1 fue configurado para que tomara lecturas del objeto analizado cada dos minutos, con el fin de poder hacer un registro de al menos once lecturas; este proceso duró alrededor de dos horas y 45 minutos aproximadamente por cada cilindro. Por otro lado, los resultados arro-

jados por dicho instrumento de medición fueron la difusividad (α) y conductividad térmica (K), sin embargo, debido a que se sabe las medidas y el peso de dichos elementos, se pudo conocer la densidad (ρ) y capacidad calorífica (C_p) de dichos objetos con la siguiente expresión: $\alpha = K/(\rho C_p)$ en $[m^2/s]$.

RESULTADOS

ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS

En relación con la investigación y los documentos revisados de nuestra investigación, las pruebas de compresión se aplican a los 28 y 56 días, esto tiene el fin de que alcancen la solidez y resistencia adecuada (Alcántara, 2021; Mercado y Orozco, 2019). Para el siguiente análisis se revisó la norma NMX-C-159-ONNCCE-2004. Esta norma mexicana establece los procedimientos para elaborar y curar, en el laboratorio, los especímenes de concreto utilizados para las pruebas de resistencia a la compresión, a la flexión y a la tensión diametral (Mexicodocuments, 2004).

Previo a realizar las pruebas de compresión, se realizó el cabeceo de los cuatro bloques a los 28 y 56 días, con el método descrito anteriormente. Dichas pruebas se realizaron con una prensa hidráulica eléctrica, calibrada a un máximo de compresión de 70-90 toneladas, como límite máximo. Este proceso fue llevado a cabo por el Ing. Luis Enrique Montaña Cárdenas en el Laboratorio de Materiales en la Facultad de Ingeniería Civil. Al calibrar la prensa hidráulica eléctrica se procedió a colocar el bloque lo más centrado posible en medio de dos placas de metal, con

el fin de que la fuerza aplicada se distribuyera uniformemente sobre la pieza. Posteriormente se procedió a liberar dicha presión de manera paulatina para observar su comportamiento hasta el punto de ruptura de dicho bloque; este proceso tardó aproximadamente de 5 a 7 minutos por bloque, aumentando su tiempo de acuerdo con su esfuerzo a la compresión. Véase la figura 13.

FIGURA 13

Procedimiento de compresión de bloques



Fuente: Elaboración propia (2022).

La prensa registra los resultados en kilogramos, dejando como único resultado la carga máxima del material. Con los datos registrados, se procesan con la expresión de esfuerzo mencionada anteriormente. Los datos de cálculo pueden apreciarse en la tabla 1.

Tabla 1
 Pruebas de compresión

Tiempo transcurrido	Contenido de fibra (% en volumen)	Peso de bloques (Kg)	Carga máxima del material (Kgf)	Área del bloque (cm ²)	Esfuerzo a compresión (Kg/cm ²)
Valores	=	=	P	A	P/A
28 días	0.0	5.7	96,070	392	245.07
	2.0	4.17	46,990	392	119.87
	3.0	4.7	74,590	392	190.28
	4.0	4.13	47,300	392	120.66
56 días	0.0	5.03	93,050	392	237.37
	2.0	4.89	75,090	392	191.55
	3.0	5.11	71,850	392	183.29
	4.0	4.88	78,340	392	199.84

BLOQUE 0.0 - 28 DÍAS

En relación con la tabla 1 y a los diversos procedimientos hechos al momento de elaborar el bloque 0.0 (o bloque de concreto cuya propor-

ción es 1 ½ kg de cemento, 4.444 kg de arena, 0 kg de poliestireno expandido, 0 kg de fibra y 1 ½ L de agua), se notó que, al momento de realizar la prueba a compresión en la prensa, no se llegó

al punto en el cual se cuarteaba el bloque; esto se debió a que si se sobrepasaba la carga máxima del material la prensa empezaría a descalibrarse y no daría resultados confiables.

BLOQUE 0.0 - 28 DÍAS

En relación con la tabla 1 y a los diversos procedimientos hechos al momento de elaborar el bloque 0.0 (o bloque de concreto cuya proporción es 1 ½ kg de cemento, 4.444 kg de arena, 0 kg de poliestireno expandido, 0 kg de fibra y 1 ½ L de agua), se notó que, al momento de realizar la prueba a compresión en la prensa, no se llegó al punto en el cual se cuarteaba el bloque; esto se debió a que si se sobrepasaba la carga máxima del material la prensa empezaría a descalibrarse y no daría resultados confiables.

BLOQUE 2.0 - 28 DÍAS

Respecto a este bloque y a los diversos procedimientos hechos al momento de elaborar el bloque 2.0 (o bloque con proporción 2 de fibra), se notó que, al momento de realizar la prueba a compresión en la prensa, lo máximo que alcanzó fue la mitad de la carga máxima del material a comparación del anterior; este bloque, al estar llegando a su punto de compresión, empezó a cuartearse y a desmoronarse por los bordes. Es relevante mencionar que la prensa es utilizada manualmente para realizar la compresión. Véase la figura 14.

FIGURA 14

Bloque con proporción 2 de fibra
(bloque 2.0 - 28 días)



Fuente: Elaboración propia (2022).

BLOQUE 3.0 - 28 DÍAS

Al momento, del bloque 3.0 (o bloque con proporción 3 de fibra), se realiza la prueba a compresión en la prensa, obteniendo una carga máxima del material de 74,590 Kg_f/Kg_f que equivaldrían a 74,590 toneladas. Este bloque, en comparación con el anterior, no obtuvo cuarteaduras tan visibles como el anterior. El único percance a considerar son las grietas internas que tendría después de la prueba a compresión. El bloque mencionado se puede apreciar en la figura 15.

FIGURA 15

Bloque con proporción 3 de fibra
(bloque 3.0 - 28 días)



Fuente: Elaboración propia (2022).

BLOQUE 4.0 - 28 DÍAS

Con resultados sorprendentes, el bloque 4.0 (o bloque con proporción 4 de fibra), en comparación con el bloque 2.0 no llegó a cuartearse tanto, y obteniendo una carga máxima del material similar al bloque 2.0. Pero hubo inconvenientes con la prensa, la cual le dio varios momentos de compresión antes de que llegara a su carga máxima, pudiendo ocasionar grietas internas antes de dar el resultado final. Véase la figura 16.

FIGURA 16

Bloque con proporción 4 de fibra
(bloque 4.0 - 28 días)



Fuente: Elaboración propia (2022).

BLOQUE 0.0 - 56 DÍAS

En relación con la tabla 1 y a los diversos procedimientos hechos al momento de elaborar el bloque 0.0, al estar realizando la prueba tuvo el mismo resultado que el bloque 0.0 de los 28 días, el cual sobrepasó las 90 toneladas.

BLOQUE 2.0 - 56 DÍAS

Respecto a este bloque y a los diversos procedimientos hechos al momento de elaborar el bloque 2.0, este tuvo un aumento en su resistencia a la compresión, pero las grietas no fueron visibles, la mayoría fueron en el interior del bloque. Véase la figura 17.

FIGURA 17

Bloque con proporción 2 de fibra
(bloque 2.0 - 56 días)



Fuente: Elaboración propia (2022).

BLOQUE 3.0 - 56 DÍAS

Al momento, del bloque 3.0 (o bloque con proporción 3 de fibra), se realiza la prueba a compresión en la prensa, se obtuvo una carga máxima del material de $71,850 \text{ Kg}_f/\text{Kg}_f$ que equivaldrían a 71,850 toneladas. Este bloque, a comparación del de los 28 días, disminuyó su tonelaje y su resistencia a la compresión. Véase figura 18.

FIGURA 18

Bloque con proporción 3 de fibra (bloque 3.0 - 56 días)



Fuente: Elaboración propia (2022).

BLOQUE 4.0 - 56 DÍAS

Con resultados sorprendentes, el bloque 4.0. Este bloque obtuvo una mayor resistencia a la compresión a comparación del bloque 4.0 de los 28 días. No se logran a visualizar grietas exteriores, pero lo que sí tenemos seguros es que debido al constante golpeteo que tuvo el bloque 4.0 de los 28 días, ocasionó que nos proporcionaran resultados no tan confiables. Véase figura 19.

FIGURA 19

Bloque con proporción 4 de fibra
(bloque 4.0 - 56 días)



Fuente: Elaboración propia (2022).

ANÁLISIS DE PROPIEDADES TÉRMICAS

En relación con la investigación y los documentos revisados, se decidió realizar las pruebas térmicas a los 28 días posterior a realizar los bloques, con el fin de observar qué comportamiento térmico tenían los bloques una vez que alcanzaran la solidez y resistencia adecuada (Alcántara, 2021; Mercado y Orozco, 2019). Para el siguiente análisis se revisó la norma NMX-C-159-ONNCE-2004. Esta norma mexicana establece los procedimientos para elaborar y curar, en el laboratorio, los especímenes de concreto utilizados para las pruebas de resistencia a la compresión, a la flexión y a la tensión diametral.

Para realizar la medición de las propiedades térmicas se realizaron dos perforaciones a una distancia de 6 mm y con una profundidad de 3 cm con una broca de acero de alta velocidad de $1/16''$ de diámetro en cuatro cilindros con una proporción de 0.0 o natural, 2.0, 3.0, 4.0 en proporción.

Las características de dichas probetas fueron mencionadas en secciones anteriores. Dadas las características del material, se requirieron seis brocas; debido al diámetro, al momento de perforar, dichas brocas se deformaban o se rompían. Las probetas se pueden apreciar en la figura 11.

La finalidad de realizar las perforaciones en los bloques es utilizar el sensor de doble aguja SH-1, que debe de ser recubierto por grasa tér-

mica a base de silicona, cuya única función es permitir al sensor tener contacto con el cilindro. Este proceso fue llevado a cabo en el Laboratorio de Arquitectura en el Edificio de Posgrado en el campus de la Facultad de Arquitectura y Diseño en Coquimatlán, Colima.

La tabla 2 muestra el conjunto de resultados obtenidos de dicha experimentación.

TABLA 2
Pruebas térmicas

Tiempo	Muestras	Difusividad mm^2/s	Conductividad térmica $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	Calor específico (Cp)	Densidad (Kg/m^3)
28 días	0.0	0.649	0.772181818	0.0005313	2,238
	2.0	0.302	0.595181818	0.0010518	1,872
	3.0	0.295	0.523545455	0.0009651	1,840
	4.0	0.374	0.625636364	0.0009136	1,830

En relación con la tabla y a los diversos procedimientos hechos al momento de elaborar los cilindros 0.0, 2.0, 3.0 y 4.0, se notó que, al momento de realizar la prueba térmica en el KD2 Pro, el compuesto 0.00 mostró ser el que tenía una mayor conductividad térmica de hasta $0.772 \text{ W}/(\text{mK})$, difusividad térmica de hasta $0.649 \text{ mm}^2/\text{s}$ y una densidad de $2,238 \text{ Kg}/\text{m}^3$. Por otro lado, este mismo mostró ser el de menor calor específico, teniendo un resultado de $0.00053134 \text{ mJ}/\text{m}^3\text{K}$. Véase la tabla 2.

El cilindro 4.0 fue el que menos densidad tuvo en dicha prueba, teniendo un resultado de $1,830 \text{ Kg}/\text{m}^3$; por otra parte, el cilindro 2.0 fue el que mayor calor específico obtuvo en dichas pruebas, teniendo un resultado de $0.00105183 \text{ mJ}/\text{m}^3\text{K}$. Al analizar el cilindro 2.0 y el 4.0 se observó una similitud en sus resultados arrojados por el dispositivo KD2 Pro, sin embargo, esto se cree que es debido a la distribución de las fibras y las perforaciones elaboradas en dichas muestras. Véase la tabla 2 y la figura 19.

Para finalizar, los resultados obtenidos de la difusividad y conductividad térmica del cilindro

3.0 fueron los más bajos de los cuatro elementos analizados, teniendo una difusividad de $0.295 \text{ mm}^2/\text{s}$ y una conductividad térmica de hasta $0.5235 \text{ W}/(\text{mK})$. Véase la tabla 2.

CONCLUSIONES

Con relación a la hipótesis planteada, el material compuesto de los materiales en los bloques presenta una diferencia entre los resultados de la propuesta base del desempeño mecánico de los 28 días. El bloque 0.0 de $219.56 \text{ Kg}/\text{cm}^2$, al bloque 3.0 de $190.28 \text{ Kg}/\text{cm}^2$, conteniendo este una proporción del 0.144 Kg de fibras de bambú. Tendiendo a la razón, se esperaba que el bloque 4.0 de $120.66 \text{ Kg}/\text{cm}^2$ contara con un mejoramiento al terminar las pruebas, en función a los resultados obtenidos en bloques de concreto con poliestireno o bambú por otros investigadores como Choo *et al.* (2020), Mercado *et al.* (2019), Roblez (2018) y Alcántara (2021). Sin embargo, pese a lo esperado, en dicha prueba se obtuvo una similitud con el bloque 2.0 de $219.56 \text{ Kg}/\text{cm}^2$.

Por otro lado, el bloque 3.0, comparado al bloque 0.0, se puede decir con seguridad que, aunque no tuviera una mejoría de la resistencia a la compresión, se podría utilizar con más eficiencia en la creación de muros divisorios internos. Pero cambia drásticamente con los resultados obtenidos a los 56 días, todos los bloques con ciertas proporciones de bambú tuvieron un aumento en su resistencia a la compresión, aunque el que resaltó esta vez fue el bloque 4.0 de 199.84 Kg/cm^2 , esto nos confirma que el bloque 4.0 que se realizó a los 28 días arrojó resultados no confiables, debido a que cuando se realizó la compresión de dicho bloque se estuvo dando golpeo simultáneamente por la máquina. Otra cosa también a recabar fue que el bloque 2.0 de los 56 días obtuvo 191.55 Kg/cm^2 , teniendo algo de similitud al bloque 4.0 de los 56 días.

Y con relación a la hipótesis que se tenía planteada en el desempeño térmico de los 28 días, el cilindro 0.0 de 0.772 W/(mK) , al cilindro 3.0 de 0.523 W/(mK) ; el cilindro 3.0 teniendo presente un retraso térmico mejor que el cilindro 0.0 haciendo espacios habitables, por consiguiente, un espacio más confortable para el desarrollo del ser humano. Aunque también sorprendió que entre los cilindros 2.0 y 4.0 tuvieran una similitud en los resultados obtenidos.

Con esto podemos concluir que el material compuesto propuesto en sus diferentes proporciones presenta resultados favorables mecánica y térmicamente, en climas similares al del estado de Colima.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente artículo agradecen el apoyo del Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad de Colima, para la realización de las pruebas mecánicas de los bloques de material compuesto.

REFERENCIAS

- Alcántara, A. (2021). *Desempeño térmico en bloques multiperforados a base de concreto con fibras de bambú*. Coquimatlán: Universidad de Colima.
- Arbeláez, A. (1997). Morteros reforzados con fibras de bambú. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 131-151. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/28797/29129>
- Choo Chin, S., Fah Tee, K., Sheng, F., Ruey, H., & Gimbin, J. (2020). Thermal and mechanical properties of bamboo fiber reinforced composites. *Materials Today Communications*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2019.100876>
- CONAGUA (2019). Resúmenes mensuales de temperaturas y lluvia. CONAGUA. México: Gobierno de México. Obtenido de <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>
- Corrales, B. V. (enero/marzo de 2017). Industria del cemento en México: Análisis de sus determinantes. *Problemas del Desarrollo*, 113-138. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/312934193_INDUSTRIA_DEL_CEMENTO_EN_MEXICO_ANALISIS_DE_SUS_DETERMINANTES
- CTN 81 - Seguridad y salud en el trabajo (2006). *Ergonomía del ambiente térmico (ISO 7730:2005)*. Madrid, España: AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). Obtenido de <https://www.une.org/Paginas/Normalizacion/Ficha-CTN.aspx?n=3&c=CTN%2081>
- Decagon (2006). KD2 Pro manual. Obtenido de https://library.metergroup.com/Manuals/13351_KD2%20Pro_Web.pdf
- Elizondo M., Miguel, Ojeda S., Jorge A., Esparza L., Carlos Javier, & Gómez A., Adolfo (2015). Evaluación térmica de materiales compuestos como aislante térmico para casas habitación en el Estado de Colima a partir de bambú y tierra cruda. *Aza (Evaluación Térmica)*, 1-9. https://www.researchgate.net/publication/282577276_Evaluacion_termica_de_materiales_compuestos_como_aislante_termico_para_casas_habitacion_en_el_estado_de_Colima_a_partir_de_bambu_y_tierra_cruda
- Hernández, Fernández, Baptista (2015). *Metodología de la investigación* (Vol. 3, Issue 2). <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>
- Hidalgo, O. (2003). The plant. En *Bamboo, the gift of the gods*. Colombia: Oscar Hidalgo.

- INEGI (2020). Recuperado el 11 de septiembre de 2022, de <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/col/poblacion/hogares.aspx?tema=me&e=06>
- López, V. (25 de septiembre de 2021). Milenio. Recuperado en 2022, de <https://www.milenio.com/negocios/puebla-materiales-construccion-vivienda-suben-40-canadevi>
- Mercado, S., & Orozco, M. (2019). *Bloque de construcción con bambú*. Coquimatlán: Universidad de Colima.
- Mexicodocuments (2004). Elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio. Recuperado el 29 de mayo de 2022, de <https://vdocuments.mx/nmx-c-159-onnce-2004-elab-y-curado-de-especim-de-concreto-en-lab-565c6a9630055.html?page=9>
- Minke, G. (2010). *Manual de construcción con bambú*. Cali, Colombia: Merlín.
- Municipios.com (2022). Recuperado el 3 de septiembre de 2022. Obtenido de <http://www.municipios.mx/colima/coquimatlan/>
- REVISTACYT (2013). Poliestireno en fabricación de concreto. *Construcción y Tecnología en Concreto*, 12-13. Obtenido de <http://www.imcyc.com/revistacyt/pdf/diciembre2013/posibilidades.pdf>
- Roblez, E. (2018). *Determinación de la conductividad térmica de un block de concreto con agregados de poliestireno a diferentes proporciones*. Coquimatlán: Universidad de Colima.
- Romo, R., & Carlos, J. (2006). El bambú como material de construcción. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/944/94403115.pdf>
- SEMARNAT (2013). *Manual para la construcción sustentable con bambú*. CONAFOR. México: Gobierno Federal de México. Obtenido de https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/documentos/MANUAL_PARA_LA_CONSTRUCCION_SUSTENTABLE_CON_BAMBU.PDF

Reseña libro: Vivir Bien/Buen Vivir: Filosofía, Políticas, Estrategias y Experiencias Regionales Andinas

FERNANDO HUANACUNI MAMANI



En la actualidad, es importante establecer la importancia que están teniendo las nuevas maneras de vivir y habitar; en este punto encontramos una obra excepcional de la cual se comienza a fundamentar una perspectiva diferente a las establecidas desde el pensamiento colonialista occidental y del norte global. Aquí inicia a resonar la filosofía Vivir Bien/Buen Vivir, la cual se origina en la región andina con una fuerte carga de la cosmogonía de los pueblos originarios de esta región y sirve como una alternativa a los modelos de desarrollo convencionales, ofreciendo una perspectiva única sobre la vida, la gobernanza y la organización social. Esta antigua concepción está profundamente arraigada en las sociedades indígenas y la misma, enfatiza vivir en armonía

con la naturaleza, la comunidad y uno mismo. El libro "Vivir Bien/Buen Vivir: Filosofía, Políticas, Estrategias y Experiencias Regionales Andinas" de Fernando Huanacuni Mamani da cuenta y proporciona a través de su lectura y los apartados de este, una visión integral de esta filosofía, explorando sus principios, valores y aplicaciones clave en diversos contextos regionales.

El libro se estructura en cinco partes que plantean desde un punto de partida conceptualizador a través de la visión de los pueblos andinos del buen vivir, como parte simbiótica del ser humano con el ambiente que lo rodea, explicado desde la cosmovisión de las comunidades, pertinente en la puntualización de las bases legales sobre las cuales se ha reforzado en naciones como Ecuador, Bolivia, parte del reconocimiento de estados plurinacionales establecido en un segundo apartado; fundamenta un marco teórico conceptual y los criterios y definiciones del buen vivir, pasando posteriormente en la aplicación de esta visión en diferentes áreas y un acercamiento al establecimiento de esta filosofía como parte conformadora de políticas públicas en los últimos apartados de este trabajo.

La obra plantea como la idea central y fundamento primordial el de Vivir Bien/Buen Vivir, la cual se encuentra cimentada en varios principios y valores clave que guían la filosofía y su implementación en la vida de las comunidades

e individuos. Estos principios incluyen: generar una crítica a la visión actual de desarrollo, al cuestionar la naturaleza capitalista de los modelos de desarrollo tradicionales y su enfoque en la eficiencia y el crecimiento material: con lo que se da un énfasis en el bien común de la humanidad y a su vez promueve la solidaridad y la cooperación entre personas y comunidades; insta en el establecimiento de una crítica al capitalismo, al abogar por sistemas económicos más equitativos y sostenibles que prioricen el bienestar sobre las ganancias y fomenten una fuerte conexión con el medio ambiente, con lo que se reconoce la importancia de respetar y preservar los recursos naturales para las generaciones futuras.

Estos principios forman colectivamente la base de entendimiento, (desde la visión del autor), de la filosofía de Vivir Bien/Buen Vivir, con lo que se ofrece un enfoque holístico y sostenible de la vida que contrasta con la mentalidad individualista y orientada al crecimiento de los modelos de desarrollo occidentales actuales.

Es, por lo tanto, que a través de los principios presentados se comienza a generar en el lector una reflexión que lleva a comparar la filosofía de Vivir Bien/Buen Vivir con los modelos de desarrollo occidentales convencionales, y con esto comenzar a hacer evidentes varias diferencias clave. Todo esto, con el afán de comenzar a clarificar las diferencias entre los modelos convencionales e históricamente aceptados que como menciona, los cuales priorizan el crecimiento económico y la riqueza material, y el del Vivir Bien/Buen Vivir el cual se centra en el bienestar general de los individuos, las comunidades y el medio ambiente.

Esta distinción es evidente puesto que el énfasis de la filosofía se puntualiza en valores como la solidaridad, la cooperación y la sostenibilidad, lo cual al ser aplicados, se intenta promover una sociedad más equitativa y armoniosa, cohesionada y respetuosa con los otros y su entorno. Es a través de esta comprensión que, a través de lo descrito por el autor, el Vivir Bien/Buen Vivir rechaza los fundamentos capitalistas y, en cambio, aboga por alternativas que prioricen el bien

común y la salud del planeta a largo plazo que, al hacerlo, ofrece una perspectiva refrescante y muy necesaria sobre el desarrollo, desafiando el statu quo e inspirando nuevos caminos hacia un futuro más justo y sostenible.

De esta manera, podemos situar al concepto de Vivir Bien/Buen Vivir como alternativa de pensamiento y base de nuevos modelos de desarrollo, por lo que el autor pretende diseminarla y con ello ofrecer un enfoque único para abordar los desafíos globales a través de políticas, estrategias y experiencias regionales, que a su vez inciten la implementación de esta en el proceso de desarrollo de políticas públicas, para detonar aspectos de la sostenibilidad de las naciones. Por tal motivo, es a través de la lectura de este libro que se puede observar una estructura general para el entendimiento completo y fundamentación de este pensamiento, con lo cual se da pauta para que sea comprendida e implementada en políticas y programas, donde se reflejen estos principios y nuevos procederes bajo el paradigma de una visión de desarrollo alternativo para todos, dónde se reconozca la importancia de los principios éticos, el conocimiento y saberes de todas las comunidades y a su vez, el desarrollo y fomento de las prácticas sostenibles que creen una relación armoniosa entre las personas y el medio ambiente, que promueve la justicia social y ambiental, además de la participación comunitaria dentro de los procesos de gestión de sus territorios y cocreación de conocimiento.

Además de lo anterior la obra visualiza la implementación de los principios de Vivir Bien/Buen Vivir, a diferentes escalas y procesos, con lo que se genera de manera directa: una gestión de recursos basada en la comunidad, enfatizando la propiedad colectiva y el uso sostenible de los recursos (bienes comunes de los territorios y el hábitat); robustecer los procesos participativos de toma de decisiones que prioricen las necesidades y perspectivas de las comunidades locales, en cuanto al desarrollo de planes de desarrollo de los territorios mismos (nuevos paradigmas de gobernanza); por otro lado, incentiva la preservación cultural que celebran y mantienen el

conocimiento y las tradiciones indígenas (respeto por los saberes de las comunidades, diálogos de saberes); y prioriza en la generación de procesos y proyectos de conservación ambiental que prioricen la protección de los ecosistemas y la biodiversidad (procesos de sustentabilidad y sostenibilidad en el hábitat). Estos esfuerzos de base son fundamentales para promover los valores de Vivir Bien/Buen Vivir, ya que empoderan a las comunidades locales y fomentan un sentido de propiedad y responsabilidad por el bienestar tanto de las personas como del medio ambiente. Y aquí se establece que mientras el mundo se enfrenta a diversas crisis, el autor enfatiza que el Vivir Bien/Buen Vivir se puede presentar como una alternativa convincente a los paradigmas de desarrollo convencionales, de donde se pueden extraer numerosas lecciones de las experiencias regionales con esta filosofía, que proporciona ideas valiosas para su implementación en las posibles y futuras políticas públicas, con un sentido más humano y responsable, donde las sociedades de todo el mundo pueden trabajar por un futuro más armonioso y sostenible.

A pesar del creciente interés en Vivir Bien/Buen Vivir y de que la obra aquí presentada detalla de manera sucinta aspectos conceptuales y prácti-

cos de la misma como un enfoque alternativo al desarrollo, no está exento de desafíos y críticas. Pero más allá de todo eso, los principios presentados en el libro y toda su reforzamiento teórico y conceptual, ofrecen ideas valiosas y posibles soluciones para abordar problemas globales urgentes, como la degradación ambiental, las desigualdades sociales y la erosión cultural.

En conclusión, Vivir Bien/Buen Vivir: Filosofía, Políticas, Estrategias y Experiencias Regionales Andinas presenta de manera clara, una filosofía que enfatiza la importancia de vivir en armonía con la naturaleza y promover el bienestar de todos los individuos dentro de una comunidad. Si bien se menciona en el mismo que existen desafíos y críticas a su implementación, se nos presentan ejemplos exitosos de políticas y estrategias que se han aplicado para promover a esta. Estas experiencias han demostrado el potencial de esta filosofía para crear impactos positivos en las comunidades locales y el medio ambiente, por lo tanto, la obra, Vivir Bien/Buen Vivir, ofrece una perspectiva alternativa y única sobre el desarrollo, sobre el repensar de los conceptos actuales y los cambios de paradigma con los cuales se prioriza lo colectivo y lo ambiental como parte central de todo proceso de desarrollo.