

Marco metodológico para transitar hacia una vivienda ecotecnológica básica

Methodological framework to move towards a Basic Ecotechnological Housing

DOI: <https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i13.237>

BELÉN OLAYA-GARCÍA

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Orcid: 0000-000-4239-7769.

Correo electrónico: b.olaya@cieco.unam.mx

SARA EUGENIA NAVIA ESPINOZA

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Orcid: 0000-0001-5293-1788.

Correo electrónico: sara2794@hotmail.com

OMAR RAÚL MASERA CERUTTI

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Orcid: 0000-0002-9729-9285.

Correo electrónico: omasera@gmail.com

Recepción: 17 de septiembre de 2022. Aceptación: 03 de noviembre de 2022.

RESUMEN

La mejora habitacional de viviendas con precariedad puede hacerse, por un lado, a través de la autoconstrucción, lo cual puede provocar un aumento de los impactos negativos de la vivienda al entorno, salud o bienestar de sus habitantes si se hace sin los conocimientos o el apoyo técnico necesario. Por otro, con la implementación de proyectos a través de ONG o sectores gubernamentales, que no siempre se alinean a la realidad del contexto o a las necesidades y prioridades de las familias usuarias y sus comunidades. Ante esto, se define un marco metodológico que integre las necesidades de los distintos actores relacionados con las viviendas, evalúe su situación y permita tomar una serie de decisiones sobre las estrategias a implementar para avanzar hacia la sostenibilidad de las viviendas precarias de forma colaborativa. Se crea el Marco Metodológico para transitar hacia una Vivienda Ecotecnológica Básica (Marco VIVE) con cuatro fases y 10 pasos que ordenan el diagnóstico, evaluación, diseño e implementación, con un monitoreo y un proceso iterativo que permitirá el seguimiento y

evolución de las viviendas. Este marco permite abordar la complejidad del hábitat a través de herramientas participativas y trabajo transdisciplinario.

Palabras clave: vivienda precaria, vivienda sostenible, transdisciplina, ecotecnología, producción social del hábitat.

ABSTRACT

The improvement of precarious housing can be done, on the one hand, through self-construction, which can cause an increase in the negative impacts of housing on the environment, health, or well-being of its inhabitants if it is done without the knowledge or necessary technical support. On the other hand, the implementation of projects through NGOs or government sectors, which are not always aligned with the reality of the context or with the needs and priorities of the user families and their communities. Given this, a methodological framework is defined that integrates the needs of the different actors related to housing, evaluates their situation, and allows a series

of decisions to be made on the strategies to be implemented to advance toward the sustainability of precarious housing in a collaborative manner. The Methodological Framework is created to move towards a Basic Ecotechnological Housing (VIVE Framework) with four phases and 10 steps that order the diagnosis, evaluation, design, and implementation, with monitoring and an iterative process that will allow the monitoring and evolution of the houses. This framework allows addressing the complexity of the habitat through participatory tools and trans-disciplinary work.

Keywords: precarious housing, sustainable housing, trans-disciplinary, ecotechnology, social production of habitat.

INTRODUCCIÓN

La vivienda representa un espacio habitado donde se entrelazan actividades, procesos, flujos de energía, materiales o recursos, y se entiende como un sistema complejo. Los problemas de la vivienda, en consecuencia, incluyen los servicios básicos, así como las carencias relacionadas con la infraestructura que comprende.

El acceso a una vivienda digna y sus servicios básicos es un grave problema a nivel global: más del 20% de la población carece de una vivienda adecuada (ONU Hábitat, 2020) y se estima que para el año 2030, tres mil millones de personas (el 40% de la población mundial) necesitarán acceder a una (ONU Hábitat, 2018). En el mundo, 2,100 millones de personas carecen de agua potable en la vivienda y más del doble no disponen de saneamiento seguro (OMS, 2017). Se estima que unos tres mil millones usan biocombustibles sólidos para cocinar, que 1,100 millones no tienen acceso a energía eléctrica (Banco Mundial, 2015) y que unos 690 millones padecen hambre (FAO, 2020). También se estima que más del 90% de los desechos generados a nivel mundial se vierten o queman a cielo abierto en los países de bajos ingresos (Banco Mundial, 2018), siendo las personas en situación de pobreza y las más vulnerables de las zonas rurales quienes se ven más afectadas.

Existen modificaciones en las viviendas rurales o vernáculas, ya sea por procesos autónomos (autoproducción o autoconstrucción) o por parte de asociaciones civiles o sectores gubernamentales. En los primeros, son las propias familias quienes modifican las viviendas. Se calcula la autoconstrucción en México mayor al 60-65% (Bran, 2019; Coneval, 2018; Kunz y Espinosa, 2017; Zatarain, 2018), por lo que cuando no se cuenta con un conocimiento previo, supervisión o asesoramiento técnico, existe un riesgo de provocar un aumento de los impactos negativos, ya sea en su propia salud, economía o en el medio ambiente. Las modificaciones a través de proyectos y estrategias que llevan a cabo asociaciones civiles o sectores gubernamentales, en ocasiones están basadas en la implementación de ecotecnias para mejorar la vivienda y el acceso a servicios básicos.

Las ecotecnias son los dispositivos, métodos y procesos que buscan una relación armónica con el ambiente y brindar beneficios sociales y económicos tangibles a las personas usuarias, con referencia a un contexto socioecológico específico (Ortiz *et al.*, 2014). Algunos ejemplos son las estufas mejoradas de leña, los sistemas de captación de agua de lluvia, los biofiltros o los huertos de traspatio.

Estos proyectos no siempre están adaptados al contexto y muchas veces no consideran las necesidades o las prioridades de la población, por lo que las ecotecnias no son adoptadas o las viviendas acaban abandonadas (Stiglitz *et al.*, 2008). Estas fallas resultan, en gran medida, de una comprensión insuficiente del contexto y de una falta de compromiso adecuado con los usuarios durante todo el proceso de innovación ecotecnológica (Cherunya *et al.*, 2020; Cortés, 2017; Ortiz *et al.*, 2014).

Los proyectos suelen implementarse de manera independiente; por ejemplo, sólo proyectos de estufas, lo que ocasiona dobles esfuerzos y que los recursos no sean aprovechados de forma eficiente, aumentando los costos de los proyectos (Clasen y Smith, 2019; Crocker *et al.*, 2017). Pocas veces se integran las intervenciones de distintas líneas temáticas para solucionar simultánea-

mente problemas de la vivienda y servicios, como la energía, agua o saneamiento. Una solución podría ser reutilizar el agua de la vivienda para el cultivo de alimentos en un huerto familiar, tras un proceso de depuración en una biojardinera. O reutilizar los desechos orgánicos generados en la cocina en un compostero.

Finalmente, cabe destacar que la gran mayoría de los proyectos de innovación ecotecnológica implementados no son monitoreados y no se cuantifican los impactos (económicos, a la salud, al ambiente) (Ortiz *et al.*, 2014). También hay una ausencia generalizada de sistematización, falta de datos precisos sobre su funcionamiento en campo y diferencias en las metodologías de implementación, lo que limita el desarrollo, aprendizaje y transmisión del conocimiento generado (Álvarez-Castañón y Tagle-Zamora, 2019).

La falta de comprensión de los usos y costumbres, formas de vida, cosmovisión, tradiciones, lenguaje y realidades, son limitantes en la implementación de proyectos en zonas rurales y la adopción de tecnologías. Es importante entonces integrar un enfoque colaborativo y transdisciplinario, propiciando la recuperación de saberes y la transmisión de conocimientos, en aras de coadyuvar a la preservación del patrimonio cultural.

El objetivo de este artículo es, por tanto, desarrollar un marco metodológico que sienta las bases para mejorar las viviendas con necesidades habitacionales con base en innovaciones ecotecnológicas. Y que este marco integre, relacione y busque fomentar el desarrollo de los servicios básicos y la vivienda de forma aplicada, participativa y transdisciplinaria, integrando distintas visiones, identificando necesidades y prioridades, evaluando su situación y la sostenibilidad y permitiendo tomar una serie de decisiones, de manera colaborativa, sobre las estrategias a implementar para avanzar hacia la sostenibilidad de las viviendas precarias. El Marco buscará abstraer y condensar toda la información relacionada con los distintos criterios, niveles, escalas, actores y disciplinas, mediante las herramientas necesarias para que sea sencillo de implementar, entendible y práctico. Se busca que el Marco

pueda ser utilizado por todos los *stakeholders* o tomadores de decisión alrededor de la vivienda, tanto por las comunidades como por implementadores de tecnologías, instituciones vinculadas a la mejora de vivienda, asociaciones civiles, instituciones gubernamentales, académicas o para procesos de producción social del hábitat. Éste se vislumbra como una herramienta de mediación para poder integrar las visiones y necesidades de todos ellos.

ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

LA VIVIENDA ECOTECNOLÓGICA BÁSICA

El marco conceptual del presente artículo se ha desarrollado previamente (Olaya-García *et al.*, en proceso de publicación). Éste se basa en el concepto *vivienda ecotecnológica básica* (VEB), que engloba una visión sistémica e integral de la vivienda rural y precaria y sus servicios básicos.

De forma resumida, una VEB es la infraestructura y el espacio físico sostenible que permite conseguir una vivienda saludable a través de innovaciones ecotecnológicas, con unos criterios mínimos para lograr la habitabilidad básica en cuanto a seis líneas estratégicas de estudio: 1) abastecimiento de agua; 2) saneamiento; 3) energía; 4) residuos; 5) alimentación, y 6) cobijo. Éstas permiten la visión integral de la vivienda, su alineación dentro de las dimensiones de la sostenibilidad (ambiental, social, económica, cultural y político-institucional) y enmarcarla dentro de un sistema socio-eco-tecnológico, que sitúan a la tecnología en el eje central entre la sociedad y lo ambiental.

Una VEB conlleva una serie de características a tomar en cuenta para avanzar desde la precariedad habitacional hacia la sostenibilidad a través de la transdisciplina. La VEB parte de la producción social del hábitat (PSH) y la habitabilidad básica (HaB) y engloba la visión de los sistemas socio-eco-tecnológicos (STES).

La vivienda, que constituye un *wicked problem* o problema perverso, no puede abordarse y resol-

verse mediante enfoques mono o incluso interdisciplinarios y no existe una solución única para ello (Rittel y Webber, 1973; Romero y Mesías, 2004). Los problemas complejos se abordan a través de las ciencias de la sostenibilidad y son atendidos principalmente por la investigación transdisciplinaria, cuya forma de hacer ciencia: a) está conducida por problemas socialmente definidos; b) integra formas de conocimiento de distintos sectores, y c) conduce a la acción (Scholz y Steiner, 2015).

La transdisciplina produce conocimiento sistémico, orientador y transformador en el problema sobre el que se investiga a través de una utilidad (resolver problemas, producir conocimiento, producir un aprendizaje mutuo, aprender y actuar) (*idem*). La investigación transdisciplinaria implica llevar a cabo una investigación con la sociedad, en lugar de para ella, para coproducir soluciones socialmente sólidas a estos problemas (Swilling, 2014).

Es importante articular esfuerzos y valorar los saberes de todos los actores sociales, comenzando por los de quienes desde hace siglos manejan y cuidan los territorios: las familias, comunidades y pueblos campesinos e indígenas. Son quienes poseen conocimientos muy importantes para el tránsito hacia sociedades sostenibles (Alatorre *et al.*, 2017) y que permitirán identificar problemas y construir el diagnóstico desde su perspectiva.

La PSH se define como los procesos no comerciales llevados a cabo bajo la iniciativa, gestión y control de los habitantes que generan o mejoran espacios de vida adecuados, vivienda y otros elementos de desarrollo físico y social (HIC: Habitat International Coalition, 2020). En ella, la vivienda pasa de entenderse como resultado de la oferta y la demanda, a derecho humano; como mercancía y satisfactor social, a bien de uso autoproducido; de producto terminado, a proceso (Ortiz, 2012). Las ecotecnias y la PSH tienen este cambio de visión para dejar de ver a la tecnología y la vivienda como bienes de consumo (*idem*).

La HaB se entiende como las condiciones de asentamiento y alojamiento humano que permiten en un lugar ordenado y apto y que posibilitan el

morar saludable y la reproducción vital adecuada a sus pobladores (Gesto y Perea, 2012). La HaB es una respuesta a la habitabilidad precaria, es la que colma las necesidades esenciales de cobijo y requiere que se cubran urgencias residenciales como los espacios públicos, las infraestructuras y los servicios elementales, constituyendo un asentamiento propio para la reproducción vital (Salas y Gesto, 2011).

La HaB forma parte de la PSH y se complementa de forma directa con la ecotecnología, ya que ésta cuenta con el potencial de contribuir a la provisión de vivienda, saneamiento, electricidad y otros satisfactores. Esta última brinda una extensa gama de beneficios ambientales, locales y globales, beneficios a la salud y económicos, siendo necesario adecuar las tecnologías a las condiciones de los usuarios para ello. Con esto, las ecotecnias rompen con el esquema actual de producción en masa e imposición, que profundiza las desigualdades y las relaciones de dominación y contribuye a garantizar sus impactos positivos en la sociedad y el ambiente (Ortiz *et al.*, 2015).

Las tecnologías desempeñan un papel central en todos los procesos sociales, no son neutrales y ejercen agencia (Thomas y Santos, 2015; Thomas y Juárez, 2020). Además, la tecnología se ha convertido en la interfaz y el articulador o mediador natural entre la sociedad y el ambiente (Ahlborg *et al.*, 2019; Gavito *et al.*, 2017; Redman y Miller, 2015), trae ambivalencia a estas relaciones, mejora y transforma la agencia humana proporcionando una fuente de poder constitutivo y cambia las relaciones escalares, permitiendo nuestra interacción e impacto en el mundo natural a través del tiempo y el espacio (Ahlborg *et al.*, 2019). De ahí que se hable de STES (sistemas socio-ecotecnológicos o *socio-techno-ecological-systems*).

Los STES incluyen a la tecnología con una importancia central y funcionan como un prisma que permite englobar cinco consideraciones críticas interdependientes (Grabowski *et al.*, 2017): 1) establecer objetivos democráticamente; 2) abordar la complejidad y la escala; 3) diseñar híbridos

eco-tecno; 4) permeabilizar de manera resiliente, y 5) considerar los sistemas en evolución.

De esta forma, con base en los sistemas complejos, los STES se visibilizan como el marco que engloba la HaB, PSH y las ecotecnias: la vivienda, los servicios básicos, la tecnología y el impacto con su entorno, tanto social como ecológico. Pueden entenderse como un modelo alternativo y coherente que reformula la manera de integrar las principales teorías de esta investigación mediante la transdisciplina.

MARCOS DE EVALUACIÓN

Los marcos metodológicos son ciclos de producción del conocimiento que, en la investigación transdisciplinaria, son contextos dependientes y deberían estar en constante evolución. A través de una rutina organizacional y una secuencia de etapas y pasos, se aborda un problema del mundo real socialmente definido con altos niveles de colaboración entre sectores en la generación y uso del conocimiento. El Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo usando Indicadores de Sustentabilidad, marco MESMIS, con estas características, evalúa los sistemas de manejo de recursos naturales en el contexto rural de países en desarrollo y permite compararlos en términos de su sostenibilidad a través de una estructura flexible para adaptarse a diferentes niveles de información y de un proceso de evaluación participativo que enfatiza la retroalimentación continua (Astier *et al.*, 2008; Masera *et al.*, 1999).

El MESMIS, que es el marco metodológico referencial para este artículo, aborda un proceso de evaluación de la sostenibilidad cíclico, con un enfoque participativo, sistémico y multiescalar, validado mediante estudios de caso a nivel mundial y que tiene como meta aportar elementos concluyentes para mejorar los sistemas de manejo (Astier *et al.*, 2008). Pone énfasis en los pequeños agricultores y en su contexto local (Masera *et al.*, 1999).

El MESMIS ayuda a evaluar la sostenibilidad; brinda una reflexión crítica con un proceso de análisis y retroalimentación; busca entender de manera integral las limitantes y posibilidades de los sistemas de manejo; evalúa la sostenibilidad

comparativa, ya sea de dos sistemas o de un sistema a lo largo del tiempo; presenta una estructura flexible para adaptarse a distintos niveles de información y capacidades técnicas locales, con un proceso de evaluación participativa y constituye una herramienta en desarrollo, como un modelo para organizar la discusión sobre la sostenibilidad y la forma de hacer operativo el concepto (*ídem*).

Alineadas a MESMIS, hay otras metodologías de evaluación y diagnóstico que abonan al desarrollo del Marco VIVE (tabla 1). NAUTIA (Salas *et al.*, 2019) o la metodología desarrollada por Martínez (2018), identifican necesidades prioritarias en campos de refugiados y sus comunidades de acogida en cuanto a servicios básicos y la mejora del hogar. Los IBES (Navarro, 2017) y USRI (Delgado, 2019) contribuyen a la regeneración de barrios y ciudades desde la sostenibilidad, aportando la selección de soluciones en la propia metodología. La *Matriz para la evaluación de la HaB en proyectos de cooperación* (Gesto y Perea, 2012) y la *Matriz de indicadores para la ciudad informal* (Perea, 2015) evalúan centradas en la habitabilidad básica, aportando la definición inicial de indicadores. La metodología CES (EnDev-GIZ, 2017) se enfoca específicamente en la energía para cocinar, ayudando a entender la complejidad de interrelacionar tecnologías, prácticas y espacios a través del enfoque de sistemas.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para definir el *Marco Metodológico para transitar hacia una Vivienda Ecotecnológica Básica* (Marco VIVE) se eligió un caso de estudio en el que aplicar, validar y retroalimentar de manera teórica y práctica los pasos del Marco. Éste es la comunidad indígena de Cherán Atzicurin (Michoacán, México), con carencias y necesidades en sus viviendas y servicios básicos.

Se realizó en el caso de estudio un proceso de investigación-acción participativa con carácter exploratorio, para poder entender el contexto y la situación, y visitas periódicas a la comunidad y sus viviendas. Se llevaron a cabo diversas cam-

TABLA 1

Marcos de evaluación de la sostenibilidad y metodología de mejoras de vivienda revisadas

Metodología	Objetivo	Casos de estudio
NAUTIA: Need Assessment Under Technological Interdisciplinary Approach (A. Salas <i>et al.</i> , 2019)	Identificar necesidades prioritarias en campos de refugiados y sus comunidades de acogida, conocer de forma paralela la situación de ambos.	Shimelba (Shire, norte de Etiopía)
Iniciativa Barrios Emergentes y Sostenibles (IBES). Herramientas aplicadas para la regeneración de áreas vulnerables (Navarro, 2017)	Contribuir a la regeneración de barrios degradados y vulnerables para la consecución de barrios planificados y sostenibles mediante una propuesta de metodología participativa.	Cancino Adentro, Santo Domingo Este
Matriz de evaluación de la habitabilidad básica en proyectos de cooperación al desarrollo (Gesto y Perea, 2012)	Evaluar proyectos de cooperación en habitabilidad básica en terreno.	Sí. Ampliado, con Perea (2015) y Navarro (2017)
Hacia un análisis cualitativo de la ciudad informal (Perea, 2015)	Comprender material y cuantitativamente la ciudad informal, con un sistema apoyado de indicadores para jerarquizar los principales déficits de la ciudad informal, en materia de habitabilidad básica (HaB).	En la ciudad de Makeni, Sierra Leona
Campo de refugiados: de la vivienda al hogar. Metodología transversal UPM: la vivienda (Martínez, 2018)	Detectar problemas de alojamiento en campos de refugiados para proponer soluciones concretas de mejora que transformen la vivienda en un espacio digno para vivir.	Piloto llevado a cabo en campo de refugiados de Shimelba
Pirámide de la sustentabilidad y la resiliencia urbana o caja de herramientas USRI (Delgado, 2019)	Permitir la aproximación, diagnóstico y caracterización integral en asentamientos urbanos, ofreciendo herramientas y conocimiento para la toma de decisiones y la gobernanza urbana dentro de la transición-transformación de ciudades hacia unas más sustentables y resilientes.	Piloto en San Diego (California) y Tijuana (Baja California)
EnDev's proxy-indicator approach for assessing the quality of a Cooking Energy System (EnDev-GIZ, 2017)	Evaluar la calidad de los sistemas energéticos de cocinado, evaluando de forma integral el sistema completo de la cocina.	Sí, en África y Asia, y un piloto en México
Marco para la evaluación de sistemas de manejo incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS) (Astier <i>et al.</i> , 2008; Masera <i>et al.</i> , 1999)	Evaluar sistemas de manejo de recursos naturales, haciendo operativo el concepto de sostenibilidad en sistemas complejos y proveer una estructura teórica flexible para casos particulares.	Sí, más de 40 estudios de caso a nivel Latinoamérica y Europa

Fuente: elaboración propia.

pañes de trabajo con autoridades, líderes y lideresas de la comunidad, profesionistas, familias y colaboradores del proyecto para la realización, entre otros, de talleres, recorridos y entrevistas. Esto para abordar el acercamiento y profundización al contexto, la identificación de necesidades, caracterización comunitaria y habitacional a través de procesos participativos, estableciéndose una relación más cercana y puntos de contacto

permanente en la comunidad. Estas actividades permitieron identificar situaciones y aspectos clave que fueron dando forma al Marco VIVE a través de adaptaciones.

En cada uno de los pasos del marco se fue definiendo una serie de instrumentos de investigación, cuantitativos y cualitativos, para implementar en cada visita, lo que dio lugar a las herramientas que se establecen para que se utilicen

en cada uno de los casos de estudio. Se incorporó inicialmente la perspectiva de género en ellas, integrando las recomendaciones del análisis basado en género (Government of Canada, 2020).

Se fueron adaptando las herramientas conforme se profundizaba en la realidad de la situación, quedando establecidas una primera versión de ellas como herramientas de apoyo para la aplicación del Marco, explicadas a continuación. Se llevó a cabo el procesamiento y análisis de datos, así como la definición de cada paso a través de un proceso iterativo que finaliza en la propuesta del Marco que se presenta en este artículo y que está abierto a modificaciones conforme se siga avanzando en su proceso de desarrollo e implementación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN: EL MARCO METODOLÓGICO PARA TRANSITAR HACIA UNA VIVIENDA ECOTECNOLÓGICA BÁSICA (MARCO VIVE)

PREMISAS GENERALES Y ESTRUCTURA DEL MARCO VIVE

El Marco Metodológico para transitar hacia una Vivienda Ecotecnológica Básica (Marco VIVE) parte de una visión sistémica sobre la ecotecnología, la habitabilidad básica y la producción social del hábitat. Busca que se alcancen unos mínimos necesarios para el desarrollo de las capacidades de las personas usuarias y se transite hacia la sostenibilidad de manera transdisciplinaria.

En consonancia con el Marco MESMIS (López-Ridaura *et al.*, 2002), el Marco VIVE considera que:

1. La sostenibilidad se define mediante siete atributos generales de los sistemas dinámicos: productividad, estabilidad, confiabilidad, resiliencia, adaptabilidad, equidad y autogestión.
2. Las evaluaciones de la sostenibilidad y de las necesidades son válidas para: a) una vivienda específica en una ubicación geográfica dada; b) una escala espacial previamente circunscrita (vivienda, espacio peridomiciliario, comu-

nidad); c) un periodo de tiempo previamente determinado.

3. La evaluación de la sostenibilidad es un proceso participativo que requiere un equipo de evaluación con una perspectiva transdisciplinaria. El equipo evaluador idealmente debería estar compuesto por evaluadores externos e internos (usuarios, técnicos, representantes de la comunidad y otros involucrados).
4. La sostenibilidad debe medirse a través de la comparación longitudinal de un sistema, analizando su evaluación a lo largo del tiempo, pero también podría medirse de manera transversal, comparando dos sistemas, uno alternativo y uno de referencia.
5. La vivienda se analiza mediante seis líneas estratégicas fuertemente integradas: 1) abastecimiento de agua; 2) saneamiento; 3) energía; 4) residuos; 5) alimentación, y 6) cobijo, entendiendo en esta última las cuestiones relacionadas con la arquitectura, materiales, espacialidad de la vivienda y criterios de confort y habitabilidad, entre otros.

DEFINICIÓN DE ATRIBUTOS Y CRITERIOS DE DIAGNÓSTICO

Los atributos o propiedades sistémicas centrales de la vivienda se identifican para mantener la coherencia teórica tanto de la evaluación de la sostenibilidad como de la derivación de indicadores, de forma que produzcan ideas que trasciendan las disciplinas o escalas (Astier *et al.*, 2008). Los atributos de aplicación en todos los sistemas son siete:

- La *productividad*: es la capacidad de proporcionar los bienes y servicios económicos, sociales o ambientales esperados para satisfacer los objetivos de los diferentes actores relacionados con y en la vivienda. Se asocia a la asequibilidad de los servicios básicos y de la intervención que se realice, así como al retorno, tanto por excedente de recursos como por ahorro en cuanto a los servicios básicos.
- La *estabilidad*: es la capacidad de proporcionarlos sin degradar los recursos base naturales, económicos o sociales de los cuales dependen para realizar dichos objetivos.

- La *confiabilidad*: es la capacidad de mantenerse estable ante cambios de los subsistemas o los sistemas sociales, económicos o ambientales con los que interactúa, ya sean variaciones normales en su ambiente.
- La *resiliencia*: es la capacidad de mantenerse ante variaciones extremas (*shock* o estrés).

Estabilidad, confiabilidad y resiliencia se agrupan en cuanto a disponibilidad, calidad y salubridad, seguridad, habitabilidad, funcionalidad y uso, así como capacidad de adaptación de los servicios básicos y la vivienda.

- La *adaptabilidad*: es la capacidad de mantenerse ante perturbaciones que afecten de manera permanente. Se asocia a la adaptación cultural, la flexibilidad e innovación, al orden, apariencia y bienestar y a la contextualización de la vivienda y sus servicios básicos.
- La *equidad*: es considerada un aspecto de la estabilidad social de las viviendas. En este caso engloba las situaciones y limitaciones en el acceso y uso de la vivienda y sus servicios, así como la accesibilidad a ellos.
- La *autogestión*: es considerada como un mecanismo para responder ante perturbaciones en el ambiente donde la vivienda se desarrolla. En ella se engloban el mantenimiento local, la autosuficiencia, la organización y la participación.

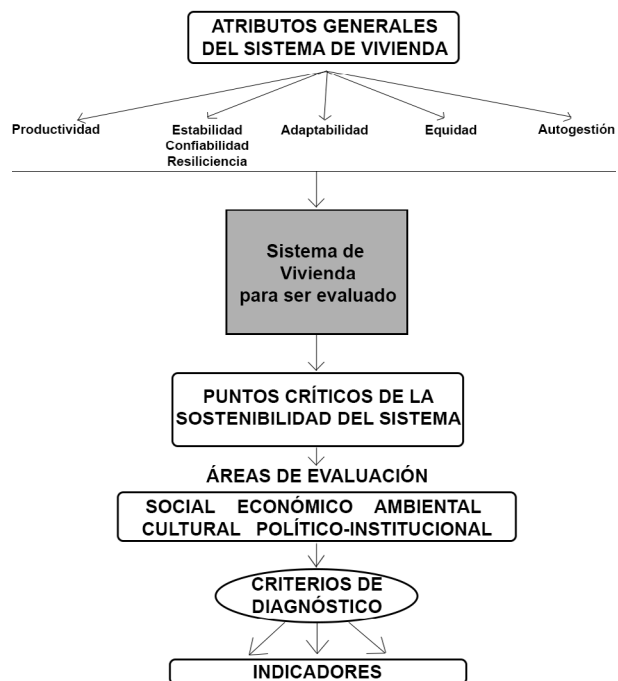
El conjunto de atributos proporciona el marco general para guiar la derivación de indicadores durante el proceso de evaluación.

La estructura lógica del proceso de evaluación se ilustra en la figura 1. Primero se elige la vivienda a evaluar, indicando el sistema que compone, las dimensiones espacial y temporal, escalas y contextos. Hay una serie de características críticas que ayudan a aterrizar inicialmente los atributos generales de la sostenibilidad, que pueden ser de naturaleza ambiental, social, económica, político-institucional o cultural (áreas de evaluación). Para cada área se definen criterios e indicadores de diagnóstico que se pueden rastrear hasta los distintos atributos de la sostenibili-

dad (tabla 2). Este procedimiento asegura una relación consistente entre los indicadores de sostenibilidad y los atributos generales de las viviendas (*ídem*).

FIGURA 1

Marco VIVE: vinculando atributos con criterios de indicadores



Fuente: adaptación de López-Ridaura *et al.*, 2002.

ESTRUCTURA OPERATIVA DEL MARCO VIVE

El Marco VIVE comprende un ciclo que consta de cuatro fases y 10 pasos (figura 2) que ordenan el diagnóstico, evaluación, diseño e implementación de innovaciones ecotecnológicas, con un monitoreo y un proceso iterativo que permitirá el seguimiento a la evolución de las viviendas. El Marco se plantea para que pueda ser adaptable y flexible a diferentes niveles de disponibilidad de datos y recursos técnicos y financieros locales. A continuación se describen los diferentes pasos, considerando lo más importante de cada uno de ellos.

FASE 1. DIAGNÓSTICO

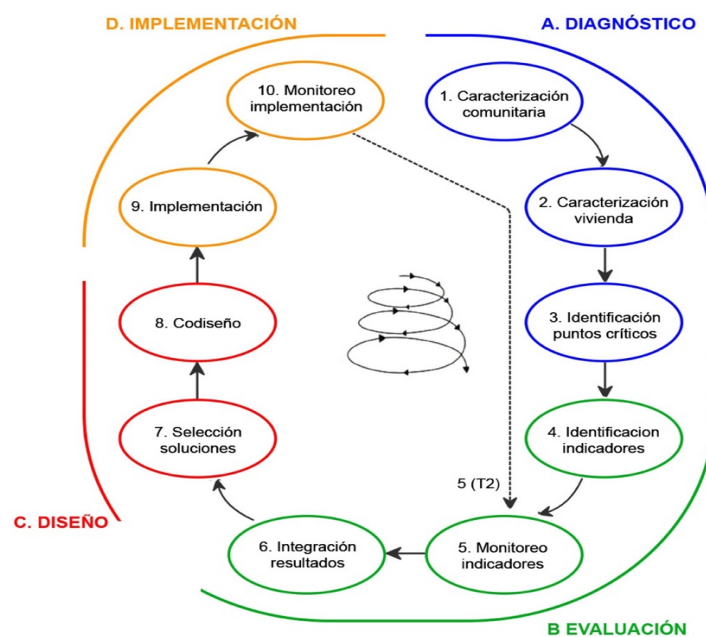
Los pasos correspondientes a la fase de diagnóstico son tres: 1) la caracterización comunitaria; 2)

TABLA 2
Atributos y criterios de diagnóstico

Atributo	Criterio de diagnóstico	Atributo	Criterio de diagnóstico
Productividad	Asequibilidad	Adaptabilidad	Adaptación cultural
	Ahorro		Flexibilidad e innovación
Estabilidad Confiabilidad Resiliencia	Disponibilidad		Orden y apariencia/bienestar personal
	Calidad/salubridad		Contextualización
	Seguridad	Equidad	Situación (limitaciones) en el acceso y uso
	Habitabilidad		Accesibilidad
	Funcionalidad/uso		Accesibilidad arquitectónica
	Capacidad de adaptación	Autogestión	Mantenimiento local
			Autosuficiencia
			Organización
			Participación

Fuente: elaboración propia.

FIGURA 2
Marco VIVE



Fuente: elaboración propia.

la caracterización del sistema; 3) la identificación de puntos críticos positivos y negativos.

Paso 1. Caracterización comunitaria. Se realiza a partir de cuatro actividades principales que se concatenan. La primera es el uso de datos públicos existentes de acceso libre. Para ello se desarrolló una herramienta que permite recopilar información procedente de censos, encuestas,

etc. En ella se recoge información en cuanto a las cinco áreas de la sostenibilidad y las seis líneas estratégicas de estudio de la vivienda a nivel nacional, estatal, municipal y local, según cada dato. Esto permite tener un conocimiento inicial sobre la comunidad donde se trabajará.

La segunda actividad consiste en definir una caracterización bioclimática realizada con el

software Bioclimatic Analysis Tool (Rincón y Fuentes, 2014). Esta caracterización, utilizando como base las Normales Climatológicas del servicio Meteorológico Nacional de Conagua (2022), permite obtener las recomendaciones sobre las estrategias de diseño adaptadas a la zona de estudio para obtener un confort higrotérmico al interior de las viviendas. Esto alineado al tipo de clima, temperaturas, los rangos de confort higrotérmicos, requerimientos bioclimáticos anuales, temperaturas horarias, humedad relativa, vientos predominantes, alturas solares anuales, diagramas y estrategias bioclimáticas, entre otros. En este paso se incluye un análisis de los condicionantes del terreno, como son la ubicación, dimensiones del predio, orientaciones y tipos de suelo.

La tercera actividad consiste en realizar talleres participativos y recorridos comunitarios. Para ello se ha diseñado una herramienta para recopilar y estructurar la información que se obtenga a través de los encuentros con actores clave de la comunidad. Al realizar esta etapa se pueden identificar diferencias con los datos públicos.

Por último, la cuarta actividad consiste en la definición de los criterios de selección de las familias y viviendas que estarán participando en el proyecto. Al final de la caracterización comunitaria se definen los criterios de selección por parte del equipo de trabajo y en consenso con las autoridades comunitarias, tratándose de seleccionar aquellas viviendas alineadas a las principales problemáticas de la comunidad y que tengan los requisitos establecidos de manera conjunta.

Paso 2. Caracterización del sistema vivienda. En este paso se identifica el sistema de vivienda y se establece el alcance espacial y temporal de su evaluación. Se definen sus límites, tipología, subsistemas y flujos. Se debe incluir información en cuanto a sus límites físicos, componentes (espaciales y tecnológicos), qué entra y sale del sistema (agua, energía, residuos...), las actividades que se realizan, prácticas y costumbres y su tipología (véase Astier *et al.*, 2008, capítulo 4).

Finalmente, caracterizar su contexto, incluyendo una descripción de los principales factores.

Para realizar esta tarea se estableció una herramienta de apoyo a la recopilación de toda la información sobre cada sistema. Engloba las características tecno-arquitectónicas, socioeconómicas, culturales e históricas, políticas e institucionales y ambientales. En el caso de estudios longitudinales, estas actividades se deberán realizar antes y después de la implementación de las innovaciones ecotecnológicas.

Paso 3. Identificación de puntos críticos. Después de caracterizar las viviendas, es importante analizar los aspectos o los procesos que limitan o fortalecen la capacidad de los sistemas para sostenerse en el tiempo. Al identificar las fortalezas y las debilidades se parte, conceptualmente, de los criterios de diagnóstico para entender cuáles son los factores que, ya sea de forma individual o combinada, puedan tener un efecto positivo o negativo en las líneas estratégicas de estudio de la vivienda, por ejemplo, la habitabilidad, la seguridad estructural o el acceso a los servicios básicos. Algunas preguntas clave para ello pueden ser: ¿qué aspectos del sistema vivienda es más vulnerable? ¿Cuáles son las características más robustas de la vivienda?

La identificación de las fortalezas y las debilidades del sistema es una tarea indispensable para centrar, reducir y dar dimensiones manejables al problema bajo análisis. Los factores que teóricamente podrían incidir sobre la sostenibilidad de un sistema de vivienda son tantos que, si no se hace este esfuerzo de síntesis, difícilmente se obtendrán resultados verdaderamente útiles de la evaluación. En este caso debe de establecerse un consenso entre el equipo evaluador, integrando las prioridades de la familia y las visiones de los distintos actores.

Una vez identificadas las características críticas de la vivienda, deben vincularse a los distintos atributos de sostenibilidad, para asegurar que todos los atributos se hayan abordado en la evaluación. Los puntos críticos pueden estar relacionados con un solo atributo o con un conjunto de ellos. Por ejemplo, la envolvente en mal esta-

do, que puede estar provocando que se pase frío al interior, tendría incidencia en la confiabilidad, estabilidad y resiliencia, en cuanto a la habitabilidad, pero también en la asequibilidad, en cuanto al gasto energético para mantener la temperatura de un espacio.

Ejemplo de la fase de diagnóstico. Se obtuvieron una serie de datos iniciales de Cherán Atzicurin con la caracterización comunitaria a través de datos públicos. La comunidad está en la Meseta Purépecha de Michoacán, en zona templada. Tiene 2,942 habitantes y 1,066 viviendas (INEGI, 2020). Presenta varias necesidades, como que el 84% de las viviendas no cuentan con drenaje, que el 30% de las viviendas cuentan con suelo o piso de tierra. También se observaron datos como que el 85% de la población de la región usa gas LP. Esto se pudo contrastar con la caracterización comunitaria de manera participativa, ya que se identifica que la mayoría de la población de la localidad usa leña para cocinar. Esto evidencia la necesidad de contar con datos reales y aterrizados para cada contexto.

Cherán Atzicurin presenta problemas relacionados con la falta de acceso a agua limpia; la falta de drenaje, evacuándose las aguas grises a la calle, y presencia de letrinas o pozos; problemas en cuanto a la contaminación dentro de las cocinas por el uso de dispositivos ineficientes; basura, que se acumula en las barrancas de la comunidad; materiales inadecuados que provocan una falta de confort higrotérmico en los espacios; y hacinamiento.

En cuanto al análisis bioclimático, se sugiere para la comunidad una configuración compacta de las viviendas, el tamaño de las aberturas en

torno al 10-20% del área de las fachadas, sombreado y protección contra la lluvia en las aberturas y muros, pisos y cubiertas masivos, con retardo térmico arriba de ocho horas.

Los criterios de selección de las viviendas, definidos junto al Consejo Comunitario, incluyeron que: 1) al menos, hubiera una vivienda en cada cuadrante de la comunidad (espacialidad urbana); 2) que las viviendas tuvieran carencias respecto a las líneas estratégicas de estudio de la vivienda (necesidades habitacionales); 3) que la familia tenga dificultades económicas; 4) que se consideren diversas tipologías de viviendas (por ejemplo, con patio trasero, con patio grande alrededor de la vivienda y viviendas tradicionales, llamadas trojes); 5) que se considere en la selección a colectivos vulnerables como adultos mayores, madres solteras y personas con discapacidad, y 6) que sean familias que estén dispuestas a participar activamente y con las que pueda haber un contacto directo durante todo el proceso de implementación del marco.

Tras la caracterización del sistema vivienda, se identifican tres tipologías distintas en la comunidad (figura 3): viviendas con patio repartido en el predio (tipología 1), viviendas con troje tradicional (tipología 2) y viviendas sin patio (tipología 3). En la figura 4 se muestra un ejemplo de diagrama para la caracterización de una vivienda de Cherán Atzicurin, incluyendo tecnologías, espacios y prácticas.

En la tabla 3 se muestra un ejemplo de los puntos críticos identificados para la línea de energía de una vivienda de Cherán Atzicurin, ordenados por prioridad de abordaje.

TABLA 3
Puntos críticos identificados para la línea estratégica de energía

	Puntos críticos positivos	Puntos críticos negativos
Energía	La familia tiene acceso a leña constantemente, que obtienen de su terreno.	(1) Existe contaminación dentro de la cocina, con presencia de hollín. (2) Usan un fogón. (3) Pasan frío y calor en la cocina.

Fuente: elaboración propia.

FASE 2. EVALUACIÓN

La fase de evaluación engloba los pasos: 4) selección de indicadores; 5) monitoreo de indicadores, y 6) integración de resultados.

Paso 4. Selección de los criterios de diagnóstico e indicadores estratégicos. Una vez determinado

En este caso se desarrolló un listado de referencia para adaptar a la situación y contexto de estudio de cada uno de los casos, ordenados por atributo y para cada una de las líneas estratégicas de estudio de la vivienda.

FIGURA 3

Tipologías arquitectónicas identificadas en Cherán Atzícuring



Fuente: elaboración propia.

el problema bajo estudio, con sus fortalezas y debilidades, se procede a identificar los diferentes indicadores que permitirán evaluar el grado de sostenibilidad del sistema. Los indicadores se seleccionarán y definirán conjuntamente por quienes participan en el proceso de evaluación. Para ello se parte definiendo, en primer lugar, los criterios de diagnóstico.

Una vez establecidos todos los posibles indicadores, se realiza una selección final para generar un conjunto de indicadores estratégicos que puedan medirse o estimarse. Debe ser un conjunto sólido, pero no necesariamente exhaustivo, es decir, deben incluirse aquellos que revelan características críticas de la vivienda bajo análisis (López-Ridaura *et al.*, 2002).

FIGURA 4

Croquis-representación de un sistema de vivienda de la comunidad de Cherán Atzicúrin



Fuente: elaboración propia.

Paso 5. Medición y monitoreo de los indicadores. Una vez obtenido el cuadro resumen con la lista final de indicadores es necesario discutir con detalle el procedimiento que se utilizará para su medición y monitoreo. Existe toda una gama de posibilidades para la medición de indicadores. Puesto que la sostenibilidad se refiere al comportamiento del sistema de vivienda en el tiempo,

conviene hacer hincapié en métodos de toma de información que incluyan el monitoreo de procesos durante cierto lapso, el análisis de series históricas o el modelaje de ciertas variables (ídem).

El monitoreo de los indicadores debe llevarse a cabo según la temporalidad definida para cada uno de ellos, las características del equipo de evaluación y los recursos técnicos, económicos y de

tiempo disponibles para ello. Derivado de MESMIS hay muchos ejemplos de herramientas, como revisión de literatura y bases de datos, medición directa, instalación de dispositivos de monitoreo, modelos de simulación, encuestas, entrevistas abiertas y semiestructuradas, técnicas grupales o talleres, entre otras.

Paso 6. Presentación e integración de resultados. En esta etapa del ciclo de evaluación se deben resumir e integrar los resultados obtenidos mediante el monitoreo de los indicadores. Es un momento clave en el ciclo de evaluación, pues se pasa de una fase de diferenciación, centrada en la recopilación de datos para cada indicador, a otra de síntesis de la información que allanará el camino para emitir un juicio de valor sobre las viviendas analizadas y refleje su comparación en cuanto a su sostenibilidad (ídem).

El principal reto metodológico es que se trabaja con indicadores que condensan información muy variada y difícilmente agregable. Para la integración de los indicadores se deben contemplar métodos multicriterio que permitan examinar de manera transparente la multidimensionalidad de los sistemas, así como detectar posibles sinergias o relaciones de competencia entre los distintos atributos sistémicos (por ejemplo, la relación entre el tipo de combustible utilizado, la contaminación intradomiciliaria o el confort térmico). Pueden usarse procedimientos cualitativos, cuantitativos, gráficos y mixtos y se sugiere la integración de los resultados a través de una gráfica tipo amiba que permite comparar gráfica-

mente las ventajas y limitaciones de los sistemas evaluados y mostrar en qué medida se ha cumplido el objetivo para cada indicador.

Ejemplo de la fase de evaluación. En la tabla 4 se incluye un ejemplo de indicador inicialmente definido para el criterio de diagnóstico “calidad”, en este caso definido para la línea de energía, donde se encontraban los problemas principales de una vivienda. El conjunto de indicadores derivados de la evaluación de la vivienda debe cubrir los siete atributos de la sostenibilidad, así como las dimensiones de evaluación social, ambiental, económica, política-institucional y cultural. En este ejemplo, la calidad del aire se mide en una escala de Likert, pensando en que no se requieran instrumentos especializados, pero podría adaptarse al uso de un medidor de calidad del aire, si se contase con la posibilidad de colocarlo.

Aunque en el caso de estudio todavía se está desarrollando la definición de indicadores (paso 4), se muestra un ejemplo de cómo presentar los resultados integrados (figura 5). En el primer ciclo del Marco se obtendría la medición en azul (pre-intervención) de una vivienda con necesidades en cuanto a confort, calidad del aire, disponibilidad del agua y cantidad de agua (accesibilidad), hacinamiento y autosuficiencia.

FASE 3. DISEÑO

Dentro del marco VIVE, se define la fase de diseño en dos pasos distintos: 7) selección de soluciones ecotecnológicas, y 8) codiseño.

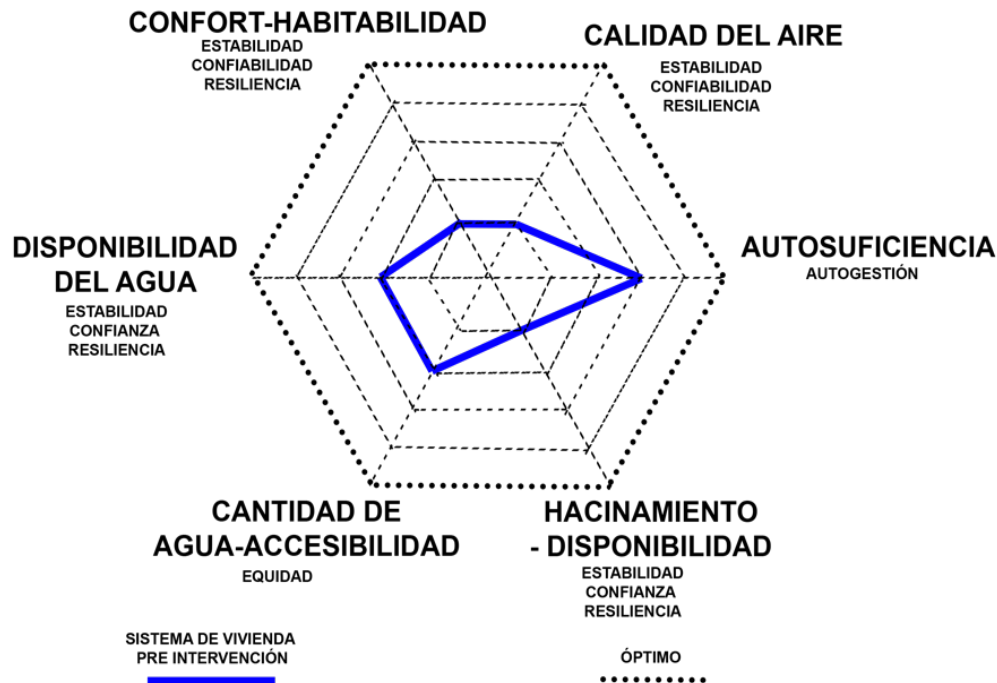
TABLA 4
Ejemplo de indicador para el criterio de diagnóstico “calidad”

Atributo	Criterio de diagnóstico	Medición	Datos necesarios	Descripción del indicador
Estabilidad Confiabilidad Resiliencia	Calidad	Ex ante Ex Post	1. Calidad del aire en la cocina (<i>ex ante</i>), medida en escala de Likert (1=pésima; 5=excelente). 2. Calidad del aire en la cocina (<i>ex post</i>).	Nivel de reducción de los contaminantes en la cocina después de la implementación de las innovaciones ecotecnológicas. Calidad=nivel de contaminación <i>ex post</i> – nivel de contaminación <i>ex ante</i>

Fuente: elaboración propia.

FIGURA 5

Ejemplo de gráfica de amiba de evaluación pre-intervención de las innovaciones ecotecnológicas



Fuente: adaptación de López-Ridaaura *et al.*, 2002.

Paso 7. Selección de soluciones ecotecnológicas. Para poder llevar a cabo el paso 7 se ha trabajado la herramienta Vivoteca (Olaya-García *et al.*, 2022). En ella se recopila información sobre ecotecnias que pueden implementarse para reducir las necesidades habitacionales, para tomar decisiones respecto a qué solución implementar. Por ejemplo, qué necesidad habitacional aborda cada solución, cuál es su costo aproximado, si es una solución individual o comunitaria, para qué tipo de clima, etc. Con la Vivoteca se podrá reducir el universo de soluciones y, a través de un proceso con el equipo evaluador donde se discutan y analicen las principales limitaciones y posibilidades de las viviendas para fortalecerlas, elegir las que

se consideren prioritarias para las necesidades identificadas. Aquí se incluye, además de las soluciones identificadas en la Vivoteca, la realización de modificaciones a las viviendas, diseño de nuevos espacios o cualquier estrategia que se considere pertinente.

La Vivoteca tiene asociada, además de la base de datos, unas fichas informativas de cada una de las soluciones recopiladas (figura 6). En este caso, se vuelve una herramienta de divulgación y difusión de las tecnologías y sirve para llevarlas a las familias que están participando en el proyecto para que las conozcan, a modo de introducción. Las fichas de la Vivoteca se estuvieron trabajando a lo largo de un proceso de adaptación, para que pudieran ser entendidas desde la comunidad.

Ejemplo de una ficha informativa de la Vivoteca



Este paso puede apoyarse en metodologías de diseño participativo como la de Livingston (2006) y debe finalizar con una propuesta de diseño, por etapas, de cada una de las innovaciones ecotecnológicas ya definidas por todo el equipo evaluador, incluyendo a las familias usuarias de manera prioritaria. Cada etapa de implementación puede incluir una o varias innovaciones y deben establecerse las acciones prioritarias a realizarse. Idealmente, cada etapa podría desencadenar un nuevo ciclo de medición del Marco VIVE.

Por ejemplo, para una vivienda de la comunidad donde se identificase como problema principal la contaminación dentro de las cocinas por el uso de dispositivos ineficientes, la falta de confort térmico al interior de los espacios y el hacinamiento, se introducirían estas necesidades en la Vivoteca. También se especificaría que se encuentra en zona templada, se cuenta con un presupuesto de \$4,000 pesos y son una familia de cinco miembros, y la Vivoteca arrojaría varias soluciones posibles para implementar. Por un lado, se tendría la posibilidad de implementar una estufa mejorada tipo Patsari, otra estufa tipo Tuya o una cocina de gas, así como distintas soluciones de bioconstrucción para aplicar en la envolvente y mejorar el confort térmico.

192 VIVIENDA Y COMUNIDADES SUSTENTABLES / Año 7, núm. 13, enero-abril de 2023 / pp. 177-198 / ISSN 2594-0198

en la cocina situada en el oeste del predio, donde existe el problema de contaminación intradomiciliaria. Específicamente en la pared que da al norte, por sugerencia de los implementadores, para mejor evacuación del humo de la chimenea; y con azulejos amarillos en la parte exterior, por decisión de la familia.

Podría decidirse que, debido al presupuesto disponible, para abordar todas las necesidades identificadas en una primera etapa se instalará una estufa Patsari, en una segunda etapa se construirá un cuarto para evitar el hacinamiento en la vivienda, y en una tercera etapa se mejorará la envolvente de la vivienda aplicando una técnica de bioconstrucción con tierra y paja.

FASE 4. IMPLEMENTACIÓN

La última fase engloba los pasos 9) implementación de las innovaciones ecotecnológicas, y 10) monitoreo de la implementación.

Paso 9. Implementación de innovaciones ecotecnológicas. En este paso se construyen, implementan o instalan las innovaciones ecotecnológicas tal y como se concluyó en el paso de codiseño con las familias y las personas implementadoras. Según la disponibilidad de recursos económicos, técnicos o de otro ámbito, se llevarán a cabo una o todas las innovaciones planteadas para cada etapa de la construcción. Para fomentar la eficiencia se recomienda implementar varias soluciones ecotecnológicas en el mismo proceso; por ejemplo, si se va a levantar el piso de la cocina para incluir el abastecimiento de agua desde un tinaco, que en el mismo momento se incluya la instalación de drenaje o una instalación eléctrica, de manera que no haya que volver a levantar el piso en una ocasión posterior.

Paso 10. Monitoreo de las innovaciones ecotecnológicas. Esta fase se considera decisiva para la correcta adopción de las innovaciones ecotecnológicas y buen funcionamiento de la vivienda.

En este paso, las personas participantes en el equipo evaluador con conocimientos técnicos realizarán un seguimiento a las innovaciones ecotecnológicas instaladas. Este paso debe contemplar el desarrollo de talleres para capacitar a

las personas usuarias en el uso y mantenimiento de las instalaciones, así como monitorear a lo largo del tiempo el correcto funcionamiento. El uso de la metodología Memotec (Berrueta y Vázquez, 2021) ayudaría a establecer los pasos necesarios para monitorear un sistema dinámico y mejorar la intervención en miras a la corrección de la tecnología misma, su operación y mantenimiento, así como para corregir y reforzar el proceso de aprendizaje en el uso. Esto, contemplando en el monitoreo la articulación entre tecnología, uso, beneficio y adopción.

SEGUNDO CICLO DEL MARCO: FASE 2. EVALUACIÓN

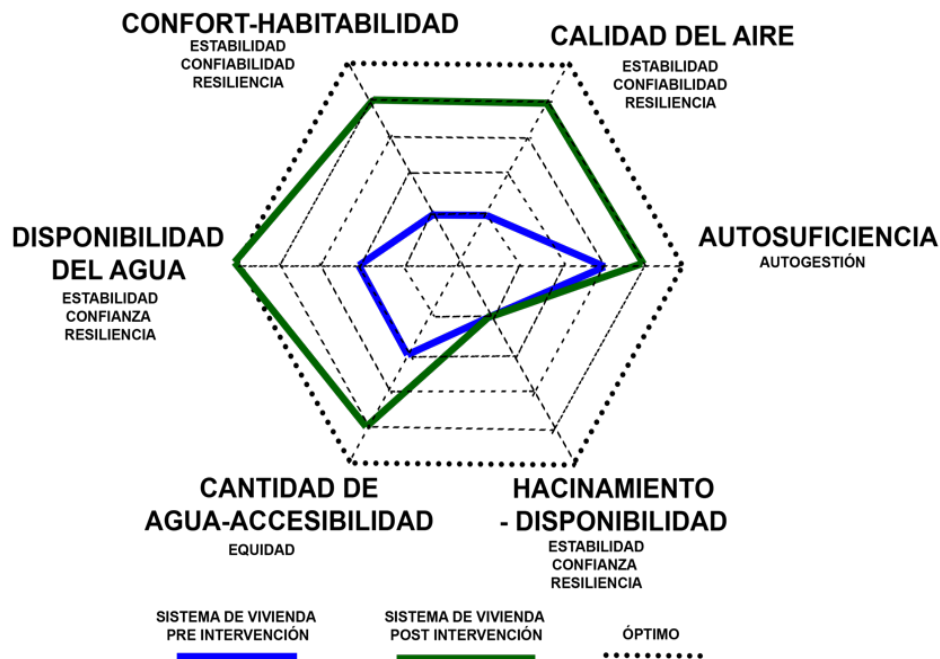
A la par que se monitorea la implementación, se puede comenzar de nuevo el ciclo del Marco VIVE, ahora en el tiempo 2, para ir monitoreando los indicadores, integrando los resultados y ver cómo ha mejorado cada sistema de vivienda tras la implementación de las innovaciones ecotecnológicas.

Una vez realizado todo el Marco e implementado las ecotecnias, se volvería a evaluar y se obtendría la medición en verde (post-intervención) (figura 7).

Por ejemplo, si se hubiera instalado una estufa de leña, mejoraría la calidad del aire y el confort al interior de la cocina. Si tras identificar como necesidades la disponibilidad (temporalidad) del acceso al servicio del agua, así como la cantidad, y se hubiera implementado un sistema de captación de agua de lluvia, mejorarían ambos criterios y, con las innovaciones implementadas, mejoraría la autosuficiencia. Sin embargo, si en esa etapa todavía no se hubiera implementado una recámara extra para reducir el hacinamiento, ese criterio no se modificaría hasta una medición del ciclo posterior, después de construir la nueva recámara.

FIGURA 7

Ejemplo de gráfica de amiba de evaluación pre y post-intervención de las innovaciones ecotecnológicas



Fuente: adaptación de López-Ridaura *et al.*, 2002.

CONCLUSIONES

Abordar las necesidades habitacionales a través del desarrollo de marcos de evaluación de la sostenibilidad permite identificar las prioridades para la mejora de las viviendas y hacer explícita la situación contextual de cada una. A través del desarrollo de indicadores se pueden identificar la evolución de las viviendas y valorar las implementaciones realizadas. El Marco VIVE propone hacerlo a través de una estructura lógica que ordena cada uno de los pasos para llevarlos a la práctica y hacer operativo el concepto de sostenibilidad.

Este marco permite abordar la complejidad del hábitat a través de herramientas participativas y trabajo transdisciplinario. Por medio de un marco flexible se puede integrar la visión y las prioridades de distintos actores clave, de manera que todos los saberes y opiniones puedan ser reconocidos y discutidos, buscando, como fin último, la mejora de la calidad de vida de las familias usuarias.

Hay una serie de desafíos identificados en los que se debe seguir profundizando, para los que se necesita más investigación. En primer lugar, en definir y aterrizar herramientas sencillas que puedan hacer operativa la transdisciplina y la inclusión de los saberes. Aunque el marco se desarrolló inicialmente incluyendo la perspectiva de género y la problemática relacionada con las mujeres, existen nuevas herramientas metodológicas que pueden abordar este tema de una manera más robusta. Aquí se reconoce la necesidad de incluir el enfoque de género de manera más integral, la interseccionalidad, la pluriculturalidad y la intergeneracionalidad para que el marco integre y represente distintas realidades.

También en avanzar en el desarrollo de los productos y herramientas para implementar el Marco VIVE de manera guiada y entendible. Para ello se buscarán esquemas de aplicación que puedan usarse en distintos contextos y desde diferentes tipos de actores.

Es necesario profundizar en los atributos de la sostenibilidad de los sistemas de vivienda y su interrelación con los criterios de diagnóstico

y los indicadores, también de una manera transdisciplinaria. Esto con el objetivo de avanzar en el enfoque sistémico de la vivienda, para evitar los sesgos que el equipo de investigación pudiera haber establecido en la primera versión del Marco y para que pueda representarse una definición socialmente definida de la sostenibilidad en la vivienda, avanzando así hacia la transdisciplina.

Por último, se debe trabajar en la articulación de distintas escalas de evaluación. Actualmente el Marco se enfoca en un sistema de vivienda, pero debe adaptarse para poder tener una visión más comunitaria y para escalar, de manera que pueda registrarse el impacto de su implementación, ya sea a nivel regional, nacional o global. Para ello, el equipo de investigación está desarrollando un modelo geoespacial que permitirá espacializar tanto las necesidades habitacionales como los impactos de las implementaciones, y permitir su réplica y escalamiento con miras hacia un modelo de implementación adaptable a política nacional.

Actualmente el equipo de trabajo sigue adaptando el Marco VIVE para llevarlo a cabo en 30 viviendas de tres regiones climáticas de México, lo que permitirá seguir adaptándolo y validándolo en distintos contextos.

AGRADECIMIENTOS

La primera autora agradece al Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, Universidad Nacional Autónoma de México. Los autores agradecen a la comunidad de Cherán Atzicuri por el apoyo recibido durante el desarrollo de la investigación.

Ésta se desarrolló gracias al proyecto 315662 *Vivienda Ecotecnológica Básica: Soluciones transdisciplinarias para transitar de viviendas precarias a viviendas más sostenibles*, aprobado en la Convocatoria 2020 para la Elaboración de Propuestas de Proyectos de Investigación e Incidencia para una Vivienda Adecuada y Acceso Justo al Hábitat, de Conacyt. También al proyecto IG101121 *Innovación Ecotecnológica y ODS en el contexto de adaptación al cambio climático*, del Programa de

Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la UNAM.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahlborg, H., Ruiz-Mercado, I., Molander, S., y Masera, O. (2019). Bringing Technology into Social-Ecological systems research. Motivations for a Socio-Technical-Ecological Systems approach. *Sustainability*, 11(7): 1-23. <https://doi.org/10.3390/SU11072009>
- Alatorre, G., Merçon, J., Rosell, J., Bueno, I., Ayala, B., y Lobato, A. (2017). *Para construir lo común entre los diferentes. Guía para la colaboración intersectorial hacia la sustentabilidad*.
- Álvarez-Castañón, L. del C., y Tagle-Zamora, D. (2019). Transferencia de ecotecnologías y su adopción social en localidades vulnerables: Una metodología para valorar su viabilidad. *CienciaUAT*, 13(2): 83-99. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-78582019000100083&script=sci_abstract
- Astier, M., Masera, O. R., y Galván-Miyoshi, Y. (2008). *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional*. SEAE/CIGA/Ecosur/CIECO/UNAM/GIRA/Mundiprensa/Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable. https://www.ciga.unam.mx/publicaciones/images/abook_file/9788461256419.pdf
- Banco Mundial. (2015). *Lo que debemos saber acerca de la energía y la pobreza*. <https://blogs.worldbank.org/es/voices/lo-que-debemos-saber-acerca-de-la-energ-y-la-pobreza>
- . (2018). *Los desechos: Un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos*. <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>
- Berrueta, V., y Vázquez, P. (2021). *Metodología para el monitoreo de ecotecnologías (Memotec)*.
- Bran, V. (2019). Lo bueno y lo malo de la autoconstrucción en México. *Reporte Índigo*. <https://www.reporteindigo.com/indigonomics/lo-bueno-y-lo-malo-de-la-autoconstruccion-en-mexico/>
- Cherunya, P. C., Ahlborg, H., y Truffer, B. (2020). Anchoring innovations in oscillating domestic spaces: Why sanitation service offerings fail in

- informal settlements. *Research Policy*, 49(1). <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.103841>
- Clasen, T., y Smith, K. R. (2019). Let the “A” in WASH Stand for Air: Integrating Research and Interventions to Improve Household Air Pollution (HAP) and Water, Sanitation and Hygiene (WaSH) in Low-Income Settings. *Environmental Health Perspectives*, 127(2). <https://doi.org/10.1289/ehp4752>
- Conagua. (2022). Normales climatológicas por estado. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado>
- Coneval. (2018). *Estudio diagnóstico del derecho a la vivienda digna y decorosa 2018*. https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/IEPSM/Documents/Derechos_Sociales/Estudio_Diag_Vivienda_2018.pdf
- Cortés, M. A. (2017). *Planeación y desarrollo de tecnología. Visiones sustentables de la vivienda y la transformación urbana*. ITESO. <https://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/5554/tecnolog%eda,+sustentabilidad,+vivienda,+desarrollo+urbano.pdf;jsessionid=e73dbfcfc7b397d031fd-173b038b2e6?sequence=4>
- Crocker, J., Saywell, D., Shields, K. F., Kolsky, P., y Bartram, J. (2017). The true costs of participatory sanitation: Evidence from community-led total sanitation studies in Ghana and Ethiopia. *Science of the Total Environment*, núm. 601-602, pp. 1075-1083. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.279>
- Delgado, G. C. (2019). *Asentamientos urbanos sustentables y resilientes: Retos y oportunidades para la transformación urbana en California y Baja California*. [http://computo.ceiich.unam.mx/webceiich/docs/libro/Asentamientos Urbanos.pdf](http://computo.ceiich.unam.mx/webceiich/docs/libro/Asentamientos_Urbanos.pdf)
- EnDev-GIZ. (2017). *EnDev's proxy-indicator approach for assessing the quality of a Cooking Energy System*.
- FAO. (2020). *Hambre e inseguridad alimentaria*. <https://www.fao.org/hunger/es/>
- Gavito, M. E., van der Wal, H., Aldasoro, E. M., Ayala-Orozco, B., Bullén, A. A., Cach-Pérez, M., Casas-Fernández, A., Fuentes, A., González-Esquivel, C., Jaramillo-López, P., Martínez, P., Masera-Cerutti, O., Pascual, F., Pérez-Salicrup, D. R., Robles, R., Ruiz-Mercado, I., y Villanueva, G. (2017). Ecología, tecnología e innovación para la sustentabilidad: Retos y perspectivas en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 8(1): 150-160. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.09.001>
- Gesto, B., y Perea, L. (2012). *Evaluando la habitabilidad básica. Una propuesta para proyectos de cooperación*. Catarata.
- Government of Canada. (2020). *Gender-Based Analysis (GBA). Guide for CFLI Applicants*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.10.128>
- Grabowski, Z. J., Matsler, A. M., Thiel, C., McPhillips, L., Hum, R., Bradshaw, A., Miller, T., y Redman, C. (2017). Infrastructures as Socio-Eco-Technical Systems: Five Considerations for Interdisciplinary Dialogue. *Journal of Infrastructure Systems*, 23(4). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)is.1943-555X.0000383](https://doi.org/10.1061/(asce)is.1943-555X.0000383)
- Habitat International Coalition (HIC). (2020). *The HICtionary: Key Habitat Terms*. <http://www.hlrn.org/img/documents/HICtionary.pdf>
- INEGI. (2020). *Cherán Atzicúrin. México en cifras*. <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=160650005>
- Kunz, I. C., y Espinosa, A. S. (2017). Elementos de éxito en la producción social de la vivienda en México. *Economía, Sociedad y Territorio*, XVII(55): 683-707. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22136/est2017875>
- Livingston, R. (2006). *Arquitectos de familia: El método: arquitectos de la comunidad*. <https://toaz.info/doc-view>
- López-Ridaaura, S., Masera, O. R., y Astier, M. (2002). Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. The MESMIS framework. *Ecological Indicators*, núm. 2, pp. 135-148. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1470-160X\(02\)00043-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1470-160X(02)00043-2)
- Martínez, L. (2018). *Campo de refugiados: De la vivienda al hogar. Metodología transversal UPM: La vivienda*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Masera, O. R., Astier, M., y López-Ridaaura, S. (1999). *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS*. Mundiprensa/GIRA/Instituto de Ecología. https://www.researchgate.net/publication/299870632_Sustentabilidad_y_manejo_de_recursos_naturales_El_Marco_de_evaluacion_Mesmis
- Navarro, L. (2017). *IBES/ Iniciativa de Barrios Emergentes y Sostenibles. Herramientas aplicadas para la regeneración de áreas vulnerables. Caso de estudio-aplicación en Cancino Adentro, Santo*

- Domingo Este. Universidad Politécnica de Madrid. <https://oa.upm.es/44737/>
- Olaya-García, B., de Lara, F., Yáñez, F., y Navia, S. (2022). Soluciones de tierra en la Vivoteca: Una plataforma de selección, divulgación y transferencia ecotecnológica. En A. Ferreiro, Z. Salcedo, y C. Nevez (Eds.), *Memorias del 20° SIACOT Revive la Tierra*.
- Olaya-García, B., Delgado, G. C., Olivieri, F., de Lara, F., y Masera, O. R. (s/f). *Vivienda ecotecnológica básica: Hacia un marco conceptual para la transición de viviendas precarias a viviendas sostenibles*.
- OMS. (2017). 2100 millones de personas carecen de agua potable en el hogar y más del doble no disponen de saneamiento seguro. <https://www.who.int/es/news-room/detail/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safe-sanitation>
- ONU Hábitat. (2018). *Vivienda y ODS en México*. https://publicacionesonuhabitat.org/onuhabitat-mexico/vivienda_y_ods.pdf
- . (2020). *Vivienda y covid-19*. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/vivienda-y-covid19>
- Ortiz, E. (2012). *Producción social de la vivienda y el hábitat. Bases conceptuales y correlación con los procesos habitacionales*. HIC-AL.
- Ortiz, J. A., Malagón, S. L., y Masera, O. R. (2015). Ecotecnología y sustentabilidad: Una aproximación para el Sur global. *Inter Disciplina*, 3(7): 193-215. <https://doi.org/10.22201/cei-ich.24485705e.2015.7.52391>
- Ortiz, J. A., Masera, O. R., y Fuentes, A. F. (2014). *La ecotecnología en México*. <https://www.biopasos.com/biblioteca/Ecotecnologia-mexico.pdf>
- Perea, L. (2015). *Hacia un análisis cuantitativo de la ciudad informal: Una aproximación desde la habitabilidad básica y la experiencia en Makeni (Sierra Leona)*. Universidad Politécnica de Madrid. <https://oa.upm.es/39873/>
- Redman, C. L., y Miller, T. R. (2015). The Technosphere and Earth Stewardship. En R. Rozzi, F. S. Chapin III, J. B. Callicot, S. T. A. Pickett, M. E. Power, J. J. Armesto, y R. H. May Jr. (Eds.), *Earth Stewardship*. Springer International Publishing.
- Rincón, J. C., y Fuentes, V. A. (2014). Bioclimatic Analysis Tool: An alternative to facilitate and streamline preliminary studies. *Energy Procedia*, núm. 57, pp. 1374-1382. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.10.128>
- Rittel, H. W. J., y Webber, M. M. (1973). Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences*, núm. 4, pp. 155-169. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF01405730>
- Romero, G., y Mesías, R. (2004). *La participación en el diseño urbano y arquitectónico en la producción social del hábitat*. Cyted/Habyted/Red XIV.F. http://cdam.unsis.edu.mx/files/desarrollo-urbano-y-ordenamiento-territorial/otras-disposiciones/participacion_diseño_urbano.pdf
- Salas, A., Eras-Almeida, A., Gesto, B., Egido, M. A., Sanz-Cobena, A., Muñoz-Hernández, S., Pereira, D., Rodríguez-Rivero, R., Canet, J., Guerrero, S., Mazorra, J., y Pastor, M. (2019). NAUTIA. VIII Congreso Universidad y Cooperación al Desarrollo. https://www.researchgate.net/publication/338237019_nautia_need_assessment_under_a_technological_interdisciplinary_approach_a_multisectoral_approach_for_development_of_refugees_and_host_communities
- Salas, J., y Gesto, B. (2011). Por una tecnología pertinente para dotar de habitabilidad básica a las comunidades rurales aisladas. En J. I. Pérez y A. Moreno (Eds.), *Tecnologías para el desarrollo humano de las comunidades rurales aisladas* (pp. 368-426). Real Academia de Ingeniería. <https://docplayer.es/42832682-Por-una-tecnologia-pertinente-para-dotar-de-habitabilidad-basica-a-las-comunidades-rurales-aisladas-1.html>
- Scholz, R. W., y Steiner, G. (2015). The real type and ideal type of transdisciplinary processes: Part I: Theoretical foundations. *Sustainability Science*, núm. 10, pp. 521-526. <https://doi.org/10.1007/S11625-015-0326-4>
- Stiglitz, J. E., Sen, A., y Fitoussi, J.-P. (2008). *Informe de la Comisión sobre la Medición del Desarrollo Económico y del Proceso Social*.
- Swilling, M. (2014). Rethinking the science-policy interface in South Africa: Experiments in knowledge co-production. *South Africa Journal of Science*, 110(5/6). <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/sajs.2014/20130265>
- Thomas, H., y Santos, G. (2015). *Tecnologías para incluir. Ocho análisis socio-técnicos orientados al diseño estratégico de artefactos y normativas*.
- Thomas, Hernán, y Juárez, P. (2020). *Tecnologías públicas. Estrategias políticas para el desarrollo inclusivo sustentable*. Universidad Nacional de Quilmes.

Zatarain, K. (2018). *Tres climas, tres proyectos: Vivienda de autoproducción asistida en México por CC Arquitectos*. <https://www.archdaily.mx/>

[mx/887864/tres-climas-tres-proyectos-vivienda-de-autoproduccion-asistida-en-mexico-por-cc-arquitectos](https://www.archdaily.mx/887864/tres-climas-tres-proyectos-vivienda-de-autoproduccion-asistida-en-mexico-por-cc-arquitectos)