

# Evaluación de la vivienda sustentable en México a través de una propuesta de modelo teórico con las variables de mayor impacto

## Evaluation of sustainable housing in Mexico through a theoretical model proposal with the variables of the greatest impact

Juan Barajas Hernández\*<sup>1</sup>, Juan Carlos Pérez García\*<sup>2</sup>,  
Emmanuel Olivera Pérez\*<sup>3</sup> y Ernesto Adrián Díaz Montagner\*\*<sup>4</sup>  
\*Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México  
\*\*Universidad de las Américas, Puebla, México

**Resumen.** El objetivo de esta investigación es proponer estrategias de gestión de alternativas para la construcción de vivienda sustentable, aplicables en el estado de Puebla, mediante la mitigación de efectos contaminantes y reducción de recursos de alto impacto. En el desarrollo del presente trabajo de investigación, se identificaron las variables que impactan en los requerimientos de la generación de vivienda sustentable, para modelar estas mismas variables que permiten impactar en la mitigación del deterioro ecológico. Se diseñó un modelo de gestión de alternativas de vivienda sustentable que toman en cuenta la mitigación de efectos contaminantes y al mismo tiempo propone estrategias de reducción de recursos de alto impacto, involucrando tres ejes de estudio: ambiental, social y económico, englobando seis variables: consumo eficiente del agua, gestión de residuos, análisis del ciclo de vida, servicios sociales, áreas comunes y cadena de suministro.

**Palabras Clave.** Sustentabilidad; edificación sustentable; vivienda verde; vivienda ecológica.

**Abstract.** The objective of this research is to propose alternative management strategies for the construction of sustainable housing, applicable in the state of Puebla, México by mitigating polluting effects and reducing high-impact resources. In the development of this research work, the variables that impact on the requirements of the generation of sustainable housing were identified, to model these same variables that allow an impact on the mitigation of ecological deterioration. A model for the management of sustainable housing alternatives was designed that takes into account the mitigation of polluting effects and at the same time proposes strategies for reducing high-impact resources, involving three axes of study: environmental, social and economic, encompassing six variables: efficient water consumption, waste management, life cycle analysis, social services, common areas and supply chain.

<sup>1</sup> e-mail: [juan.barajas@upaep.edu.mx](mailto:juan.barajas@upaep.edu.mx)

<sup>2</sup> e-mail: [juancarlos.perez@upaep.mx](mailto:juancarlos.perez@upaep.mx)

<sup>3</sup> e-mail: [emmanuel.olivera@upaep.mx](mailto:emmanuel.olivera@upaep.mx)

<sup>4</sup> e-mail: [ernestoa.diaz@udlap.mx](mailto:ernestoa.diaz@udlap.mx)

**Keywords.** Sustainability; green building; green housing; ecological housing.

**Como citar.** J. Barajas Hernández et al., "Evaluación de la vivienda sustentable en México a través de una propuesta de modelo teórico con las variables de mayor impacto", *Jou. Cie. Ing.*, vol. 14, no. 1, pp. 1-20, 2022. doi:10.46571/JCI.2022.1.1

**Recibido:** 11/10/2021    **Revisado:** 5/02/2022    **Aceptado:** 1/03/2022

## 1. Introducción

El impacto ambiental, social y económico que el cambio climático está causando a la vida en la Tierra, es alarmante y puede tener efectos irreversibles. Por ello, como primer paso para enfrentar el cambio climático, los países del mundo se han propuesto -por medio de convenciones y eventos globales- reducir y detener la producción excesiva de los gases de efecto invernadero (GEI) que provocan el calentamiento de la Tierra. En gran parte, este calentamiento es consecuencia del alto nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> que se producen, principalmente, como resultado del uso y combustión de energéticos como el carbón, el gas, el petróleo y la quema de leña. El uso desmedido de energía eléctrica y el uso de equipos de baja eficiencia en las múltiples actividades de la vida cotidiana contribuyen al calentamiento global [1].

A nivel mundial, la industria de la construcción, es responsable del consumo del 40% del total de la producción de energía, el 40% de la materia prima y 25% de madera; el uso del 16% de agua; la generación del 30 – 40% de residuos sólidos y 35 – 40% de emisiones de CO<sub>2</sub> [2].

El entorno construido, donde se pasa más del 90% de la vida, es en gran medida culpable de dicha contaminación. Los edificios consumen entre el 20% y el 50% de los recursos naturales, dependiendo del entorno en donde están situados, siendo la construcción un gran consumidor de recursos naturales como: madera, minerales, agua y combustibles [3].

### 1.1. Sustentabilidad en la industria de la construcción

La construcción de viviendas sustentables, implica que dichas viviendas sean eficientes en términos de consumo energético y agua, se mide el desperdicio de materiales durante su fabricación, los cuales pueden ser reciclados de manera efectiva para ser reutilizados en la elaboración de nuevas materias primas y así reducir la extracción de recursos no renovables [4]. Los beneficios de la edificación sustentable están bien documentados. El US Green Building Council (USGBC<sup>5</sup>), calcula que actualmente la edificación sustentable reduce, en promedio, 30% del consumo de energía, el 35% de las emisiones de carbono y del 30% al 50% del consumo de agua, además de generar ahorros del 50% al 90% en el costo de los desechos. Así mismo, la edificación sustentable contribuye al fomento de comunidades más sólidas y produce importantes beneficios para la salud humana y la productividad [5].

Sin embargo, en México aún no se ha desarrollado alguna metodología que evalúe el grado de sustentabilidad de vivienda, por lo que se ha visto la necesidad de implementar modelos extranjeros, diseñados por otros países y para otros contextos, no viables de aplicar debido a las diferencias de los sistemas constructivos [6]. Como menciona Baddi [7], de acuerdo a la publicación del World Resources Institute, del 23 de junio del año 2015, México se ubica en el lugar número once (Tabla 1), de entre los primeros trece países generadores de Gases Efecto Invernadero (GEI), y emite 1.67% del total de estos a la atmósfera, por lo que es uno de los principales responsables del cambio climático global.

En México, actualmente se llevan a cabo algunas estrategias ambientales para mitigar los efectos anteriores, entre las que podemos mencionar, en materia de normatividad:

<sup>5</sup> El US Green Building Council (USGBC) es una organización sin fines de lucro que apoya el desarrollo de comunidades prósperas, saludables y resistentes a través de la transformación del entorno construido, promoviendo la sostenibilidad en el diseño, construcción y funcionamiento de los edificios en EE.UU.

No	País	Huella ecológica	Capacidad regeneradora
1	Bangladesh	0.6	0.3
2	India	0.7	0.7
3	Pakistan	1.1	0.7
4	Indonesia	1.4	3
5	Perú	1.4	7.5
6	China	1.8	0.8
7	Egipto	1.8	0.7
8	Brasil	2.2	10.9
9	Tailandia	2.6	1.3
10	Turquía	2.8	1.4
11	<b>México</b>	3.1	1.6
12	Argentina	3.2	5.3
13	Malasia	3.5	3.7

Tabla 1: Huellas ecológicas de algunas naciones.

- Normas bioclimáticas del IMSS.
- Normas técnicas bioclimáticas de INFONAVIT.
- Normas Oficiales Mexicanas para Eficiencia Energética.
- Normas ambientales del gobierno del D.F.
- Código de edificación de vivienda de CONAVI.
- Normas eólica y fotovoltaica de SEMARNAT.

Sin embargo, estas normativas no se aplican de manera general en toda la República Mexicana, es por esta razón, que este documento pretende dar a conocer el estatus actual de la vivienda verde en México. Además de investigar cuáles son las variables que intervienen en la integración de proyectos ecosustentables, y verificar si estas variables son suficientes.

### 1.2. Certificaciones internacionales y nacionales

Se han establecido varios sistemas de calificación ecológica a nivel mundial para evaluar la sostenibilidad de los proyectos de construcción. Sus categorías y criterios han estado bajo actualizaciones constantes para seguir la tendencia sustentable del desarrollo de edificios. Los más utilizados son:

- **LEED (Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental):** Certificación, que otorga el Consejo de Edificios Verdes de Estados Unidos, (U.S. Green Building Council, USGBC), evalúa el comportamiento medioambiental que tendrá un edificio a lo largo de su ciclo de vida.
- **BREEAM (Método de Evaluación de Establecimientos de Investigación en Edificios):** La certificación, la primera creada en su tipo, la realizó un grupo de empresas sin fines de lucro en el Reino Unido y establece el estándar para evaluar el diseño, la construcción y su uso.
- **CASBEE (Sistema de Evaluación Integral para la Eficiencia Ambiental de Edificios):** Es un sistema en el que un tercero examina y certifica los resultados de evaluación proporcionados por CASBEE para construcción nueva, edificios existentes y renovación.

- **Green Star NZ:** Es una herramienta para ayudar a las partes interesadas en los sectores de propiedad y construcción a diseñar, construir y operar proyectos de una manera más sostenible, eficiente y productiva. Proporciona a los inquilinos una marca confiable de verificación independiente para apoyar la toma de decisiones.
- **PCES (Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables):** En el año 2008 el Gobierno del Distrito Federal, puso en marcha el Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables (PCES), que pretende establecer un estándar para calificar los edificios tanto habitacionales como comerciales y ofrecer así una serie de incentivos fiscales, que van desde descuentos en el impuesto predial y licencias de construcción hasta financiamientos a tasas preferenciales y rapidez en la ejecución de trámites.
- **Hipoteca Verde del INFONAVIT:** Este crédito fue creado en el año 2010 por el Infonavit para que el derechohabiente pueda comprar una vivienda ecológica y así obtener una mayor calidad de vida mediante el uso de las eco tecnologías (Figura 1), que disminuyen los consumos de energía eléctrica, agua y gas.
- **SíSeVive, del INFONAVIT:** La creación de este sistema de evaluación de ‘vivienda verde’ en el año 2012 tiene como objetivo medir la eficiencia de las viviendas mediante el uso de dispositivos ahorradores. Sin embargo, hasta el momento no se ha implementado de manera corriente debido a la capacitación necesaria de la industria para que el programa funcione de manera óptima.

	Inodoro de grado ecológico		Equipos de aire acondicionado de alta eficiencia
	Regadera con dispositivo ahorrador		Focos ahorradores
	Grifos o válvulas con dispositivo ahorrador		Calentador de paso de gas
	Aislantes térmicos en techos y muros		Calentador solar de agua

Figura 1: Tecnologías consideradas para el programa Hipoteca Verde. Fuente: CIDS, 2017.

### 1.3. Indicadores de sustentabilidad ambiental

Los indicadores de sustentabilidad ambiental constituyen una metodología que permite evaluar las incidencias de los procesos productivos sobre el medio ambiente. Estos indicadores permiten cuantificar el grado de responsabilidad y sostenibilidad ambiental de un individuo, organización o comunidad. Su utilidad radica en que permiten fortalecer decisiones de política pública para impulsar el desarrollo sustentable [8].

Entre los indicadores de sustentabilidad ambiental más utilizados están: la huella ecológica y la huella de carbono.

La huella ecológica es un indicador de sustentabilidad diseñado por William Rees y Malthis Wackernagel a mediados de la década de los noventa del siglo pasado, para conocer el grado de

impacto que ejerce cierta comunidad humana, persona, organización, país, región o ciudad sobre el ambiente [9].

La Huella de Carbono –HdC-, definida en forma muy general, representa la cantidad de Gases Efecto Invernadero –GEI- emitidos a la atmósfera derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios, y es considerada una de las más importantes herramientas para cuantificar las emisiones de dichos gases [10].

#### 1.4. Estrategias de gestión

Debido a su relevancia y complejidad, el tema de la Gestión Ambiental en las operaciones de producción ha sido muy atractivo para las comunidades académicas y empresariales, en particular el sector de la construcción tiene un impacto ambiental significativo debido a la gran cantidad de materiales requeridos, así como a las características específicas de sus operaciones [11]. En la revisión de la literatura existente se encontraron varias estrategias de gestión, las cuales se mencionan a continuación.

1.4.1. *Proceso de construcción integrado* Yong y colaboradores [12], proponen desarrollar un ICP -Proceso de Construcción Integrado-, para la construcción ecológica que facilite las estrategias y tecnologías de construcción ecológica, defina los roles y responsabilidades de las principales partes interesadas, incluidos los contratistas, subcontratistas y el equipo de diseño, y sus relaciones. El proceso de desarrollo de un nuevo ICP para la construcción ecológica comienza examinando las estrategias y tecnologías de construcción ecológica en la fase de construcción. Este estudio desarrolló un modelo ICP de cuatro capas que facilita los procesos para las actividades de construcción ecológica basadas en el método de entrega del proyecto Design Bid Build -DBB-.

Las capas mencionadas son:

- (i) Capa abstracta, demuestra la estructura del modelo ICP e identifica la lista de tecnologías y estrategias de construcción ecológica.
- (ii) Capa de contenido, proporciona un desglose detallado del contenido de cada una de las actividades de construcción ecológica.
- (iii) Capa de roles de las partes interesadas, se centra en los roles y responsabilidades de las principales partes interesadas.
- (iv) Capa de ejemplos prácticos, demuestra formas eficientes de completar actividades de construcción ecológica durante el proyecto de construcción y proporciona plantillas de muestra de la documentación requerida por los diferentes sistemas de certificación.

1.4.2. *NAMA de vivienda sustentable* Las Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación -NAMA por sus siglas en inglés- son actividades voluntarias dirigidas a reducir emisiones de Gases de Efecto Invernadero -GEI-, en países en desarrollo. Dichas acciones son apoyadas y habilitadas por tecnología, financiamiento y construcción de capacidades [13].

El concepto técnico de mitigación de GEI de la NAMA, se basa en el ahorro de energía primaria por el uso de la vivienda, tomando como referencia factores asociados al consumo de energía y agua, la generación de energía mediante sistemas fotovoltaicos integrados en la vivienda y el uso y aprovechamiento del agua de lluvia [14]

En México existen varias NAMA's que están directamente relacionadas con la industria de la construcción (Tabla 2).

Nombre de la NAMA	Etapas	Potencial de mitigación (MtCO <sub>2</sub> e)	Promoviente	No. de la NAMA
Energías Renovables y eficiencia Energética en el Sector Privado	Idea	15	CESPEDES/ NAMA Facility	MX-23
Sustitución de Combustibles para Generación de Energía Eléctrica	Idea	7.14	CESPEDES	MX-22
Eco-estufas de concreto	Idea	3.6	CESPEDES	MX-03
NAMA de refrigeradores domésticos	Diseño de NAMA	2	ANFAD	MX-19
Calentadores solares	Idea	1.2	SEDATU	MX-04
NAMA de vivienda nueva	Implementación	1.2	SEDATU	MX-15
NAMA de vivienda existente	Piloto	0.5	SEDATU	MX-16

Tabla 2: NAMAS existentes en México, relacionadas con la industria de la construcción. Fuente: elaboración propia con datos de INECC, 2018.

*1.4.3. Normas Oficiales Mexicanas* La Normatividad Mexicana es una serie de normas cuyo objetivo es asegurar valores, cantidades y características mínimas o máximas en el diseño, producción o servicio de los bienes de consumo entre personas morales y/o físicas, sobre todo los de uso extenso y fácil adquisición por el público en general, poniendo atención especial en el público no especializado en la materia, de estas normas existen dos tipos básicos en la legislación mexicana, las Normas Oficiales Mexicanas llamadas Normas NOM y las Normas Mexicanas llamadas Normas NMX, de las cuales solo las NOM son de uso obligatorio en su alcance y las segundas solo expresan una recomendación de parámetros o procedimientos, aunque si son mencionadas como parte de una NOM como de uso obligatorio su observancia es a su vez obligatoria [15].

*1.4.4. ISO 14001* El estándar más utilizado, empleado por las organizaciones que desean implementar un Sistema de Gestión Ambiental es ISO 14001. Los elementos principales del sistema de gestión que cumple con la norma ISO 14001 incluyen la política ambiental, la planificación, implementación y operación, monitoreo y acción correctiva, las principales razones para su implementación, son minimizar la producción de residuos y prevenir comportamientos ilegales relacionados con problemas ambientales [11].

En México, el Instituto del Fondo nacional para la Vivienda de los Trabajadores –INFONAVIT- desde el año 2012 está llevando a cabo acciones concretas para obtener la certificación en la norma ISO 14001:2004 Sistema de Gestión Ambiental [16]. Dicho sistema impulsa y promueve el desarrollo de actividades que contribuyen a:

- Reducir los impactos ambientales a través del control de aspectos internos.
- Incrementar los beneficios obtenidos por las actividades y procesos del Infonavit a través de los compromisos establecidos en su política ambiental.

*1.4.5. Análisis del Ciclo de Vida en la industria de la construcción* En la norma UNE-EN ISO 14040 -Gestión Ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Principios y marco de referencia-, se define el Análisis de Ciclo de Vida como una técnica que trata los aspectos medioambientales y los impactos ambientales potenciales a lo largo del ciclo de vida de un producto, mediante:

- La recopilación de un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema del producto -producto/proceso en estudio-.
- La evaluación de los potenciales impactos medioambientales asociados con las entradas y salidas identificadas en el inventario.
- La interpretación de los resultados de las fases de análisis de inventario y evaluación de impacto de acuerdo con los objetivos del estudio.

Entre las aportaciones de esta metodología al rubro de la construcción está la posibilidad de seleccionar materiales con menor impacto ambiental con base en análisis comparativos, mejoramiento de los procesos de su producción, y la construcción misma del edificio, aportar inventarios que sirvan de base para la elaboración de nuevos estudios relacionados con la edificación, así como optimizar el uso de recursos adoptando nuevas soluciones proyectuales que optimicen la eficiencia energética de la edificación durante su vida útil [17].

Se realizó un análisis de varios autores, consultando un total de 89 publicaciones, de los cuales se eligieron los 30 autores más relevantes referentes a la edificación sustentable, para identificar las variables de mayor frecuencia, (Tabla 3). Para la identificación de publicaciones relevantes, en la búsqueda, se utilizaron las palabras clave sustentabilidad, construcciones sustentables, vivienda sustentable, vivienda verde, edificación sustentable.

Tabla 3: Propuestas de autores e identificación de variables. Elaboración propia, , 2020

Autor	Propuesta	VARIABLES IDENTIFICADAS	Citas del autor	Índice H
Ahn et al., 2016 (South Korea) [18]	Modelo de Proceso Integrado de Gestión -ICP-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión de calidad interior</li> <li>• Reutilización de material</li> <li>• Manejo y utilización de materiales</li> <li>• Educación y entrenamiento</li> <li>• Sistema de ventilación e iluminación</li> <li>• Sistema envolvente de alta eficiencia</li> <li>• Sistema inteligente de gestión energética</li> <li>• Sistema de aprovechamiento de agua de lluvia</li> <li>• Paisaje y reverdecimiento</li> </ul>	17	66
Alsanad, 2015 (Kuwait) [19]	Conciencia, impulsores, acciones y barreras de la construcción sostenible en Kuwait	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Políticas y regulaciones</li> <li>• Eficiencia energética</li> <li>• Eficiencia del uso del agua</li> <li>• Ciclo de vida</li> </ul>	54	63
Amaratunga et al., 2018 [20]	Conciencia, impulsores, acciones y barreras de la construcción sostenible en Kuwait	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia energética</li> </ul>	2	0
Abramyan, 2016 [21]	Industria de la construcción y concepto de desarrollo sostenible	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión de residuos</li> <li>• Eficiencia energética</li> </ul>	3	0

Ametepey et al., 2015. (Ghana) [22]	Barreras para la implementación exitosa de la construcción sostenible en la industria de la construcción de Ghana	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciclo de vida</li> <li>• Costo del edificio</li> <li>• Políticas y regulaciones</li> </ul>	49	29
Azeem et al., 2017 (Pakistán) [23]	Examinar las barreras y medidas para promover la adopción de prácticas de construcción ecológica en Pakistán	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia energética</li> <li>• Ciclo de vida</li> <li>• Políticas y regulaciones</li> </ul>	26	12
Beiriz y Haddad, 2011 (Brasil) [24]	Gestión de residuos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión de residuos</li> <li>• Legislación ambiental</li> </ul>	0	0
Chadee y Stoute, 2017 (Trinidad y Tobago) [25]	Edificio verde en Trinidad y Tobago - Limitaciones y oportunidades: un enfoque exploratorio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia energética</li> <li>• Calidad del aire interior</li> <li>• Eficiencia del agua</li> <li>• Ciclo de vida</li> <li>• Gestión de residuos</li> </ul>	6	1
Cheng et al., 2015 (Hong Kong) [26]	Gestión de residuos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión de residuos</li> <li>• Uso de tecnología BIM</li> </ul>	19	7
Darko et al., 2018 [27]	Beneficios de la construcción ecológica: una revisión de literatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia energética</li> <li>• Ciclo de vida</li> </ul>	78	46
Dwaikat y Ali, 2016 [28]	Costo de edificios ecológicos Premium: una revisión de evidencia empírica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia energética</li> <li>• Eficiencia del agua</li> <li>• Costo del edificio</li> </ul>	92	166
Ezanee y Chong, 2015 (Malasia) [29]	Estudio sobre la implementación de edificios verdes desde la perspectiva de los desarrolladores de vivienda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia energética</li> <li>• Eficiencia del agua</li> <li>• Gestión y planificación sustentables</li> <li>• Calidad del ambiente interior</li> <li>• Recursos materiales</li> <li>• Intervención gubernamental</li> </ul>	16	30
Goh y Rowlinson, 2013 [30]	Las funciones de los sistemas de evaluación de la sostenibilidad en la entrega de construcción sostenible	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos de gestión</li> <li>• Huella de carbono</li> <li>• Eficiencia energética</li> <li>• Calidad del ambiente exterior e interior</li> </ul>	5	8

Jeong, 2017, (Corea del Sur) [31]	Evaluación de escenarios alternativos para el potencial de reducción de $CO_2$ en el sector de la construcción residencial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo de energía</li> <li>• Nivel de emisiones de <math>CO_2</math></li> </ul>	5	0
Jupp J., 2017 [32]	BIM 4D para Planificación y Gestión Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión de residuos</li> </ul>	16	63
Matisoff et al., 2016 [33]	Edificios verdes: economía y políticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo de energía</li> <li>• Eficiencia del uso del agua</li> <li>• Políticas y regulaciones</li> <li>• Gestión del ciclo de vida</li> <li>• Costo</li> </ul>	38	48
Molina y Nacional C., 2014 (México) [34]	Edificios verdes: economía y políticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Localización de vivienda</li> </ul>	0	0
Novendra y Prasetyo, 2018 (Indonesia) [35]	Construcción ecológica y su efecto en los costos operativos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia del uso de agua</li> <li>• Sistema de tratamiento de agua</li> <li>• Minimización de la huella de carbono</li> <li>• Bajo consumo de energía eléctrica</li> <li>• Materiales y recursos: uso de materiales reciclados, naturales y locales</li> <li>• Costos operativos</li> </ul>	0	0
Oyewole et al., 2019 [36]	La disposición de los desarrolladores a invertir en características ecológicas en Abuja, Nigeria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Políticas y regulaciones</li> <li>• Eficiencia del uso del agua</li> <li>• Ahorro de energía</li> <li>• Manejo de residuos</li> <li>• Costos</li> </ul>	225	12
PRO MÉXICO, 2014 (México) [37]	Principios de la arquitectura sustentable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Políticas y regulaciones</li> <li>• Ahorro de energía</li> <li>• Utilización de fuentes de energía renovable</li> <li>• Ahorro de agua</li> <li>• Utilización de materiales reciclados</li> <li>• Utilización de materiales regionales</li> <li>• Manejo de residuos</li> </ul>	0	0
Ragheb et al., 2016 [38]	Arquitectura verde: un concepto de sostenibilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Políticas y regulaciones</li> <li>• Ahorro de energía</li> <li>• Calidad del aire interior</li> <li>• Manejo de residuos</li> <li>• Eficiencia del uso de agua</li> </ul>	62	46

Rodríguez-Potes et al., 2017 (Colombia) [39]	Arquitectura y urbanismo sostenible en Colombia. Una mirada al marco reglamentario	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Políticas y regulaciones</li> <li>• Eficiencia del uso de agua</li> <li>• Gestión de residuos</li> <li>• Ahorro de energía</li> <li>• Políticas y regulaciones</li> </ul>	2	5
Serpell et al., 2013 (Chile) [2]	Estudio sobre prácticas de construcción sustentable implementadas por las empresas de construcción, barreras e impulsores de construcción sustentable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Políticas y regulaciones</li> <li>• Programas educativos</li> <li>• Incentivos económicos</li> <li>• Regulaciones del gobierno e implementación de nuevas legislaciones</li> </ul>	70	44
Smets y Van Lindert, 2016 [40]	Vivienda sostenible y pobres urbanos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Políticas y regulaciones</li> <li>• Eficiencia del uso de agua</li> <li>• Materiales sustentables</li> <li>• Economía</li> </ul>	11	13
Wang et al., 2018 (China) [41]	Factores para la adopción de especificaciones de construcción ecológica en China	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Políticas y regulaciones</li> <li>• Ciclo de vida</li> <li>• Políticas y regulaciones</li> <li>• Costo inicial</li> </ul>	5	28
Wahi, et al., 2016 (Malasia) [42]	Revisión sobre las prácticas de control de residuos de construcción: perspectiva legislativa y de gestión de residuos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión de residuos</li> </ul>	18	46
Yilmaz y Bakis, 2015 (Turkía) [43]	Revisión de literatura y aplicación del método de encuesta para predecir el futuro de los conceptos de sustentabilidad o desarrollo sustentable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustentabilidad económica</li> <li>• Sustentabilidad social</li> </ul>	18	46
Ying et al., 2016 (Taiwan) [44]	Gestión y reciclaje de residuos de construcción en Taiwán	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión de residuos</li> </ul>	6	30
Yong et al., 2016 [12]	Proceso de construcción integrado para edificios ecológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ahorro de energía</li> <li>• Ciclo de vida</li> </ul>	17	63
Zhang et al., (2018), China [45]	Revisión del desarrollo de edificios verdes en China desde la perspectiva del ahorro de energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ahorro de energía</li> <li>• Políticas y regulaciones</li> <li>• Ahorro de energía</li> <li>• Ciclo de vida</li> <li>• Eficiencia del uso del agua</li> </ul>	17	78

De acuerdo a los datos anteriores, la eficiencia energética es la variable más mencionada por los autores estudiados, con un 23%, en segundo lugar, se menciona la variable consumo eficiente del agua, con un 17%, seguido por la variable gestión de residuos con un 15%, a continuación, están las variables costo y políticas y regulaciones con un 13% en ambos casos, la variable ciclo de vida aparece un 11%, y, finalmente está la variable calidad del ambiente con un 8%.

## 2. Modelo de investigación

Una vez realizado el análisis de autores acerca de la vivienda sustentable, se elaboró el diseño de un modelo aplicable a las condiciones económicas, sociales y climáticas.

El modelo de estudio propuesto (Figura 2), consta de tres ejes del desarrollo sustentable a explicar:

- Eje ambiental, que abarca el uso eficiente del agua, la eficiencia energética, la gestión de residuos y el análisis del ciclo de vida.
- Eje social, comprende los aspectos de servicios básicos, áreas comunes y mantenimiento, resumidos como prestación de servicios.
- Eje económico, que cubre la demanda de construcciones sustentables, la cadena de suministro de materiales y la comparativa de costos, las cuales tienen que ver con la demanda del mercado de edificaciones sustentables.

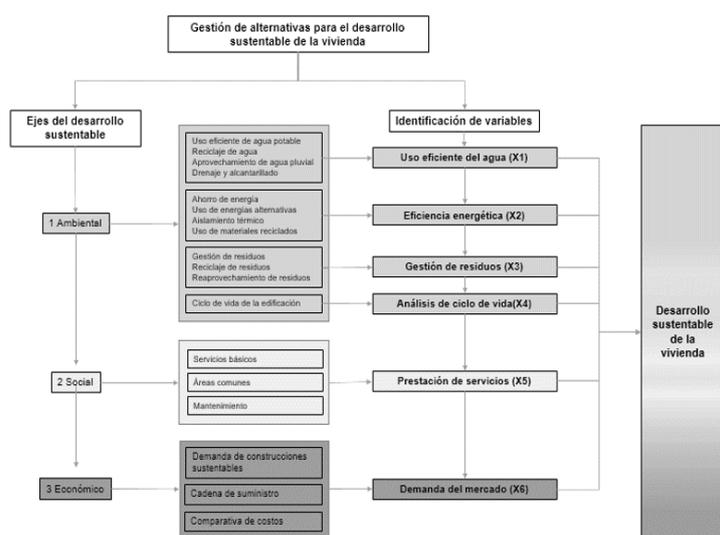


Figura 2: Modelo de estudio propuesto. Elaboración propia 2020.

Estos tres ejes, permiten identificar las variables a estudiar y forman parte de las hipótesis de investigación. Se tomaron en cuenta los ejes más citados en las publicaciones, omitiendo el eje correspondiente a políticas y regulaciones, ya que no es la finalidad de este trabajo la implementación de regulaciones gubernamentales, así como la implementación de nuevas políticas regulatorias.

### 2.1. Descripción de variables

De la revisión y análisis de la bibliografía, se identificaron las siguientes variables:

- Consumo eficiente del agua (X1). El uso eficiente del agua implica entre otros, caracterizar la demanda y uso del agua por parte de los diferentes usuarios para emprender acciones dirigidas hacia cambios que optimicen su uso, así como a la promoción de prácticas que permitan favorecer la sostenibilidad de la reducción de la contaminación.
- Eficiencia energética (X2). Se refiere a la utilización de tecnologías que requieren una menor cantidad de energía para conseguir el mismo rendimiento o realizar la misma tarea.
- Gestión de residuos (X3). Es el conjunto de actividades necesarias para el tratamiento de los desechos, incluyendo su generación, transporte y eliminación o reaprovechamiento, y finalmente, elegir la mejor opción.
- Ciclo de vida de la edificación (X4). Es la herramienta utilizada para entender el impacto real de un producto, proceso, servicio o edificación, provee información del desempeño ambiental de las edificaciones durante todas sus etapas y es utilizado para comparar el impacto ambiental, y finalmente, elegir la mejor opción.
- Prestación de servicios (X5). Abarca cuestiones tales como el acceso a servicios básicos, la mejora de las condiciones de vivienda, la creación de empleos decentes, la promoción del comercio justo de materiales [46].
- Demanda de mercado (X6). Constituye el componente económico de la sustentabilidad, tiene relación directa con el costo de la edificación, los beneficios obtenidos y los servicios

## 2.2. Hipótesis

De acuerdo a las variables enunciadas anteriormente, se formularon hipótesis para explicar la relación entre estas variables, que, de acuerdo al análisis, se trata de una hipótesis causal multivariada, ya que existe una relación entre múltiples variables independientes y una variable dependiente.

- **H1 Consumo eficiente del agua:** Las estrategias referentes al consumo eficiente del agua influyen de manera directa en la implementación de la construcción sustentable de la vivienda.
- **H2 Eficiencia energética:** El ahorro de energía influye de manera directa en la implementación de la construcción sustentable de la vivienda.
- **H3 Gestión de residuos:** Una adecuada gestión de residuos y la adecuada reutilización de materiales, influye de manera directa en la implementación de la construcción sustentable de la vivienda.
- **H4 Ciclo de vida de la edificación:** El control del ciclo de vida en la edificación, influye de manera directa en la implementación de la construcción sustentable de la vivienda.
- **H5 Prestación de servicios:** La prestación de servicios influye de manera directa en la implementación de la construcción sustentable de la vivienda.
- **H6: Demanda del mercado:** La demanda de mercado de edificaciones sustentables influye de manera directa en la implementación de la construcción sustentable de la vivienda.

De acuerdo a lo anterior, se enuncia la hipótesis general como:

***A mayor cumplimiento de cada uno de los ejes de la construcción sustentable, la vivienda incrementa sus niveles de sustentabilidad.***

## 3. Metodología

La metodología utilizada para la elaboración de este documento, es la revisión bibliométrica de artículos publicados utilizando las palabras clave: Sustainability, green building, green housing, ecological housing, siendo palabras en inglés, ya que es el idioma en el que se publican más

investigaciones. Se utilizaron las bases de datos de Business Source Complete (EBSCO HOST), Emerald Insight, SCOPUS, y otras, seleccionando los 38 artículos más representativos de acuerdo a la relevancia de sus autores.

Para el desarrollo del marco teórico, se utilizó la técnica de vertebración.

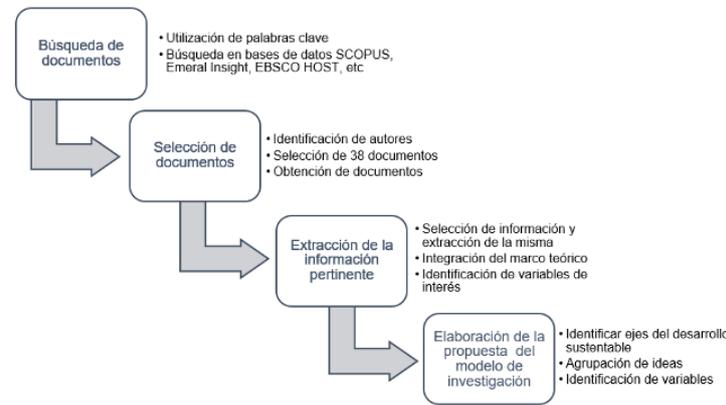


Figura 3: Método de vertebración para desarrollo del marco teórico. Elaboración propia (2020).

Después del análisis, se identificaron las variables que intervienen en la sustentabilidad de las edificaciones, agrupándolas en tres ejes del desarrollo sustentable: ambiental, social y económico, para determinar las relaciones que guardan estas variables con la sustentabilidad, y, a continuación, se procedió a formular las hipótesis correspondientes.

La identificación de variables se realizó en base a la frecuencia con que son mencionadas en la literatura consultada.

La población sujeta de estudio para la presente investigación, estuvo formada por las empresas del sector de la industria de la construcción que realizaron construcción de vivienda de tipo medio en el estado de Puebla, durante el periodo comprendido entre los años 2018 a 2019, que además formalizaron créditos ante el INFONAVIT. Para desarrollar el listado de estas empresas, se hizo uso de datos obtenidos del INEGI y del propio INFONAVIT.

El cálculo de la muestra poblacional se basó en la fórmula estadística de población finita -ya que se conoce el tamaño de la población a estudiar- [47], tomando en consideración el tamaño de población determinado en el punto anterior, que es de 111 empresas constructoras, con una probabilidad de éxito del 50%, nivel de confiabilidad del 90% y un error máximo aceptable del 10%, se tiene:

$$n = \frac{NZ^2pq}{d^2(N - 1) + Z^2pq}, \tag{1}$$

donde  $N$  es el tamaño de la población (111),  $n$  es el tamaño de la muestra (42),  $d$  es el error de estimación (10%),  $Z$  es el valor de la tabla de la normal estandar (1.65),  $p$  es la probabilidad de éxito (50%) y  $q$  es la probabilidad de fracaso (50%).

Sustituyendo valores, el tamaño  $n$  de la muestra resultó ser de 42 constructores de vivienda a los que se les aplicó el instrumento.

El instrumento de recolección de datos, se aplicó a directivos o mandos medios, quienes conocen las características constructivas y en algunos casos son los responsables de las tomas de decisiones en las empresas encuestadas. Este instrumento, se divide en tres secciones, que corresponden a los tres ejes definidos, sección uno: eje ambiental, sección dos: eje social, sección tres: eje económico, las cuales abarcan a todas y cada una de las variables definidas.

Para verificar las pruebas de confiabilidad y validez del instrumento, se aplicó una prueba piloto a 28 personas involucradas en el área de la edificación residencial, con el objetivo de verificar el tipo de respuestas obtenidas. El coeficiente Alfa de Cronbach es el indicador de confiabilidad de escalas psicométricas más usado en ciencias sociales.

La fórmula para calcular el Alfa de Cronbach usando varianzas es:

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left( \frac{\sum_{i=1}^K \sigma_{Y_i}^2}{\sigma_X^2} \right) \tag{2}$$

Para verificar la confiabilidad del instrumento, se creó una base de datos con el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for Social Sciences), para Windows, versión 25, y se realizó un análisis de fiabilidad basado en el coeficiente alfa de Cronbach.

Los resultados numéricos relevantes se presentan en la tabla 4.

<b>Dimensión</b>	<b>Coefficiente Alfa de Cronbach</b>
Global	0.897
Consumo eficiente del agua	0.706
Eficiencia energética	0.884
Gestión de residuos	0.892
Análisis de ciclo de vida	0.768
Servicios sociales	0.689
Cadena de suministro	0.895

Tabla 4: Confiabilidad de las variables utilizadas. Fuente: Elaboración propia, (2021).

Para probar la validez estadística del instrumento de recolección de datos propuesto de acuerdo a Vila, Küster y Aldás [48], se obtuvieron los resultados que se observan en la tabla 5

	<b>Variable 1</b>	<b>Variable 2</b>	<b>Variable 3</b>	<b>Variable 4</b>	<b>Variable 5</b>	<b>Variable 7</b>
<b>Variable 1</b>	0.706					
<b>Variable 2</b>	0.043322	0.884				
<b>Variable 3</b>	0.19788	0.75216	0.892			
<b>Variable 4</b>	0.39186	0.61081	0.64145	0.768		
<b>Variable 5</b>	0.32679	0.38793	0.26901	0.10952	0.689	
<b>Variable 7</b>	0.22617	0.03469	0.05989	-0.06768	0.05346	0.895

Tabla 5: Cálculo de Coeficientes de correlación. Fuente: Elaboración propia, 2021.

Una vez aplicado el instrumento de recolección de datos, se procedió a realizar el análisis de los datos obtenidos, analizando correlaciones bivariadas, calculando la relación entre las variables por medio del Coeficiente de Pearson conocido como Coeficiente de Correlación Lineal empleando la técnica de regresión lineal múltiple. A continuación, se presentan los resultados por medio de la matriz de correlación de las variables involucradas (Tabla 6), en donde se muestra su nivel de significancia, el cual permite aceptar o no las hipótesis propuestas.

	Consumo eficiente del agua	Eficiencia energética	Gestión de residuos	Análisis del ciclo de vida	Áreas comunes	Cadena de suministro
Consumo eficiente del agua	1					
Eficiencia energética	-0.0557	1				
Gestión de residuos	-0.415	0.548	1			
Análisis del ciclo de vida	-0.124	0.482	0.368	1		
Áreas comunes	-0.258	0.226	0.401	0.110	1	
Cadena de suministro	-0.252	-0.074	0.054	-0.308	0.065	1
	-0.346	0.940	0.657	-0.624	0.271	-0.058

Tabla 6: Matriz de correlación. Fuente: Elaboración propia, 2021

En la tabla 7 se presentan las variables que interactúan con la implementación de la vivienda sustentable, mismas que se han ordenado de mayor a menor.

Dimensión	Coefficiente de Correlación
Eficiencia energética	0.940
Análisis del ciclo de vida	0.924
Gestión de residuos	0.657
Consumo eficiente del agua	0.346
Prestación de servicios	0.271
Cadena de suministro	-0.058

Tabla 7: Variables que interactúan con la implementación sustentable de la vivienda, ordenadas de mayor a menor correlación. Fuente: Elaboración propia, 2021.

#### 4. Resultados de la encuesta

De acuerdo con los resultados de la encuesta, se observa una marcada tendencia al uso de inodoros eficientes, 95.24% responden que, sí utilizaron estos muebles sanitarios, en el caso de dispositivos

ahorradores en llaves y grifos 71.43% lo utilizaron, y el uso de válvulas de seccionamiento fue utilizado por el 78.57% de los constructores de la entidad, quienes además manifiestan que con esto han obtenido un ahorro en el consumo de agua potable entre el 10% y el 20%. Lo anterior, es un reflejo de la aplicación de las Normas Oficiales Mexicanas, tanto de la Secretaría de Energía como de CONAGUA y con los programas Hipoteca Verde de INFONAVIT, organismos encargados de regular los aspectos de consumo eficiente del agua encaminados y lograr una mayor sustentabilidad en la industria de la construcción.

En el caso de la eficiencia energética, los resultados de la encuesta muestran una tendencia al uso de calentadores de gas de alta recuperación 61.9%, o bien, uso de calentadores solares 54.76%, no así el uso de sistemas fotovoltaicos, donde el 30.95% contestaron negativamente. Por otro lado, las viviendas actuales, se están proyectando utilizando los parámetros de la arquitectura bioclimática 52.28%, para tomar en cuenta tanto el clima local 73.81%, así como la orientación de la vivienda, lo que genera una mayor eficiencia energética. Los resultados del presente estudio, muestran una alta tendencia de la industria de la construcción en Puebla hacia la eficiencia energética, que al igual que el consumo eficiente del agua son una prioridad en las políticas públicas referentes a la industria de la construcción.

En el caso de la disposición de residuos, la mayoría de los entrevistados manifiestan que sí contaron con un lugar para la disposición de los residuos de construcción 92.86%, y 71.43% de ellos indican que realizaron una separación previa de los residuos, 76.19% de constructores indican que sus desarrollos habitacionales cuentan con depósitos comunes de basura. La gestión de residuos es un tema de vital importancia a nivel mundial, del cual como se muestra en los resultados, los constructores de la Ciudad de Puebla han tomado conciencia de este punto, como lo muestran las cifras mencionadas en el párrafo anterior, aunque a nivel nacional, se puede mencionar un área de oportunidad en la implementación de un plan de gestión de residuos de la industria de la construcción.

En los resultados obtenidos de la encuesta, 42.86% de los encuestados afirmaron haber realizado un análisis de la huella de carbono, mientras que 61.90% indican que realizaron un análisis del ciclo de vida de la construcción, lo que muestra una tendencia al uso de estas dos herramientas. Por lo anterior, un área de oportunidad se presenta en el estudio de ciclo de vida de las edificaciones de acuerdo a la norma ISO 14040, ya que sólo en 42% de encuestados menciona haber realizado este estudio, incluyendo el análisis de la huella de carbono. Lo que pone de manifiesto la necesidad de capacitar a los constructores en este rubro.

De acuerdo a estos resultados, se observa una tendencia positiva hacia el acceso a servicios públicos y cercanía a los medios de transporte, lo cual se alinea con lo expresado en el documento de Fundación IDEA [1]. Además de la visión integral de la vivienda hacia el interior de la edificación, la Estrategia Nacional de Vivienda Sustentable considera a la vivienda como parte de un entorno habitacional, urbano y comunitario, dentro de los cuales se considera a los consumos resultantes de la ubicación, como son traslados, transporte público, localización de servicios, etc.

En el presente estudio, en cuanto a la cadena de suministro, 98% de los constructores consideran que, si se puede mejorar la misma, y solamente el 2% de los encuestados indica que la cadena de suministro no se puede mejorar. Esto indica que la cadena de suministro presenta una gran área de oportunidad para estudios posteriores y su implementación por parte de los constructores de la región.

De acuerdo a las cifras mencionadas en párrafos anteriores, los hallazgos de esta investigación son los siguientes:

- Los resultados obtenidos muestran una clara tendencia hacia el consumo eficiente del agua, mediante el uso de dispositivos ahorradores, lo cual genera un ahorro de más del 15
- En cuanto a la eficiencia energética, ésta es una de las variables más representativas y por lo tanto más estudiadas en cuanto a su implementación, lo cual se ve reflejado en su coeficiente de correlación, que resultó de 0.940.

- La gestión de residuos de la construcción, es una variable poco atendida, lo que representa otra área de oportunidad para estudios futuros, por ejemplo, para el estudio de la implementación de una planta de tratamiento para residuos de la industria de la construcción.
- En cuanto a la variable ciclo de vida de la construcción, de acuerdo a las cifras obtenidas, se demuestra que menos de la mitad de los constructores de la zona (42%), toman en cuenta este cálculo, lo que denota la oportunidad de crear áreas de capacitación en este rubro.
- Áreas comunes, esta es una de las variables que, de acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta si ha sido tomada en cuenta, con la cercanía de servicios públicos, acceso y medios de transporte público.
- Cadena de suministro, como se indicó anteriormente, es una variable que presenta una gran área de oportunidad.

### 5. Modelo propuesto

El modelo desarrollado de estrategias de gestión de alternativas para la construcción de vivienda sustentable, que contribuye a la mitigación de efectos contaminantes y reducción de recursos de alto impacto, se estructura a partir del estudio de las variables propuestas y se representa en la figura 4. El diseño de este modelo se alinea con las actuales políticas del Programa Hipoteca Verde de INFONAVIT, así como también con las condiciones para certificación de vivienda de CONUE, se incluyen además procesos que pueden ser utilizados de los diferentes teóricos analizados en este estudio.

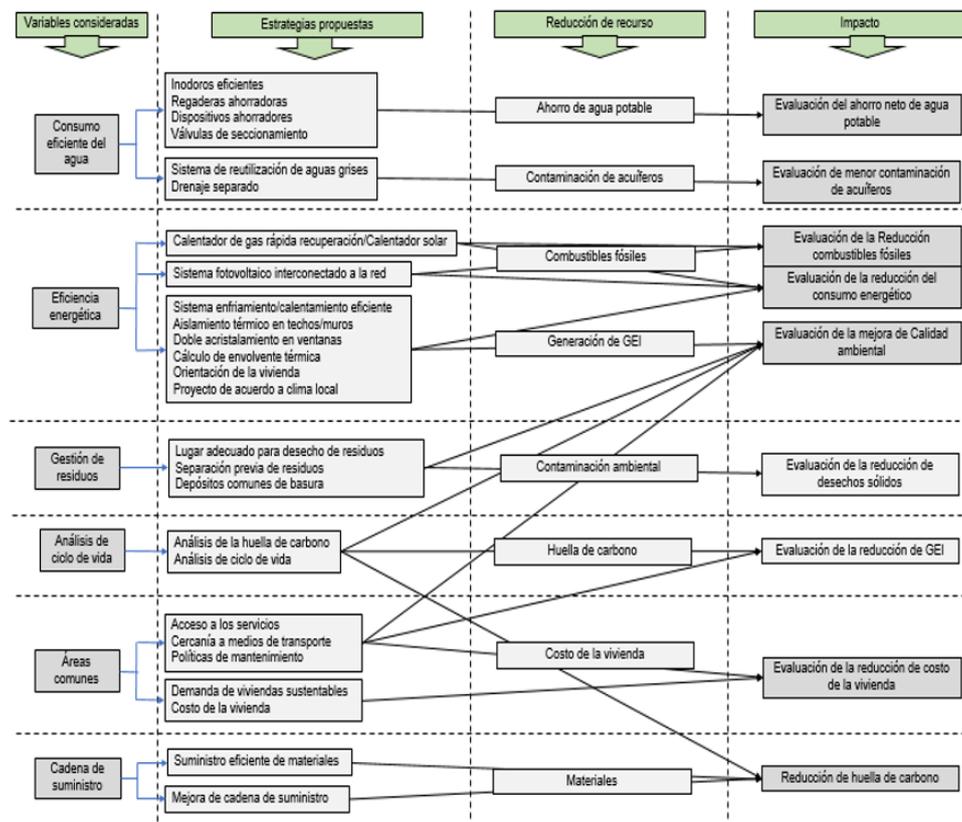


Figura 4: Modelo propuesto. Elaboración propia (2020).

## **6. Resultados y Conclusiones**

A manera de listado, describimos los resultados y conclusiones más relevantes de esta investigación.

### **Variable: Consumo de agua potable**

- **Consumo de agua potable:** este modelo busca reducir el consumo de agua potable, tanto en la fase de construcción, como en la fase de uso de la vivienda, tomando en cuenta medidas tanto de ahorro como de eficiencia.
- **Retención de agua de lluvia:** se propone promover la utilización de un sistema de recogida, y almacenamiento de agua pluvial para su posterior reutilización.
- **Reutilización de aguas grises:** instalación de micro sistemas de recuperación y reutilización de aguas grises para reducción en el consumo de agua potable, lo que traerá como consecuencia una menor contaminación de acuíferos en la zona.

### **Variable: Eficiencia energética**

Promover la reducción en el consumo de energía no renovable necesaria para la iluminación y uso de electrodomésticos, mediante el uso de electrodomésticos eficientes e instalación de focos ahorradores dentro de la vivienda, en caso de ser posible, se promoverá la instalación de sistemas fotovoltaicos. Se recomienda el uso de calentadores de gas de alta recuperación, o bien, uso de calentadores solares, además del uso de aislamiento térmico en techos. Lo anterior conlleva a una reducción importante en el uso de combustibles fósiles, dando como resultado una reducción de gases de efecto invernadero y mejora en la calidad ambiental. De acuerdo con los resultados obtenidos, este es un punto que los constructores han tomado más en cuenta.

### **Variable: Gestión de residuos**

Se busca reducir el impacto de los materiales mediante la reutilización de los mismos y/o el reciclado de éstos, así como incentivar el uso de materiales locales promoviendo el ahorro de energía en el transporte de los mismos. Planeación del manejo de residuos de construcción y producto de excavaciones. Esta es un área de oportunidad para la industria de la construcción, ya que actualmente en la zona no existe ninguna planta de tratamiento de residuos de este tipo, y, por lo tanto, no se lleva a cabo ninguna separación previa de estos residuos. Por otro lado, en las normativas del INFONAVIT, es una variable que no ha sido tomada en cuenta en el desarrollo de unidades habitacionales, lo que actualmente genera contaminación proveniente de estos residuos.

### **Variable: Ciclo de vida de la edificación**

Se propone la evaluación de los impactos de los materiales utilizados durante la construcción, y el uso de la vivienda, y de esta forma, elegir materiales que no dañen la salud de sus ocupantes, por ejemplo, la sustitución de puertas y ventanas de aluminio en vez de herrería tradicional, ya que el uso de esta arroja, contaminantes como lo son humos y gases por efecto de soldadura, tanto del material base como del fundente, contaminantes por ruido excesivo (superior a los 90 decibeles), debido a cortes y esmerilado, uso de pinturas de recubrimiento. Con la puesta en marcha de este modelo se propone la capacitación de constructores en el cálculo del ciclo de vida de las edificaciones.

### **Variable: Áreas comunes**

Se busca desarrollar diseños eficientes y funcionales de las áreas comunes, así como gestionar planes de mantenimiento de éstas. Se propone, además, la creación de comités vecinales para la vigilancia y mantenimiento de éstas áreas comunes.

### Variable: Cadena de suministro

Como lo demostró la presente investigación, aunque la mayoría de los constructores indicaron que la cadena de suministro fue efectiva, todos coinciden en que ésta se puede mejorar. Por esta razón es importante realizar mayores estudios en cuanto a la cadena de suministro, para que el constructor pueda elegir aquellas cadenas de suministro sostenibles apoyadas en la tecnología. Se considera que esta es otra gran área de oportunidad.

### Referencias

- [1] F. Idea, *Estrategia Nacional para la Vivienda Sustentable. Componente Ambiental de la Sustentabilidad*. México: Embajada Británica., 2013.
- [2] A. Serpell, J. Kort, and S. Vera, "Awareness, actions, drivers and barriers of sustainable construction in chile," *Technological and Economic Development of Economy*, vol. 19, no. 2, pp. 272–288, 2013.
- [3] M. H. Tascón, "La construcción sostenible," *Alarife: Revista de arquitectura*, no. 17, p. 9, 2009.
- [4]
- [5] A. Cervantes Abarca and A. Ramírez Alférez, "Edificación sustentable en méxico," 2011.
- [6] M. L. García Bátiz, L. Flores Payan, and B. A. Venegas Sahagún, "Análisis del desarrollo sostenible en espacios locales. aplicación de la teoría de conjuntos difusos," *Íconos: Revista de Ciencias Sociales*, no. 54, pp. 171–195, 2016.
- [7] M. Badii, A. Guillen, O. Serrato, and J. Abreu, "Huella ecológica y sustentabilidad.," *Revista Daena (International Journal of Good Conscience)*, vol. 12, no. 3, 2017.
- [8] S. Tuset, "Indicadores de sostenibilidad ambiental," 2014.
- [9] Semarnat, "Cuadernos de divulgación ambiental huella ecológica, datos y rostros," 2012.
- [10] C. Espíndola and J. O. Valderrama, "Huella del carbono. parte 1: conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas," *Información tecnológica*, vol. 23, no. 1, pp. 163–176, 2012.
- [11] L. M. Campos, A. C. Trierweiler, D. N. de Carvalho, and J. Šelih, "Environmental management systems in the construction industry: a review," *Environmental Engineering and Management Journal*, vol. 15, no. 2, pp. 453–460, 2016.
- [12] Y. H. Ahn, C. W. Jung, M. Suh, and M. H. Jeon, "Integrated construction process for green building," *Procedia Engineering*, vol. 145, pp. 670–676, 2016. ICSDEC 2016 – Integrating Data Science, Construction and Sustainability.
- [13] C. M. Molina, "Desarrollo sustentable: Nama para vivienda existente en méxico," 2019.
- [14] S. y Conavi, "Nama apoyada para la vivienda nueva en méxico. acciones de mitigación y paquetes financieros. actualización 2017," 2017.
- [15] J. Quijano Valdez, "Análisis de los procesos y administración de los productos arquitectónicos. tomo 2," 2012.
- [16] Infonavit, "Informe anual de sustentabilidad 2016 del infonavit.," 2017.
- [17] V. A. Arvizu Piña, "Las" declaraciones ambientales de producto" como instrumento de mejora ambiental en el sector de la construcción en méxico: el sector de la vivienda como enfoque inicial," 2018.
- [18] Y. H. Ahn, C. W. Jung, M. Suh, and M. H. Jeon, "Integrated construction process for green building," *Procedia Engineering*, vol. 145, pp. 670–676, 2016.
- [19] S. AlSanad, "Awareness, drivers, actions, and barriers of sustainable construction in kuwait," *Procedia engineering*, vol. 118, pp. 969–983, 2015.
- [20] D. Amaratunga, C. I. Malalgoda, and K. Keraminiyage, "Contextualising mainstreaming of disaster resilience concepts in the construction process," *International journal of disaster resilience in the built environment*, 2018.
- [21] S. bramyam, "Environmental compliance during construction," *Procedia Engineering*, vol. 150, pp. 2146–2149, 2016.
- [22] O. Ametepey, C. Aigbavboa, and K. Ansah, "Barriers to successful implementation of sustainable construction in the ghanaian construction industry," *Procedia Manufacturing*, vol. 3, pp. 1682–1689, 2015.
- [23] S. Azeem, M. A. Naeem, A. Waheed, and M. J. Thaheem, "Examining barriers and measures to promote the adoption of green building practices in pakistan," *Smart and Sustainable Built Environment*, 2017.
- [24] F. Beiriz and A. Haddad, "An application model for sustainability in the construction industry," in *Environmental Management in Practice*, ch. 13, 2011.
- [25] S. Chadee and V. Stoute, "Green building in trinidad and tobago – constraints and opportunities: An exploratory approach," 05 2017.
- [26] J. C. Cheng, J. Won, and M. Das, "Construction and demolition waste management using bim technology," in *23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction* (O. Seppänen, V. A. González, and P. Arroyo, eds.), (Perth, Australia), pp. 381–390, 2015.

- [27] A. Darko, A. P. Chan, E. K. Owusu, and M. F. A. Afari, “Benefits of green building: a literature review,” in *RICS COBRA 2018*, 2018.
- [28] L. N. Dwaikat and K. N. Ali, “Green buildings cost premium: A review of empirical evidence,” *Energy and Buildings*, vol. 110, pp. 396–403, 2016.
- [29] E. M. Elias and C. K. Lin, “The empirical study of green buildings (residential) implementation: Perspective of house developers,” *Procedia Environmental Sciences*, vol. 28, pp. 708–716, 2015. The 5th Sustainable Future for Human Security (Sustain 2014).
- [30] C. S. Goh and S. Rowlinson, “The roles of sustainability assessment systems in delivering sustainable construction,” in *Proceedings of the 29th Annual Association of Researchers in Construction Management (ARCOM) Conference*, Citeseer, 2013.
- [31] Y.-S. Jeong, “Assessment of alternative scenarios for co2 reduction potential in the residential building sector,” *Sustainability*, vol. 9, no. 3, p. 394, 2017.
- [32] J. Jupp, “4d bim for environmental planning and management,” *Procedia engineering*, vol. 180, pp. 190–201, 2017.
- [33] D. C. Matisoff, D. S. Noonan, and M. E. Flowers, “Policy monitor—green buildings: Economics and policies,” *Review of Environmental Economics and Policy*, 2020.
- [34] C. M. Molina, “Desarrollo sustentable: Nama para vivienda existente en méxico,” 2014.
- [35] F. N. Tjenggoro and K. Prasetyo, “The usage of green building concept to reduce operating costs (study case of pt. prodia widyahasada),” *Asian Journal of Accounting Research*, 2018.
- [36] M. O. Oyewole, A. A. Ojutalayo, and F. M. Araloyin, “Smart and sustainable built environment,” *Environment*, vol. 8, no. 3, pp. 206–219, 2019.
- [37] P. México, “Inversión y comercio,” 2014.
- [38] A. Ragheb, H. El-Shimy, and G. Ragheb, “Green architecture: A concept of sustainability,” *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 216, pp. 778–787, 2016. Urban Planning and Architectural Design for Sustainable Development (UPADSD).
- [39] L. Rodríguez-Potes, K. Villadiego-Bernal, S. E. Padilla-Llano, and H. Osorio-Chávez, “Arquitectura y urbanismo sostenible en colombia. una mirada al marco reglamentario,” *Bitácora Urbano Territorial*, vol. 28, no. 3, pp. 19–26, 2018.
- [40] P. Smets and P. van Lindert, “Sustainable housing and the urban poor,” *International Journal of Urban Sustainable Development*, vol. 8, no. 1, pp. 1–9, 2016.
- [41] W. Wang, S. Zhang, and C. Pasquire, “Factors for the adoption of green building specifications in china,” *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 2018.
- [42] N. Wahi, C. Joseph, R. Tawie, and R. Ikau, “Critical review on construction waste control practices: Legislative and waste management perspective,” *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 224, pp. 276–283, 2016. IRSSM-6 The 6th International Research Symposium in Service Management.
- [43] M. Yılmaz and A. Bakış, “Sustainability in construction sector,” *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 195, pp. 2253–2262, 2015. World Conference on Technology, Innovation and Entrepreneurship.
- [44] Y.-Y. Lai, L.-H. Yeh, P.-F. Chen, P.-H. Sung, and Y.-M. Lee, “Management and recycling of construction waste in taiwan,” *Procedia Environmental Sciences*, vol. 35, pp. 723–730, 2016. Waste Management for Resource Utilisation.
- [45] Y. Zhang, J. Kang, and H. Jin, “A review of green building development in china from the perspective of energy saving,” *Energies*, vol. 11, no. 2, 2018.
- [46] S. Ceylan and M. D. Soygeniş, “A design studio experience: impacts of social sustainability,” *Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research*, 2019.
- [47] S. Aguilar-Barojas, “Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud,” *Salud en tabasco*, vol. 11, no. 1-2, pp. 333–338, 2005.
- [48] N. Vila López, I. Küster Boluda, and J. Aldás Manzano, *Desarrollo y validación de escalas de medida en marketing*. Servei de Publicacions, Facultat de Ciències Econòmiques i Empresariales . . . , 2000.