



UNIVERSIDAD POPULAR AUTÓNOMA DEL ESTADO DE PUEBLA

Centro Interdisciplinario de Posgrados

Investigación y Consultoría

Departamento de Ingeniería

Doctorado en planeación Estratégica y

Dirección de Tecnología

Gestión de alternativas para la construcción de vivienda sustentable, en la ciudad de Puebla, considerando la reducción de recursos de alto impacto.

Tesis que para obtener el Grado de Doctor
en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología

Presenta

Juan Barajas Hernández

Puebla, México

Mayo 2022



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyla**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
Decanato de Ingeniería
Doctorado en Planeación Estratégica
y Dirección de Tecnología

Se aprueba la Tesis:

Gestión de alternativas para la construcción de vivienda sustentable, en la ciudad de Puebla, considerando la reducción de recursos de alto impacto.

Nombre del Alumno

Juan Barajas Hernández

Comité Asesor

Dr. Juan Carlos Pérez García

Director de Tesis

Dr. Emmanuel Olivera Pérez

Asesor 1

Dr. Ernesto Adrian Diaz Montagner

Asesor 2

Dra. Argelia Fabiola Miranda Pérez

Asesor 3

Dra. Alejandra Aldrette Malacara

Asesor 4

Resumen

El impacto ambiental, que el cambio climático está causando a la vida en la Tierra, es alarmante y puede tener efectos irreversibles, 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 CO₂.

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 ocho variables: consumo eficiente del agua, gestión de residuos, análisis del ciclo de vida, servicios sociales, áreas comunes, demanda de construcciones sustentables y cadena de suministro.

Abstract

The environmental impact, which climate change is causing to life on Earth, is alarming and may have irreversible effects worldwide, the construction industry is responsible for the consumption of 40% of total energy production, 40% of the raw material and 25% of wood; the use of 16% water; the generation of 30-40% of solid waste, and 35-40% of CO₂ emissions.

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 eight variables: efficient water consumption, waste management, life cycle analysis, social services, common areas, demand for sustainable buildings and supply chain.

Introducción

Actualmente uno de los grandes problemas a nivel mundial es la contaminación ambiental, la industria de la construcción es una de las causantes de este grave problema, debido a su alta utilización de recursos naturales: energía, agua, materiales pétreos, etc., cuestión que ha llevado a diversos investigadores a probar nuevos métodos y procedimientos constructivos, utilización de materiales más amigables con la naturaleza, nuevas técnicas que permitan contribuir a la reducción de la huella de carbono y emisiones de CO₂.

En últimos años, se ha venido desarrollando ampliamente el concepto de vivienda sustentable, mismo que pretende cumplir con la definición de sustentabilidad o desarrollo sustentable: desarrollo sustentable es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.

Particularmente en México, el INFONAVIT ha impulsado la construcción de vivienda sustentable a través del programa hipoteca verde, que consiste en una ampliación de crédito para que el derechohabiente pueda incorporar tecnologías eficientes que disminuyan el consumo de agua, energía eléctrica y gas, con el objetivo de mejorar su calidad de vida y al mismo tiempo optimizar el uso de estos recursos y mitigar las emisiones de contaminantes.

Sin embargo, aún existen aspectos que no han sido tomados en cuenta por el programa arriba mencionado. Por este motivo, el presente estudio pretende desarrollar estrategias que permitan fomentar un uso más racional y eficiente de energía en la construcción de viviendas y desarrollos habitacionales, tomando en cuenta las variables que intervienen en la integración de proyectos ecosustentables, y verificar si estas variables son suficientes.

ÍNDICE

Contenido

| | |
|---|-----|
| Resumen | iii |
| Abstract | iv |
| Introducción | v |
| ÍNDICE | vi |
| ÍNDICE DE TABLAS | ix |
| ÍNDICE DE FIGURAS | x |
| CAPÍTULO I..... | 1 |
| CAPÍTULO I PROPÓSITO Y ORGANIZACIÓN | 2 |
| 1.1 Planteamiento del problema | 2 |
| 1.1.1 Impacto ambiental..... | 3 |
| 1.1.2 La vivienda eco-sustentable a nivel mundial | 6 |
| 1.1.3 La vivienda verde o eco-sustentable en América Latina..... | 8 |
| 1.1.4 Certificaciones internacionales existentes..... | 10 |
| 1.1.5 La vivienda eco-sustentable en México..... | 11 |
| 1.2 Justificación de la investigación..... | 15 |
| 1.2.1 Conveniencia | 15 |
| 1.2.2 Relevancia social | 16 |
| 1.2.3 Implicaciones prácticas | 18 |
| 1.2.4 Valor teórico..... | 20 |
| 1.2.5 Utilidad metodológica..... | 22 |
| 1.3 Objetivos de la investigación | 23 |
| 1.3.1 Objetivo general..... | 23 |
| 1.3.2 Objetivos específicos | 23 |
| 1.4 Preguntas de investigación | 23 |
| 1.4.1 Pregunta rectora | 23 |
| 1.4.2 Preguntas específicas..... | 23 |
| 1.5 Alcances y limitaciones del proyecto | 24 |
| 1.6 Viabilidad de la investigación..... | 25 |
| 1.7 Organización del estudio | 26 |
| CAPÍTULO II MARCO CONTEXTUAL..... | 28 |
| 2.1 Contexto de la vivienda eco-sustentable a nivel internacional | 28 |
| 2.2 Contexto de la vivienda eco-sustentable en México | 31 |

| | |
|--|-----|
| 2.3 Organismos públicos involucrados en la construcción de vivienda verde en México | 35 |
| 2.3.1 Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los trabajadores (INFONAVIT). | 36 |
| 2.3.2 Fondo de la Vivienda del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del estado (FOVISSSTE). | 41 |
| 2.3.3 Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI). | 42 |
| 2.3.4 Comisión Nacional para el uso eficiente de la Energía (CONUEE). | 44 |
| 2.4 Organismos privados involucrados en la construcción sustentable en México | 46 |
| 2.4.1 Asociación Vivienda y Entorno Saludable (VESAC). | 46 |
| 2.4.2 Asociación de empresas para el Ahorro de Energía en la Edificación (AEAE). | 46 |
| 2.4.3 Asociación Nacional de Fabricantes de Aparatos Domésticos A. C. (ANEAD). | 47 |
| 2.4.4 Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC). | 47 |
| 2.5 Certificaciones para vivienda eco-sustentable | 48 |
| 2.5.1 Certificaciones Internacionales. | 49 |
| 2.6 Programas Nacionales de fomento a la vivienda | 54 |
| 2.7 Indicadores de sostenibilidad ambiental | 62 |
| 2.7.1 Huella ecológica. | 63 |
| 2.7.2 Huella de Carbono. | 65 |
| CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO. | 69 |
| 3.1 Estrategias | 69 |
| 3.1.1 Estrategias de gestión. | 70 |
| 3.2 Sustentabilidad en la vivienda | 87 |
| 3.3. Impacto ambiental | 97 |
| 3.4 Sustentabilidad en el ámbito ecológico de la vivienda | 102 |
| 3.5 Análisis de autores y publicaciones | 103 |
| 3.5.1 Análisis de las principales publicaciones referentes a impulsores de la construcción de vivienda sustentable. | 105 |
| 3.5.2 Variables identificadas | 110 |
| 3.5.3 Sustentabilidad ambiental | 111 |
| 3.5.4 La sustentabilidad social | 111 |
| 3.5.5 Sustentabilidad económica | 112 |
| 3.5.6 Sustentabilidad política e institucional. | 112 |
| 3.6 Barreras de la construcción sustentable | 113 |
| 3.7 Modelo de estudio | 118 |
| 3.8 Operacionalización de las variables | 119 |
| 3.9 Formulación de hipótesis. | 124 |

| | |
|---|-----|
| 3.10 Hipótesis específicas derivadas del modelo de investigación | 125 |
| CAPITULO IV Metodología | 127 |
| 4.1 Diseño de la investigación | 127 |
| 4.2 Población y tamaño de muestra | 130 |
| 4.2.1 Población sujeta a estudio | 130 |
| 4.2.2 Cálculo de la muestra poblacional | 131 |
| 4.3 Instrumentos de recolección de datos | 132 |
| 4.3.1 validación del instrumento..... | 133 |
| 4.4 Resultados | 138 |
| 4.5 Discusiones y hallazgos | 145 |
| 4.6 Modelo de estudio | 151 |
| CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 157 |
| 5.1 Conclusiones de los objetivos específicos..... | 157 |
| 5.2 Conclusiones del objetivo general | 158 |
| 5.3 Consideraciones finales y recomendaciones..... | 159 |
| Referencias | 161 |
| Glosario de términos | 176 |
| Anexo A Base de datos de INFONAVIT | 178 |
| Anexo B. Instrumento de recolección de datos que se aplicó a la muestra | 182 |
| Anexo C. Validación del instrumento..... | 188 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| TABLA 1.1. IMPACTO AMBIENTAL DE LA VIVIENDA SIN MEDIDAS DE SOSTENIBILIDAD. | 5 |
| TABLA 1.2. POLÍTICAS SECTORIALES SOBRE DESARROLLO URBANO EN COLOMBIA. | 9 |
| TABLA 2.3. COSTOS DE CERTIFICACIÓN LEED PARA VIVIENDA..... | 50 |
| TABLA 2.4. COSTOS DE CERTIFICACIÓN BREEM PARA VIVIENDA. | 52 |
| TABLA 2.5. COMPARATIVA DE COSTOS DE CERTIFICACIONES..... | 54 |
| TABLA 2.6. NORMAS Y CERTIFICACIONES DE EDIFICACIÓN SUSTENTABLE EN MÉXICO. | 60 |
| TABLA 2.7. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CERTIFICACIÓN..... | 61 |
| TABLA 3.1. METODOLOGÍAS PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO..... | 74 |
| TABLA 3.2. NAMAS EXISTENTES EN MÉXICO, RELACIONADAS CON LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN..... | 77 |
| TABLA 3.3. DOCUMENTOS DE POLÍTICAS U OTROS ELEMENTOS PERTINENTES PARA INTEGRAR LAS NAMAS..... | 78 |
| TABLA 3.4. NORMAS OFICIALES MEXICANAS RELACIONADAS A LA VIVIENDA. | 79 |
| TABLA 3.5. CLASIFICACIÓN DE DESECHOS EN LA CONSTRUCCIÓN BRASILEÑA..... | 88 |
| TABLA 3.6. RELACIÓN DE AUTORES E IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES. | 96 |
| TABLA 3.7. PROPUESTAS DE AUTORES E IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES QUE INCIDEN EN EL IMPACTO AMBIENTAL. | 101 |
| TABLA 3.8. AUTORES, NÚMERO DE ARTÍCULOS PUBLICADOS Y NÚMERO DE CITAS..... | 104 |
| TABLA 3.10. BARRERAS A LA CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE..... | 108 |
| TABLA 3.11. VARIABLES ENCONTRADAS EN LA LITERATURA QUE ACTÚAN COMO IMPULSORES DE LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA SUSTENTABLE..... | 110 |
| TABLA 3.12. FACTORES POTENCIALES PARA ADOPTAR ESPECIFICACIONES VERDES..... | 113 |
| TABLA 4.1. DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS. | 132 |
| TABLA 4.2. CONFIABILIDAD DE LAS VARIABLES UTILIZADAS. | 136 |
| TABLA 4.3. CÁLCULO DE COEFICIENTES DE CORRELACIÓN. | 137 |
| TABLA 4.4. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS FINAL..... | 138 |
| TABLA 4.5. MATRIZ DE CORRELACIÓN..... | 140 |
| TABLA 4.6. DECISIONES SOBRE LAS HIPÓTESIS LAS HIPÓTESIS SOMETIDAS A PRUEBA. | 141 |
| TABLA 4.7. VARIABLES QUE INTERACTÚAN CON LA IMPLEMENTACIÓN SUSTENTABLE DE LA VIVIENDA, ORDENADAS DE MAYOR A MENOR CORRELACIÓN..... | 142 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| FIGURA 1.1. COMPROMISOS DE MÉXICO EN FAVOR DEL MEDIO AMBIENTE. | 16 |
| FIGURA 1.2. MATRIZ ENERGÉTICA DE MÉXICO..... | 20 |
| FIGURA 2.1. IMPACTO DE LAS CONSTRUCCIONES EN E.U..... | 30 |
| FIGURA 2.2 DIAGRAMA DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO PARA MÉXICO, 2013..... | 32 |
| FIGURA 2.3 EMISIONES DE CARBONO NEGRO EN 2015..... | 33 |
| FIGURA 2.4 REPORTE HISTÓRICO DE VIVIENDAS BAJO EL PROGRAMA SISEVIVE. | 34 |
| FIGURA 2.5 NÚMERO DE VIVIENDAS REGISTRADAS POR ENTIDAD FEDERATIVA. | 34 |
| FIGURA 2.6 CRÉDITOS FORMALIZADOS DE HIPOTECA VERDE AL MES DE JULIO DEL AÑO 2019..... | 37 |
| FIGURA 2.7 CRÉDITOS FORMALIZADOS Y CRÉDITOS DEL PROGRAMA HIPOTECA VERDE (1ER SEMESTRE 2019)..... | 40 |
| FIGURA 2.8 EMPRESAS DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN, QUE HAN FORMALIZADO HIPOTECA VERDE, AL PRIMER SEMESTRE DEL AÑO 2019. | 40 |
| FIGURA 2.9 TIPO DE SOLICITUD DE CRÉDITO, CON SUBSIDIO O SIN SUBSIDIO. | 41 |
| FIGURA 2.10. CONSIDERACIONES SOBRE VIVIENDA SUSTENTABLE DE LA CONAVI..... | 44 |
| FIGURA 2.11. CONDICIONES PARA CERTIFICACIÓN DE VIVIENDA SEGÚN CONUEE. | 45 |
| FIGURA 2.12. ARTICULACIÓN INSTITUCIONAL DENTRO DEL PROGRAMA SISEVIVE. | 47 |
| FIGURA 2.13. ESQUEMA OPERATIVO HIPOTECA VERDE. | 55 |
| FIGURA 2.14. HIPOTECAS VERDES AL 01 DE JULIO DEL AÑO 2019..... | 56 |
| FIGURA: 2.15. CRITERIOS DE EVALUACIÓN 2012, PROGRAMA: ESTA ES TU CASA. | 57 |
| FIGURA 2.16. ESQUEMAS DEL PROGRAMA ECO CASA..... | 58 |
| FIGURA 2.17. ESQUEMAS DEL PROGRAMA ECOCASA..... | 59 |
| FIGURA 2.18. BIOCAPACIDAD Y HUELLA ECOLÓGICA DE MÉXICO: 1961-2005. | 64 |
| FIGURA 2.19. HUELLA ECOLÓGICA Y HUELLA DE CARBONO DE LA HUMANIDAD. | 66 |
| FIGURA 2.20. EMISIONES DE CO ₂ E -MILLONES DE TONELADAS MÉTRICAS- PRODUCIDAS EN MÉXICO EN EL AÑO 2012 POR SECTOR. | 67 |
| FIGURA 3.1 TIPOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN GENERADOS A PARTIR DEL CICLO DE VIDA DEL PERÍODO DE CONSTRUCCIÓN. | 84 |
| FIGURA 3.2. ESQUEMA DEL PLAN INTEGRADO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN..... | 89 |
| FIGURA 3.3. ENFOQUES BASADOS EN BIM PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN..... | 90 |
| FIGURA 3.4. DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS PROCESOS EN EL CICLO DE VIDA DE LA VIVIENDA Y LÍMITES DEL SISTEMA..... | 94 |
| FIGURA 3.5. ELEMENTOS DEL DISEÑO DE EDIFICIOS ECOLÓGICOS..... | 100 |
| FIGURA 3.5 PROPUESTA METODOLÓGICA DE ESTUDIO..... | 118 |
| FIGURA 3.6 RELACIÓN ENTRE VARIABLES DE INVESTIGACIÓN..... | 124 |
| FIGURA 4.1 FASES DEL PROCESO CUANTITATIVO. | 127 |
| GRÁFICA 4.1. SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES..... | 142 |
| GRÁFICA 4.2 SISTEMA DRENAJE SEPARADO. | 143 |
| GRÁFICA 4.3 SISTEMA DE RECOGIDA DE AGUA PLUVIAL..... | 144 |
| GRÁFICA 4.4 CADENA DE SUMINISTRO..... | 144 |
| FIGURA 4.2 MODELO PROPUESTO..... | 152 |

CAPÍTULO I

PROPÓSITO Y ORGANIZACIÓN

CAPÍTULO I

PROPÓSITO Y ORGANIZACIÓN

En el presente capítulo, se presenta el planteamiento del problema que da pie a la investigación, exponiendo la situación actual en cuanto a los consumos de recursos energéticos actuales de las construcciones y se define qué es la construcción eco-sustentable y sus características. Se plantea la justificación de este trabajo, de acuerdo a su conveniencia, relevancia social e implicaciones prácticas. Se definen los objetivos tanto general como particulares, se plantean las preguntas de investigación que definirán el rumbo de la misma, así como los alcances y limitaciones. Se presenta la viabilidad del proyecto y la organización del estudio.

1.1 Planteamiento del problema

Es de suma conocido, que cada año se agravan los problemas de contaminación ambiental, la industria de la construcción no escapa a esta realidad, ya que la construcción de vivienda en México es un sector de suma importancia, de acuerdo a datos del INEGI, en el año 2010, en México se tenían en promedio 28.6 millones de casas habitación, y los datos de la encuesta intercensal 2015, indican más de 31.9 millones de viviendas.

Aún más significativo es el incremento en el consumo de energía y materiales per cápita en los últimos 50 años. En consecuencia, las emisiones mundiales de CO₂ y demás gases de efecto invernadero aumentarán, hecho que contrarrestará los avances del Protocolo de Kyoto. El consumo energético y de materiales, y el crecimiento poblacional y económico son el eje vertebral de la problemática ambiental mundial (Chávez, 2012).

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 (Ramírez, 2009).

Sin embargo, no muchos propietarios saben que sus casas se degradan y producen CO₂, aproximadamente de 10 a 30 toneladas anuales. Esto significa que nuestras casas son una de las causas del calentamiento global y la contaminación ambiental. Por lo tanto, el concepto de construcción ecológica para viviendas ecológicas es un esfuerzo alternativo para disminuir los efectos del CO₂. Esto significa aplicar las viviendas con un mínimo de energía, agua y recursos naturales que brinden una buena calidad del aire y reduzcan los desechos (Ezanee, 2015).

Según datos del año 2010, los edificios utilizan el 45% de la energía mundial y el 50% del agua. El 23% de la contaminación del aire, el 50% de la producción de gases de efecto invernadero, el 40% de la contaminación del agua y el 40% de los desechos sólidos en las ciudades son problemas ambientales causados por los edificios (Dixon, 2010 citado por Yilmaz, 2015).

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 CO₂ (Serpell, 2013).

1.1.1 Impacto ambiental

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 CO₂ que se producen, principalmente, como resultado del uso y combustión de energéticos como el carbón, el gas, el petróleo y la quema de

leña. Según información de la Agencia Internacional de Energía, el principal sector económico que ocasiona emisiones de GEI en el mundo es el sector energético, que contribuye con aproximadamente el 80% de las emisiones de GEI en el mundo. De igual manera, 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 (Fundación IDEA, 2013).

La construcción y ejecución de obras civiles o urbanísticas son uno de los factores que generan mayor impacto sobre el medio ambiente y, particularmente, sobre el cambio climático: agotan casi el 50% de los recursos naturales (Alavedra, et al., 1998), el 40% del consumo energético anual, el 38% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero y el 12% agua potable global (USAID, 2013). Por su parte, la expansión de las zonas urbanas genera mayor gasto de energía y reduce el área de suelo no urbanizado, importante para el equilibrio ecológico de las ciudades. Pese a estas cifras negativas, el sector de la construcción también es el sector con mayor potencial de contribución a la sostenibilidad de las ciudades a través de un uso eficiente de los recursos y de la reducción de sus impactos (Rodríguez-Potes et al., 2017).

El cambio climático y las emisiones de CO₂ son un desafío importante porque una amplia gama de cambios ambientales previstos asociados con el cambio climático tendrán un impacto directo o indirecto en la industria de la construcción. Sin embargo, los edificios pueden desempeñar un papel proactivo importante en nuestra lucha contra el cambio climático. Los edificios ecológicos tienen el potencial no solo de reducir la presión sobre la infraestructura y las emisiones de CO₂, sino que también contribuyen a la mejora de la calidad del aire, el bienestar social y una mayor seguridad energética. Los edificios sustentables pueden lograr reducciones de costos debido a la menor necesidad de iluminación, ventilación, calefacción y refrigeración, pueden incurrir en costos de capital ligeramente más altos debido a las características y sistemas adicionales incorporados en estos edificios, como la generación de energía en el sitio, la recolección de agua de lluvia o reciclaje de aguas residuales, etc. (Shahadat, 2013).

Desde la Cumbre de la Tierra celebrada en el año 1992 en Río de Janeiro, las partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático – CMNUCC- han desarrollado estrategias, políticas y medidas para mitigar el cambio climático y reducir sus respectivas emisiones de gases de efecto invernadero, tanto dentro como fuera del Protocolo de Kyoto. Se observó que el efecto de los gases de efecto invernadero ha causado que la temperatura promedio de la Tierra aumente en 0.74 °C durante el siglo pasado. Los climatólogos y los científicos ambientales dicen que, si la temperatura promedio de la Tierra aumenta en más de dos a tres °C debido al calentamiento global, podrían ocurrir cambios inmensos y la civilización humana podría enfrentar daños severos (Jeong, 2017).

Tabla 1.1. Impacto ambiental de la vivienda sin medidas de sostenibilidad.

| Concepto | Descripción |
|--|---|
| Consumo energético de la vivienda | 17.72% del total del consumo de energía eléctrica en México. |
| Emisión de gases | 32% del total de las emisiones de gas que producen el efecto invernadero. |
| Residuos | 36 millones de toneladas anuales de residuos urbanos en México. |
| Consumo de electricidad | 26% del consumo total de electricidad en el país. |
| Consumo de agua de la vivienda | 14.1% de agua potable en los Estados Unidos. |
| CO ₂ Industria de la construcción | 8.9% de las emisiones de CO ₂ |
| CO ₂ Sector residencial | 7% de las emisiones de CO ₂ |

Fuente: Secretaría de Energía, (2014), citado por Rodríguez et al., (2015).

De acuerdo a la publicación del World Resources Institute, el veintitrés de junio de dos mil quince, México se ubica en el lugar número nueve entre los primeros diez 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 (Badii, 2017).

Durante el desarrollo de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo - CMMAD- de las Naciones Unidas, presidida por la doctora Gro Harlem Brundtland, en el cual se presentó el informe “Nuestro Futuro Común”, conocido también como “Informe Brundtland”, se presenta la definición más aceptada sobre el desarrollo sustentable: “Desarrollo sustentable es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (CMMAD, 1987. Citado por: Badii, 2017).

Muchos países desarrollados y en vías de desarrollo han introducido herramientas de evaluación de construcción sostenible para evaluar edificios sustentables, como BREEAM en el Reino Unido, LEED en los Estados Unidos, Green Star en Australia, CASBEE en Japón, SBAT en Sudáfrica, GBI y MyCREST en Malasia, Green Mark en Singapur y el sistema de calificación Estidama -sostenibilidad- en Abu Dhabi (Whang & Kim, 2015).

1.1.2 La vivienda eco-sustentable a nivel mundial

En Kuwait, los edificios consumen alrededor del 40% de los recursos energéticos primarios del país. Estos edificios también utilizan una gran cantidad de agua, incluida el agua desalinizada en las centrales eléctricas. Este uso intensivo de los limitados recursos naturales del país y el daño causado por los productos de proyectos extensos de construcción están provocando un cambio hacia la construcción de edificios más sustentables. Se pueden hacer ahorros financieros sustanciales como resultado de la energía ahorrada por la construcción sustentable; sin embargo, alentar a los consumidores a limitar su consumo de energía es una tarea difícil en países como Kuwait, debido a la enorme subvención de electricidad del gobierno. El gobierno subsidia alrededor del 85% del costo de la electricidad. En Kuwait, el movimiento verde todavía está en su infancia, con proyectos sustentables en su mayoría en la etapa pionera. Hasta ahora, solo un proyecto de construcción ha logrado la calificación LEED Gold del Consejo de Construcción Verde de EE. UU., (Alsanad, 2015).

En Canadá, de acuerdo a Cervantes (2016), las edificaciones son responsables de:

- 33% del consumo total de energía.
- 50% del uso de recursos naturales.
- 12% de consumo de agua no industrial.
- 25% de los desechos destinados a rellenos sanitarios.
- 10% de las partículas suspendidas.
- 35% de los gases de efecto invernadero.

En la industria de la construcción de Estados Unidos, los edificios son responsables del

- 41% del consumo total de energía.
- 73% de los consumos de electricidad.
- 9% de las emisiones de CO₂.

Por lo tanto, las partes interesadas en la industria de la construcción han adoptado el concepto de sustentabilidad en todas las actividades de construcción. Para lograr los objetivos de sustentabilidad en el sector de la construcción, el diseño ecológico y los principios de construcción ofrecen una forma para que la industria de la construcción introduzca numerosos beneficios, entre los que se incluyen una mejor eficiencia energética, una mejor calidad ambiental interior, una mayor salud y productividad de los ocupantes, y la minimización del uso de recursos en el proceso de construcción y durante toda la vida útil del edificio (Yong, 2016).

El impacto es especialmente profundo en lo que respecta a las emisiones de gases de efecto invernadero. Cada año, la energía consumida por los edificios en América del Norte ocasiona la liberación a la atmósfera de más de 2,200 megatoneladas de dióxido de carbono -MtCO₂-, alrededor de 35% del total de la región. Actualmente, cientos de plantas carboeléctricas -una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero- están en proceso de desarrollo en Estados Unidos.

1.1.3 La vivienda verde o eco-sustentable en América Latina

El gobierno cubano ha venido enfrentando el problema de vivienda, incrementado en los últimos años por los fenómenos meteorológicos que han azotado a la Isla. A partir del año 2007, se enfrenta a la apremiante necesidad de ofrecer soluciones respecto a cómo rehabilitar o reponer más de un millón de viviendas afectadas por 10 huracanes de gran intensidad y otros fenómenos ocurridos en el periodo 2001-2008 que las han dañado seriamente o las han destruido (Arce, 2011).

La sostenibilidad en la construcción de viviendas en Cuba, es posible si se abandonan los modelos de gestión, la lógica rígida en la toma de decisiones por otra más flexible, considerando en esta fórmula la transición del pensamiento lineal al pensamiento complejo (Arce, 2011).

En Chile, la producción total de la industria de la construcción se estima que aporta un promedio del 7.8% del PIB nacional, representa un 8.46% de los empleos y un 34% de la generación de residuos sólidos. Asimismo, el 33% de las emisiones de gases efecto invernadero -GEI- son generadas por el sector residencial - público - comercial, ligado íntegramente a edificaciones. Este mismo sector es responsable, si sólo consideramos la etapa de operación, del 26% del uso final de energía en el país. Finalmente, el agua potable sanitaria, que se utiliza principalmente en edificaciones, corresponde a un 6% de los usos consuntivos de los recursos hídricos (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2013).

En el año 2017, Colombia tenía 49.29 millones de habitantes, una tasa de crecimiento del 12% anual y un producto interno bruto -PIB- per cápita de 6,056.15 en el año 2015. La industria de la construcción en Colombia consume el 40% de la energía y el 60% de los materiales extraídos de la tierra, genera el 30% de CO₂ y el 40% de los residuos (Rodríguez-Potes, 2004).

En Colombia, se han creado algunas políticas sectoriales en favor del medio ambiente, manejo eficiente del agua, aire, energía y manejo de residuos sólidos:

Tabla 1.2. Políticas sectoriales sobre desarrollo urbano en Colombia.

| | |
|------------------------------------|---|
| Ambiente | <p>Política de gestión Ambiental Urbana (2008).</p> <p>Política de Producción y Consumo Sostenible (2010).</p> <p>Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (2012).</p> <p>Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas (POMCAs).</p> |
| Agua | <p>CONPES 3343 de 2005. Lineamientos y estrategias de desarrollo sostenible para los sectores de agua, ambiente y desarrollo sostenible.</p> <p>CONPES 3383 de 2005. Plan de desarrollo del acueducto y alcantarillado.</p> <p>CONPES 3550 de 2008. Lineamiento para la formulación de política integral de salud ambiental con énfasis en los componentes de calidad de aire, calidad de agua y seguridad química.</p> <p>Política Nacional de Gestión Integral de Recurso hídrico (2010).</p> |
| Aire | <p>CONPES 3343 de 2005. Lineamientos y estrategias de desarrollo sostenible para los sectores de agua, ambiente y desarrollo territorial.</p> <p>CONPES 3344 de 2005. Lineamientos para la formulación de políticas de prevención y control de la contaminación del aire.</p> <p>CONPES 3350 de 2008. Lineamiento para la formulación de política integral de salud ambiental con énfasis en los componentes de calidad de aire, calidad de agua y seguridad química.</p> |
| Energía | <p>CONPES 3343 de 2005. Lineamientos y estrategias de desarrollo sostenible para los sectores de agua, ambiente y desarrollo territorial.</p> |
| Residuos líquidos y sólidos | <p>CONPES 3343 de 2005. Lineamientos y estrategias de desarrollo sostenible para los sectores de agua, ambiente y desarrollo territorial.</p> <p>CONPES 3177 de 2002. Acciones prioritarias y lineamientos.</p> |
| Clima | <p>CONPES 3242 de 2003. Estable la estrategia institucional para la venta de servicios ambientales de mitigación del cambio climático.</p> <p>CONPES 37000 de 2011. Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia.</p> <p>Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (2012).</p> |

Fuente: Padilla (2018).

En el Ecuador, el 50% de las familias no poseen vivienda o habitan en viviendas inadecuadas, en donde la precariedad de los materiales y la falta de acceso a infraestructura son los aspectos más notorios. En cuanto a la demanda de recursos, el sector residencial consume el 36.79% de la energía a nivel nacional, siendo uno de los sectores de mayor demanda y su tendencia para el año 2020 indica que esta situación no variará. En lo que respecta a los impactos ambientales, en este país, el manejo de desechos se ha vuelto crítico. De los 221 municipios, tan solo 61 municipios presentan un manejo de sus desechos parcialmente controlado, lo que genera una gran contaminación de suelo, agua y aire, con la consiguiente afección a la salud de la población. Problemas en la calidad de aire por el incremento considerable de algunos contaminantes como CO₂, NO_x y SO_x, se presentan en donde existen grandes concentraciones de población urbana, como es el caso de Quito, Guayaquil y Cuenca, en donde el sector residencial es el segundo contribuyente de emisiones de contaminantes (Quesada et al., 2018).

1.1.4 Certificaciones internacionales existentes

La iniciativa internacional más exitosa para la promoción de construcciones ecológicas en América Latina es el Sistema de Certificación de Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental -LEED-, administrada por el World Green Building Council -WGBC-. El Consejo es una organización sin fines de lucro compuesto por profesionales de bienes raíces que apoyan las construcciones costo-eficientes y ahorradoras de energía en todo el mundo. El grupo ha crecido rápidamente y se han establecido consejos locales en cinco países de América Latina en los últimos ocho años: México (2005), Brasil (2007), Argentina (2009), Colombia (2009) y Perú (2011), (Cesano, 2015).

En México, la conciencia de educación ambiental sobre desarrollo sustentable es un concepto que ha tardado en aplicarse de manera eficaz, pese a que México ha participado sumándose a diversas causas internacionales, suscribiendo algunos acuerdos como el “Convenio sobre Diversidad Biológica”; la “Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático” y su “Protocolo de Kyoto”; el

“Convenio de Estocolmo”, sobre contaminantes orgánicos persistentes; el “Protocolo de Montreal”, que trata de las sustancias que agotan la capa de ozono; la “Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación”; la “Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres”; los “Objetivos del Milenio” de la Organización de las Naciones Unidas, y el ya mencionado “Acuerdo de París”, entre otros, las medidas ahí generadas no han generado el impacto esperado (Badii, 2017).

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 (García, 2015).

1.1.5 La vivienda eco-sustentable en México

De acuerdo a datos del Instituto Nacional de Ecología (2009) y CONAVI, del total de emisiones de CO₂ en México, el sector residencial es responsable del 7.0% de ellas, mientras que las industrias de cemento, hierro y acero -intrínsecamente ligadas al sector de la construcción- equivalen a 8.9% de éstas (Molina, 2012).

México ha adoptado algunas medidas con el objeto de impulsar el desarrollo sustentable de vivienda, éstas, son acciones voluntarias adoptadas por países emergentes para reducir las emisiones de GEI, estas acciones fueron formuladas dentro del Plan de Acción de Bali, adoptado en el año 2007 en el marco de la Conferencia de las Partes 13 -COP13- de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático -CMNUCC- y la tercera Reunión de las Partes del Protocolo de Kioto -CMP3-. Son conocidas como: Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas -Nationally Appropriate Mitigation Actions, NAMA-, (INECC, 2018).

En México, la gente pasa cerca del 85% de su tiempo dentro de los edificios. Un diseño pobre y malos métodos de construcción pueden tener efectos significativos

en la salud de los edificios y de sus ocupantes, dando lugar a edificios caros de mantener, en los que difícilmente se alcanza el confort (Cervantes, 2016).

El sector vivienda, consume alrededor del 19% de la energía que produce el país y, junto con los sectores comercio, servicios y público, acumula el 23% del consumo energético en México. De este 23%, sólo la vivienda consume el 83%. Las ciudades son las responsables de entre un 60% y un 80% de la emisión de Gases de Efecto Invernadero -GEI-. (Inzunsa, 2011).

El resultado de diversos estudios arroja datos que aseguran que los edificios residenciales y comerciales consumen de 20 a 40 por ciento del total de la energía, contribuyendo con un 9.9 y 5.4 por ciento, respectivamente de las emisiones mundiales, por ejemplo, en México, de las emisiones totales de CO₂ que contribuyen con 7.6 y 3.5 por ciento, respectivamente (Arce & Alves 2011).

De acuerdo a Morillón (2012), los impactos por vivienda en México son:

- Consumo del 16.5% de la energía producida.
- Consumo del 63% del gas LP, (128 Kg de gas LP anualmente por vivienda).
- Consumo del 25% de la electricidad (2.397 Mwh/año)
- Consumo del 99.26% de leña (6.2 toneladas/año por vivienda)
- Generación de 7.64% de las emisiones de gases efecto invernadero por el uso de energía (1.89 toneladas de CO₂ anuales por vivienda).
- Generación del 77% de basura (1.67 toneladas anuales).

Es por esta razón, que se hace necesario desarrollar estrategias que permitan fomentar un uso más racional y eficiente de energía en la construcción de viviendas y desarrollos habitacionales.

Una de estas estrategias es la construcción de vivienda sostenible, sustentable o también llamada eco-sustentable o vivienda verde. Como menciona Cervantes (2016):

“Un cambio en el modo de diseñar, construir, mantener y demoler edificios - y su entorno-, permitirá establecer una situación de mejora en las

prestaciones ambientales, económicas y sociales de pueblos y ciudades y en la calidad de vida de sus habitantes”.

La definición de “Desarrollo Sustentable”, ha pasado por un proceso de evolución largo y complejo, pero mundialmente ha sido acogido el concepto presentado en el informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas, que lleva por título “Nuestro Futuro Común” (1987), conocido como informe Brundtland (Quesada et al., 2018).

La construcción sustentable se puede definir como aquella que, teniendo especial respeto y compromiso con el medio ambiente, implica el uso eficiente de la energía y del agua, los recursos y materiales no perjudiciales para el medioambiente, resulta más saludable y se dirige hacia una reducción de los impactos ambientales (Ramírez, 2009).

En este punto, podemos hacer mención entre la diferencia de desarrollo sostenible y desarrollo sustentable.

El concepto de sustentabilidad suele ser confundido con la definición de desarrollo sostenible, sin embargo, Edwards (2010, citado por Herrera, 2016, p. 30), define la sustentabilidad como:

“Un proceso en donde se involucran los aspectos ecológicos, sociales, económicos y culturales”.

De acuerdo con las Naciones Unidas, la diferencia que existe entre desarrollo sostenible y desarrollo sustentable es que el desarrollo sustentable es el proceso por el cual se preserva, conserva y protege solo los recursos naturales para el beneficio de las generaciones presentes y futuras sin tomar en cuenta las necesidades sociales, políticas ni culturales del ser humano, mientras que el desarrollo sostenible es el proceso mediante el cual se trata de satisfacer las necesidades económicas, sociales, de diversidad cultural y de un medio ambiente sano de la actual generación, sin poner en riesgo la satisfacción de las mismas a las generaciones futuras (Diario Gramma, 2013).

Es por esto, que, en la presente investigación, se utilizará sustentable en lugar de sostenible.

Las propuestas para desarrollo de sistemas globales -tal es el caso de LEED, BREEAM, entre otros-, que al parecer son beneficiosas para el mercado inmobiliario y las empresas transnacionales, poseen el riesgo de simplificar y unificar aspectos complejos de la evaluación por su necesidad de aplicación a diferentes contextos. Es decir, siempre estará presente el peligro de homologación y reducción de la sensibilidad al reconocimiento y la promoción de estrategias apropiadas a diseños regionales. De esta manera, la inapropiada importación intercultural de determinadas técnicas y estrategias, puede ser perjudicial para una apropiada evaluación (Quesada et al., 2018).

Es importante que los métodos de evaluación sean más transparentes y para lograr una verdadera evaluación de la sostenibilidad en la edificación residencial, es también necesario trabajar en la integración de todas las dimensiones de la sostenibilidad y sus interrelaciones. La evaluación no solo se debe centrar en temas ambientales, se debe además cubrir temas sociales y económicos, sobre todo en el caso de la vivienda, en que estas temáticas tienen fuertes repercusiones (Quesada, 2014).

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 (Bautista, 2017).

Comparadas con el sistema constructivo tradicional, las prácticas de la construcción sustentable conllevan grandes beneficios ambientales, económicos y sociales para todos los grupos involucrados: el país, el gobierno, el desarrollador o constructor, usuario o propietario y la comunidad (García et al., 2015).

Los beneficios de la edificación sustentable están bien documentados. El US Green Building Council -USGBC-, 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 (Cervantes 2016).

1.2 Justificación de la investigación

Para poder justificar debidamente el presente proyecto de investigación, es necesario primero analizar la conveniencia, su relevancia social además de las implicaciones prácticas del mismo, como se menciona a continuación:

1.2.1 Conveniencia

La conveniencia de la presente investigación, estriba en el hecho de que, de acuerdo a García (2015), debido al gran impacto de la industria de la construcción en el medio ambiente, la tendencia de la construcción sustentable a nivel mundial es una gran necesidad, y 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.

Por otro lado, de acuerdo a los datos de la Encuesta Intercensal del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática -INEGI- 2015, al 15 de marzo del año 2015, el número de viviendas en México era de 31,949,709, con una tasa de crecimiento de 2.4, de continuar con esta tendencia, para el año 2020, se tendría que el número de viviendas habitadas será de 35,972,174. Y debido al crecimiento de la población, se estima que, para el año 2050 se construirán 7,000,000 de viviendas, mismas que generarán una emisión de 25 millones de toneladas de GEI -Gases de Efecto Invernadero-. Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI, 2018).

Figura 1.1. Compromisos de México en favor del medio ambiente.



Fuente: Comisión Nacional de Vivienda (2018).

En el marco de la reunión con la Alianza Global para los Edificios y la Construcción -GABC-, México se comprometió a impulsar la construcción sustentable y de esta forma reducir a la mitad, las emisiones de CO₂ para el año 2050, sumándose a la reducción de la temperatura global en 2°C.

De lo anteriormente expuesto, se deduce la conveniencia de gestionar alternativas para la creación de viviendas sustentables que hagan factible la construcción de viviendas y edificaciones que permitan reducir tanto sus costos iniciales, como sus costos de operación, enfocado al aspecto ambiental.

1.2.2 Relevancia social

El gran aumento de población, ha originado que cada vez, los consumos de energía eléctrica, servicios de agua potable, drenaje y los recursos naturales no renovables, sean mayores, lo que ocasiona un gran impacto ambiental, gran parte de este aumento es debido a la industria de la construcción, ya que “las viviendas son las responsables de, aproximadamente, un siete por ciento de las emisiones de Gases

de Efecto Invernadero, representando a nivel nacional 49 MtCO₂ por año”, (CONAVI 2013).

Algunos ejemplos de construcción sustentable en México:

- **La Torre KOI:** Torre de 279.5 m, con oficinas y departamentos, construida dentro del complejo VAO en el sector Valle Oriente de San Pedro, Garza García de Nuevo León. Cuenta con la certificación LEED Plata -sigla de Leadership in Energy & Environmental Design-, ya que cumple con prerequisites de comportamiento energético, fachada de doble cristal con capas metálicas para detener la incidencia de rayos solares, logrando una ganancia térmica de solo 20% (reducción de consumo energético). Cuenta con una planta de tratamiento de agua, que permite un ahorro de agua del 30%.
- **Edificio Dos Patios:** Ubicado en la Ciudad de México, cuenta con iluminación con focos LED, que disminuyen en un 30% el consumo de energía eléctrica, planta de tratamiento de aguas residuales que permite reducir en un 20% el consumo de agua. Fue la primera construcción en México en recibir una doble certificación LEED.
- **Torre Reforma:** Referente en materia de sustentabilidad en América Latina, tiene una certificación LEED Platino debido al manejo eficiente de recursos: 24% de ahorro de energía, 30% de ahorro en consumo de agua, tratamiento de aguas residuales, 20% de materiales reciclados, iluminación natural en alto porcentaje de zonas ocupadas, disminución de la emisión de CO₂ gracias a su estacionamiento automatizado.
- **Biblioteca Vasconcelos:** ubicada en el centro de la Ciudad de México, cuenta con un jardín botánico que funciona como un respiradero de la Cd., aprovecha al máximo la iluminación natural con sus grandes ventanales, además de los enormes jardines que lo rodean con 60,000 ejemplares de 168 especies de árboles, arbusto y plantas herbáceas.
- **Container City:** Concepto de ciudad dentro de otra ciudad, ubicado en San Andrés Cholula, Puebla, es un espacio hecho con contenedores de transporte

reciclados, en un espacio de aproximadamente 500 metros cuadrados, la mayor parte de la construcción está hecha con materiales reciclados -tuberías, pisos y decoraciones-.

La relevancia social de esta investigación, radica en el hecho de que:

- La industria de la construcción es un sector clave para el desarrollo sustentable debido a su estructura socioeconómica. y el impacto ambiental. La industria de la construcción influye en el desarrollo socioeconómico (Serpel, 2013).
- De acuerdo a la investigación desarrollada por la Dirección de Análisis Sectorial y Desarrollo de Negocios de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, (SHCP, 2018), el sector de desarrolladores de vivienda, es uno de los motores de la economía nacional, al representar en el año 2017, alrededor del seis por ciento del Producto Interno Bruto.
- La edificación sustentable es un sector detonante contemplado en los Programas Especiales de Cambio Climático y Producción y Consumo Sustentable, que contribuye a elevar la productividad del país mediante el impulso al crecimiento verde, que vincula la sustentabilidad ambiental con costos y beneficios sociales (Sánchez, 2017).

Al gestionar alternativas para la construcción de vivienda sustentable, el presente estudio, generará beneficios para los consumidores de vivienda de interés social, así como para las empresas del ramo de la construcción que se dediquen a este tipo de vivienda, se contribuirá también a la reducción del deterioro ecológico.

1.2.3 Implicaciones prácticas

En América Latina las construcciones consumen 21% de las aguas tratadas y 42% de electricidad, y producen 25% de las emisiones de CO₂ y 65% de residuos. Las

construcciones ecológicas son estructuras ambientalmente responsables y eficientes en el uso de los recursos durante su ciclo de vida. Al hacer la transición a edificios ecológicos, el sector podría ahorrar hasta un 50% en el consumo de energía, el uso de agua hasta en un 40%, reducir emisiones de dióxido de carbono -CO₂- en un 39%, y residuos sólidos hasta en un 70%. Asimismo, reducirían sus costos operativos, mejorando la productividad del ambiente de trabajo y usando materiales sustentables (Cesano, 2015).

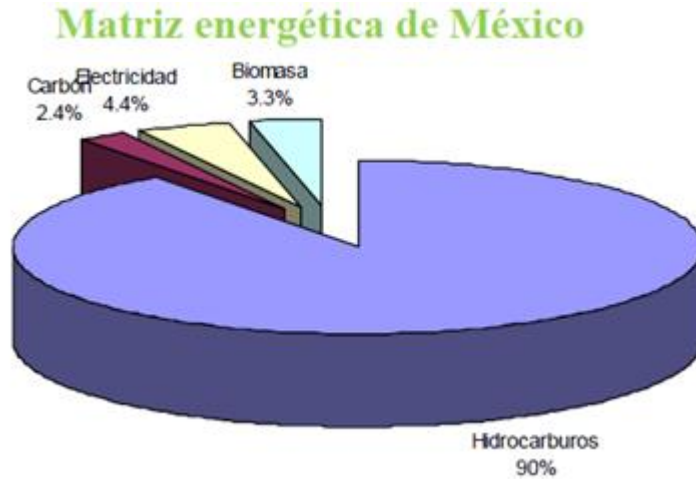
Los beneficios que se obtienen con la edificación ecológica, de acuerdo a (Sánchez, 2017) son entre otros:

- Elevar la productividad del país mediante el impulso al crecimiento verde, que vincule la sustentabilidad ambiental con costos y beneficios sociales.
- Implementar un desarrollo que vincule la sustentabilidad ambiental con costos y beneficios para la sociedad.

El consumo excesivo de energía como consecuencia de un mal diseño en la vivienda es causa de emisiones de CO₂ injustificables de gases de efecto invernadero. Sus repercusiones son además a largo plazo, por lo que es preciso crear y aplicar políticas públicas tendientes a la sustentabilidad de la vivienda en nuevos programas. Vale la pena considerar como ejemplo, que una vivienda mal diseñada en zonas cálidas registrará al menos un consumo adicional de 1,000 kWh al año, lo que representa cerca de 600 kg de CO₂ liberados innecesariamente a la atmósfera. Dado que la mitad de los usuarios domésticos de energía eléctrica se encuentran en zonas cálidas, si se continúan omitiendo criterios de diseño ambiental, se generará un consumo en exceso de 500 millones de kWh, equivalentes a 300 mil toneladas de CO₂ emitidas a la atmósfera de manera ineficiente (CONAVI, SEMARNAT, 2008).

En la figura 1.2, se presenta una gráfica comparativa de consumo energético en México.

Figura 1.2. Matriz energética de México.



Fuente: Morillón (2012).

Este modelo de alternativas será de utilidad para aquellas empresas de la industria de la construcción que realicen edificación de vivienda sustentable, tomando en cuenta, además, las normativas actuales en la materia. La presente investigación pretende contribuir al desarrollo de la vivienda ecológica y, así colaborar a fomentar la sustentabilidad ambiental en materia de construcción de vivienda de interés social.

1.2.4 Valor teórico

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

- 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 América latina, y en especial en México. Además de investigar cuáles son las variables que intervienen en la integración de proyectos ecosustentables, y verificar si estas variables son suficientes.

Para que una construcción tenga características y beneficios de alto rendimiento y se considere como sustentable, se requiere de las siguientes actividades de diseño, construcción y operación (Kreible, 1999):

- Eficiencia Energética / Recursos de Energía Limpia.
- Ambiente interior mejorado.
- Reducción de recursos económicos y financieros en el proceso constructivo.
- Prevención de contaminación y reciclaje.
- Gestión de recursos de operaciones de construcción, mediante la utilización de tecnología de vanguardia.

En la República Mexicana, existen algunas iniciativas estatales en cuanto a normatividad de vivienda eco-sustentable (Morillón, 2012):

- Guanajuato: con leyes y normas
- Gobierno del Distrito Federal: Norma para uso obligatorio de calentadores solares (Edificios de uso comercial).
- Nuevo León, Gobierno del Estado: con Programa para vivienda sustentable.
- Tamaulipas, Gobierno del Estado: Programa para vivienda sustentable.
- Querétaro: Iniciará programa para vivienda sustentable.
- Jalisco: Guías, proyecto piloto de techos verdes y por iniciar desarrollo urbano sostenible.
- Chiapas, Gobierno del Estado: Ciudad rural sustentable.
- Baja California: programas para el ahorro de energía y uso de energías renovables en la vivienda.

Construcción de viviendas bioclimáticas y sustentables en México (Morillón, 2012):

- Tlaxcala: Colonia semirural (70').
- San Luis Potosí, La Paz B.C., Chihuahua: prototipos de INFONAVIT (80').
- Guadalajara: Vivienda bioclimática en la U de G (80').
- Cd. Juárez Chihuahua: Fraccionamiento Hacienda de las Torres.
- D.F. y Cuernavaca: Fraccionamiento (98).
- Hermosillo: Colonia CEMEX (99).
- Colima: 2 fraccionamientos (94).
- Guadalajara: Techos verdes (2007-2008).
- ICA: vivienda bioclimática (2002).
- URBI: vivienda bioclimática (2004).
- GEO: vivienda sustentable (2004-2010).

Sin embargo, al momento de realizar la presente investigación, no se encontraron proyectos o desarrollos de vivienda sustentable en el Estado de Puebla.

Esta investigación generará un modelo teórico, para la construcción de vivienda de tipo medio eco-sustentable, en especial para la ciudad de Puebla, pero que puede ser replicado en otros estados de la República Mexicana cuyas características bioclimáticas sean similares.

1.2.5 Utilidad metodológica

El propósito de esta investigación, es la generación de alternativas para la construcción de vivienda sustentable, para el desarrollo de vivienda unifamiliar, aplicable a la ciudad de Puebla y que pueda ser replicable a otras entidades con características bioclimáticas similares.

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

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.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar el sector de la vivienda, sus ventajas competitivas y su coherencia con los procedimientos de certificación.
- Identificar las principales variables que impactan en los requerimientos de la generación de vivienda sustentable.
- Modelar la interacción entre las variables previamente analizadas enfocando la metodología *ad-hoc* para impactar en la mitigación del deterioro ecológico.

1.4 Preguntas de investigación

1.4.1 Pregunta rectora

¿Las actuales metodologías para medir y mejorar la construcción de vivienda eco-sustentable que se aplican en la República Mexicana, conducen a la mitigación de efectos contaminantes?

1.4.2 Preguntas específicas

- ¿Cuál es el estatus que guarda la vivienda verde o sustentable en México?
- ¿Qué efectos ecosustentables se han detectado en México?

- ¿El futuro en la generación de vivienda verde, es sustentable?
- ¿La evaluación de proyectos ecosustentables requiere de otras variables de estudio?
- ¿El desarrollo de vivienda eco-sustentable en países de primer mundo son replicables en países en vías de desarrollo?
- ¿Las certificaciones internacionales existentes conducen a la mitigación en el deterioro ecológico?

1.5 Alcances y limitaciones del proyecto

El presente trabajo de investigación, es el resultado del seguimiento de la tesis denominada: “Propuesta de un modelo para generar el valor agregado en el desarrollo de vivienda eco-sustentable en zonas bioclimáticas frías” del Dr. en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología: Ernesto Adrián Díaz Montagner, de fecha diciembre del año 2017.

Se pretende generar un modelo para gestionar alternativas para la construcción de vivienda sustentable que pueda tener aplicación en los estados de Puebla y Tlaxcala.

Este modelo será de utilidad para aquellas empresas de la industria de la construcción que realicen edificación de vivienda sustentable, tomando en cuenta, además, las normativas actuales en la materia.

El análisis de campo se realizará durante el periodo otoño del año 2020. Se entrevistará y realizarán encuestas a personal del área de la construcción (directivos y mandos medios), limitándose a empresas constructoras de Puebla y Tlaxcala y zona conurbada. Se entrevistará, además, a miembros de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (Delegación Puebla), y miembros del Colegio de Ingenieros Civiles de Puebla.

Delimitación de tiempo: La presente investigación, se realizará durante los periodos de primavera del año 2019 a verano del año 2020 (16 meses), iniciando en la materia de Protocolo Doctoral y terminando en la materia de Tesis IV.

Delimitación de espacio físico-geográfico. Como se ha mencionado anteriormente, esta investigación se realizará con empresas del ramo de la construcción ubicadas en la Ciudad de Puebla y que se dedican a la construcción de vivienda de tipo medio. Se pretende gestionar alternativas para la construcción de vivienda sustentable que pueda tener aplicación en la zona centro de la República Mexicana, particularmente en la ciudad de Puebla.

Como limitaciones del presente trabajo, este se enfocará exclusivamente a la ciudad de Puebla, debido a las características bioclimáticas propias de la región. Además, debido a la gran cantidad de empresas constructoras que existen en la zona, se limitará también a aquellas empresas del ramo de la construcción que realicen edificaciones de vivienda de tipo medio para el INFONAVIT, ya que esto permitirá acotar la muestra poblacional. Actualmente este tipo de empresas constructoras, de acuerdo a datos del INEGI, representan más del 10% de la generación de vivienda.

1.6 Viabilidad de la investigación

El presente trabajo de investigación, pretende gestionar alternativas para la construcción de vivienda sustentable, mediante la mitigación de efectos contaminantes y reducción de recursos de alto impacto, por lo cual se trata de una investigación original que a la fecha no ha sido realizada, y utilizará como base, trabajos previamente publicados ya sea por investigadores, organismos privados y públicos así como por el sector gubernamental, enfocados al tema de vivienda verde o vivienda eco-sustentable.

Se pretende, llenar un vacío que actualmente existe en este campo de estudio, y que cuyos resultados sean de interés tanto a las empresas de la industria de la construcción que se dediquen a la generación de vivienda de interés social, como a las entidades del sector gobierno que están directamente involucradas con este problema en particular.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, se concluye que es factible realizar la presente investigación, ya que, además no se requieren recursos financieros o

materiales para llevar a cabo la fase de recolección de información y/o aplicación de entrevistas o cuestionarios.

En una revisión analítica de la literatura existente, realizada en bases de datos indexadas, se concluye que existe suficiente información, tanto de fuentes primarias como secundarias para llevar a cabo este trabajo.

1.7 Organización del estudio

Esta investigación se organiza de acuerdo a los siguientes capítulos:

Capítulo 1 Propósito y organización

Capítulo 2 Marco contextual

Capítulo 3 Marco teórico

Capítulo 4 Metodología

Capítulo 5 Conclusiones y recomendaciones

CAPÍTULO II

MARCO CONTEXTUAL

CAPÍTULO II

MARCO CONTEXTUAL

La construcción, además de ser indispensable para el desarrollo de la sociedad, es también uno de los principales responsables de residuos, contaminación, transformación del entorno y uso inadecuado de recursos naturales (energía, agua, etc.). Cada uno de los edificios y casas que habitamos produce una huella ecológica sobre el planeta. Su construcción, operación y, eventualmente, su demolición, consumen una gran cantidad de recursos y producen muchos residuos contaminantes. Se calcula que el sector residencial y de oficinas, a nivel mundial, consume el 40% de energía, 30% de emisiones de carbono CO₂ que van a la atmósfera, 50% materias primas, 40% de desperdicios y 20% de agua potable (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2012, citado por Gordillo, 2017).

2.1 Contexto de la vivienda eco-sustentable a nivel internacional

Según el WGBC (World Green Building Council) 2008, el sector de la construcción, a nivel mundial, es aquel que más potencial tiene para reducir sus impactos negativos al medio ambiente, ya que con pequeños cambios, que no incurren en grandes costos de producción, serían suficientes para reducir en promedio, un 30% el consumo de energía, 35% las emisiones de carbono CO₂, hasta un 50% el consumo de agua, además de generar ahorros del 50% al 90% en el costo de la disposición de desechos sólidos (Peraza, 2014).

Susunaga (2014), menciona que, los proyectos sustentables tienen como objetivo común la reducción de su impacto en el ambiente y un mayor bienestar de sus ocupantes, cita algunos elementos clave para lograr edificaciones sustentables:

- Gestión del ciclo de vida, tanto de las edificaciones como de los materiales y componentes utilizados.
- Mayor calidad de la relación de la edificación con el entorno y el desarrollo urbano.
- Uso eficiente y racional de la energía.

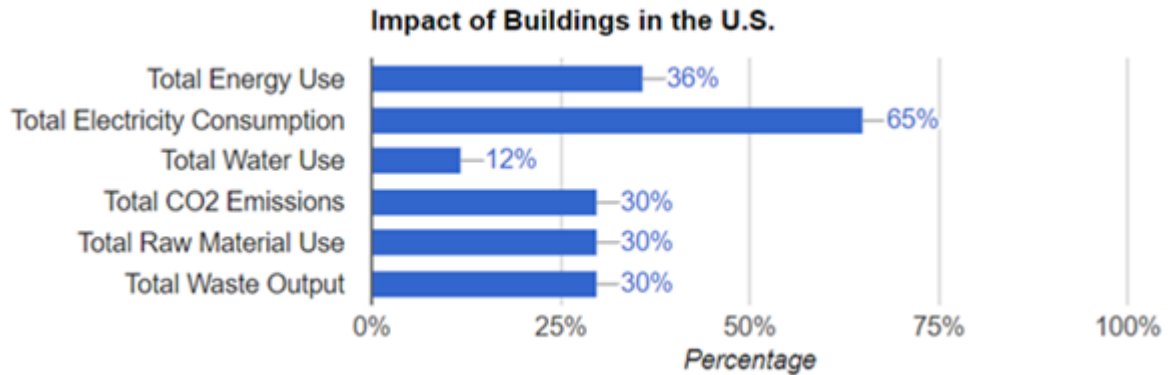
- Conservación, ahorro y reutilización del agua.
- Utilización de recursos reciclables y renovables en la construcción y en la operación, y prevención de residuos y emisiones.
- Selección de insumos y materiales derivados de procesos de extracción y producción limpia.
- Mayor eficiencia en las técnicas de construcción.
- Creación de un ambiente saludable y no tóxico en los edificios.
- Cambio de hábitos de personas y comunidades en el uso de las edificaciones para reducir su impacto en la fase operacional e incrementar su vida útil.

En el año 2008, en Minneapolis, EUA, por acuerdo del Consejo Internacional de Códigos -ICC-, se definieron los siguientes elementos ambientales para la edificación sustentable (Morillón, 2012):

- Soluciones sustentables para el sitio y el suelo.
- Soluciones para la conservación del agua.
- Soluciones para la eficiencia energética
- Soluciones para mitigar efectos ambientales desde el origen de los materiales.
- Soluciones para garantizar la calidad ambiental en los interiores de los edificios.
- Soluciones con innovación.

Los edificios utilizan recursos -energía, agua, materias primas, etc.-, generan residuos -ocupantes, construcción y demolición-, emiten emisiones atmosféricas potencialmente dañinas y cambian fundamentalmente la función de la tierra y la capacidad de esa tierra para absorber y captar agua en el suelo. Los propietarios, diseñadores y constructores de edificios enfrentan desafíos únicos para satisfacer las demandas de instalaciones nuevas y renovadas que sean accesibles, seguras, saludables y productivas, al tiempo que minimizan cualquier impacto negativo sobre la sociedad, el medio ambiente y la economía (WBDG, 2014).

Figura 2.1. Impacto de las construcciones en E.U.



Fuente: WBDG, 2014.

Comparadas con el sistema constructivo tradicional, las prácticas de la construcción sustentable, conllevan grandes beneficios ambientales, económicos y sociales para todos los grupos involucrados: el país, el gobierno, el desarrollador o constructor, el usuario o propietario y la comunidad (García, 2015).

Según la Agenda 21 de la Industria de la Construcción Sostenible en los Países en Desarrollo -SCIDC-, la construcción sustentable se percibe como un concepto holístico e integrador que se esfuerza por restablecer la armonía y el equilibrio entre el medio ambiente, la economía y la sociedad. La definición del SCDIC implica que, inicialmente, los enfoques para la construcción sustentable estaban más preocupados por cuestiones técnicas -eficiencia de recursos y reducción de los impactos ambientales de la construcción-, que por los aspectos económicos y sociales de la sostenibilidad. Sin embargo, cuando se trata de países en desarrollo, la adopción de aspectos incluso muy básicos de la sustentabilidad aún está en su infancia.

Por ejemplo, los países desarrollados se han centrado en la utilización eficiente de los recursos y la reducción de su impacto ambiental, mientras que los países en desarrollo tienen un menor grado de logros -es decir, la inexistencia de códigos de energía para la construcción-, lo que dificulta el proceso de adopción (Durdyev, 2018).

2.2 Contexto de la vivienda eco-sustentable en México

El tema de la vivienda sustentable es un tema de interés, porque no sólo es una política pública del gobierno mexicano, sino es una alternativa para mejorar la calidad de vida de la población mexicana de menos recursos económicos. Al mismo tiempo, se trata de solucionar el problema ancestral del déficit de vivienda que existe en México, debido a la falta de un ordenamiento en el crecimiento de las ciudades, así como de la migración de la población rural a las zonas urbanas (Arias, 2013).

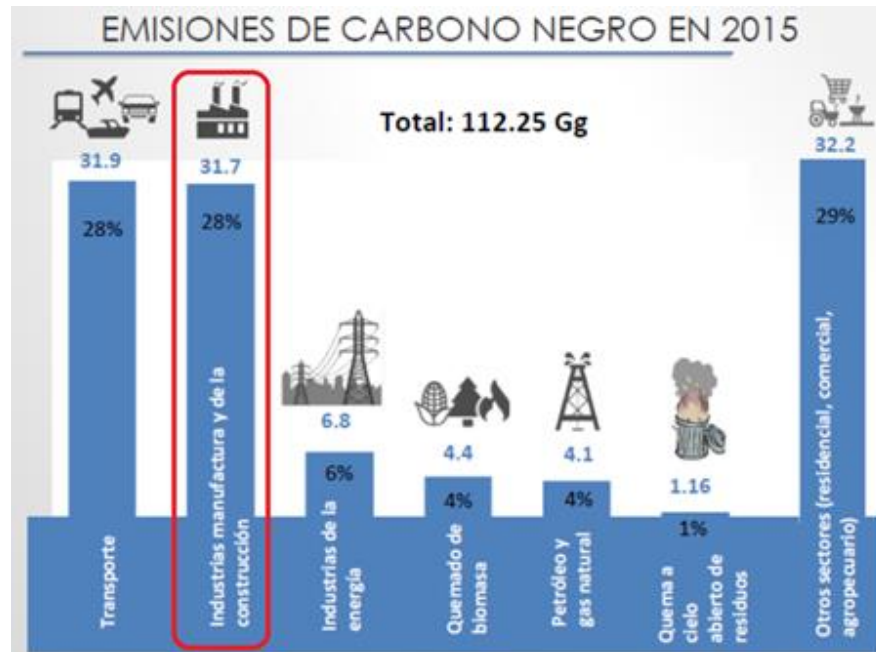
El Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (2013), del Gobierno de la República indica que, las emisiones del sector residencial y comercial fueron de 25,639.35 Gg de CO₂, y contribuyeron con 3.9% de las emisiones totales de GEI a nivel nacional. Uno de los sectores industriales que más contribuyen a la emisión de GEI, es la industria del cemento, además de la industria siderúrgica -industria del acero-.

Sin embargo, como menciona Badii (2017), de acuerdo a la publicación del World Resources Institute, del 23 de junio de 2015, México se ubica en el lugar número nueve de entre los primeros diez 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.

Tabla 2.1. Emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del sector energía en 2015.

| CATEGORÍAS | Emisiones Mt CO ₂ e | % del inventario | Incertidumbre |
|--|-----------------------------------|---------------------|---------------|
| Transporte | 171 | 25.09% | 1.30% |
| Industrias de la energía | 165 | 24.11% | 0.88% |
| Industrias manufactureras y de la construcción | 63 | 9.30% | 0.47% |
| Petróleo y gas natural (emisiones fugitivas) | 37 | 5.36% | 1.07% |
| Minería de carbonífera y manejo de carbón | 8 | 1.14% | 0.54% |

Figura 2.3 Emisiones de Carbono negro en 2015.



Fuente: SEMARNED, 2018.

De acuerdo a datos de la Comisión Nacional de Vivienda -CONAVI-, al primer semestre del año 2019, se tienen contabilizadas 14,362 viviendas sustentables en la República Mexicana, bajo el crédito Sisevive del Sistema de Evaluación de Vivienda Verde.

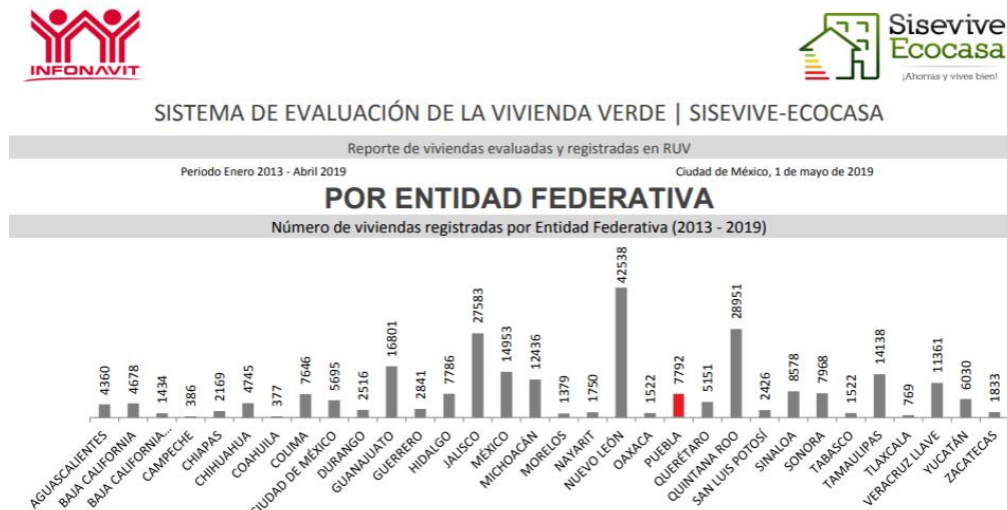
Según datos del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores -INFONAVIT-, en el primer semestre del año se han firmado 141,714 créditos por concepto de Hipoteca Verde, cuyo propósito es la inclusión de eco tecnologías que permiten un ahorro energético de entre 100 y 400 pesos mensuales de consumo energético. Esta cifra representa el 89% de los 158,754 créditos firmados por el organismo. De ellos, 139,151 corresponden a la compra de vivienda nueva o usada, 2,344 a la construcción de vivienda individual, 207 para ampliación o reparación y 12 correspondientes a la línea V de crédito, referente al pago de pasivos adquiridos por el derechohabiente (Obras, 2019).

Figura 2.4 Reporte histórico de viviendas bajo el programa Sisevive.



Fuente: Centro de Evaluación para el Desarrollo Sustentable, 2018

Figura 2.5 Número de viviendas registradas por entidad federativa.



Fuente: Centro de Evaluación para el Desarrollo Sustentable, 2018

2.3 Organismos públicos involucrados en la construcción de vivienda verde en México

A nivel federal, se han planteado políticas y estrategias que, en el entorno urbano, han promovido una visión nacional en materia de vivienda; planeación del territorio; rescate de espacios públicos y movilidad (Molina et. Al., 2015).

La inserción de la sustentabilidad de la vivienda en la agenda gubernamental en México refleja el esfuerzo de los organismos internacionales, que se traduce en la firma de acuerdos entre las diversas naciones, como el Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto; la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático; el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono; la Declaración de Estocolmo sobre el Medio Ambiente Humano y el Protocolo de Montreal Relativo a las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono, entre los más importantes (Insunza, 2011).

Actualmente la producción y construcción de vivienda apoyada por los principales organismos nacionales de vivienda como el Infonavit, el Fovissste y el Fonhapo, a través de los diferentes programas que ofrecen está encaminada a que las personas que habitan la vivienda se desarrollen de manera plena e integral en un ambiente seguro, disponiendo de la infraestructura y los equipamientos adecuados, donde lo sustentable es considerado como una condición necesaria para la sobrevivencia de las personas (Acosta, 2018).

Tabla 2.2. Programas nacionales de sustentabilidad ambiental en el sector vivienda.

| Instancia de gobierno | Plan/Programa |
|--|---|
| Secretaría de Gobernación (SEGOB) | Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018 |
| Secretaría de Energía (SENER) | Programa Sectorial de Energía (PSE) |
| Secretaría de Desarrollo Territorial y Urbano (SEDATU) | Política Nacional de Vivienda (PNV) 2013-2018 |

| | |
|---|--|
| Comisión Nacional para la Vivienda (CONAVI) | |
| Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) | Programa Nacional de Aprovechamiento Sustentable de la Energía (PRONASE) |
| Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) | Programa Nacional de la Vivienda Sustentable (PVS) Programa Especial de Cambio Climático (PECC) |
| Instituto Nacional para la Vivienda de los Trabajadores (INFONAVIT) | Hipoteca Verde (2008) |
| Sociedad Hipotecaria Federal (SHF) | Programa financiero para la oferta de la vivienda sustentable (ECOASA 2001) |

Fuente: Elaboración Propia, 2020

2.3.1 Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los trabajadores (INFONAVIT).


Se puede considerar que en México el aspecto bioclimático, inicia en el año 1967, con los estudios de Jauregui, para formular las "Recomendaciones bioclimáticas para el Instituto Mexicano del Seguro Social -IMSS-". En el año 1989, dentro de las normas del Instituto del Fondo Nacional de Vivienda para los Trabajadores - INFONAVIT- aparece el Manual para el diseño bioclimático y ecotecnias en conjuntos habitacionales; el segundo aspecto en aparecer fue la eficiencia energética (Álvarez, 2016).

En abril del año 2007, el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores -INFONAVIT- analizó la viabilidad de promover criterios de sustentabilidad en las viviendas mediante la inclusión de eco tecnología que generará ahorros en el consumo de agua, luz y gas, así como el manejo de residuos sólidos y la conservación de áreas verdes. Con base en ello, el Instituto presentó el esquema de crédito **Hipoteca Verde**, mismo que se aprobó como propuesta para un programa piloto, cuya principal conclusión señaló que este esquema es financieramente viable. El ahorro en los consumos de energía y agua, derivados de

la instalación de equipos ecotecnológicos, resultó superior a la amortización adicional, lo que permitió la consolidación y extensión paulatina del programa. De este modo, la Hipoteca Verde se consolidó otorgando un monto adicional de crédito para financiar la adquisición e instalación de eco tecnologías en las viviendas (CONAVI, 2010).

Figura 2.6 Créditos formalizados de hipoteca verde al mes de julio del año 2019.

Hipotecas Verdes formalizados al 01 de Julio 2019



| Delegación | Hipotecas Verdes Líneas II, III, IV y V con IV | | | | | | | Formalizados sin Hipoteca Verde Línea II, III, IV. | Total Formalizados L. II, III, IV y complementos (-RTH -V) | % Formalizados con Hipoteca Verde | | |
|------------------------|--|----------------|----------------|--------------|--------------|-----------------|----------------|--|--|-----------------------------------|----------------------|----------------------|
| | Línea II | | Total Línea II | Línea III | | Total Línea III | Total Línea IV | | | | Total Línea V con IV | Total Hipoteca Verde |
| | Con Subsidio | Sin Subsidio | | Con Subsidio | Sin Subsidio | | | | | | | |
| Agua Caliente | 58 | 3,162 | 3,220 | | 0 | | 2 | | 3,222 | 302 | 3,524 | 91% |
| Baja California | 110 | 6,778 | 6,888 | | 18 | 18 | 6 | | 6,912 | 516 | 7,428 | 93% |
| Baja California Sur | 33 | 1,125 | 1,158 | | 30 | 30 | 1 | | 1,189 | 112 | 1,301 | 91% |
| Campeche | 6 | 512 | 518 | | 27 | 27 | 1 | | 546 | 55 | 601 | 91% |
| Chiapas | 35 | 1,091 | 1,126 | | 41 | 41 | 2 | | 1,169 | 63 | 1,232 | 95% |
| Chihuahua | 305 | 8,428 | 8,733 | | 10 | 10 | 13 | 1 | 8,757 | 792 | 9,549 | 92% |
| Coahuila | 194 | 8,522 | 8,716 | | 14 | 14 | 6 | | 8,736 | 509 | 9,245 | 94% |
| Colima | 263 | 1,371 | 1,654 | | 5 | 5 | | | 1,659 | 103 | 1,762 | 94% |
| Distrito Federal | | 3,686 | 3,686 | | 2 | 2 | 44 | 2 | 3,734 | 5,208 | 8,942 | 42% |
| Durango | 172 | 2,107 | 2,279 | | 242 | 242 | 9 | | 2,530 | 186 | 2,716 | 93% |
| Guanajuato | 167 | 8,930 | 9,097 | | 4 | 4 | 14 | 1 | 9,116 | 2,020 | 11,136 | 82% |
| Guerrero | 190 | 6,628 | 6,816 | | 40 | 40 | 2 | | 6,858 | 528 | 7,386 | 93% |
| Hidalgo | 9 | 1,103 | 1,112 | | 21 | 21 | 3 | | 1,136 | 60 | 1,196 | 95% |
| Jalisco | 220 | 3,263 | 3,483 | | 27 | 27 | 5 | | 3,515 | 241 | 3,756 | 94% |
| México | 134 | 10,986 | 11,120 | | 32 | 32 | 8 | | 11,160 | 1,719 | 12,879 | 87% |
| Michoacán | 264 | 2,328 | 2,592 | | 21 | 21 | | | 2,613 | 137 | 2,750 | 95% |
| Morelos | | 1,227 | 1,227 | | 0 | | | | 1,227 | 87 | 1,314 | 93% |
| Nayarit | 37 | 944 | 981 | | 7 | 7 | 3 | | 991 | 130 | 1,121 | 88% |
| Nuevo León | 124 | 18,599 | 18,723 | | 794 | 794 | 25 | 3 | 19,545 | 1,223 | 20,768 | 94% |
| Oaxaca | 23 | 366 | 389 | | 6 | 6 | 3 | | 400 | 19 | 413 | 95% |
| Puebla | 269 | 3,586 | 3,855 | | 62 | 62 | 1 | | 3,918 | 489 | 4,407 | 89% |
| Quintana Roo | 34 | 3,313 | 3,349 | | 3 | 3 | 6 | | 3,366 | 273 | 3,639 | 93% |
| Quintana Roo | 498 | 6,355 | 6,853 | | 0 | | | | 6,853 | 344 | 7,197 | 95% |
| San Luis Potosí | 12 | 3,014 | 3,026 | | 201 | 201 | 4 | | 3,231 | 250 | 3,481 | 93% |
| Sinaloa | 274 | 3,775 | 4,049 | | 122 | 122 | 8 | 1 | 4,180 | 376 | 4,556 | 92% |
| Sonora | 218 | 4,952 | 5,170 | | 9 | 9 | | | 5,179 | 390 | 5,569 | 93% |
| Tabasco | 116 | 1,075 | 1,191 | | 20 | 20 | | | 1,211 | 52 | 1,263 | 96% |
| Tamaulipas | 152 | 7,139 | 7,291 | | 491 | 491 | 26 | 4 | 7,812 | 286 | 8,098 | 96% |
| Tlaxcala | 125 | 606 | 731 | | 39 | 39 | 3 | | 773 | 36 | 809 | 96% |
| Veracruz | 354 | 5,253 | 5,607 | | 29 | 29 | 3 | | 5,639 | 325 | 5,964 | 95% |
| Yucatán | 299 | 2,820 | 3,119 | | 10 | 10 | 4 | | 3,133 | 138 | 3,271 | 96% |
| Zacatecas | 189 | 1,003 | 1,192 | | 9 | 9 | 3 | | 1,204 | 66 | 1,270 | 95% |
| Resultado Total | 4,904 | 134,247 | 139,151 | 0 | 2,344 | 2,344 | 207 | 12 | 141,714 | 17,040 | 158,754 | 89% |

Fuente: INFONAVIT, 2019b.

El programa consiste en otorgar un monto adicional al crédito hipotecario para que el derechohabiente pueda adquirir una vivienda con tecnologías eficientes que disminuyan el consumo de energía y agua. Así, además de promover el ahorro

familiar y un menor impacto ambiental de la vivienda, contribuye a fomentar otros ámbitos como:

Innovación tecnológica: al ser una plataforma para el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías que propicien el uso eficiente de la energía y agua en la vivienda.

Confort: como medio para promover el confort y bienestar de los acreditados dentro de las viviendas.

Cultural: como instrumento de transformación cultural hacia la sustentabilidad y el respeto al medio ambiente desde el hogar.

Es a través del programa Hipoteca Verde que se ha logrado una evolución en el mercado de eco tecnologías, permitiendo que se introdujeran nuevos equipos, a la vez que los estándares de calidad se vuelven más exigentes, asegurando un mejor confort al interior de la vivienda y generando una sensibilización a los derechohabientes en la adquisición, uso y mantenimiento de estas eco tecnologías (World Habitat, s.f.).

Del año 2007 al año 2010 el programa estuvo enfocado a trabajadores de bajos ingresos con un ingreso de hasta cuatro Veces el Salario Mínimo -VSM-, los cuales representan aproximadamente el 60% de los derechohabientes del Infonavit. Se estableció un ahorro mínimo mensual de US\$ 7.4 por la suma de los ahorros de un paquete predefinido de tecnologías por zona climática, otorgando en dicho periodo 253,450 créditos con el monto adicional de Hipoteca Verde. Derivado del éxito en los primeros años se actualizó el programa, cambiando de paquetes fijos de eco tecnologías a la elección flexible de medidas, cumpliendo un ahorro mínimo acorde los ingresos del acreditado, además de ser congruente con las diversas regiones bioclimáticas que existen en el país, volviéndose obligatorio para todos los créditos de vivienda que otorga el instituto desde el año 2011 (Álvarez, 2016).

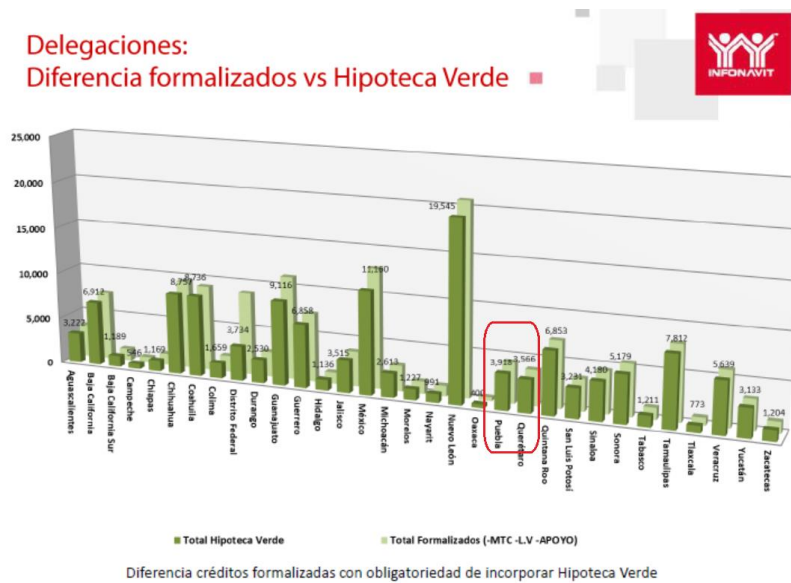
Las siguientes eco tecnologías están contempladas en el programa Hipoteca Verde, aunque varían según la zona bioclimática donde se encuentre la vivienda (INFONAVIT, 2019):

- Inodoro descarga de máximo 5 litros.
- Regadera con grado ecológico.
- Llaves ahorradoras de cocina y baños.
- Válvulas de seccionamiento.
- Aislamiento térmico en el techo.
- Calentador de gas de rápida recuperación.
- Ventanas con doble vidrio y marco de pvc, entre otras.

El programa Hipoteca Verde es esencialmente un esquema crediticio en el cual se generan apoyos para motivar a generar desarrollos sustentables. El éxito de este programa consiste en que ha proporcionado a cientos de trabajadores una vivienda nueva energéticamente eficiente y poco contaminante, maximizando la eficiencia energética y disminuyendo de manera importante las emisiones de CO₂, así como el consumo de agua y gas, lo que se traduce en considerables ahorros en dinero que van directo al bolsillo de los beneficiarios (Acosta, 2018).

Analizando el contexto del programa Hipoteca Verde de INFONAVIT, en la Figura 2.7, se muestran los datos del número de créditos formalizados contra el número de créditos del Programa Hipoteca Verde, para el primer semestre del año 2019, donde, para el Estado de Puebla se puede observar que el número de créditos formalizados (3918), comparado con el número de créditos del programa Hipoteca verde (3566), corresponde al 90%; es decir, la mayoría de usuarios están optando por solicitar créditos del tipo Hipoteca Verde.

Figura 2.7 Créditos Formalizados y créditos del Programa Hipoteca Verde (1er semestre 2019).



Fuente: INFONAVIT, 2019b.

Por otro lado, cada día son más los desarrolladores de vivienda que se suman al Programa Hipoteca Verde, como se muestra en la figura 2.8 a continuación.

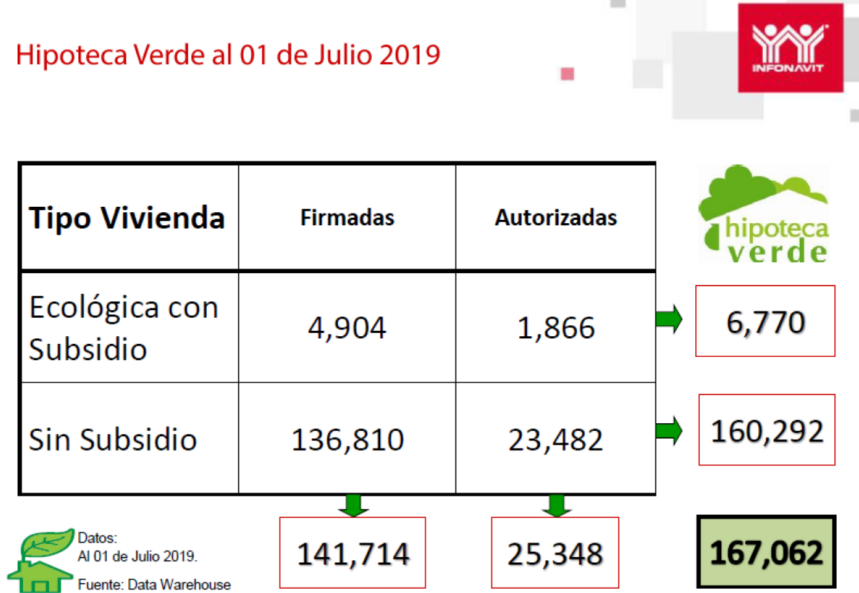
Figura 2.8 Empresas de la Industria de la Construcción, que han formalizado Hipoteca Verde, al primer semestre del año 2019.

| Principales Desarrolladores que Formalizaron Hipoteca Verde al 01 de Julio del 2019 | | | | | |
|---|--|----------------------|----------------|----------------|--------------|
| No. | Empresa | Viviendas Ecológicas | | | Porcentaje |
| | | Con Subsidio | Sin Subsidio | Total | |
| 1 | Grupo Javier | 74 | 6,012 | 6,086 | 4.4% |
| 2 | Infonavit Aguascalientes - Vivienda Reasignada | 1 | 5,683 | 5,684 | 4.1% |
| 3 | Consortio Ara | 87 | 3,205 | 3,292 | 2.4% |
| 4 | Grupo Sadasi | 139 | 2,747 | 2,886 | 2.1% |
| 5 | Cadu Inmobiliaria | 411 | 2,034 | 2,445 | 1.8% |
| 6 | Hogares Union | 158 | 2,006 | 2,164 | 1.6% |
| 7 | Grupo Ruba | 135 | 1,963 | 2,098 | 1.5% |
| 8 | Grupo Gp Vivienda | 3 | 1,630 | 1,633 | 1.2% |
| 9 | Gig | 33 | 923 | 956 | 0.7% |
| 10 | Promotora De Viviendas Integrales S.A. de C.V. | 6 | 933 | 939 | 0.7% |
| 11 | Davisa | | 842 | 842 | 0.6% |
| 12 | Grupo Quma | 101 | 727 | 828 | 0.6% |
| 13 | Inmobiliaria Hogar Futuro S.A. de C.V. | 31 | 767 | 798 | 0.6% |
| 14 | Inmobiliaria Y Constructora Solorzano S.A. de C.V. | 67 | 697 | 764 | 0.5% |
| 15 | Hogares Sm | 80 | 621 | 701 | 0.5% |
| 16 | Vivo Grupo Inmobiliario | 8 | 648 | 656 | 0.5% |
| | Total | 1,334 | 31,438 | 32,772 | 23.6% |
| | 892 Corporativos menores | 3,570 | 102,809 | 106,379 | 76.4% |
| | Total créditos con Hipoteca Verde formalizados en L. II | 4,904 | 134,247 | 139,151 | 100% |

Fuente: INFONAVIT, 2019b.

También se distingue el tipo de crédito que los usuarios de INFONAVIT solicitan, de acuerdo a utilizar subsidio o no hacerlo.

Figura 2.9 Tipo de solicitud de crédito, con subsidio o sin subsidio.



Fuente: INFONAVIT, 2019b.

2.3.2 Fondo de la Vivienda del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del estado (FOVISSSTE).

A partir del año 2017, El Fondo de la Vivienda del ISSSTE -FOVISSSTE- estableció mecanismos para que sus derechohabientes cuenten con viviendas sustentables y de calidad, a fin de contribuir a mitigar los efectos del cambio climático. Prioriza la atención de solicitudes de crédito para la adquisición de vivienda sustentable; se busca la participación con instituciones nacionales e internacionales que permitan conocer mejores prácticas en la materia; y se promueve una alianza con el ISSSTE para otorgar créditos personales para el equipamiento de casas sustentables. Para esto, se adoptó un Paquete Básico de eco tecnologías, las cuales son requisitos

obligatorios para las viviendas nuevas originadas con subsidios de la Comisión Nacional de Vivienda –CONAVI-.

Dicho paquete de eco tecnologías, contempla la instalación de inodoros con descarga máxima de cinco litros, regaderas con grado ecológico y válvulas de seccionamiento para el ahorro de agua, así como calentadores de paso instantáneo o de paso de rápida recuperación para eficientar el uso del gas, este paquete también obliga a que las casas nuevas cuenten con lámparas fluorescentes, compactas auto alastradas o lámparas led tipo bombilla para el ahorro de energía eléctrica y que tengan depósitos para la separación de residuos sólidos (FOVISSSTE, 2018).

2.3.3 Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI).

El 26 de julio del año 2001, se emite el decreto por el cual se crea la Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda -CONAFOVI-, como órgano Desconcentrado de la Secretaría de Desarrollo Social -SEDESOL-, e instancia única del Gobierno Federal, responsable de definir y conducir la política de vivienda, así como de impulsar los mecanismos para instrumentar y coordinar su ejecución (DOF, 2015).

Posteriormente, en junio del año 2006 se promulgó la Ley de Vivienda, creándose la Comisión Nacional de Vivienda -CONAVI-, como instancia única del Gobierno Federal, responsable de definir y conducir la política nacional de vivienda, así como de impulsar los mecanismos para instrumentar y coordinar su ejecución. La CONAVI, sustituyó a la anterior Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda -CONAFOVI-, creada en el año 2001.

En el año 2001, la Comisión Nacional del Fomento a la Vivienda -CONAFOVI-, hoy Comisión Nacional de Vivienda -CONAVI- desarrolla un programa de vivienda sustentable con los siguientes objetivos:

- Adecuar la normatividad vigente en materia de vivienda hacia el cuidado del medio ambiente.
- Diseñar lineamientos que permitan definir y calificar a una vivienda como sustentable.

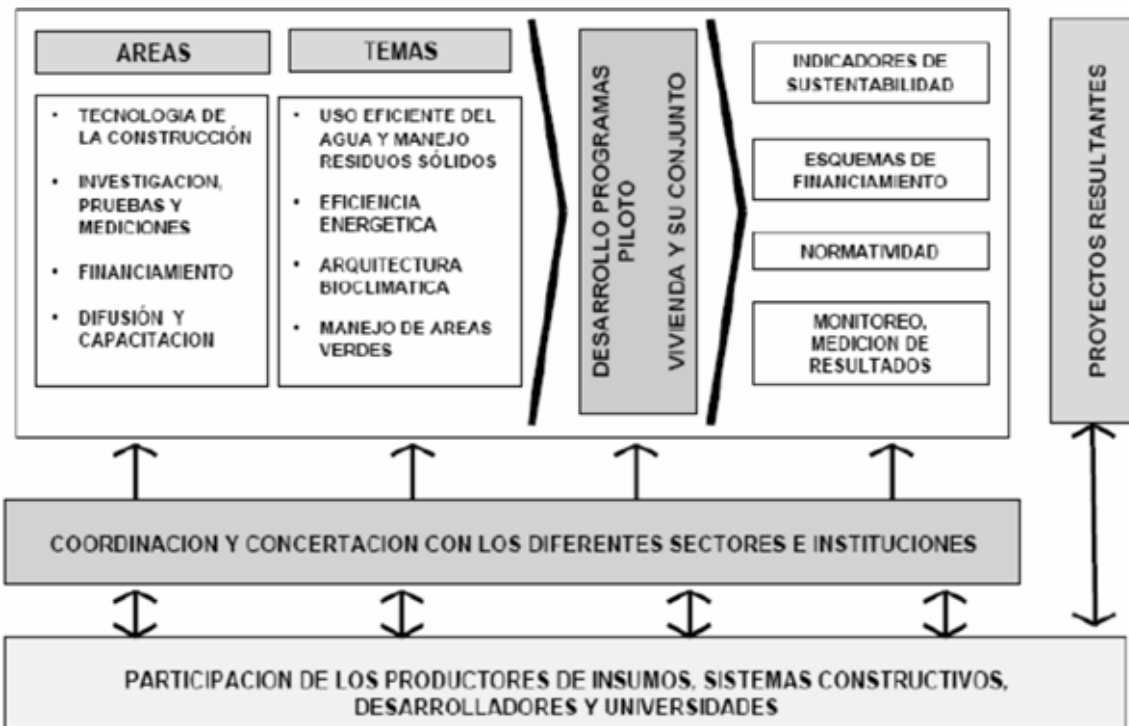
- Promover el intercambio y transferencia de tecnologías con organismos internacionales.
- Fomentar el uso de tecnologías novedosas que garanticen el cuidado al medio ambiente.
- Diseñar y desarrollar esquemas de incentivos fiscales dirigidos a los desarrolladores y usuarios de la vivienda.
- Llevar a cabo acciones de difusión para promover el uso de eco tecnologías.

En este programa aparecen nuevos criterios de sustentabilidad, tales como: una adecuada arborización de conjuntos habitacionales y la aplicación de tecnologías básicas que contribuyan al uso eficiente de agua (Álvarez, 2016).

La relevancia de la CONAVI, para el gobierno federal, es tal, que es reglamentaria del artículo 4o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de vivienda, sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto establecer y regular la política nacional, los programas, los instrumentos y apoyos para que toda familia pueda disfrutar de una vivienda digna y decorosa.

El objetivo de la CONAVI es el fomento, la coordinación, la promoción y la instrumentación de la política y el Programa Nacional de Vivienda del Gobierno Federal de conformidad con la Ley de Vivienda, la Ley General de Asentamientos Humanos y demás disposiciones aplicables. La CONAVI busca garantizar el acceso a una vivienda digna a las familias mexicanas, impulsar el desarrollo habitacional sustentable y contribuir al desarrollo social y económico del país.

Figura 2.10. Consideraciones sobre vivienda sustentable de la CONAVI.



Fuente: CONAVI. Política de la Vivienda Sustentable en México, 2017.

2.3.4 Comisión Nacional para el uso eficiente de la Energía (CONUEE).

La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía -CONUEE- es un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Energía, que fue creada a través de la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de noviembre del año 2008, y tiene como objetivo central promover la eficiencia energética y fungir como órgano técnico en materia de aprovechamiento sustentable de la energía.

En septiembre del año 2011, la CONUEE publicó el Programa de Fomento a la Certificación de Productos, Procesos y Servicios. Este programa busca reconocer los esfuerzos en materia energética realizados por empresas, particulares y entidades de la administración pública y, de esta forma, promover en el mercado la adopción de productos, procesos y servicios certificados. En este sentido se

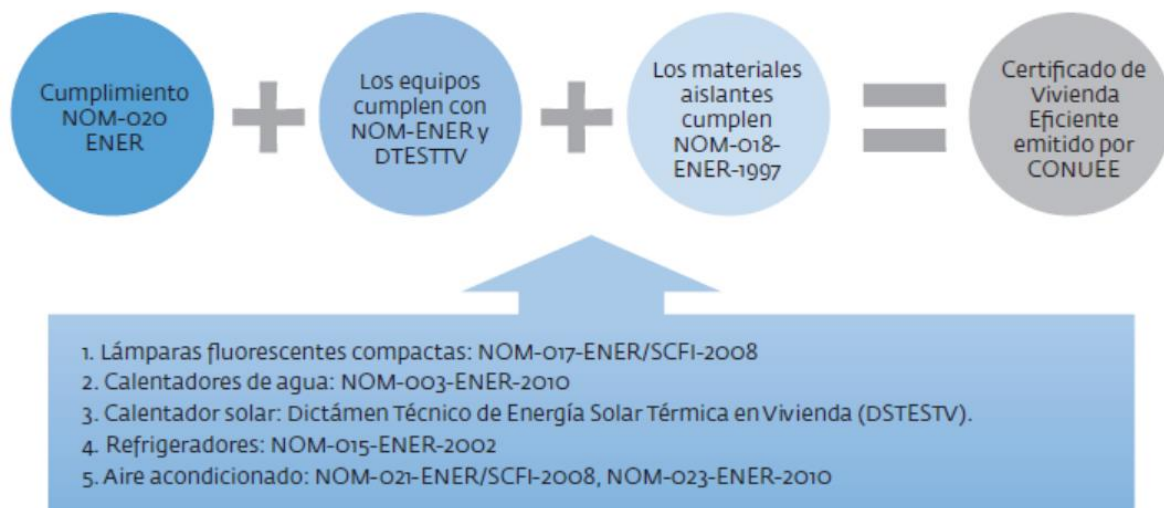
establece que los productos, personas o instituciones que cumplan con las condiciones que establece el programa recibirán un distintivo, símbolo de eficiencia energética, emitido por la CONUEE (Fundación IDEA, A. C., 2013).

El programa identifica cuatro áreas de certificación:

- Productos sujetos al cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética, NOM-ENER,
- Edificaciones residenciales nuevas,
- Edificaciones no residenciales nuevas, y
- Plantas industriales.

Esta certificación, se otorga a las viviendas que cuentan con las siguientes condiciones:

Figura 2.11. Condiciones para certificación de vivienda según CONUEE.



Fuente: Fundación IDEA, A. C., 2013.

2.4 Organismos privados involucrados en la construcción sustentable en México

La vivienda sustentable, también es de especial interés para el sector privado, así como organizaciones que representan este sector, entre ellos podemos mencionar a los siguientes.

2.4.1 Asociación Vivienda y Entorno Saludable (VESAC).

Es la Asociación Vivienda y Entorno Sustentable -VESAC- que agrupa a las principales instituciones públicas del sector vivienda en México, a algunas de las principales empresas desarrolladoras de vivienda y al Centro Mario Molina, define a la vivienda sustentable como “el espacio a través del cual los mexicanos podamos mejorar nuestra calidad de vida, generar ahorros económicos y elevar la plusvalía de nuestro territorio al tiempo que optimizamos el consumo de recursos como el agua, energía y suelo. Esta visión también incluye la creación de comunidades mejor estructuradas y organizadas, de manera que sean competitivas y responsivas a las condiciones climáticas de cada región del país” (Fundación IDEA, A.C. 2013, p 26).

2.4.2 Asociación de empresas para el Ahorro de Energía en la Edificación (AEAE).

La Alianza por la Eficiencia Energética ALENER -antes Asociación de Empresas para el Ahorro de Energía en la Edificación, A.C.-, es la primera Asociación público privada en México que tiene como principal objetivo la eficiencia energética en la edificación, así como servir de vínculo y fuente de información técnica y comercial a sus asociados y el público en general. Uno de sus principales intereses como actores activos en el ámbito nacional e internacional es contribuir en las actividades de mitigación del Cambio Climático.

2.4.3 Asociación Nacional de Fabricantes de Aparatos Domésticos A. C. (ANEAD).

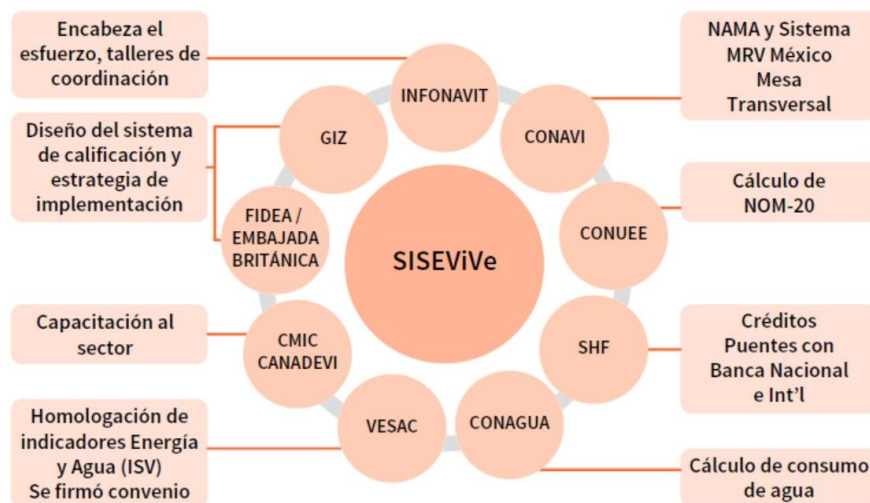
En el año 1951 se fundó la Asociación Nacional de Fabricantes de Aparatos Eléctricos, A.C. para convertirse en el año 1954 en la Asociación Nacional de Fabricantes de Aparatos Domésticos, A. C., denominación que conserva a la fecha.

2.4.4 Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC).

La CMIC se constituyó en marzo del año 1953, actualmente cuenta con 43 delegaciones en el país, su estructura está enfocada a todo el sector de la construcción teniendo 17 áreas de actividad, siendo una de ellas la vivienda. Entre sus asociados se encuentran un amplio número de pequeñas y medianas empresas, y alta participación de fabricantes de productos para la construcción y edificación (SEDATU, 2018).

Una de las principales contribuciones de la CMIC, dentro del rubro de vivienda sustentable, es la de otorgar capacitación, como lo muestra la figura 2.12, que incluye a la CMIC dentro de la articulación del programa Sisevive, en la capacitación al sector de la construcción.

Figura 2.12. Articulación institucional dentro del programa Sisevive.



Fuente: Vallejo, 2016.

2.4.5 Cámara Nacional de la Industria de Desarrollo y Promoción de Vivienda (CANADEVI).

La Cámara Nacional de la Industria de Desarrollo y Promoción de Vivienda (CANADEVI) formalizada en el año 2002, es una institución autónoma y de interés público, con personalidad jurídica y patrimonio propio, constituida bajo el acuerdo a la Ley de Cámaras Empresariales y sus Confederaciones para representar y defender los intereses de la industria de desarrollo y promoción de vivienda en México (CANADEVI, s.f.).

Los objetivos de la CANDEVI, entre otros, son:

- Diseñar y coadyuvar en la ejecución de planes, acciones y programas que permitan fomentar con mayor eficacia las actividades industriales de desarrollo y promoción de vivienda.
- Ser órgano de consulta y colaboración de los tres niveles de gobierno del Estado para el diseño y ejecución de políticas, programas e instrumentos para el fomento de la actividad económica nacional.
- Representar y defender los intereses generales de la industria de desarrollo y promoción de vivienda como actividad general de la economía nacional anteponiendo el interés público sobre el privado.
- Promover la modernización, capacitación, desarrollo y productividad de los afiliados y/o Cooperadores.
- Promover y fomentar el espíritu de unidad y de agrupación de los afiliados y/o Cooperadores, así como la participación gremial.
- Coadyuvar en la capacitación y el adiestramiento de los empleados y trabajadores de las empresas afiliadas y que representa.

2.5 Certificaciones para vivienda eco-sustentable

La construcción ecológica se ha definido como la práctica de aumentar la eficiencia con la que los edificios utilizan los recursos (energía, agua y materiales) al tiempo que reduce los impactos de los edificios en la salud humana y el medio ambiente, a

través de una mejor ubicación, diseño, construcción, operación, mantenimiento y eliminación: el ciclo de vida completo del edificio (Jawali, 2008).

2.5.1 Certificaciones Internacionales.

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-, BREEAM -Método de Evaluación de Establecimientos de Investigación en Edificios-, CASBEE -Sistema de Evaluación Integral para la Eficiencia Ambiental de Edificios- y Green Star NZ. BREEAM, LEED y CASBEE se han utilizado desde finales de la década de los años 2000, mientras que Green Star NZ aún se encuentra en sus primeras etapas. El 70% de los trabajos de investigación que se centran en BREEAM, LEED, CASBEE se desarrollan geográficamente en los Estados Unidos, Canadá, el Reino Unido, China y Australia. Si bien estos cuatro sistemas de clasificación se iniciaron en diferentes contextos con diferentes estándares, la Calidad del Ambiente Interior, la Energía y el Material son categorías comunes básicas para todos (Dat, 2017).

2.5.1.1 Certificación LEED.

Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental –LEED- es un sistema de calificación de certificación de sostenibilidad desarrollado por el Consejo de Construcción Ecológica de los Estados Unidos -USGBC, por sus siglas en inglés-.

Actualmente, LEED se ha convertido en el sistema de certificación más famoso para edificios y se aplica en todo el mundo. El U.S. Green Building Council –USGBC-, define el sistema LEED de la siguiente manera: LEED -Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental- es el sistema de clasificación de edificios ecológicos más utilizado en el mundo. LEED ofrece un marco que los equipos de proyectos pueden aplicar para crear edificios ecológicos saludables, altamente eficientes, económicos y

disponibles para prácticamente todos los tipos de proyectos de construcción. La certificación LEED es un símbolo reconocido mundialmente del logro de la sostenibilidad (Amiri, 2019).

El USGBC es una organización privada sin fines de lucro basada en membresía que promueve la sostenibilidad en la forma en que los edificios se diseñan, construyen y operan. Desarrollado en el año 2000, LEED se ha convertido, construcción y operación de edificios sustentables de alto rendimiento. El sistema de calificación tiene un máximo de 100 puntos base, con seis posibles adicionales para Innovación en Diseño y cuatro en áreas de Prioridad Regional. Existen cuatro clasificaciones posibles con 40 a 49 puntos para obtener un Premio Certificado, 50 a 59 para obtener un Certificado de Plata, 60 a 79 para obtener un Certificado de Oro y cualquier cosa más de 79 para obtener un Certificado de Platino (R&D Magazine, 2014).

Los costos de certificación LEED, para el caso de vivienda unifamiliar son los siguientes, la membresía LEED tiene un costo de 300 dólares americanos.:

Tabla 2.3. Costos de certificación LEED para vivienda.

| TARIFAS HOMES | Nivel Organizativo o No Miembros | Miembros de Nivel Plata, Oro y Platino | Ahorro por miembro |
|---|---------------------------------------|--|--------------------|
| VIVIENDAS UNIFAMILIARES (COSTE POR VIVIENDA) | | | |
| Registro (1-9 viviendas) | \$ 225 | \$ 150 | \$ 75 |
| Registro (10-24 viviendas) | \$ 200 | \$ 125 | \$ 75 |
| Registro (25-49 viviendas) | \$ 175 | \$ 100 | \$ 75 |
| Registro (50-99 viviendas) | \$ 150 | \$ 75 | \$ 75 |
| Registro (>100 viviendas) | \$ 125 | \$ 50 | \$ 75 |
| Certificación | \$ 225 por grupo + \$ 75 por vivienda | \$ 175 por grupo + \$ 50 por vivienda | \$ 50 \$ 25 |

Fuente: Green Building Constructions, 2018.

2.5.1.2 Certificación BREEAM.

El Building Research Establishment -BRE- es la entidad que lo gestiona. Fundada en el año 1921, fue la primera organización orientada a la investigación en el sector de la edificación en el mundo. Independiente y sin ánimo de lucro, actualmente lleva a cabo la investigación, asesoramiento y pruebas para los sectores de la construcción y el entorno construido en el Reino Unido y participa en la elaboración de normas nacionales e internacionales y códigos de construcción -BREEAM es el certificado de la construcción sustentable-, (Bream Internacional, 2019).

BREEAM® -Método de evaluación ambiental de Building Research Establishment- es el primer método y/o esquema para el sistema de calificación de edificios verdes en el mundo; provenía de las necesidades emergentes en relación con los fuertes impactos ambientales del diseño, construcción, uso, mantenimiento y operabilidad de los edificios (Building Research Establishment, 2016). Dado que es el primer modelo de su tipo, ha influido en LEED y, por su parte, se ha convertido en el más influyente del mundo, debido al impacto de los E.U., en la construcción y el desarrollo inmobiliario. De esta manera, se puede decir que, directa o indirectamente, BREEAM es el modelo con el mayor impacto en el mundo. BREEAM se compone de las siguientes diez categorías de diseño ambiental que deben cumplir con varios requisitos de diseño ambiental: gestión; salud y bienestar; energía; transporte; agua; materiales; residuos; uso del suelo y ecología; contaminación e innovación. El caso de BREEAM es similar al de LEED con respecto a pensar y hacer arquitectura, el problema es la distancia desde México hasta el Reino Unido para optar por este modelo de certificación (Hernández et al. 2017).

Para poder realizar una certificación BREAM, es necesario registrar el proyecto; este registro de proyecto incluye 15 preguntas técnicas, y, el importe de cada nuevo paquete tiene un costo de 500 euros. Para el caso de vivienda unifamiliar, se deberá obtener un registro y certificado provisional -en la fase de diseño-, con un costo de 1200 euros. Posteriormente en la fase de postproducción, se otorgará el certificado final, con un costo de 300 euros. Nota: estos costos varían en función del número de viviendas. Opcionalmente se podrá solicitar una placa de acero inoxidable -en dos

tamaños-, siendo el costo de la placa rectangular de acero de 32 cm x 22 cm, de 198 euros (Bream Internacional, 2019).

Tabla 2.4. Costos de certificación BREAM para vivienda.

| Costos de certificación BREAM para vivienda | | | |
|---|--|--|--|
| | | Edificios ≤ 90 m ² por vivienda | Edificios > 90 m ² por vivienda |
| Vivienda unifamiliar | Registro y certificado provisional (Fase diseño) | 1200 € | |
| | Certificado Final (Fase post-construcción) | 300 € | |
| | Total | 1500 € | |
| 2 - 19 viviendas | Registro y certificado provisional (Fase diseño) | 2500 € | 3500 € |
| | Certificado Final (Fase post-construcción) | 625 € | 875 € |
| | Total | 3125 € | 4375 € |
| 20 - 99 viviendas | Registro y certificado provisional (Fase diseño) | 4000 € | 5600 € |
| | Certificado Final (Fase post-construcción) | 1000 € | 1400 € |
| | Total | 5000 € | 7000 € |
| ≥ 100 viviendas | Registro y certificado provisional (Fase diseño) | 6000 € | 8400 € |
| | Certificado Final (Fase post-construcción) | 1500 € | 2100 € |
| | Total | 7500 € | 10500 € |

Fuente: Bream Internacional, 2019.

2.5.1.3 Certificación CASBEE.

El sistema de evaluación CASBEE fue desarrollado en el año 2004 por el Consorcio Sostenible de Japón –JSBC- y comités involucrados en los sectores académico, industrial y gubernamental. La familia CASBEE cubre las escalas de edificios y vecindarios. Es una herramienta de evaluación independiente desarrollada para ayudar a mejorar la sostenibilidad en la planificación urbana. CASBEE-UD no solo utiliza conceptos de construcción, sino que también utiliza conceptos relacionados con el entorno externo de todo el sitio. Se excluye el interior de los edificios. Sin embargo, la familia de productos incluye CASBEE "CASBEE urban area + Buildings", que permite el uso de CASBEE-UD con una evaluación a escala del edificio - incluidos los interiores-, (Cappai, 2018).

Desde el año 2011, el concepto básico de CASBEE aplica *un marco de evaluación único que toma en cuenta el concepto de eficiencia ambiental que es diferente de una simple suma de puntos o créditos otorgados en todas las áreas de desempeño*. Este tipo de marco de evaluación de la eficiencia ambiental, proporciona una visión diferente de la evaluación del desempeño del entorno construido, en comparación con los métodos de evaluación convencionales. CASBEE considera la mejora de la eficiencia del entorno construido, calculando la amplitud de la Eficiencia del Ambiente Construido –BEE-, al dividir los indicadores de aumento de la Calidad de Vida –Q-, con la reducción de la emisión de carbono o la Carga –L- fuera de los límites de la ciudad. La versión mundial de CASBEE-City se desarrolló en el año 2015 y sus indicadores de evaluación comprenden indicadores internacionales desarrollados a partir de los Objetivos de Desarrollo Sustentable –ODS- e ISO 37120:2014, Desarrollo Sustentable de las Comunidades –ISO- por las Naciones Unidas –ONU-, (Hakim, 2019).

Tabla 2.5. Comparativa de costos de certificaciones.

| Comparativa de costos de certificaciones | | | |
|--|----------------------------------|---|---|
| | BREAM | LEED | CASBEE |
| Costo de certificación | \$ 1290 cada etapa | \$ 1250-\$17500 | \$ 3570-\$4500 |
| Representación de resultados | Pasar, Bien, Muy bien, Excelente | Certificado (40%), Silver (59%), Gold (60%), Platinum (80%) | Diagrama “Spider web”, histogramas y gráficas BEE |
| Producto resultante | Certificado | Carta de adjudicación, Certificación y placa | Certificado y publicaciones en website |

Fuente: BREAM ES, 2017

2.6 Programas Nacionales de fomento a la vivienda

Las políticas sobre la vivienda sustentable se implementaron a partir de la administración pública federal 2000-2006 y las encontramos plasmadas en el Programa Sectorial de Vivienda, el cual establece seis estrategias para el desarrollo de este sector y un conjunto de líneas de acción que permiten su conducción. A partir de esta premisa surge la idea de no sólo solventar la necesidad creciente de crear vivienda sustentable sino establecer los marcos normativos que permitan alcanzar las metas. Sin embargo, los antecedentes normativos de la Vivienda Sustentable los encontramos en la Ley de Vivienda, expedida en el año 2006, bajo el Título sexto, sobre la Calidad y Sustentabilidad en la Vivienda en donde reafirma que en la generación de vivienda sustentable deberá establecer una programación y ejecución de acciones en este sector con base a un modelo normativo (Higuera, 2011).

2.6.1 Hipoteca Verde - INFONAVIT.

En el año 2007, el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores –INFONAVIT- lanzó un programa de Hipoteca Verde para proporcionar créditos adicionales a los trabajadores para que puedan comprar casas y tecnologías que reduzcan la emisión del CO₂ residencial, el uso del agua y el consumo de energía. Calentadores solares de agua, aislamiento térmico del techo y aparatos eléctricos de bajo consumo -tales como aire acondicionado- son algunas de las medidas financiadas por el programa. Para el año 2011, se otorgaron más de 630,000 préstamos hipotecarios, reduciendo el consumo de energía entre 30% y 50% comparado con hogares financiados con fondos fuera del programa y también reduciendo un promedio de 0,8 toneladas/CO₂ equivalente por año, por hipoteca (Cesano, 2015).

La Hipoteca Verde, -HV- consiste en equipar a la vivienda de un paquete tecnológico para el uso sustentable de agua y el ahorro energético -electricidad y gas-, que permite obtener hasta un 48% de ahorro en el consumo de electricidad y gas. Los pagos en los recibos por concepto de luz, agua y gas, se reducen, lo que deriva en un ahorro promedio de \$261.00 MXN para habitantes de viviendas sustentables económicas -nivel social bajo-. En el caso de las emisiones de bióxido de carbono -CO₂e-, se estima que al año cada vivienda genera un ahorro de entre uno y 1.5 toneladas (CONAVI, 2013).

Figura 2.13. Esquema operativo Hipoteca Verde.




Fuente: CONAVI, 2013.

En la figura 2.14, se muestra el número total de créditos del tipo Hipoteca Verde al primer semestre del año 2019, siendo para el estado de Puebla, un total de 3918 créditos, contra 489 créditos sin Hipoteca Verde, lo que representa un 89% del total.

Figura 2.14. Hipotecas verdes al 01 de julio del año 2019.

Hipotecas Verdes formalizados al 01 de Julio 2019



| Delegación | Hipotecas Verdes Líneas II, III, IV y V con IV | | | | | | | Formalizados sin Hipoteca Verde Línea II, III, IV. | Total Formalizados L. II, III, IV y V (-RTH -V) | % Formalizados con Hipoteca Verde | | |
|------------------------|--|----------------|----------------|--------------|--------------|-----------------|----------------|--|---|-----------------------------------|----------------------|----------------------|
| | Línea II | | Total Línea II | Línea III | | Total Línea III | Total Línea IV | | | | Total Línea V con IV | Total Hipoteca Verde |
| | Con Subsidio | Sin Subsidio | | Con Subsidio | Sin Subsidio | | | | | | | |
| Aguascalientes | 58 | 3,162 | 3,220 | | 0 | | 2 | 3,222 | 302 | 3,524 | 91% | |
| Baja California | 110 | 6,778 | 6,888 | | 18 | 18 | 6 | 6,912 | 516 | 7,428 | 93% | |
| Baja California Sur | 33 | 1,125 | 1,158 | | 30 | 30 | 1 | 1,189 | 112 | 1,301 | 91% | |
| Campeche | 6 | 512 | 518 | | 27 | 27 | | 546 | 55 | 601 | 91% | |
| Chiapas | 36 | 1,091 | 1,126 | | 41 | 41 | 2 | 1,169 | 63 | 1,232 | 95% | |
| Chihuahua | 305 | 8,428 | 8,733 | | 10 | 10 | 13 | 8,757 | 792 | 9,549 | 92% | |
| Coahuila | 194 | 8,522 | 8,716 | | 14 | 14 | 6 | 8,736 | 509 | 9,245 | 94% | |
| Cotima | 283 | 1,371 | 1,654 | | 5 | 5 | | 1,659 | 103 | 1,762 | 94% | |
| Distrito Federal | | 3,696 | 3,696 | | 2 | 2 | 44 | 3,734 | 5,208 | 8,942 | 42% | |
| Durango | 172 | 2,107 | 2,279 | | 242 | 242 | 9 | 2,530 | 196 | 2,716 | 93% | |
| Guanajuato | 167 | 8,930 | 9,097 | | 4 | 4 | 14 | 9,116 | 2,020 | 11,136 | 82% | |
| Guerrero | 190 | 6,626 | 6,816 | | 40 | 40 | 2 | 6,858 | 528 | 7,386 | 93% | |
| Hidalgo | 9 | 1,103 | 1,112 | | 21 | 21 | 3 | 1,136 | 60 | 1,196 | 96% | |
| Jalisco | 220 | 3,263 | 3,483 | | 27 | 27 | 5 | 3,515 | 241 | 3,756 | 94% | |
| México | 134 | 10,966 | 11,100 | | 32 | 32 | 8 | 11,160 | 1,719 | 12,879 | 87% | |
| Michoacán | 264 | 2,328 | 2,592 | | 21 | 21 | | 2,613 | 137 | 2,750 | 95% | |
| Morales | | 1,227 | 1,227 | | 0 | 0 | | 1,227 | 87 | 1,314 | 93% | |
| Nayarit | 37 | 944 | 981 | | 7 | 7 | 3 | 991 | 130 | 1,121 | 88% | |
| Nuevo León | 124 | 18,599 | 18,723 | | 794 | 794 | 25 | 19,545 | 1,223 | 20,768 | 94% | |
| Oaxaca | 23 | 366 | 389 | | 8 | 8 | 3 | 400 | 19 | 419 | 95% | |
| Puebla | 269 | 3,566 | 3,835 | | 62 | 62 | 1 | 3,918 | 489 | 4,407 | 89% | |
| Querétaro | 24 | 3,313 | 3,337 | | 9 | 9 | 0 | 3,346 | 279 | 3,625 | 92% | |
| Quintana Roo | 498 | 6,355 | 6,853 | | 0 | 0 | | 6,853 | 344 | 7,197 | 95% | |
| San Luis Potosí | 12 | 3,014 | 3,026 | | 201 | 201 | 4 | 3,231 | 250 | 3,481 | 93% | |
| Sinaloa | 274 | 3,775 | 4,049 | | 122 | 122 | 8 | 4,180 | 379 | 4,559 | 92% | |
| Sonora | 218 | 4,952 | 5,170 | | 9 | 9 | | 5,179 | 390 | 5,569 | 93% | |
| Tabasco | 116 | 1,078 | 1,194 | | 20 | 20 | | 1,214 | 52 | 1,266 | 96% | |
| Tamaulipas | 152 | 7,139 | 7,291 | | 491 | 491 | 26 | 7,812 | 286 | 8,098 | 96% | |
| Tlaxcala | 126 | 606 | 731 | | 39 | 39 | 3 | 773 | 36 | 809 | 96% | |
| Veracruz | 354 | 5,253 | 5,607 | | 29 | 29 | 3 | 5,639 | 325 | 5,964 | 95% | |
| Yucatán | 299 | 2,820 | 3,119 | | 10 | 10 | 4 | 3,133 | 138 | 3,271 | 96% | |
| Zacatecas | 189 | 1,003 | 1,192 | | 9 | 9 | 3 | 1,204 | 66 | 1,270 | 95% | |
| Resultado Total | 4,904 | 134,247 | 139,151 | | 0 | 2,344 | 2,344 | 207 | 12 | 141,714 | 17,040 | 89% |

Fuente: INFONAVIT, 2019b.

2.6.2 Esta es tu casa - CONAVI.

A partir del año 2007 la CONAVI implementa el Programa “Ésta es Tu Casa”, el cual permite a la población con ingresos más bajos acceder a una solución de vivienda habitacional a través de la entrega de un subsidio en las siguientes modalidades: adquisición de una vivienda nueva o usada, compra de un lote con servicios para autoconstrucción y mejoramiento o rehabilitación de una vivienda. El monto del subsidio varía de acuerdo a la modalidad y al valor de la vivienda o proyecto (Fundación IDEA, 2013).

En el año 2012 se crearon nuevas Reglas de Operación para la autorización de subsidios. Estas reglas consideran nuevas herramientas de evaluación y otorgamiento de subsidios diferenciados con base a nuevos criterios de ubicación y sustentabilidad de la vivienda. Los criterios se reflejan en un sistema multidimensional de puntaje que califica la sustentabilidad de la vivienda desde una visión integral que considera: la ubicación, equipamiento, re-densificación y competitividad. Con base en estos criterios, se evalúa si se otorga el subsidio para la vivienda o no (Fundación IDEA, 2013).

Figura: 2.15. Criterios de evaluación 2012, programa: Esta es tu casa.



Fuente: Fundación IDEA, A.C., 2013.

2.6.3 Programa ECOCASA - SHF.

Inicialmente, el programa *aborda la Eficiencia Energética –EE-* en la construcción basándose en el "*Desempeño Integral de la Vivienda*", fijando estándares para la demanda total de energía primaria a través de *Diseño Bioclimático Pasivo* (contemplando ubicación, aislamientos térmicos, ventilación, iluminación natural) siendo posible cuantificar los ahorros en consumo eléctrico. Actualmente, el Programa integra nuevos criterios de sustentabilidad; se desarrollan y actualizan herramientas que permiten una estimación de emisiones GEI con factores

adicionales a la EE, así como, nuevos rangos de confort y metodologías de evaluación integral que permitirán continuar permeando el cambio de paradigma en la forma de construir vivienda al llevar al sector hacia nuevos estándares que generen avances en términos sustentables (Sociedad Hipotecaria Federal, 2018). Debido al éxito internacional ha sido manifiesta darle continuidad al esquema para seguir marcando la pauta en vivienda sustentable de interés social. Por lo anterior, el Programa cuenta con tres esquemas: EcoCasa, a través de los cuales la tasa preferencial compensa el incremento de costos por la incorporación de medidas de eficiencia energética, de forma tal que el precio de la EcoCasa no se altere. Los proyectos de cada una de las etapas -I, II, III- se diferencia entre sí, por el grado de exigencia de los criterios de sustentabilidad vigentes.

Figura 2.16. Esquemas del programa EcoCasa.



Fuente: Sociedad Hipotecaria Federal, 2018.

Figura 2.17. Esquemas del programa ECOGASA.

| Programa | Beneficios | Requerimientos | | | | | | | | |
|----------|---|----------------|---|---|---|---|---|---|-------------------|---|
| | | Todos climas | Cálido y Muy Seco (Todas las tipologías) | | Seco Semiseco (Todas las tipologías) | | Templado y Frio (Todas las tipologías) | | Templado vertical | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | Confort 40% | | Confort 60% | | Confort 80% | | Confort 80% | |
| | 1) Tasa Preferencial -260 pb 2) Priorización de subsidio 3) 150 Puntos ROP CONAVI 4) Apoyo técnico | 45 | -40% | C | -30% | D | -25% | D | -25% | E |
| | 1) Tasa Preferencial -115 pb 2) Priorización de subsidio 3) 125 Puntos ROP CONAVI 4) Apoyo técnico | 30 | -30% | D | -20% | D | -20% | D | -20% | E |
| | 1) Tasa Preferencial -100 pb 2) Priorización de subsidio 3) 125 Puntos ROP CONAVI 4) Apoyo técnico | 15 | -30% | D | -20% | D | -20% | D | -20% | E |

Fuente: Sociedad Hipotecaria Federal, 2018.

Los resultados del Programa EcoCasa al mes de mayo del año 2019 son los siguientes:

- 63,986 viviendas Certificadas (54,981 Viviendas Financiadas, 85%)
- 75 desarrolladores
- 222 proyectos
- 22 estados
- 2.047 MtCO₂e de reducción de emisiones sobre la vida útil de la vivienda
- 249,545 mexicanos Beneficiados

Tabla 2.6. Normas y certificaciones de edificación sustentable en México.

| Norma /Certificación | Características |
|---|---|
| <p>1. Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables (PCES)</p> | <p>En 2008 el Gobierno del Distrito Federal (GDF) puso en marcha el Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables (PCES), que pretende establecer un estándar para calificar los edificios tanto habitacionales como comerciales, promoviendo la reducción de emisiones contaminantes, la eficiencia energética y el uso sustentable de los recursos naturales en el diseño y operación de edificaciones del Distrito Federal.</p> |
| <p>2. NMX-AA-164-SCF1-2013 de Edificación Sustentable</p> | <p>Esta norma mexicana, de aplicación voluntaria a nivel nacional, especifica los criterios y requerimientos ambientales mínimos de una edificación sustentable. La norma considera aspectos de la edificación como el uso de suelo, energía, agua, materiales y residuos, calidad ambiental y responsabilidad social.</p> <p>Aplica a las edificaciones y sus obras exteriores, ya sea individuales o en conjuntos de edificios, nuevas o existentes, sobre uno o varios predios, en arrendamiento o propias. Se aplica a una o varias de sus fases: diseño, construcción, operación, mantenimiento y demolición, incluyendo proyectos de remodelación, renovación o reacondicionamiento del edificio.</p> |
| <p>3. NMX-AA-171-SCFI-2014 de Requisitos y Especificaciones de desempeño ambiental de establecimientos de Hospedaje</p> | <p>Esta norma tiene como objetivo establecer los requisitos y especificaciones de desempeño ambiental para la operación de establecimientos de hospedaje en la República. Aplica a Todos los establecimientos de hospedaje interesados en demostrar el cumplimiento de los requisitos de desempeño ambiental turístico en todo el territorio nacional.</p> |
| <p>4. NMX-AA-SCFI-157-2012 de Requisitos y Especificaciones de Sustentabilidad para la selección del Sitio, Diseño, Construcción, Operación y Abandono del Sitio de Desarrollos Inmobiliarios Turísticos en la Zona Costera de la Península de Yucatán</p> | <p>Establecer requisitos y especificaciones de desempeño sustentable para desarrolladores y prestadores de servicios turísticos para la selección y preparación del sitio, diseño, construcción, operación y abandono del sitio de Desarrollos Inmobiliarios Turísticos que se ubiquen en la zona costera en la Península de Yucatán.</p> <p>Esta norma de cumplimiento voluntario constituye un marco de referencia de sustentabilidad turística, estableciendo las bases para un esquema de certificación.</p> |

| | |
|--|---|
| <p>5. Nueva Norma de Edificación Sustentable para el Estado de México</p> | <p>Esta norma mexicana establece los requisitos para la prestación de los servicios de comisionamiento que permiten vigilar el cumplimiento de los procesos para los edificios y sus sistemas. Esta norma no establece los requisitos específicos por sistema.</p> <p>Esta norma mexicana es aplicable al proceso de comisionamiento y los agentes de comisionamiento que se ubiquen dentro del territorio nacional, ya sean públicos o privados; y que presten sus servicios de comisionamiento aplicable a edificaciones y sus obras exteriores, nuevos o existentes, parcialmente o en la totalidad de su superficie y en cualquier modalidad: en operación, construcción nueva, remodelación, reestructuración y ampliación.</p> <p><i>El comisionamiento o Commissioning es el conjunto de actividades necesarias para verificar que el proyecto ejecutado cumple con los requisitos (OPR) definidos inicialmente por el Promotor.</i></p> |
| <p>6. Hipoteca Verde del Infonavit</p> | <p>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 que disminuyen los consumos de energía eléctrica, agua y gas. Es un monto adicional que se otorga a todos los créditos para disminuir consumos de agua, luz y gas.</p> |
| <p>7. Sí Se Vive, del Infonavit</p> | <p>La creación de este sistema de evaluación de 'vivienda verde' en 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. Es una alternativa de rescate de 20,000 viviendas adjudicadas y abandonadas.</p> |

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 2.7. Descripción de los sistemas de certificación.

| SISTEMAS DE CERTIFICACIÓN | | |
|---------------------------|---------|---|
| Nombre | País | Descripción |
| LEED: Leadership in | Estados | Sistema de certificación con reconocimiento internacional |

| | | |
|---|-------------|---|
| Energy and Environmental Design | Unidos | para edificios sustentables creado por el Consejo de Edificación Sustentable de Estados Unidos (U.S. Green Building Council). Se basa en la incorporación en el proyecto de aspectos relacionados con la eficiencia energética, por ejemplo: uso de energías alternativas, mejora de la calidad ambiental interior y eficiencia del consumo de agua. Esta certificación busca aumentar de manera sustancial la calidad ambiental de los nuevos edificios. |
| BREEAM: Building Research Establishment Environmental Assessment Method | Reino Unido | Evalúa impactos en 10 categorías (Gestión, Salud y Bienestar, Energía, Transporte, Agua, Materiales, Residuos, Uso ecológico del suelo, Contaminación, Innovación) y otorga una puntuación final tras aplicar un factor de ponderación ambiental que tiene en cuenta la importancia relativa de cada área de impacto. comprende las distintas fases de diseño, construcción y uso de los edificios y dispone de esquemas de evaluación y certificación en función de la tipología y uso del edificio. |
| CASBEE: Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency | Japón | Es un sistema para evaluar y calificar el desempeño ambiental de los edificios. Además del ahorro de energía y recursos, el rendimiento de reciclaje y otras reducciones de impacto ambiental, el sistema CASBEE evalúa el desempeño ambiental de los edificios, incluidas las consideraciones de confort y paisajismo, utilizando un sistema de clasificación de cinco niveles de "S", "A", " B +, "B-" y "C". |
| HIPOTECA VERDE | México | Es un monto adicional que se otorga a todos los créditos para disminuir los consumos de agua, luz y gas. De esta manera, todas las viviendas que se compren, construyan, amplíen o remodelen con un crédito del Instituto, deben estar o ser equipadas con eco tecnologías que ahorren agua, luz y gas, tales como llaves, inodoros, focos, aislantes térmicos, calentadores solares, refrigeradores y estufas eficientes, así como lavadoras ahorradoras grado ecológico, entre otros. |

Fuente: Elaboración propia, 2020.

2.7 Indicadores de sostenibilidad ambiental

Los indicadores de sostenibilidad ambiental constituyen una metodología que nos 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 estos

indicadores permiten fortalecer decisiones de política pública para impulsar el desarrollo sustentable (Tuset, 2019).

Entre los indicadores de sostenibilidad ambiental más utilizados están: la huella ecológica y la huella de carbono, mismos que se describen a continuación.

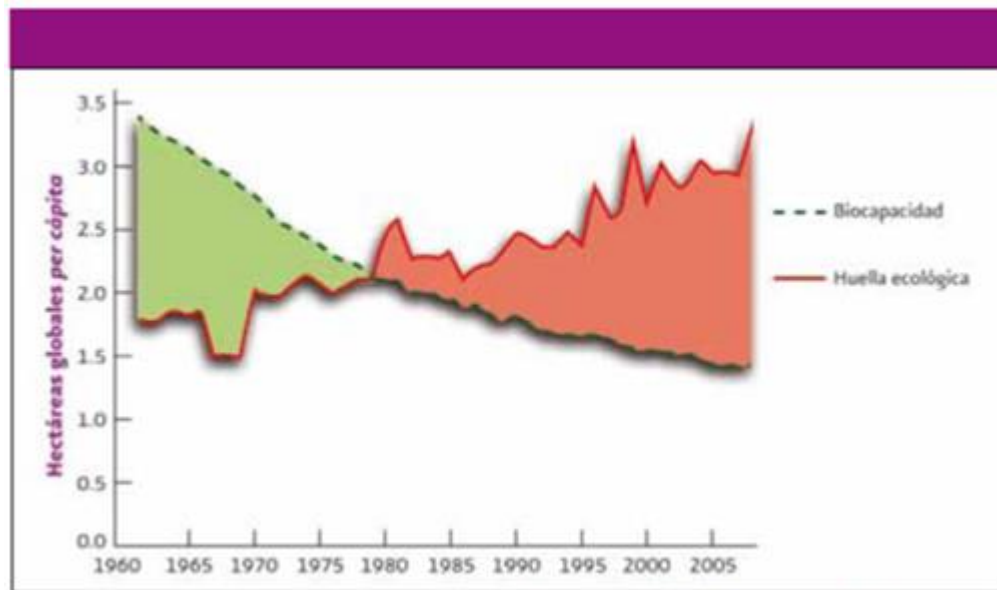
2.7.1 Huella ecológica.

La huella ecológica es un indicador de sustentabilidad diseñado por William Rees y Malthus 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 (SEMARNAT, 2013).

La metodología o la cuenta de la huella ecológica -MHE o CHE- calculan los requerimientos del hombre sobre la naturaleza. Una huella ecológica de una población equivale al área biológicamente productiva requerida para producir los recursos utilizados y absorber los residuos generados por dicha población. Debido a que la gente utiliza los recursos de todo el planeta, la huella ecológica calcula el tamaño combinado de estas áreas donde quiere que estén ubicados estos recursos. Se puede comparar las huellas ecológicas que representan la demanda del hombre, con la capacidad biológica; representando suministro ecológico, en una región particular o para todo el planeta. Cuando las demandas del hombre exceden la producción ecológica, el capital natural, es decir, los créditos sobre cual dependen la actual y las futuras generaciones disminuye (Badii, 2008).

En teoría, la huella ecológica de una población es estimada por el cálculo de la superficie de suelo y agua que se requiere en una base continua para producir todos los bienes que se consumen y para asimilar los desechos generados por esa población (Mar, 2012).

Figura 2.18. Biocapacidad y huella ecológica de México: 1961-2005.



Fuente: Foot Print Network. En: www.footprintnetwork.org/images/uploads/NFA_2011_Edition.pdf

Fuente: Foot Print Network, obtenido de:
www.footprintnetwork.org/images/uploads/NFA_2011_Edition.pdf

La huella ecológica consiste en una traducción a hectáreas de la tierra biológicamente productiva de los patrones de consumo de un país, una ciudad o un individuo. Aunque luego se complican con miles de tecnicismos, hay cinco dimensiones básicas en el cálculo de la huella ecológica (Martínez, 2008):

- Superficie artificializada: cantidad de hectáreas utilizadas para urbanización, infraestructuras o centros de trabajo.
- Superficie necesaria para proporcionar alimento vegetal.
- Superficie necesaria para pastos que alimentan ganado.
- Superficie marina necesaria para producir pescado.
- Superficie de bosque necesaria para servir de sumidero del CO₂ que arroja nuestro consumo energético.

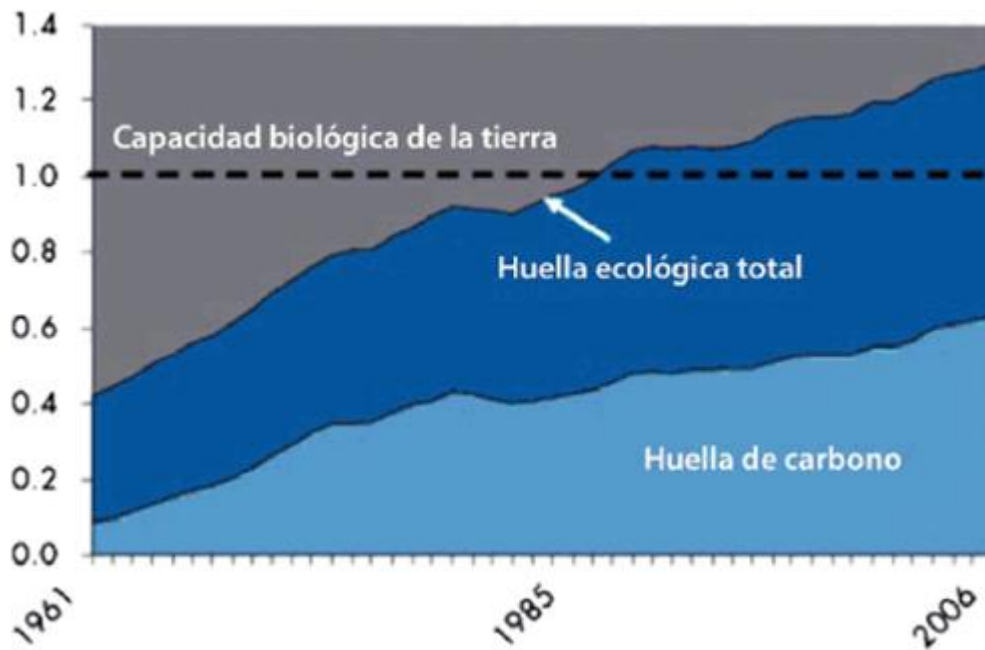
2.7.2 Huella de Carbono.

La cuantificación de las emisiones de GEI es una forma de participar en la agenda de sostenibilidad, aunque la relación GEI con cambio climático ha sido más resistida y más lenta en la práctica. En casi todos los países se han emprendido iniciativas para cuantificar los efectos de los GEI, principales causantes del cambio climático y del calentamiento global, siendo la Huella de Carbono el concepto que concentra la mayor atención desde el punto de vista de las empresas, fundamentalmente porque su utilización se ha traducido en un importante factor de competitividad y acceso a los mercados. La Huella de Carbono es un indicador de las emisiones de GEI expresadas en toneladas de dióxido de carbono equivalentes y ha alcanzado relevancia y masificación, desarrollándose diversas metodologías para su medición. Y aunque no existe aún consenso absoluto sobre la definición conceptual de HdC dentro de la comunidad científica el concepto se ha ido introduciendo fuertemente en la investigación académica y en la aplicación y uso en la industria (Espíndola, 2011).

La Huella de Carbono –HC-, es una medida que trata de cuantificar la cantidad de emisiones de gases efecto invernadero –GEI-, expresada en equivalentes de CO₂ que son liberadas a la atmósfera como resultado de intervenciones humanas. Comprende todas las actividades o eslabones de un proceso que describe el ciclo de vida de un producto, desde las materias primas utilizadas hasta el desecho final como residuo. De esta manera, el consumidor puede tener idea del potencial de contaminación de los productos que consume (Viglizzo,2010).

Según la Oficina Española de Cambio Climático (2015), se define a la huella de carbono –HC-, como “la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos por efecto directo o indirecto por un individuo, organización, evento o producto”. La huella de carbono, cuantifica los GEI dióxido de carbono -CO₂-, metano -CH₄-, óxido nitroso -N₂O-, hidrofluorocarbonos –HFC-, perfluorocarbonos –PFC- y hexafluoruro de azufre -SF₆-, que son expulsados a la atmósfera, de forma directa o indirecta, como producto de las diversas actividades que realiza una empresa, una persona o el ciclo de vida de un producto.

Figura 2.19. Huella ecológica y huella de carbono de la humanidad.

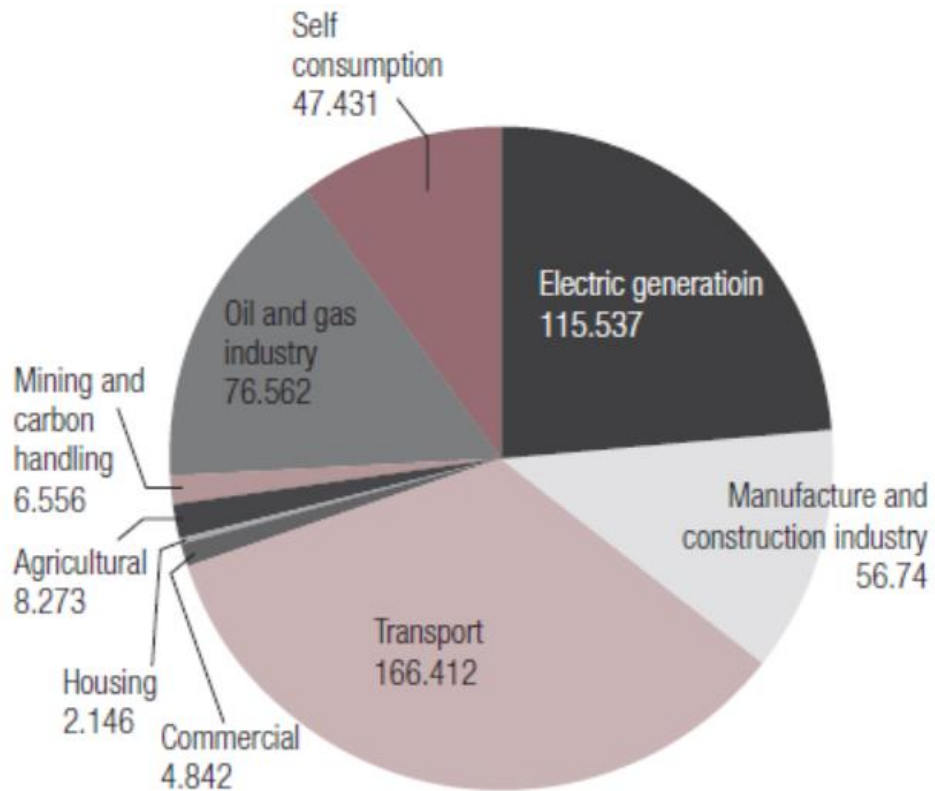


Fuente: Viglizzo, 2010.

Los asentamientos humanos en México producen CO_{2e} por año a partir de varias fuentes, las principales por sector, según la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2012), que son:

- Autoconsumo, 47,431 millones de toneladas.
- Generación eléctrica, 115,537 millones de toneladas.
- Industria manufacturera y de la construcción, 56,740 millones de toneladas.
- Transporte, 166,412 millones de toneladas.
- Comercio, 4,842 millones de toneladas.
- **Residencial, 21.460 millones de toneladas.**
- Agrícola, 8,273 millones de toneladas.
- Minería y manejo de carbono, 6,556 millones de toneladas.
- Industria del petróleo y gas, 76,562 millones de toneladas.

Figura 2.20. Emisiones de CO₂e -millones de toneladas métricas- producidas en México en el año 2012 por sector.



Fuente: Hernández, 2018.

En la Figura 2.20 se observa que el sector de la industria de la manufactura y construcción se encuentra en tercer lugar de emisiones de CO₂e a la atmósfera, con 166,412 millones de toneladas en el año 2012. Esto indica, que el sector de la construcción es un alto contaminante.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

Introducción

En el presente capítulo se presentan algunas teorías de varios autores acerca de las estrategias, estrategias de gestión, sustentabilidad en la vivienda, impacto ambiental, mismas que se tomarán como referencia para establecer comparativas entre las mismas.

Se analiza el estado del arte respecto a las estrategias de gestión ambiental del sector de la construcción, a través de publicaciones de artículos y revistas para identificar cuáles son las características descritas por los autores de este rubro.

Se hará una propuesta del modelo de estudio de sustentabilidad en la construcción de vivienda, proponiendo un modelo de estudio y se generarán hipótesis.

3.1 Estrategias

La sustentabilidad tiene en cuenta los efectos que la construcción producirá en las personas que viven y/o trabajan en los edificios. Así, pues, se trata de avanzar en instrumentar una serie de principios como, por ejemplo:

- Conservación de recursos -materiales, agua, energías-.
- Principio de las tres “R”: Reciclar, Recuperar, Reusar.
- Análisis de la gestión del ciclo de vida de las materias primas utilizadas, con el objetivo de reducir la generación de residuos y emisiones GEI.
- Uso racional de la energía.
- Uso racional del agua.
- Incremento de la calidad y salud de vida para el usuario/propietario y la comunidad en que se asienta -urbanización-.
- Protección general del medio ambiente del entorno en el que se asienta.

La construcción sustentable pretende conceptualmente racionalizar, ahorrar conservar y mejorar (Ramírez, 2009).

3.1.1 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 (Campos, 2016).

Sin embargo, como menciona Abramyan (2016), con todos los beneficios de los materiales ecológicos, las tecnologías de bajo desperdicio, la maquinaria y el equipo de bajas emisiones, el aspecto ambiental de la construcción aún requiere un enfoque personalizado. Incluso los diseños estándar que presentan una demanda cuantitativa y cualitativa más o menos idéntica de materiales y equipos difieren entre sí.

De acuerdo a Shrivastava, (2017, citado por Grantovna, 2017), el uso de materiales que cumplen los requisitos de eficiencia energética a menudo se vuelve imposible por las normas existentes que obstaculizan la invención de materiales alternativos.

Además, la complejidad de evaluar el impacto ambiental de los proyectos de construcción, depende de los detalles de la construcción: concentrados o espaciados, localizados -escalonados- o lineales, extendidos a unos pocos cientos o miles de kilómetros, situados en zonas naturales y climáticas complejas y basados en varios diseños estructurales y complejas tecnologías de construcción. Mientras tanto, una cosa permanece sin cambios para todas las iniciativas de construcción: todas afectan negativamente al medio ambiente y están sujetas a exposiciones ambientales que contraen su vida de diseño con el tiempo (Abramyan, 2016).

El diseño sustentable incorpora minimizar la expansión urbana y la destrucción innecesaria de tierras valiosas, hábitats y espacios verdes, que resulta del desarrollo ineficiente de baja densidad. El diseño también se concentra en el desarrollo urbano

de mayor densidad, el desarrollo urbano y la renovación urbana, como un medio para preservar el valioso espacio verde (Molla et al., 2013).

La Agencia Internacional de Energía, analizó el ahorro de energía y el impacto potencial del calentamiento global en los edificios mediante el desarrollo de tecnologías de eficiencia energética en el sector de la construcción. Radhi (2009 citado por Jeong, 2017), afirmó que las medidas de diseño de energía y los códigos de envolvente de edificios, como el aislamiento térmico, la masa térmica y el doble acristalamiento en envolventes de edificios, son importantes para hacer frente al calentamiento global.

De acuerdo con Rojas (2004, citado por Castro, 2014), en la Cumbre de Río de Janeiro, la noción del desarrollo sustentable se dio tradicionalmente en torno a tres frentes principales que se ratifican inclusive en la declaración política de Johannesburgo: el compromiso por avanzar y fortalecer los pilares independientes y mutuamente reforzados, como son: el desarrollo económico, desarrollo social y protección ambiental en los niveles local, nacional, regional y mundial. Aunque agrega el autor, que en la actualidad se habla de una nueva dimensión que incorpora elementos de orden político e institucional, y que se estima que son elementos favorables por el rol que cumple el Estado y las instituciones como garantes de escenarios de armonización en los ámbitos económico, social y ambiental.

De lo anteriormente expuesto, podemos concluir, que el desarrollo sustentable presenta cuatro ejes o dimensiones:

- Ambiental
- Social
- Económico
- Político e institucional

En la revisión de la literatura existente se encontraron varias estrategias de gestión, las cuales se mencionan a continuación.

3.1.1.1 Proceso de Construcción Integrado

Yong et al. (2016), 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-.

De acuerdo al US Green Building Council, en lo que respecta a la construcción ecológica, un proceso integrado es un método utilizado para el diseño y las operaciones de entornos construidos sustentables. Todo se reduce a lograr que todos los que participan en el proyecto, desde la fase de diseño hasta la construcción y las operaciones cotidianas, se unan desde el principio para colaborar. Los procesos de planificación, diseño, construcción y operaciones convencionales a menudo no reconocen que los edificios son parte de sistemas más grandes y complejos. Como resultado, resolver un problema puede crear otros problemas en otras partes del sistema. En contraste, un proceso integrado es altamente colaborativo. Este enfoque requiere que todo el equipo del proyecto piense en todo el edificio y todos sus sistemas juntos, enfatizando las conexiones y mejorando la comunicación entre profesionales y partes interesadas a lo largo de la vida de un proyecto. Rompe los límites disciplinarios y rechaza la planificación lineal y los procesos de diseño que pueden conducir a soluciones ineficientes. Aunque el término diseño integrado se aplica con mayor frecuencia a nuevas construcciones o renovaciones, un proceso integrado es aplicable a cualquier fase del ciclo de vida de un edificio (U.S. Green Building Council, 2019).

El modelo ICP propuesto por Young et al., (2016), proporciona una lista completa de actividades de construcción ecológica, los objetivos y procedimientos para cada uno, los roles y responsabilidades de los principales interesados, los requisitos del

sistema de calificación –presentaciones-, los formularios necesarios y las estrategias de gestión, y las mejores prácticas y ejemplos prácticos de ecología en actividades de construcción.

Las capas mencionadas son:

1. Capa abstracta, demuestra la estructura del modelo ICP e identifica la lista de tecnologías y estrategias de construcción ecológica.
2. Capa de contenido, Proporciona un desglose detallado del contenido de cada una de las actividades de construcción ecológica.
3. Capa de roles de partes interesadas, se centra en los roles y responsabilidades de las principales partes interesadas.
4. 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.

De acuerdo a los autores, este ICP propuesto, apoya en producir la documentación de construcción adecuada, lo cual minimiza la necesidad de documentación adicional relacionada con la construcción ecológica, que facilita el proceso de certificación.

3.1.1.2 Huella de carbono

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 (Espíndola & Valderrama 2012).

Actualmente existe un gran número de metodologías y normas para abordar el cálculo de la huella de carbono, todas ellas con base en la norma ISO 14044 de

análisis del ciclo de vida, la más utilizada es la ISO TS 14067, que especifica los principios, requisitos y directrices, para la cuantificación, total o parcial, de la huella de carbono de los productos, tomando como referencia las normas internacionales de análisis del ciclo de vida como ISO 14040 e ISO 14044.

Existen diversas metodologías para efectuar el cálculo de la huella de carbono, la aplicación en particular de alguna de estas metodologías depende del enfoque a utilizar, ya sea enfoque organizacional o enfoque del producto. A continuación, se muestran algunas de estas metodologías:

Tabla 3.1. Metodologías para el cálculo de la huella de carbono.

| Enfoque | Herramienta metodológica | Descripción |
|--------------|--|--|
| Organización | GHG Protocol | Estándar corporativo de contabilidad y reporte de los Gases de Efectos Invernadero |
| | ISO 14064:2006 (Parte 1) ISO 14069:2013 | Norma que establece los lineamientos para el diseño y desarrollo de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero |
| | ISO 14069:2013 | Norma guía para la aplicación de la ISO 14064-1 (cuantificación y reporte de los GEI) |
| | Bilan Carbone | Herramienta metodológica para la cuantificación de la Huella de Carbono corporativa |
| | PAS 2050:2011 | Especificaciones para la cuantificación de emisiones de GEI asociadas al ciclo de vida de un producto o servicio. |
| Producto | PAS 2060:2010 | Especificaciones para la demostración de la neutralidad de carbono |
| | ISO 14067 | Directrices y requisitos para cuantificación y comunicación de la huella de carbono de los productos (HCP), incluyendo tanto bienes como servicios, durante el ciclo de vida de un producto. |

Fuente: Morales, 2018

Pasos para el cálculo de la huella de carbono

De acuerdo a Ferraro (2017), para determinar la HdC desde un enfoque micro o meso económico deben llevarse a cabo pasos comunes, pero con distintas características:

Enfoque microeconómico

1. Establecer los límites del inventario, la organización y los operativos. Lo que implica definir el alcance de la empresa cuyas emisiones van a ser contabilizadas. El límite operativo significa que alcances -1, 2 o 3- serán incluidos en el inventario.
2. Establecer el límite temporal. Normalmente, se toma un año calendario. Para calcular la predeterminación de emisiones se toma el año inmediato anterior. Por otro lado, tomar un año genera información coherente con otros indicadores económico-financieros medioambientales o de responsabilidad social, sumada a períodos más cortos, mayor será el costo administrativo. También debe definirse el año base para la medición, podría elegirse como base el primer año en que se realice el cálculo, si durante este período existen fluctuaciones atípicas podría tomarse la media de los períodos consecutivos, algunas organizaciones toman el año 1990 —Kyoto— como año base, o bien la referencia de los Inventarios Nacionales.
3. Identificación de las actividades. Sobre la base del límite operativo y período de análisis, se deben conocer las actividades desarrolladas por la organización que generan emisiones.
4. Buscar los factores emisores de GEI. Los factores de emisión se basan a menudo en una muestra de datos sobre mediciones, calculados como promedio para determinar una tasa representativa de las emisiones correspondientes a un determinado nivel de actividad en un conjunto dado de condiciones de funcionamiento -Directrices del IPCC-.
5. Decidir la metodología de cálculo a ser utilizada.
6. Realizar los cálculos:

$$HC = \text{Dato de actividad} \times \text{Factor de emisión}$$

3.1.1.3 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 (Centro Mario Molina, 2019).

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 (SEDATU & CONAVI, 2017).

Diseño técnico de la NAMA:

De acuerdo a SEDATU & CONAVI (2018), el NAMA Facility Fund, financió de manera importante la iniciativa mexicana de vivienda sustentable generando una plataforma robusta para la implementación de la estrategia en sus múltiples fases. En consecuencia, el NAMA de vivienda nueva, se convirtió en el primer NAMA en implementación a nivel mundial y el primer proyecto financiado por el Facility Found.

La Política Nacional de Vivienda -Programa Nacional de Vivienda 2014-2018- se basa en tres criterios básicos que se enlazan con la NAMA de Vivienda (SEDATU, 2017):

1. El desarrollo urbano sustentable -impactos indirectos de mitigación GEI-.
2. Las acciones de mitigación del cambio climático -impactos directos de mitigación GEI- a través de:
 - a. La reducción del consumo de energía, la integración de energías renovables y
 - b. La mejora del consumo de agua en la vivienda y el aprovechamiento del agua de lluvia.

3. La armonización de criterios entre las instituciones gubernamentales que implementan programas de vivienda sustentable.

Según el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático -INECC-, México emitió 683 millones de toneladas de bióxido de carbono equivalente -MtCO₂e- de gases efecto invernadero -GEI- en el año 2015.

Tabla 3.2. NAMAS existentes en México, relacionadas con la industria de la construcción.

| Nombre de la NAMA | Etapas | Potencial de mitigación (MtCO ₂ 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 | 1.6 | CESPEDES | MX-04 |
| NAMA de vivienda nueva | Implementación | 1.2 | SEDATU | MX-15 |
| NAMA de vivienda existente | Piloto | 0.5 | SEDATU | MX-16 |

Fuente: elaboración propia con datos de: INECC, 2017.

Las estrategias de desarrollo nacional y sectorial proporcionan el marco general en el que las NAMAs deben ser incorporadas, esto se muestra en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Documentos de políticas u otros elementos pertinentes para integrar las NAMAs.

| Políticas para integrar NAMA's |
|---|
| Contribuciones (previstas) determinadas a nivel nacional |
| Estrategias Nacionales (Sectoriales) de Desarrollo |
| Políticas Nacionales de Inversión |
| Proyectos piloto existentes con potencial de ampliación |
| Marco regulatorio, leyes nacionales/municipales sobre cambio climático, leyes en sectores relevantes |
| Estrategia Nacional de Cambio Climático o Planes de Acción |
| Estrategias de Desarrollo con Bajas Emisiones (LEDS), LEDS Sectoriales y LEDS Urbanas |
| Evaluación de Necesidades Tecnológicas (ENT) y Planes de Acción Tecnológicos (PAT) |
| Proyecto de MDL (Mecanismo de Protocolo de Kioto), o Programa de Actividades |
| Comunicaciones Nacionales a la CMNUCC, en particular sus secciones sobre inventarios GEI y evaluaciones de mitigación, Informes Bienales de Actualización (BUR), y NDCs |

Fuente: Ryfisch et al., 2017.

3.1.1.4 Normas Oficiales Mexicanas

De acuerdo a la Fundación IDEA (2013), están vigentes trece NOM que están relacionadas a la vivienda: cuatro para equipos varios: calentadores de agua, refrigeradores, lavadoras de ropa, y de bombas y conjunto motor-bomba; tres relacionadas a equipos de aire acondicionado de tipo central, paquete o dividido; de tipo cuarto; y de tipo dividido, descarga libre y sin conductos de aire; dos relacionadas a materiales de envolvente -aislantes térmicos y vidrio y sistemas vidriados-; tres para iluminación lámparas para uso general, lámparas fluorescentes compactas y lámparas de diodos emisores de luz LED integradas para iluminación general; y una de envolvente de edificios para uso habitacional.

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 en 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 (Quijano, s.f.).

Tabla 3.4. Normas Oficiales Mexicanas relacionadas a la vivienda.

| Clave | Norma |
|-------------------------------------|--|
| NMX-C-7730-ONNCCE-2018 | Ergonomía del ambiente térmico - Determinación analítica e interpretación del confort térmico mediante el cálculo de los índices VME y PEI y los criterios de confort térmico local. |
| NMX-J-C-I-489-ANCE-ONNCCE-NYCE-2014 | Centros de Datos de Alto desempeño - Sustentable y Energético - Requisitos y Métodos de Comprobación. |
| NMX-C-415-ONNCCE | Llaves ahorradoras en cocinas y baños. |
| NMX-C-460-ONNCCE-2009 | Aislamiento Térmico - Valor "R" para las Envolventes de Vivienda por Zona Térmica para la República Mexicana - Especificaciones y Verificación. |
| NMX-C-460-ONNCCE-2009 | Aislamiento Térmico - Valor "R" para las Envolventes de Vivienda por Zona Térmica para la República Mexicana - Especificaciones y Verificación. |
| NMX-AA-164-SCFI-2013 | Edificación Sustentable Criterios y Requerimientos Ambientales Mínimos de una edificación sustentable. |
| NMX-AA-171-SCFI-2014 | requisitos y especificaciones de desempeño ambiental para la operación de establecimientos de hospedaje. |
| NMX-ES-004-NORMEX-2010 | Energía solar – Evaluación térmica de sistemas para calentamiento de agua - Método de prueba. |
| NOM-OO1-CONAGUA | Válvulas de seccionamiento para alimentación en lavabos, inodoros, fregaderos, calentador de agua, tinaco y cisternas. |

| | |
|------------------------|---|
| NOM-003-ENER-2011 | Eficiencia de calentadores de agua para uso doméstico y comercial. Límites, método de prueba y etiquetado. |
| NOM-007-ENER-2004 | Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales. |
| NOM-008-ENER-2001 | Eficiencia energética en edificaciones, envolventes de edificios no residenciales. |
| NOM-008-CONAGUA | Regadera con grado ecológico. |
| NOM-009-CONAGUA | Inodoros de descarga máxima de 5 litros. |
| NOM-011-SESH-2012 | Calentador de gas de rápida recuperación. |
| NOM-013-ENER-2004 | Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades |
| NOM-017-ENER/SCFI-2008 | Eficiencia energética y requisitos de seguridad de lámparas de uso residencial fluorescentes compactas, mínimo de 20 watts en interiores y 13 watts en exteriores. |
| NOM-018-ENER | Aislamiento térmico en techo que cumpla con valor mínimo R de la NMX-C-460-ONNCCE-2009. |
| NOM-020-ENER-2011 | Eficiencia energética en edificaciones, envolventes de edificios para uso habitacional. |
| NOM-027-ENER/SCFI-2016 | Rendimiento térmico, ahorro de gas y requisitos de seguridad de los calentadores de agua solares y de los calentadores de agua solares con respaldo de un calentador de agua que utiliza como combustible gas L.P. o gas natural. Especificaciones, métodos de prueba y etiquetado. |
| NOM-028-ENER-2010 | Eficiencia energética de lámparas para uso general. Límites y Métodos de Prueba. |

Fuente: Elaboración propia, 2020

3.1.1.5 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 (Campos, 2016).

La Norma ISO 14001 nace como respuesta a la preocupación mundial por el medio ambiente y la proliferación de normativas ambientales regionales. Es en este contexto, donde surge la necesidad de un indicador universal para evaluar los esfuerzos de una organización por alcanzar una protección ambiental confiable y adecuada. Fruto del compromiso ante la Cumbre de la Tierra, organizada por la Conferencia sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en junio del año 1992 en Río de Janeiro, Brasil, la Organización Internacional para la Estandarización -ISO-, se compromete a crear normas ambientales internacionales, después denominadas, ISO 14000 de la que actualmente forma parte la norma certificable ISO 14001. Se debe tener presente que las normas estipuladas por ISO 14001 no fijan metas ambientales para la prevención de la contaminación, ni tampoco se involucran en el desempeño ambiental a nivel mundial, sino que, establecen herramientas y sistemas enfocados a los procesos de producción al interior de una empresa u organización, y de los efectos o externalidades que de estos deriven al medio ambiente (ISO 14001, s.f.).

En resumen, la norma ISO 14001 describe los elementos necesarios de un Sistema de Gestión Ambiental -SGA- y define los requisitos para su puesta en marcha, para garantizar la adecuada administración de los aspectos importantes e impactos significativos de la gestión ambiental, aspectos tales como las emisiones a la atmósfera, el volcado de efluentes, la contaminación del suelo, la generación de residuos y el uso de recursos naturales, entre otros efectos ambientales que pueden ser controlados por la organización.

En nuestro país, el 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 (INFONAVIT, 2017).

El Sistema de Gestión Ambiental del Infonavit 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.

En el año 2016:

- Se mantuvo la certificación ISO 14001:2004.
- Se involucró a las áreas con impacto significativo en el medioambiente.
- Se obtuvo la recertificación de la sede, las oficinas de apoyo y 12 delegaciones: Baja California, Baja California Sur, Durango, Guerrero, Metropolitana, Michoacán, Morelos, Nayarit, San Luis Potosí, Sonora, Tlaxcala y Zacatecas.

Campañas ambientales:

Como parte del Sistema de Gestión Ambiental, es fundamental una constante formación y sensibilización para que todos los niveles de la estructura organizativa se hagan conscientes de la importancia del cumplimiento de la política, de los requisitos del sistema, de las funciones concretas de cada área y de los impactos significativos derivados de sus actividades.

- Se impartió el taller del Sistema de Gestión Ambiental a los coordinadores de cada delegación.
- Desde el área de Calidad Institucional, se forma a los auditores internos para reforzar su conocimiento y habilidades.
- Se capacitó al área jurídica de cada delegación en temas de legislación ambiental.
- Se emprendió una campaña de difusión del cuidado del medio ambiente titulada Infonavit es conciencia ambiental.

3.1.1.6 Gestión de residuos

Todos los procesos productivos desarrollados por el hombre, producen desechos, siendo la industria de la construcción uno de los procesos que generan más desechos. De acuerdo con Salguin (2016), los residuos de construcción y demolición se consideran un problema grave en las industrias constructivas de los países desarrollados y se están transformando en un problema creciente en otras regiones del mundo. Según la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. -EPA-, la construcción, renovación, uso y demolición de edificios constituyen aproximadamente dos tercios de todos los residuos sólidos no industriales.

A nivel mundial, los volúmenes de residuos están aumentando rápidamente, incluso más rápido que la tasa de urbanización. Actualmente, las ciudades del mundo están generando alrededor de 1.3 billones de toneladas de desechos sólidos por año. Se espera que este volumen aumente a 2.200 millones de toneladas para el año 2025. A medida que los países se urbanizan, su riqueza económica aumenta. A medida que aumenta el nivel de vida y los ingresos disponibles, aumenta el consumo de bienes y servicios, lo que resulta en un aumento correspondiente en la cantidad de desechos generados (Hoornweg y Bhada-Tata, 2012 citado por Wahi, 2016).

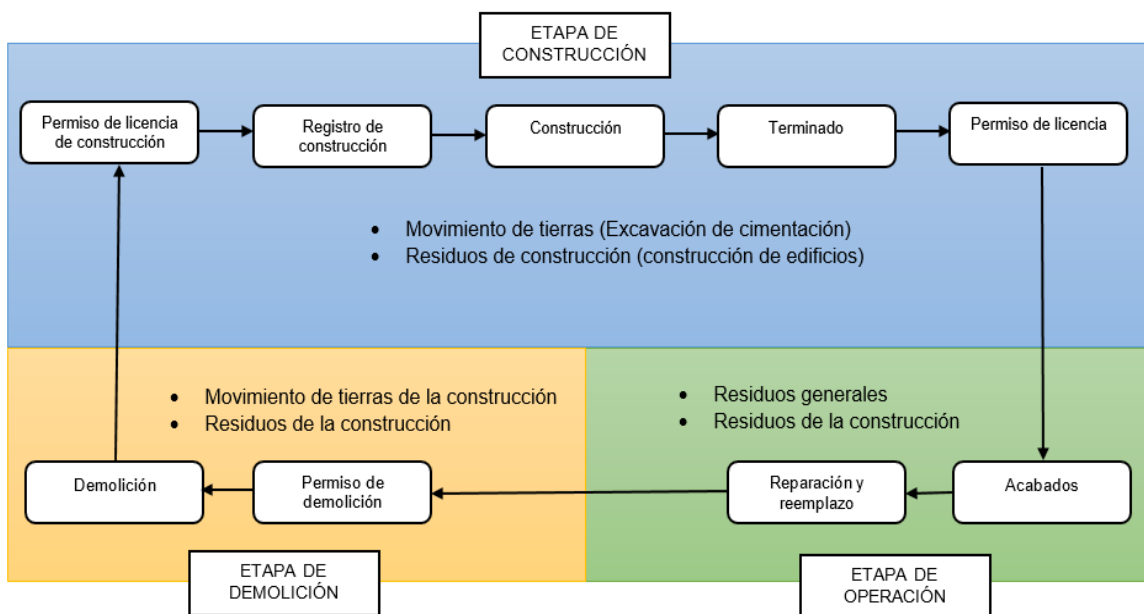
Por su parte, Ying et al., (2016), describen las prácticas de gestión de residuos de construcción en Taiwán, así como el estado de reutilización de los mismos. De acuerdo a los autores, la generación y gestión de los residuos de construcción en ese país, consiste en lo siguiente:

De acuerdo a Yeh, (2011, citado por Ying et al., 2016), se estima que en Taiwán se generan alrededor de 1.2 a 1.9 millones de toneladas al año de residuos de construcción, y la relación de reutilización de estos residuos es de 64% a 80%, mediante 64 instalaciones de tratamiento y reciclaje que tratan 14.5 millones de toneladas. Esto se realiza a través de la utilización de tecnología viable en el reciclaje de residuos de construcción, que implica: una primera clasificación primaria, separando basura grande y arena a través de cribado, seguido de una clasificación filtrada utilizando un segundo cribado; y, los materiales livianos son recolectados por una máquina de clasificación de aire que evita la contaminación del aire, se realiza

una separación de material no ferroso mediante una máquina de separación magnética. Finalmente se realiza una separación manual de madera y plásticos. El material grueso pasa por una trituradora para mejorar su disponibilidad. Las aplicaciones de los residuos de la construcción después del tratamiento son las siguientes:

1. El movimiento de tierras que se utilizó en vertederos.
2. El bloque de concreto y el ladrillo podrían ser el recurso de un relleno sanitario o materiales de construcción ecológicos.
3. Los desechos de madera pueden ser abono o combustible.
4. Los metales pueden ser reciclados y reutilizados.

Figura 3.1 Tipos de residuos de construcción generados a partir del ciclo de vida del período de construcción.



Fuente: Ying et al., 2016.

Por otra parte, se han tomado algunas medidas en los últimos años, con la intención de minimizar la generación de desechos peligrosos para el medio ambiente en el

mundo, enfatizando la relevancia de los cambios en los procesos de producción. En el caso específico de la construcción, comienza a despertarse el interés de factores externos. Entre ellos, está la disponibilidad de soluciones para minimizar los impactos ambientales negativos identificados y las herramientas de gestión aplicables. Lo importante para mejorar en este sector es el proceso de gestión, con la disminución de la generación de residuos sólidos y la gestión adecuada del mismo sitio de construcción (Beiriz & Haddad, 2011).

Tikker et al., (2006 citado por Campos, 2016), dice que, si consideramos su ciclo de vida, los productos de construcción son responsables del 20% al 35% de los impactos dentro de las categorías clave de impacto ambiental, como el calentamiento global, el agotamiento abiótico -aquellos recursos que rodean a los seres vivos y que conforman un ecosistema-, la toxicidad humana y la reducción de la capa de ozono, además de ser uno de los principales consumidores de recursos no renovables.

3.1.1.7 Análisis del Ciclo de Vida en la industria de la construcción

La evaluación del ciclo de vida -LCA-, se define como: la compilación, y evaluación de las entradas, salidas y posibles impactos ambientales de un sistema de producto a lo largo de su ciclo de vida (ISO 14040, 2006).

De acuerdo a Haya (2016), el Análisis de Ciclo de Vida es una herramienta de gestión medioambiental cuya finalidad es analizar de forma objetiva, metódica, sistemática y científica, el impacto ambiental originado por un proceso/producto durante su ciclo de vida completo. En los inicios de su uso se le denominaba también eco-balance o análisis del perfil ambiental.

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.

Sin embargo, de acuerdo a Curran (2008), LCA es una herramienta relativa destinada a la comparación y no a la evaluación absoluta, lo que ayuda a los responsables de la toma de decisiones a comparar todos los principales impactos ambientales al elegir entre cursos de acción alternativos.

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 de 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 del edificio durante su vida útil (Arvizu, 2017).

En México es relativamente nueva la aplicación de la metodología del LCA, aunque la industria de la construcción es una en la que más se ha trabajado al respecto. Entre las instituciones que actualmente están trabajando en este tema destacan las siguientes:

- Universidad de Colima.
- Universidad Autónoma de Chiapas.
- Laboratorio de Sustentabilidad y el Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de México.
- Facultad Hábitat de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Universidad Autónoma de Nayarit.
- Instituto Superior de Arquitectura y Diseño de la Universidad de Chihuahua.
- Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Desarrollo Sustentable -CADIS-.
- Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente A.C.

3.2 Sustentabilidad en la vivienda

La construcción ecológica o sustentable es la práctica de crear y utilizar modelos de construcción, renovación, operación, mantenimiento y demolición más saludables y más eficientes en términos de recursos (EPA Green Building, 2019).

La producción más limpia, es una tendencia que se originó hace varios años, pero que ha cobrado fuerza gracias al cambio de enfoque que se ha dado en las empresas al buscar estrategias eficaces para mejorar la productividad sin atentar contra los recursos naturales y el entorno inmediato de acción. El 92.62% de las empresas piensan que la implementación de las tecnologías verdes es un excelente negocio que les puede producir rentabilidad y posicionamiento de la empresa a nivel internacional (Ruiz, 2017).

A continuación, se presentan perspectivas y estudios de diferentes autores, en investigaciones relacionadas con la edificación sustentable en varias partes del mundo.

Beiriz y Haddad (2011) analizan varios aspectos de la legislación ambiental brasileña que afectan la industria de la construcción y las operaciones de las empresas constructoras en Brasil. El Programa de Gestión de Residuos para sitios de construcción y el Programa de Evaluación de Impacto Ambiental, este programa de gestión de residuos tiene como objetivo la reducción de la producción de residuos y el destino correcto de lo que queda en las actividades relacionadas con la construcción, modernización, remodelación, mantenimiento y demolición en todo tipo de actividades relacionadas con la construcción y subsectores de la industria de la construcción. En la Tabla 3.5, se muestra la Clasificación de Residuos de la Construcción de Brasil según la legislación y sus respectivos destinos.

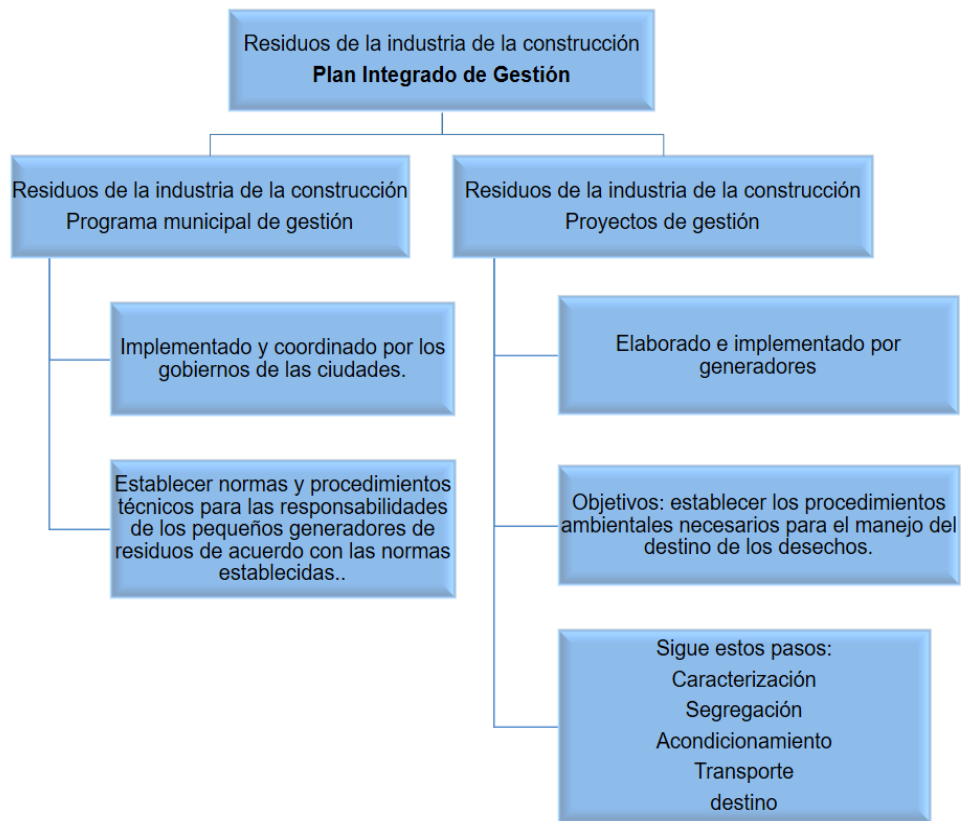
Tabla 3.5. Clasificación de desechos en la construcción brasileña.

| Clasificación | Características | Ejemplos | Destino |
|---------------|---|--|--|
| Clase A | Residuos reutilizables o reciclables como agregado. | Bloques de ladrillo y tejas, tierra, concreto, mortero. | Reutilización o reciclado |
| Clase B | Reciclable | Plásticos, papel / cartón, metal, vidrio, piezas de madera | |
| Clase C | Tecnología no existente para el reciclado | Yesos | Almacenamiento, transporte y disposición conforme a estándares específicos |
| Clase D | Residuos peligrosos | Carbones Solventes, aceite | |

Fuente: Beiriz y Haddad, 2011.

Estos autores, proponen un programa de gestión de residuos, mostrado en la figura 3.2, teniendo como objetivo la reducción de estos residuos y el destino correcto de los mismos.

Figura 3.2. Esquema del plan integrado de gestión de residuos de la industria de la construcción



Fuente: Beiriz & Haddad, 2011.

Las simulaciones del análisis de viabilidad económica demostraron que, actualmente, existen condiciones para la viabilidad económica del reciclaje de residuos de la Industria de la construcción en Brasil.

Por su parte, Ying et al. (2016), llevaron a cabo un estudio sobre gestión y reciclaje de residuos de construcción en Taiwán, mencionan que el reciclaje de estos residuos utiliza una tecnología viable a través de una clasificación primaria, clasificación filtrada y una separación manual adecuada, posteriormente el estado del reciclaje de los residuos de construcción tiene aplicaciones como:

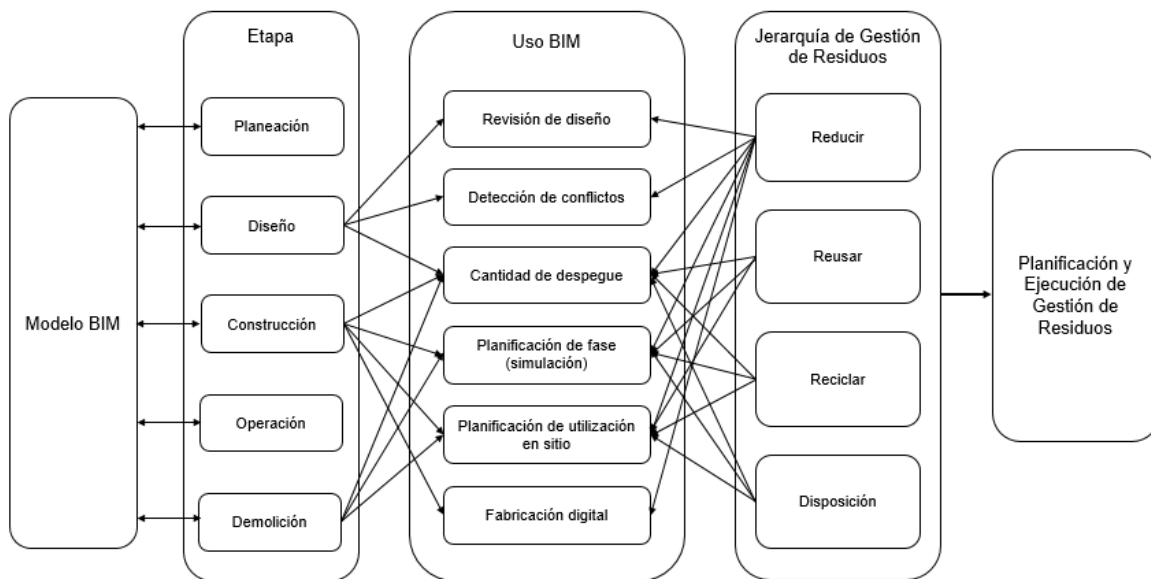
- a) El movimiento de tierras se utilizó en vertederos.
- b) El bloque de concreto y el ladrillo podrían ser el recurso de un relleno sanitario o materiales de construcción ecológicos.

- c) Los desechos de madera pueden ser abono o combustible.
- d) Los metales pueden ser reciclados y reutilizados.

La mayoría de las aplicaciones de reutilización después de la clasificación fueron materiales de relleno sanitario que incluyeron carreteras improvisadas, materiales de lechos de carreteras o tuberías. Las aplicaciones de mayor valor fueron el agregado reciclado.

Chen, Wong y Das (2015), también realizan un estudio sobre la gestión de residuos de la construcción y demolición, pero utilizando la tecnología BIM, o modelado de información de construcción. En su investigación afirman que la planificación del manejo de desechos consiste en planes de minimización y eliminación. La minimización de residuos se clasifica en 3R que incluye la reducción, reutilización y reciclaje de estos residuos. Los autores proponen el siguiente modelo o enfoque basado BIM para el manejo de estos desechos:

Figura 3.3. Enfoques basados en BIM para la gestión de residuos de construcción y demolición.



Fuente: Chen et al., 2015.

Los usos de BIM seleccionados por los autores fueron el despegue de cantidad, la planificación de fase -o simulación 4D-, las revisiones de diseño, la detección de conflictos -o coordinación 3D-, la planificación de utilización del sitio y la fabricación digital. En resumen, investigaron el potencial de la tecnología BIM para apoyar el diseño integrado de edificios y los procesos de construcción para eliminar las principales causas de la generación de residuos de construcción y demolición y gestionar esos residuos. Sin embargo, en su documento no proporcionan los beneficios esperados o reales asociados con la minimización y gestión de residuos utilizando los enfoques basados en BIM propuestos.

Novendra & Prasetyo (2018), realizaron una investigación acerca del concepto de construcción ecológica y su efecto en los costos operativos, utilizando un estudio de caso. Como teorías principales de su investigación, tratan de probar si el edificio Grha Prodia podría obtener la certificación de Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental (LEED) en función de los aspectos que tiene y también comparará los costos operativos de Grha Prodia, un edificio ubicado en Indonesia, propiedad de los laboratorios clínicos más grandes de Indonesia, con Prodia Tower.

En su enfoque de investigación utilizan explicativos cualitativos y la estrategia de caso de estudio, reuniendo datos sobre costos operativos y realizando un análisis de los mismos. En su investigación indican que, el edificio al estar ubicado en una vía principal está cubierto de una gran cantidad de transporte público, y negocios que permiten a los empleados satisfacer sus necesidades cotidianas. El edificio también se preocupa por la huella de carbono ya que solo ocupa el 50% del total del terreno utilizando el resto para techo verde y paisajismo, proporciona un 22% de espacio verde –más del doble de la regulación gubernamental local-.

El edificio también minimiza el uso de iluminación utilizando sensores de movimiento. En el caso de eficiencia del agua tiene estrategias efectivas como son recolectar agua de lluvia, tratamiento de aguas residuales, que son utilizadas para servicio de inodoros y riego de jardines.

Para el caso de energía, utiliza dos estrategias –activas y pasivas-, vidrio de alto rendimiento para disminuir el calor de la luz solar, sistema de aire acondicionado de volumen refrigerante variado, que se ajusta automáticamente de acuerdo al uso de electricidad, habitaciones con sensores de luz y movimiento para encender o apagar de forma automática.

En cuanto a sus resultados, remarcan que el edificio consume un 63% menos de agua –en comparación con Prodia Tower-, además de una reducción de un 53% del consumo de electricidad, por lo que afirman que el concepto de construcción ecológica reduce los costos operativos de Grha Prodia al reducir el uso de agua y electricidad.

En Malasia, Ezanee y Chong (2016), realizaron un estudio sobre la implementación de edificios verdes desde la perspectiva de los desarrolladores de viviendas. Utilizaron un sistema de calificación ambiental -GBI- para edificios desarrollado por el Instituto de Arquitectos de Malasia y la Asociación de Ingenieros Consultores de Malasia, éste es el primer sistema integral en Malasia que evalúa el diseño ambiental y el desempeño del edificio con base en los siguientes seis criterios:

- Eficiencia energética
- Calidad del ambiente interior
- Área de gestión y planificación sustentables
- Recursos materiales
- Eficiencia del agua
- Innovación

En sus conclusiones indican que, los resultados de su estudio se pueden resumir en dos; (i) los edificios y las tecnologías verdes todavía están en una fase de novedad y necesitan una conciencia sólida y colaboración entre todos los actores de la industria de la construcción, y (ii) las manos del gobierno se necesitan intensamente para proporcionar más promociones e incentivos financieros para los adoptantes de edificios verdes, productores de materiales verdes, energía renovable y productores

de energía eficiente como motor para el crecimiento económico verde para las generaciones futuras.

En relación a los sistemas de evaluación de sostenibilidad, Goh y Rowilson (2013), realizaron un estudio para evaluar 12 sistemas, entre otros LEED, BREEM, CASBEE, etc. Utilizaron la metodología de entrevistas tanto estructuradas como semiestructuradas para explorar diversos puntos de vista sobre los sistemas de calificación de sostenibilidad de diferentes partes interesadas. Entre sus conclusiones, resaltan que, en Hong Kong, BEAM Plus y LEED son las herramientas de certificación más populares empleadas por profesionales locales para su búsqueda de edificios sustentables. La adopción de BEAM Plus en los edificios de Hong Kong ha aumentado drásticamente, ya que ha obtenido un amplio apoyo de la industria y los organismos gubernamentales.

Indican además que: la industria de la construcción necesita un modelo de sostenibilidad integral y transparente con una orientación sistemática y clara en el camino hacia el desarrollo sustentable. Sin embargo, los sistemas de calificación de sostenibilidad existentes tienen fallas en aspectos de su uso en una función de marketing, manipulación de créditos, atributos de autoservicio, enfoque técnico a corto plazo, falta de evaluación posterior a la ocupación, falta de evaluación del ciclo de vida e imposición de costos adicionales.

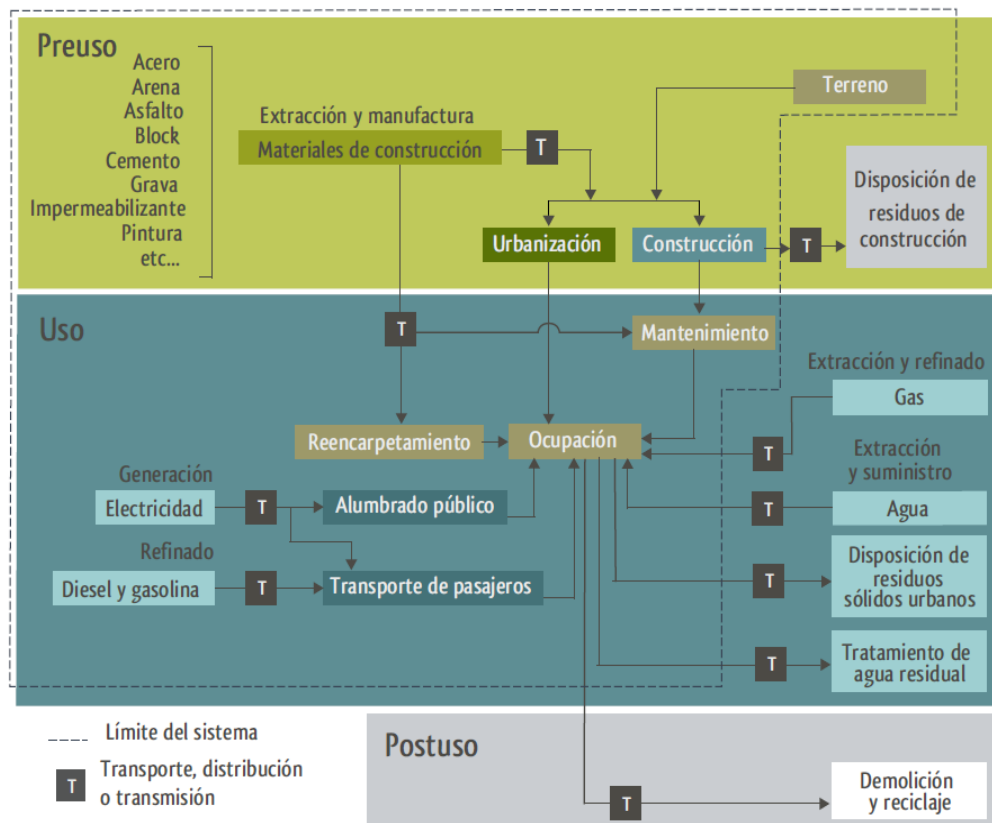
Para el caso de México, el Centro Mario Molina, asociación civil, independiente y sin fines de lucro, cuyo propósito es encontrar soluciones prácticas, realistas y de fondo a los problemas relacionados con la protección del medio ambiente, el uso de la energía y la prevención del cambio climático, a fin de fomentar el desarrollo sustentable, en su publicación: "Vivienda sustentable, la localización como factor estratégico", llevó a cabo un estudio sobre vivienda de interés social en México, donde resalta de manera importante la relevancia de la localización de la vivienda, remarca que:

"Los esquemas de financiamiento de vivienda han impulsado la construcción de vivienda en zonas alejadas de las áreas urbanas consolidadas,

respondiendo únicamente al funcionamiento del mercado de suelo y no a procesos de planeación urbana (Centro Mario Molina, 2014)”.

Para su estudio, el Centro Mario Molina, realizó una comparación de la huella de carbono y los costos derivados de la producción y el uso de modelos de vivienda formal de interés social, ubicados en distintos contextos urbanos: zona intraurbana y zona periurbana. Esto se llevó a cabo mediante estudios de caso que se realizaron en dos localizaciones de la Zona Metropolitana del Valle de México, realizado a través de un Análisis de Ciclo de Vida de las viviendas y sus materiales, como se ilustra en la Figura 3.4.

Figura 3.4. Diagrama de flujo de los procesos en el ciclo de vida de la vivienda y límites del sistema.



Fuente: Centro Mario Molina, 2014.

Este ACV, se llevó a cabo según los lineamientos de la norma mexicana NMX SSA 14044 IMNC 2008, gestión ambiental –análisis de ciclo de vida–, requisitos y directrices.

Se aplicaron un total de 193 encuestas, en las que se recopiló la siguiente información:

- el modo de transporte,
- el tiempo del recorrido y
- el costo del transporte.

Entre sus conclusiones, destaca que: La distancia de la vivienda a los servicios y a las fuentes de empleo son elementos que influyen directamente en los patrones de viaje de las familias. En las zonas periurbanas, la falta de servicios provoca cambios acentuados en los costos de traslado. En este estudio se observó que las familias gastan 12 mil pesos más en transporte al año cuando están en zonas periurbanas, y que generan 44 % más de emisiones de CO₂eq -490 ton CO₂, aproximadamente-

Por otro lado, PRO MÉXICO, que es una institución que promueve el desarrollo del país y la mejora de las condiciones sociales, obedeciendo al principio del bien común y contribuyendo al desarrollo sustentable, menciona los principios de la arquitectura sustentable (Pro México, 2020):

- Valorar las necesidades de los habitantes.
- Proyectar la obra de acuerdo al clima local.
- Ahorrar energía.
- Utilizar fuentes de energía renovable.
- Ahorrar agua.
- Construir viviendas de mayor calidad.
- Evitar riesgos para la salud.
- Utilizar materiales obtenidos de materia primas generadas localmente.
- Utilizar materiales reciclados.
- Gestionar ecológicamente los desechos.

Con todo lo anteriormente expuesto se elaboró una tabla de autores donde se identifican las variables que pueden ser utilizadas para la propuesta de este estudio:

Tabla 3.6. Relación de autores e identificación de variables.

| Autores | Propuesta | Metodología | Variables identificadas |
|---------------------------------------|--|--|--|
| Beiriz y Haddad, 2011 (Brasil) | Gestión de residuos. | Clasificación de acuerdo a 4 características. | <ul style="list-style-type: none"> ● Gestión de residuos ● Legislación ambiental |
| Ying et al. 2011 (Taiwan) | Gestión de residuos. | Clasificación primaria, clasificación filtrada y separación manual. | <ul style="list-style-type: none"> ● Gestión de residuos |
| Chen, Wong y Das, 2015 (Hong Kong) | Gestión de residuos. | Tecnología BIM. Clasificación, reutilización, reciclaje. | <ul style="list-style-type: none"> ● Gestión de residuos ● Uso de tecnología BIM |
| Ahn et al. 2016 (South Korea) | Modelo de Proceso Integrado de Gestión -ICP- | Desarrollo de un Proceso de Construcción Integrado para implementar estrategias y tecnologías de construcción ecológica. | <ul style="list-style-type: none"> ● Gestión de calidad interior ● Reutilización de material ● Manejo y utilización de materiales ● Educación y entrenamiento ● Sistema de ventilación e iluminación ● Sistema envolvente de alta eficiencia ● Sistema inteligente de gestión energética ● Sistema de aprovechamiento de agua de lluvia ● Paisaje y reverdecimiento |
| Novendra & Prasetyo, 2018 (Indonesia) | Construcción ecológica y su efecto en los costos operativos. | Estudio de caso comparativo de costos operativos de dos edificios, utilizando las teorías de costo y construcción ecológica. | <ul style="list-style-type: none"> ● Eficiencia del uso de agua ● Sistema de tratamiento de agua ● Minimización de la huella de carbono ● Bajo consumo de energía eléctrica ● Materiales y recursos: uso de materiales reciclados, naturales y locales ● costos operativos |

| | | | |
|------------------------------------|--|--|--|
| Ezanee & Chong, 2016 (Malasia) | Estudio sobre la implementación de edificios verdes desde la perspectiva de los desarrolladores de vivienda. | Sistema de calificación ambiental -GBI- para edificios. | <ul style="list-style-type: none"> ● Eficiencia energética ● Gestión y planificación sustentables ● Calidad del ambiente interior ● Recursos materiales ● Eficiencia del agua ● Innovación ● Intervención gubernamental |
| Goh & Rowlinson, 2013 (Hong Kong) | Análisis de sistemas de evaluación de sustentabilidad. | Entrevistas para explorar diversos puntos de vista sobre los sistemas de calificación de sostenibilidad. | <ul style="list-style-type: none"> ● Costos de gestión ● Huella de carbono ● Ambiente interior y exterior ● Eficiencia energética ● Reducción de uso del agua ● Eficiencia y conservación de recursos |
| Centro Mario Molina, 2014 (México) | Estudio sobre vivienda de interés social en México. | Estudios de caso en la zona metropolitana del valle de México. | <ul style="list-style-type: none"> ● Localización de la vivienda. |
| PROMÉXICO, 2020 (México) | Principios de la arquitectura sustentable. | | <ul style="list-style-type: none"> ● Ahorro de energía ● Utilización de fuentes de energía renovable ● Ahorro de agua ● Utilización de materiales reciclados ● Utilización de materiales regionales ● Manejo de residuos |

Fuente: Elaboración propia, 2020.

3.3. Impacto ambiental

La construcción es un sector intensivo en recursos y los recursos de los que depende el sector de la construcción son cada vez más difíciles de extraer. Su uso ha causado problemas ambientales como el cambio climático, la producción de residuos y la

contaminación. Como tal, una mayor necesidad de sostenibilidad en el entorno construido es otra área de preocupación donde aún se necesita mucho esfuerzo para promover las agendas ambientales en el entorno construido (Cook y Chatterjee, 2015 citado por Amaratunga, 2018).

Jeong (2017), realizó un estudio en Corea del Sur, utilizando la plataforma LEAP - Planificación de Energía Alternativa de Largo Alcance-, para evaluar los impactos de escenarios alternativos para el consumo de energía y las emisiones de CO₂ en el sector de la construcción residencial. LEAP es una herramienta de modelado de energía y medio ambiente para el análisis de políticas energéticas, análisis de tecnología de energía alternativa y evaluación de mitigación del cambio climático, que se desarrolló en el Instituto de Medio Ambiente de Estocolmo. Para desarrollar el modelo y los escenarios de energía del edificio, primero estudió los tipos de edificios, el stock de edificios y las tendencias históricas del consumo de energía en el sector de la construcción residencial.

De acuerdo al autor, la emisión total de CO₂ de un país está influenciada por muchos factores, como el crecimiento económico, la población, los precios de la energía, la estructura industrial, el clima y el desarrollo y distribución de tecnologías de ahorro de energía. La información general y los supuestos básicos para estimar el consumo de energía y las emisiones de CO₂ de los edificios residenciales de acuerdo al autor son los siguientes:

- Período de tiempo: 20 años (2010–2030).
- Año base: 2007.
- Uso final de energía en edificios residenciales: calefacción, refrigeración, cocina, iluminación, electrodomésticos.
- Las cuentas corrientes y las proyecciones futuras (del año 2010 al año 2030) de los edificios residenciales existentes y el consumo de energía del sector de la construcción residencial en Corea del Sur se determinaron en una base de datos de encuestas en este modelo de estudio.

La composición y el alcance del análisis con respecto al servicio de energía se dividieron en el sector de calefacción de espacios, incluyendo agua caliente, refrigeración de espacios, cocina, iluminación y uso de electricidad en el hogar. Los resultados mostraron que las emisiones de CO₂ de los edificios residenciales en Corea del Sur, tendrán un impacto significativo en la eficiencia energética del edificio y en su uso de energía.

El autor considera que las emisiones de CO₂ en el sector de la construcción residencial aumentan de 65.99 Mton CO₂ en el año 2007 a 71.46 Mton CO₂ en el año 2020 y 73.07 Mton CO₂ en el año 2030, lo que se traduce en un aumento del 10.7% en comparación con el año 2007. Esto se debe a que el consumo de energía aumenta continuamente a medida que aumenta la población y el número de viviendas.

Por otro lado, Burcu (2015, citado por Ragheb, 2016), dice que la arquitectura verde tiene muchas características, destacando las siguientes:

- Sistemas de ventilación diseñados para calentar y enfriar eficientemente
- Iluminación y electrodomésticos de bajo consumo
- Accesorios de plomería que ahorran agua
- Paisajes planeados para maximizar la energía solar pasiva
- Daño mínimo al hábitat natural
- Fuentes de energía alternativas como la energía solar o eólica.
- Materiales no sintéticos, no tóxicos
- Maderas y piedras obtenidas localmente
- Maderas obtenidas responsablemente

Ragheb (2016), en su investigación hace referencia a las consideraciones para edificios verdes, considerando cuatro áreas principales: desarrollo del sitio, selección y minimización de materiales, eficiencia energética y calidad del aire interior, los cuales resumen los principios, estrategias y tecnologías clave que están asociadas con los cinco elementos principales del diseño de edificios ecológicos que son:

Diseño sustentable del sitio; Conservación y calidad del agua; Energía y medio ambiente; Calidad ambiental interior; y conservación de materiales y recursos.

Figura 3.5. Elementos del diseño de edificios ecológicos.



Fuente: Ragheb, 2016.

También en relación al impacto ambiental de la industria de la construcción en México, Gómez et al., (2018), realizaron un estudio de evaluación del ciclo de vida en la vivienda social mexicana, en donde concluyen que la vivienda social tiene un papel potencialmente importante para reducir tanto la emisión de gases de efecto invernadero como el uso de recursos no renovables. Este trabajo se basó en la comparación de dos tipos de paredes interiores y tres tipos de ventanas, donde se encontraron beneficios en el uso de materiales ligeros y térmicos, como bloques de concreto aligerados con piedra pómez o ventanas de PVC o madera, encontrando que, durante todo el ciclo de la vivienda social analizada, ésta genera una carga ambiental de 17 t CO₂ eq., y en general, las etapas con el mayor efecto ambiental son aquellas que contienen un producto terminado. De acuerdo a los autores, según el inventario nacional de energía, la energía estimada requerida por el sector residencial en sus fases de vivienda terminada es del 2.7% del consumo anual, cuando se agrega al consumo operativo de energía del 14%, esto da una estimación total del 16,7% de la energía atribuida al sector residencial. De lo cual se deduce que

el uso de materiales ecológicos alternativos, reduce considerablemente el impacto ambiental.

Tabla 3.7. Propuestas de autores e identificación de variables que inciden en el impacto ambiental.

| Autores | Propuesta | Metodología | Variables identificadas |
|--|--|---|--|
| Jeong, 2017 (Corea del Sur) | Evaluar impactos de escenarios alternativos para el consumo de energía y emisiones de CO2 en la construcción residencial | Uso de plataforma de modelado basada en escenarios y contabilidad 'planificación de energía alternativa de largo alcance' (LEAP) | <ul style="list-style-type: none"> ● Emisiones de CO₂ ● Eficiencia energética |
| Dania & Ewart, 2014 (Nigeria) | Estudio exploratorio de casos múltiples para comprender los puntos de vista de la empresa sobre la sostenibilidad como fuente de ventaja competitiva. | Evaluación de una muestra de 490 edificios, mediante estudio exploratorio de casos múltiples. | <ul style="list-style-type: none"> ● Comprensión del concepto de Construcción sustentable ● Responsabilidad social corporativa ● Política y cultura organizacional |
| Chadee y Stoute 2017 (Trinidad y Tobago) | Explorar el espíritu de la construcción ecológica en Trinidad y Tobago. | Entrevistas semiestructuradas con los principales interesados en el área y extracción de tendencias en redes sociales. | <ul style="list-style-type: none"> ● Ubicación sustentable ● Eficiencia energética ● Conservación y calidad del agua ● Calidad del aire interior ● Utilización de materiales y recursos |
| Gómez et al., 2018 (México) | Utilización de materiales ligeros y térmicos. | Estudio de evaluación del ciclo de vida en la vivienda social mexicana. | <ul style="list-style-type: none"> ● Uso de materiales ligeros y térmicos como PVC y madera en sustitución de aluminio y herrería convencional |
| Ametepey (2015) | Identificar y priorizar las posibles barreras para la implementación exitosa de la construcción sustentable en la industria de la construcción de Ghana. | Enfoque de investigación múltiple que incluyó entrevistas semiestructuradas y una encuesta por cuestionario. Los datos recopilados se sometieron a estadísticas descriptivas y análisis factorial utilizando el paquete SPSS. | <ul style="list-style-type: none"> ● Temor a mayores costos de inversión ● Falta de políticas/apoyo del gobierno ● Falta de liderazgo y falta de segmentación del mercado ● Falta de materiales sustentables ● Falta de demanda de productos sustentables ● Falta de conocimiento de los profesionales |

Fuente: Elaboración propia, 2020.

3.4 Sustentabilidad en el ámbito ecológico de la vivienda

La vivienda y los sistemas urbanos ocupan un papel importante en el potencial de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero -GEI- debido a que en los ámbitos urbanos se consumen cerca del 50% de los recursos energéticos. La demanda de vivienda y las manchas urbanas crecen continuamente y su desarrollo debe incorporarse a una política integradora que permita un desarrollo equilibrado, que garantice la sustentabilidad y la mejora continua de la calidad de vida de los habitantes (SEMARNAT, 2017).

Los tipos de vivienda en México se clasifican de acuerdo con su superficie construida: Económica (30 m²), popular (42.5 m²) y tradicional (62.5 m²), conocidos en conjunto como SH, también hay medianas (97,5 m²), residenciales (145 m²) y residencial plus (225 m²). En los últimos cinco años, se han construido más de 2.58 millones de unidades de vivienda, de las cuales 88% son SH -1% económicas, 47% populares, 30% tradicionales-, mientras que el 12% restante corresponde al medio residencial. Debido a la alta representación de la SH, el Plan Nacional de Desarrollo 2013–2018 ha promovido el tema de la construcción sustentable en este sector. Como resultado, en la última década, México se ha destacado entre los países de nivel de ingresos medio-alto debido a su Programa de Finanzas para Soluciones de Vivienda, que tiene como objetivo proporcionar una SH más sustentable. Estas acciones se han considerado ejemplares con respecto a las buenas prácticas mundiales. La vivienda multifamiliar se concentra principalmente en los estados con la mayor densidad de población de la República -41% en la Ciudad de México, 15% en el Estado de México, 7% en Jalisco y 5% en Puebla-, mientras que es prácticamente nula en el resto del país. -un promedio de uno por ciento por estado- debido a la persistencia de la vivienda unifamiliar. La vivienda en México tiene grandes desafíos que enfrentar; Por un lado, hay impactos generados durante su uso, y, por otro lado, hay impactos ambientales que surgen de las etapas incorporadas de materiales y procesos necesarios para la construcción (Gámez, 2019).

La vivienda urbana de bajos ingresos no puede hacerse sustentable a menos que se tengan en cuenta los temas de ecología y energía. La sustentabilidad se puede mejorar, por ejemplo, a través de intervenciones que reducen la huella de carbono, así como a través de la planificación urbana que conduce a una densificación del área urbanizada. La provisión eficiente y equitativa de saneamiento -mejorado-, agua segura y la recolección de residuos sólidos son elementos importantes que contribuyen a los asentamientos sustentables, en segundo lugar, la tecnología y la producción pueden desempeñar un papel importante en el desarrollo de materiales de construcción sustentables. Por ejemplo, los componentes de construcción prefabricados pueden reciclarse, mientras que los materiales de construcción producidos localmente minimizan los costos de transporte. Una tercera dimensión importante de la sustentabilidad se relaciona con la economía, en algunos países, las empresas privadas de construcción implementan esquemas masivos de vivienda pública, pero dentro de un marco de programas de vivienda regulados por el estado. En estos casos, el objetivo político de estimular el crecimiento macroeconómico parece ser de mayor importancia que el de albergar a los pobres urbanos. Las políticas actuales de vivienda en China (Li & Driant 2014, citado por Smets, 2016), Egipto (Soliman 2014, citado por Smets, 2016), Brasil (Pasternak & D'Ottaviano 2014) y México (Solana Oses 2013; Bredenoord y Cabrera 2014, citados por Smets, 2016) son ejemplares a este respecto. Tales esquemas de vivienda a menudo presentan grandes vacantes, porque se han realizado a distancias considerables de las ciudades urbanas, lo que hace que sea difícil y costoso para los posibles residentes llegar a sus trabajos, hacer sus compras o hacer visitas sociales a sus hogares, amigos y familiares en la ciudad (Smets, 2016).

3.5 Análisis de autores y publicaciones

Se realizó una revisión de 89 autores, en el mismo número de publicaciones, estos autores han sido citados varias veces, de acuerdo a la información vertida en la tabla número 3.8.

Tabla 3.8. Autores, número de artículos publicados y número de citas.

| Autor | Artículos publicados | No de veces citado | Índice H | Factor de impacto | Quartil |
|---|----------------------|--------------------|----------|-------------------|---------|
| Darko, Amos (Benefits of Green Building) | 36 | 691 | 14 | | |
| Alsanad Shaikha (Awareness, Drivers, Actions, and Barriers of Sustainable Construction in Kuwait) | 4 | 42 | 1 | | |
| Amaratunga, Dilanthi (Contextualising mainstreaming of disaster resilience concepts in the construction process) | 149 | 1397 | 20 | | |
| Azeem, Sana (Examining barriers and measures to promote the adoption of green building practices in Pakistan) | 2 | 10 | 1 | | |
| Selih, Jana (Environmental management systems in the construction industry: A review) | 32 | 337 | 10 | | |
| Salih, Ceylan (design Studio experience: impacts of social sustainability) | 4 | 1 | 1 | | |
| Molina, Mario (Desarrollo sustentable: NAMA para vivienda existente en México) | 217 | 17859 | 66 | | |
| Chadee, Samantha (Green Building in Trinidad and Tobago – Constraints and Opportunities: An exploratory approach) | 13 | 4 | 1 | | |
| Darko, Amos (Benefits of Green Building) | 36 | 690 | 14 | | |
| Dwaikat Luay N (Green buildings cost premium: A review of empirical evidence.) | 4 | 107 | 4 | | |
| Espíndola Cesar (Huella del carbono. Parte 1: conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas). | 4 | 8 | 2 | | |
| Ezanee, Mohamed (The Empirical Study of Green Buildings (Residential) Implementation). | 8 | 17 | 2 | | |

| | | | | | |
|---|----|-----|----|-------|---|
| Grantovna Susanna (Construction industry and sustainable development concept) | 17 | 22 | 2 | | |
| Hernández Silverio (Planning and Design low-carbon cities in México) | 9 | 25 | 2 | | |
| Jagiello-Kowalczyk, Magdalena (Sustainable Residential Housing From the Point of View of Its Users.) | 5 | 5 | 1 | | |
| Jupp, Julie (4D BIM for Environmental Planning and Management. Procedia Engineering) | 32 | 144 | 8 | | |
| (Matisoff Daniel (Policy monitor-green buildings: Economics and policies. Review of Environmental Economics and Policy) | 24 | 436 | 10 | | |
| Oyewole Matthew (Developers' willingness to invest in green features in Abuja, Nigeria) | 18 | 225 | 9 | | |
| Rodríguez Lizeth (Arquitectura y urbanismo sustentable en Colombia) | 2 | 1 | 1 | | |
| Zhang Ying (A Review of Green Building Development in China from the Perspective of Energy Saving) | | | | 0.612 | 2 |
| Yong Han Ahn(Integrated Construction Process for Green Building) | 65 | 404 | 10 | 0.277 | 2 |
| Wahi, Noraziah (Critical Review on Construction Waste Control Practices) | 2 | 2 | 1 | | |

Fuente: Elaboración propia, 2020.

3.5.1 Análisis de las principales publicaciones referentes a impulsores de la construcción de vivienda sustentable

Se realizó un análisis de las principales publicaciones referentes a los impulsores de la construcción de vivienda sustentable, dichos resultados se muestran en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9. Publicaciones referentes a impulsores de vivienda sustentable.

| Autor | Publicación | Año | País | Tipo de estudio |
|------------------------|--|------|-------------------|--|
| Wang, Zhang y Pasquire | Factors for the adoption of Green building specifications in China | 2018 | China | Investigación de los factores que afectan la adopción de especificaciones ecológicas en China. Análisis de variables y clasificación en cinco factores: <ol style="list-style-type: none"> 1. Tecnología y técnicas verdes 2. Conciencia y actitud 3. Políticas y regulaciones 4. Mercado 5. Economía |
| Jagiello-Kowalezyk | Sustainable Residential Housing From the Point of View of Its Users. Holland | 2015 | Holanda | Análisis de las capacidades de los usuarios de vivienda con relación a soluciones sustentables. Utilización de los criterios: <ol style="list-style-type: none"> 1. Salud 2. Protección del medio ambiente 3. Información integral 4. Asistencia |
| Chadee y Stoute | Green Building in Trinidad and Tobago – Constraints and Opportunities: An exploratory approach | 2017 | Trinidad y Tobago | Exploración del espíritu de la construcción ecológica en Trinidad y Tobago, datos sobre tendencias actuales mundiales y locales en el concepto de construcción ecológica. <ol style="list-style-type: none"> 1. Impactos en la salud 2. Impactos ambientales 3. Eficiencia energética 4. Políticas internacionales 5. Códigos de construcción |
| Ezanee & Chong | The empirical study of green buildings (residential) implementation: perspective of house developers | 2015 | Malasia | Estudian la implementación de edificios verdes desde la perspectiva de los desarrolladores de vivienda. Realizan un estudio del Green Building Index (GBI), sistema de calificación de edificios en Malasia, basado en 6 criterios principales: <ol style="list-style-type: none"> 1. Eficiencia energética. 2. Calidad del ambiente interior. 3. Área de gestión y planificación sustentable. 4. Recursos materiales 5. Eficiencia del agua. 6. Innovación. |

| | | | | |
|--|--|------|----------------|--|
| Oyewole et al. | Developers' willingness to invest in green features in Abuja, Nigeria. Smart and Sustainable Built Environment | 2019 | Nigeria | <p>Investigación del grado de disposición de los promotores inmobiliarios para invertir en características ecológicas en Nigeria.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Uso y conservación de materiales 2. Clima del aire interior 3. Conservación de energía 4. Agua potable 5. Agua de lluvia y alcantarillado 6. Selección y diseño del sitio 7. Ecología del paisaje y de los edificios 8. Residuos y reciclaje. <p>Identifica 69 atributos</p> |
| Zhang, Y., Kang, J., & Jin, H. | A Review of Green Building Development in China from the Perspective of Energy Saving | 2018 | China | <p>Revisión de la historia de la construcción ecológica en China desde cuatro perspectivas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Desarrollo de políticas 2. Investigación científica 3. Sistema estándar de evaluación 4. Innovación tecnológica. <p>Análisis de los efectos de la implementación y los efectos sobre el ahorro de energía.</p> |
| Matisoff, D. C., Noonan, D. S., & Flowers, M. E. | Policy monitor-green buildings: Economics and policies. | 2016 | Estados Unidos | <p>Justificación económica de las políticas de construcción ecológica. Producción insuficiente de edificios verdes (fallas de mercado)</p> |
| Dzifa, S. D., Dadzie, J., & Ohemeng-Ababio | Barriers to sustainable construction in the Ghanaian construction industry: Consultants perspectives. | 2014 | Ghana | <p>Identificación de barreras para construcción sustentable en Ghana:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de demanda de edificios sustentables 2. Falta de estrategias para promover la construcción sustentable. 3. Costo inicial más alto. 4. Falta de apoyo del gobierno |

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En este punto, se realizó una revisión de la literatura, para identificar las barreras que frenan la construcción sustentable. En la Tabla 3.10 se enuncian estas barreras,

Tabla 3.10. Barreras a la construcción sustentable.

| Número | Barreras | Referencias clave |
|--------|---|--|
| 01 | Alta inversión inicial, largo período de recuperación. | Samari et al. (2013), Ametepey et al. (2015), Azad and Akbar (2015), AISanad (2015), Persson and Grönkvist (2015), Ghazilla et al. (2015), Ali et al. (2016), Timilsina et al. (2016), Wang et al. (2016), Richardson and Lynes (2007), Akadiri (2015), Attaran and Celik (2015), Ahn et al. (2013), Williams and Dair (2007), Bohari et al. (2016), Hopkins and Hopkins (2016). |
| 02 | Falta de incentivos del gobierno. | Samari et al. (2013), Ametepey et al. (2015), Azad and Akbar (2015), AISanad (2015), Persson and Grönkvist (2015), Ghazilla et al. (2015), Ali et al. (2016), Timilsina et al. (2016), Wang et al. (2016) |
| 03 | Falta de códigos y regulaciones de construcción ecológica. | Samari et al. (2013), Bohari et al. (2016), Williams and Dair (2007), Persson and Grönkvist (2015), Ghazilla et al. (2015), Azad and Akbar (2015), Ametepey et al. (2015), Akadiri (2015), Wang et al. (2016), Ali et al. (2016) |
| 04 | Mala implementación de las leyes y la legislación. | Wang et al. (2016), Bohari et al. (2016), Ghazilla et al. (2015), Azad and Akbar (2015), Ametepey et al. (2015), AISanad (2015) |
| 05 | Incredulidad con respecto a los beneficios de la construcción ecológica. | Persson and Grönkvist (2015), Ghazilla et al. (2015), AISanad (2015), Akadiri (2015), Wang et al. (2016), Timilsina et al. (2016), Ali et al. (2016) |
| 06 | Mayores costos de funcionamiento y tarifas de mantenimiento para la construcción ecológica. | Persson and Grönkvist (2015), Ghazilla et al. (2015), Akadiri (2015), Wang et al. (2016) |

| | | |
|----|--|---|
| 07 | Falta de conocimiento profesional. | Azad and Akbar (2015), Ametepey et al. (2015), Samari et al. (2013), Ahn et al. (2013), Wang et al. (2016), Bohari et al. (2016), Williams and Dair (2007), Kasai and Jabbour (2014), Ali et al. (2016) |
| 08 | Falta de soporte para el usuario final. | Bohari et al. (2016), Persson and Grönkvist (2015), Williams and Dair (2007) |
| 09 | Falta de recursos financieros. | Richardson and Lynes (2007), Wang et al. (2016), Ghazilla et al. (2015), Ametepey et al. (2015) |
| 10 | Falta de apoyo y orientación por parte de la autoridad reguladora sobre prácticas ecológicas. | Persson and Grönkvist (2015), Ghazilla et al. (2015), Azad and Akbar (2015), Ametepey et al. (2015), Samari et al. (2013), Timilsina et al. (2016), Ali et al. (2016), Williams and Dair (2007) |
| 11 | Falta de indicadores para evaluar qué tan sustentable es un edificio. | Ametepey et al. (2015), Richardson and Lynes (2007) |
| 12 | Resistencia al cambio cultural. | Ghazilla et al. (2015), Ametepey et al. (2015), AlSanad (2015), Akadiri (2015), Ali et al. (2016), Kasai and Jabbour (2014) |
| 13 | Débil demanda del mercado. | Persson and Grönkvist (2015), Ghazilla et al. (2015), Azad and Akbar (2015) |
| 14 | El nivel técnico y la innovación entre arquitectos, diseñadores e ingenieros es menos que deseable en términos de cuestiones medioambientales. | Ghazilla et al. (2015), Richardson and Lynes (2007) |
| 15 | Falta de tecnología | Ghazilla et al. (2015), Azad and Akbar (2015), Ametepey et al. (2015), Samari et al. (2013), Kasai and Jabbour (2014), Ali et al. (2016) |

Fuente: Azeem et al., 2017.

De acuerdo a los datos de la Tabla 3.10, se identificaron 15 barreras que frenan u obstaculizan el desarrollo de la edificación sustentable. Entre ellas, destacan la falta de apoyo y orientación, así como la falta de incentivos por parte del gobierno, por ser las más mencionadas por los autores.

Debido a que el gobierno es un autor clave en la industria de la construcción, el papel que desempeña es clave como impulsor de la construcción sustentable, implementando un entorno propicio para la misma.

3.5.2 Variables identificadas

Como resultado de la anterior revisión de la literatura, se identificaron y clasificaron 13 variables que actúan como impulsores de la construcción de vivienda sustentable. Estas variables se mencionan en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11. Variables encontradas en la literatura que actúan como impulsores de la construcción de vivienda sustentable.

| Autor(es) | Variables de estudio |
|--|---|
| Arvizu (2017) Oyewole et al. (2019) Zang et al. (2018) Matisoff et al. (2016) Darko et al. (2018) Ezanee & Chong (2015) | Ahorro de energía (eficiencia energética) |
| Jeong (2017) | Aislamiento térmico, doble acristalamiento, calentamiento eficiente, enfriamiento eficiente, uso de energías alternativas, uso de materiales reciclados |
| Ying et al., (2015) Salguin (2016) Wahi (2016) Oyewole et al. (2019) Beiriz & Haddad (2011) | Gestión de residuos de construcción y demolición |
| Jeong (2017) | Aislamiento térmico, masa térmica doble, acristalamiento en envolventes de edificios. |
| Haya (2016) | Análisis de ciclo de vida |
| Wang, Zhang y Pasquire (2018) Chadee y Stoute (2017) Dzifa (2014) Zhang, Kang & Jin (2018) Matisoff, Noonan & Flowers (2016) | Políticas y regulaciones |
| Matisoff et al. (2016) Ezanee & Chong (2015) | Eficiencia del agua |

| | |
|--------------------------------|---------------------|
| Oyewole et al. (2019) | |
| Dwaikat (2016) Dzifa (2014) | Mayor costo inicial |

Fuente: Elaboración propia, 2020.

3.5.3 Sustentabilidad ambiental

El aspecto ecológico de la sostenibilidad es el más evidente en la definición y el más simple de comprender porque, en primer lugar, surgió la perspectiva de la sostenibilidad sobre la capacidad de respuesta a los problemas ambientales. Los principales problemas en materia de sostenibilidad desde un punto de vista ecológico son la deforestación, la contaminación del agua, el uso de combustibles fósiles, el cambio climático global y la producción de residuos (Ceylan & Deniz, 2019). En respuesta a estos problemas, se han desarrollado contramedidas como el uso de recursos de energía renovable o el reciclaje de materiales.

García et al. (2018), citan que se debe mantener una base de recursos estables, evitando la sobreexplotación de los recursos renovables, mantenimiento de la biodiversidad, estabilidad atmosférica y otras funciones de los ecosistemas, así como la innovación en sustitutos a aquellos recursos no renovables.

3.5.4 La sustentabilidad social

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.

La sostenibilidad social está relacionada con la organización interna de las sociedades individuales, así como de la comunidad mundial en su conjunto (Becker et al., 1997, citado por Ceylan & Deniz, 2019).

Los valores del aspecto social de la sustentabilidad también incluyen la armonía y las relaciones saludables entre la sociedad y la naturaleza. El concepto de "justicia ambiental", definido por la EPA (2018) como el trato justo y la participación significativa de todas las personas, independientemente de su raza, color, origen nacional o ingresos con respecto al desarrollo, implementación y cumplimiento de las leyes y regulaciones ambientales, y políticas, diagnostica un marco específico para las relaciones sociedad-naturaleza.

De acuerdo a García et. al. (2016), en la dimensión social, se debe lograr la equidad en la distribución y la oportunidad, la adecuada prestación de servicios, equidad de género y participación.

3.5.5 Sustentabilidad económica

El aspecto económico de la sostenibilidad apareció con una pregunta derivada de la definición de desarrollo sustentable: "Cómo podemos satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades" Una economía que no cumple con las necesidades económicas básicas y las necesidades de su gente son inherentemente inestables y potencialmente volátiles, política y económicamente, y esa economía no es sustentable (Ikerd, 2012).

Se refiere a que un sistema económicamente sustentable debe producir bienes y servicios de manera continua, manteniendo niveles manejables de deuda pública y externa, y evitando desequilibrios extremos que perjudiquen la producción agrícola o industrial (García et al., 2016).

3.5.6 Sustentabilidad política e institucional

De acuerdo a García et. al. (2016), los gobiernos y en especial los gobiernos locales tienen el gran desafío de implementar herramientas de administración, económicas

y de gestión que les permitan generar iniciativas y políticas públicas con el objetivo de obtener mejoras en la sostenibilidad. Así, desde diferentes perspectivas, los estudios de la gestión pública han planteado que los gobiernos locales son actores protagónicos en la promoción del desarrollo, ya que son el ámbito público más cercano a la ciudadanía, lo que los convierte en un actor clave en la recuperación y promoción de la participación ciudadana, la provisión de servicios públicos y sociales y el fortalecimiento de la gobernabilidad (Ziccardi 1995; Guillén 1996; Brugué y Gomá 1998; Finot 2002; Montecinos 2005, citados por García et al., 2016).

De esta forma, los gobiernos tanto locales como estatales y federales, se convierten en los principales promotores y generadores de políticas del desarrollo sustentable, a través de Leyes, Normas y Reglamentos al respecto.

3.6 Barreras de la construcción sustentable

Wang, Zhang y Pasquire (2018), identifican en la revisión de la literatura, 18 variables influyentes que actúan como barreras que impiden la adopción de especificaciones ecológicas en la construcción, Estas barreras se muestran en la tabla 3.12.

Tabla 3.12. Factores potenciales para adoptar especificaciones verdes.

| No | Variables | Fuentes |
|----|--|---|
| 1 | Mayor costo inicial de adopción de Green Building. | Potbhare, Syal, Korkmaz (2009), Potbhare, Syal, Arif et al. (2009), Collins (1994), Lam et al. (2009, 2010) |
| 2 | Mayor presión de costos sin los beneficios de economías de escala. | Potbhare, Syal Korkmaz (2009), Potbhare, Syal, Arif et al. (2009), Collins (1994), Lam et al. (2009, 2010) |
| 3 | Falta de demanda del mercado en edificios verdes. | Lam et al. (2009, 2010), Shi et al. (2013), Chan et al. (2016) |
| 4 | Apoyo limitado de la alta gerencia para adopciones GS. | Lam et al. (2009, 2010), Shi et al. (2013), Chan et al. (2016) |

| | | |
|----|--|---|
| 5 | Falta de institutos y servicios locales de I + D. | Potbhare, Syal, Korkmaz (2009), Lam et al. (2009, 2010) |
| 6 | Desconocimiento de las tecnologías verdes. | Lam et al. (2009), Chan et al. (2016), Shi (2013) |
| 7 | Conflictos con problemas estéticos. | Shi et al. (2013), Lam et al. (2009, 2010) |
| 8 | Mala confiabilidad y calidad de las especificaciones. | Lam et al. (2009), Ye et al. (2015) |
| 9 | Problemas incompletos del marco legal. | Potbhare, Syal, Korkmaz (2009), Potbhare, Syal, Arif et al. (2009), Meryman |
| 10 | Falta de regulaciones gubernamentales e incentivos. | Potbhare, Syal, Korkmaz (2009), Potbhare, Syal, Arif et al. (2009), Meryman |
| 11 | Cadena de suministro de material verde inadecuada. | Kibert (2008), Hwang and Tan |
| 12 | Falta de sistema de benchmarking. | Chan et al. (2016), Chen and Chambers (1999), Meryman and Silman (2004) |
| 13 | Falta de tecnología e institutos de prueba para especificaciones verdes. | Potbhare, Syal, Korkmaz (2009), Lam et al. (2009, 2010) |
| 14 | Falta de comercialización de las especificaciones. | Potbhare, Syal, Korkmaz (2009), Lam et al. (2009, 2010) |
| 15 | Falta de conocimiento sobre tecnología verde. | Lam et al. (2009), Shi et al. (2013) |
| 16 | Falta de voluntad para cambiar la forma convencional. | Chan et al. (2016), Chen and Chambers (1999), Meryman and Silman (2004) |
| 17 | Baja conciencia pública sobre los problemas ambientales. | Meryman and Silman (2004), Mollaoglu et al. (2016), Chan et al. (2016) |
| 18 | Falta de innovación tecnológica. | Potbhare, Syal, Korkmaz (2009), Mollaoglu et al. (2016) |

Fuente: Wang, Zhang y Pasquire, 2018.

Se compiló y sintetizó la lista inicial de las variables identificadas específicamente para China, y mediante el análisis de clasificación y análisis factorial, las clasifican en cinco factores independientes:

1. Tecnología y técnicas verdes.
2. Conciencia y actitud.
3. Políticas y regulaciones.
4. Mercado.
5. Economía.

En sus conclusiones, mencionan que los resultados indican que el más dominante de estos grupos se refiere a regulaciones y política, ya que, la mayoría de las especificaciones verdes son voluntarias, faltan códigos y regulaciones obligatorias, lo que provoca que la adopción de especificaciones ecológicas pueda generar costos adicionales a las empresas constructoras, debido a que como el mercado de la tecnología y materiales ecológicos de China no está aún maduro, ocasiona que los materiales ecológicos sean más caros en comparación con los materiales y tecnología convencionales.

En relación a las barreras para la construcción sustentable, Dzifa (2014), identifica cuatro categorías principales que impiden esta práctica de la industria de la construcción en Ghana:

1. Barreras culturales
2. Financieras
3. Directivas y
4. Profesionales.

Cabe hacer notar, que estas cuatro barreras que menciona el autor, se centran en su investigación, la cual realiza a través de cuestionarios en la industria de la construcción en Ghana.

En las barreras culturales, menciona los métodos de construcción tradicionales y métodos constructivos utilizados, además de la falta de demanda de construcciones ecológicas. Como barreras financieras Dzifa (2014) identificó el temor a mayores costos de inversión para construcciones sustentables, en comparación con los tradicionales, ya que los clientes están preocupados por un mayor riesgo. Como capacidad o barreras profesionales, señala la falta de un entendimiento común sobre la sostenibilidad, ya que algunos profesionales de la construcción, no están plenamente familiarizados con los principios de construcción sustentable, y, del mismo modo, la instalación de tecnologías y materiales sustentables requiere nuevas formas de competencias y conocimientos. Finalmente, en las barreras de dirección, que identifica como falta de códigos de construcción, políticas gubernamentales, apoyo y herramientas de medición entre otros.

Jagiello-Kowalezyk (2015), por su parte, en un estudio dedicado al conocimiento y las capacidades de los usuarios de inversiones de vivienda sustentable en Holanda, resalta en sus resultados, que la aplicación de soluciones sustentables en la construcción de viviendas es muy popular en este país, el conocimiento de los holandeses sobre estos temas es muy extenso.

Concluye que la aplicación de soluciones sustentables en la construcción de vivienda en Holanda es ya extremadamente popular, debido a que en este país se otorga una gran importancia a la educación ecológica, tanto en el sistema formal de educación en cada nivel como posteriormente.

Chadee y Stoute (2017), exploran el espíritu de la construcción ecológica en Trinidad y Tobago, a través de entrevistas semiestructuradas con los principales interesados en el área. Extraen datos de dos plataformas de redes sociales (Twitter y Facebook), además de entrevistas semiestructuradas con organizaciones locales dedicadas a la construcción verde en Trinidad y Tobago. Los resultados de esta investigación, indican que la adopción de la construcción verde en Trinidad y Tobago ha sido lenta, principalmente debido a la falta de recursos humanos y financieros.

Jagiello-Kowalezyk (2016), analizó los conocimientos, preferencias y posibilidades en la forma de proyectos de vivienda sustentable según sus usuarios en Polonia y Países Bajos. Basándose en encuestas entre usuarios de proyectos residenciales en Polonia y Holanda, centradas en el conocimiento, las preferencias y las oportunidades de los residentes en términos de moldear su propio entorno de vivienda en el contexto de la sostenibilidad, concluye que en los Países Bajos, la educación sobre el tema de la protección del medio ambiente, que comprende la educación sobre el desarrollo sustentable, incluida la arquitectura sustentable, es muy efectiva, tanto en términos de educación formal en jardines de infantes, escuelas, universidades y educación en Internet, en la prensa, y en los medios. Pero apunta que esto es algo que le falta a Polonia, y que existen diferencias definitivas entre los usuarios polacos y holandeses de proyectos de vivienda en términos de conocimiento sobre la construcción sustentable y un desarrollo más ampliamente sustentable.

Investigando el grado de disposición de los promotores inmobiliarios para invertir en características ecológicas en Abuja, la capital de Nigeria, Oyewole et al. (2019), llegan a las conclusiones de que: existe la necesidad de educar a los desarrolladores sobre la necesidad de adoptar características ecológicas que sean amigables con el medio ambiente, tales como "Área común verde", "Diseño para eficiencia energética, de construcción y reciclaje", "Uso de células solares, vientos o medios fotovoltaicos para el suministro de energía, "Disponibilidad de puntos de recolección para clasificar los desechos en papel, vidrio, metal y plástico para el tratamiento" y "Política de gestión de residuos de construcción, renovación y demolición" y otros.

En China, Zang et al. (2018), mencionan que, en ese país, la visión académica se ha convertido en una acción política, de esta forma, el gobierno chino adoptó la conservación de energía y la reducción de emisiones en la política nacional básica de este país, e incluyó un resumen de esa política en el plan nacional de desarrollo técnico. Se han implementado varios planes y programas enfocados a la construcción ecológica, tales como: Fundamentos técnicos para la construcción de viviendas saludables en el año 2001. El "Programa nacional de desarrollo de ciencia y tecnología a mediano y largo plazo (2006–2020)", el "Sistema de evaluación para

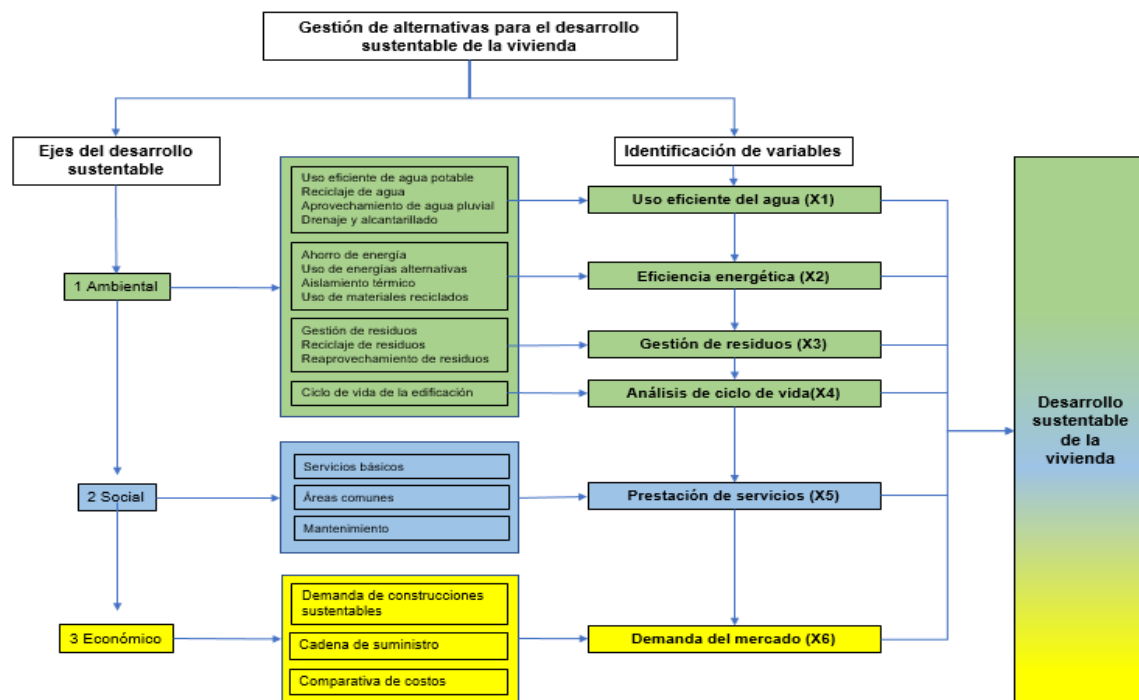
la construcción ecológica de los Juegos Olímpicos de Beijing", el Estándar de evaluación para edificios ecológicos en el año 2006, las Condiciones ecológicas de evaluación de edificios ecológicos en el año 2007, los Estándares de evaluación para edificios verdes en el año 2015, entre otros.

Concluye que, la madurez de la construcción ecológica china es el resultado común de la transformación de las ideas y el progreso tecnológico de las personas, incluidas las políticas, la teoría existente, la tecnología y otros aspectos.

3.7 Modelo de estudio

Con el análisis previo de los autores acerca de la vivienda sustentable, se demuestra la pertinencia de este estudio, con el cual se pretende aportar a la temática de vivienda sustentable en la ciudad de Puebla, elaborando el diseño de un modelo aplicable a las condiciones económicas, sociales y climáticas de la ciudad de Puebla.

Figura 3.5 Propuesta metodológica de estudio.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

3.8 Operacionalización de las variables

Las características fundamentales del método científico son la validez -capacidad de medir lo que se plantea medir- y la confiabilidad -capacidad de repetir una medida en las mismas condiciones-. Plantear adecuadamente las variables ayuda a garantizar la validez y confiabilidad de un estudio. Las variables son características medibles u observables de las unidades de estudio y que pueden asumir distintos valores (Villavicencio et al., 2019).

En la presente investigación, se proponen las siguientes variables que actúan como impulsores de la vivienda sustentable, mismas que se deberán operacionalizar:

Tabla 3.13. Propuesta de variables a operacionalizar.

| Variable | Definición teórica | Definición operacional | Dimensión | Indicadores | Ítems o Preguntas | Nivel de medición |
|--|---|--|---|---|---|-------------------|
| Consumo eficiente de agua (X₁) | El uso eficiente del agua implica entre otros, caracterizar la demanda 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 y la reducción de la contaminación. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020) | Las actuales estrategias de uso eficiente del agua incluyen, entre otras: <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivos y aparatos eficientes • Reutilización del agua de lluvia • Riego eficiente en jardines • Diseño de drenajes separados. | Aprovechamiento del agua, tanto potable como pluvial y reciclada o tratada. | Uso de sistemas ahorradores de agua, tales como tomas ahorradoras (adaptaciones en lavamanos, regaderas fregaderos). Válvulas duales en excusados, reutilización de agua pluvial y gris, habilitación de plantas tratadoras de agua. | <ul style="list-style-type: none"> • Número de sanitarios eficientes • Número de dispositivos y aparatos ahorradores de agua • Porcentaje estimado de ahorro de agua potable • Cuenta con sistema de reutilización de aguas grises • Tiene sistema de recogida y aprovechamiento de agua pluvial • EL sistema de drenaje es separado | Cuestionario |
| Eficiencia energética (X₂) | La eficiencia energética busca proteger al medio ambiente mediante la reducción de su consumo habitual, tiene por objeto mejorar el uso de fuentes de energía, también hace referencia al uso y consumo de energías alternativas -sol, agua, aire- (ISMD Ingeniería Sostenible, 2020). | La eficiencia energética se centra en la tecnología, el equipamiento o la maquinaria usada en las construcciones. Utilización de fuentes de energía alternativa: Viento, agua, sol. | Ahorro en el uso de fuentes de energía | Uso de focos ahorradores, Calentadores solares Aislamiento térmico Doble acristalamiento Calentamiento eficiente Enfriamiento eficiente. Tomar en cuenta estrategias que incluyan disminuir las demandas de uso de energía, e impulsar la eficiencia energética (Ubicación y orientación, trayectoria del sol, elemento de sombra externa). | <ul style="list-style-type: none"> • En el diseño arquitectónico se tomó en cuenta un diseño sustentable • Número de focos ahorradores • Se entrega con calentador solar • Cuenta con sistema enfriamiento o calentamiento eficiente • Cuenta con sistemas de consumo de energías alternativas: lluvia, sol, aire • Se utilizaron aislamientos térmicos en la construcción • Cuáles (muros, azotea, vidrios, etc.) | Cuestionario |

| | | | | | | |
|--|---|---|--|---|--|---------------------|
| Gestión de residuos (X₃) | <p>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.</p> | <p>Establecer planes de gestión de desechos, reducir y reciclar los desechos de construcción y demolición, fomentar el uso de materiales de la región.</p> | <p>Reducción de la producción de residuos y el destino correcto de lo que queda en las actividades relacionadas con la construcción, modernización, remodelación, mantenimiento y demolición en todo tipo de actividades relacionadas con la construcción.</p> | <p>Sistema de gestión y tratamiento de residuos.</p> <p>Porcentaje de uso de materiales reciclados durante el periodo de construcción.</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● El proceso de construcción incluyó algún sistema de gestión de residuos ● Cuenta con algún sistema de clasificación de residuos sólidos en sitio ● Porcentaje de aprovechamiento de materiales reciclados. ● Asfaltos, concretos, madera, metales, terracerías, mampostería, ladrillo, yeso, materiales cerámicos | <p>Cuestionario</p> |
| Ciclo de vida de la edificación (X₄) | <p>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 (Bové, 2016)</p> | <p>El análisis del ciclo de vida (LCA) aplicado a los edificios tiene como objetivo evaluar el potencial ambiental de los edificios durante todo el ciclo de vida, desde la producción de materiales hasta el final de la vida útil y la gestión de la eliminación de residuos.</p> | <p>Aplicación de un modelo de ciclo de vida para la evaluación de edificios, identificación de mejores prácticas y desarrollo de un conjunto de puntos de referencia para edificaciones.</p> | <p>Al inventario de entradas y salidas se le incorporan los indicadores correspondientes a los potenciales impactos hacia el medio ambiente, la salud humana y la disponibilidad de recursos naturales.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Optimización del diseño. ● Reducción de residuos de construcción y demolición. ● Diseño para la adaptabilidad | <ul style="list-style-type: none"> ● En la planeación se tomó en cuenta el análisis de ciclo de vida ● En qué porcentaje se cumplió en todas las etapas | <p>Cuestionario</p> |

| | | | | | | |
|--|---|---|--|--|---|---------------------|
| Prestación de servicios (X₅) | <p>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 (Ceylan & Deniz, 2019).</p> | <p>Dempsey y col. (2011) definen factores físicos como vecindario amigable para los peatones, ámbito público atractivo y vivienda digna y factores no físicos como la participación y la democracia local, la seguridad, el empleo y la estabilidad residencial</p> | <p>Los indicadores de este rubro están referidos al efecto que producen las edificaciones en la movilidad pública, así como su influencia en las posibilidades de reducción de transporte público motorizado, movilidad peatonal. Calidad el ambiente exterior</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Ubicación de la edificación ● Acceso a servicios públicos ● Áreas verdes ● Accesos peatonales ● Zonas de comercio local ● Políticas de mantenimiento. | <ul style="list-style-type: none"> ● Se privilegió la ubicación para favorecer el acceso a los servicios (intraurbana, periurbana). ● Cuantos m²/habitante de área verde son considerados en el proyecto ● Porcentaje de áreas de recreación ● Número políticas de mantenimiento para los habitantes | |
| Demanda de mercado (X₆) | <p>Constituye el componente económico de la sustentabilidad, tiene relación directa con el costo de la edificación, los beneficios obtenidos y los servicios.</p> | <p>El componente económico de la sustentabilidad está relacionado con los costos y beneficios económicos asociados a la vivienda, sus servicios y su ubicación.</p> | <p>Se toma en cuenta la demanda de este tipo de edificaciones. Incluye, además, la demanda de la cadena de suministro de materiales ecológicos.</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● Demanda de construcciones sustentables ● Cadena de suministro ● Comparativa de costos sustentable/tradicional | <ul style="list-style-type: none"> ● Considera que existe suficiente demanda de construcciones sustentables ● Existe una eficiente cadena de suministro de materiales ecológicos ● En qué porcentaje considera que el costo de la edificación sustentable es mayor al costo de la edificación tradicional | <p>Cuestionario</p> |

Fuente: Elaboración propia, 2020.

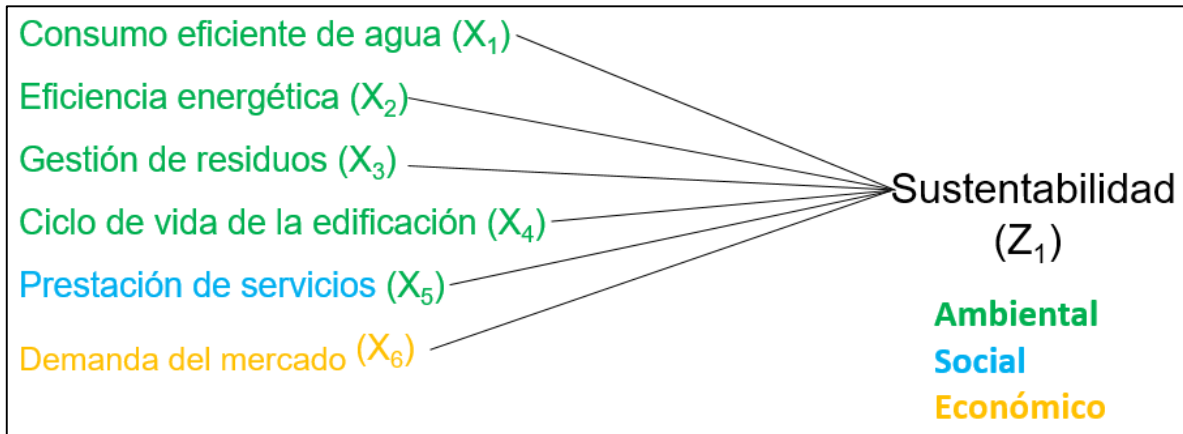
Resumen de variables identificadas

De acuerdo a la tabla 3.13 se identificaron las siguientes variables, mismas que se deberán operacionalizar:

- **Consumo eficiente del agua (X₁).** El uso eficiente del agua implica entre otros, caracterizar la demanda 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 (Ceylan & Deniz, 2019).
- **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.

A continuación, en la figura 3.6, se representa la relación entre las variables independientes definidas X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , X_5 , y X_6 , con la variable dependiente Z_1 , en forma de una hipótesis causal multivariada.

Figura 3.6 Relación entre variables de investigación



Fuente: Elaboración propia, 2020.

3.9 Formulación de hipótesis

De acuerdo a las variables enunciadas anteriormente, se formularán hipótesis para explicar la relación entre estas variables, que, como se mencionó anteriormente, es una hipótesis causal multivariada, ya que existe una relación entre múltiples variables independientes y una variable dependiente. Estas hipótesis, de acuerdo a Hernández et al., (2014), guían el estudio con el objeto de proporcionar explicaciones y apoyar la prueba de teorías, y debido a la naturaleza correlacional de la presente investigación, estas hipótesis serán de tipo correlacional.

De acuerdo a lo anterior, podemos enunciar la hipótesis general como:

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

3.10 Hipótesis específicas derivadas del modelo de investigación

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.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

CAPITULO IV

Metodología

En el presente capítulo, se describe en primer lugar, el diseño de la investigación y su tipo, apoyándonos en los teóricos de la metodología de la investigación. A continuación, se describe la población sujeta de estudio, así como el cálculo de la muestra poblacional para poder validar el estudio. Se describe el diseño del instrumento de recolección de datos que se aplicará a los encuestados, indicando la validación del mismo por cuatro expertos en el ramo de la industria de la construcción y con amplios conocimientos en sustentabilidad, con los datos obtenidos se realizaron los análisis estadísticos pertinentes que permitieron probar las hipótesis planteadas, además de dar respuesta a las preguntas planteadas en el primer capítulo de esta investigación.

4.1 Diseño de la investigación

De acuerdo con Hernández et. al., una vez formuladas la elaboración de las hipótesis y la definición de las variables, el siguiente paso es llevar a cabo el diseño de la investigación.

Figura 4.1 Fases del proceso cuantitativo.



Fuente: Hernández et al., 2014.

La investigación cuantitativa considera que el conocimiento debe ser objetivo, y que este se genera a partir de un proceso deductivo en el que, a través de la medición numérica y el análisis estadístico inferencial, se prueban hipótesis previamente formuladas. Este enfoque comúnmente se asocia con prácticas y normas de las ciencias naturales y del positivismo. Este enfoque basa su investigación en casos tipo, con la intención de obtener resultados que permitan hacer generalizaciones (Bryman, 2004).

El enfoque cuantitativo, de acuerdo a Hernández et al., (2014), tiene tres principales elementos que lo caracterizan:

1. Recolectar datos en la forma de puntuaciones -que se origina en las matemáticas-. Es decir, los atributos de fenómenos, objetos, animales, personas, organizaciones y colectividades mayores son medidos y ubicados numéricamente.
2. Analizar tales datos numéricos en términos de su variación.
3. La esencia del análisis implica comparar grupos o relacionar factores sobre tales atributos mediante técnicas estadísticas -en el caso de las ciencias del comportamiento, mediante experimentos y estudios causales o correlacionales-.

De acuerdo con lo anterior, la presente investigación tiene un enfoque **cuantitativo** porque: “usa la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento y probar teorías” (Hernández et al., 2014).

Este trabajo de investigación es **no experimental**, debido a que: “En la investigación no experimental las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, no se tiene control directo sobre dichas variables ni se puede influir en ellas, porque ya sucedieron, al igual que sus efectos.” (Hernández et al., 2014 p.152).

En esta investigación, los datos se obtendrán directamente de empresas constructoras del área que se dedican a desarrollar vivienda, sin modificar de alguna

manera las condiciones naturales en las que realizan su trabajo y durante ese lapso, se observarán los procesos constructivos en su contexto natural, sin intervención directa del investigador.

Estas variables permitirán describir las ventajas competitivas en el desarrollo de vivienda sustentable, para poder diseñar un modelo de acuerdo a las necesidades de este tipo de vivienda, describiendo los aportes y beneficios obtenidos con la implementación de este tipo de construcción.

Debido a esto, las variables propuestas en el capítulo anterior, serán analizadas a partir de los datos obtenidos en empresas de la industria de la construcción del estado de Puebla, que desarrollaron vivienda de tipo medio durante el periodo correspondiente a los años 2019 y 2020, sin modificación de las condiciones naturales de desarrollo, utilizando observación directa de los fenómenos existentes, sin la intervención directa del investigador.

Esta investigación es **transversal** o **transeccional**, debido a que: “El diseño de corte transversal se clasifica como un estudio observacional de base individual que suele tener un doble propósito: descriptivo y analítico. También es conocido como estudio de prevalencia o encuesta transversal; su objetivo primordial es identificar la frecuencia de una condición en la población estudiada. Los diseños transversales suelen incluir individuos con y sin la condición en un momento determinado -medición simultánea- y en este tipo de diseño, el investigador NO realiza ningún tipo de intervención –interferencia-. El investigador realiza una sola medición de la o las variables en cada individuo -número de mediciones-; sin embargo, cuando se realizan dos o más mediciones de las variables de interés en el mismo individuo, el diseño y especialmente el plan de análisis cambia y el diseño de corte transversal se convierte en longitudinal” (Rodríguez, 2018).

De este modo, la recolección de datos de los cuestionarios aplicados a las empresas constructoras seleccionadas, se realizó en un único periodo de tiempo.

La investigación es **correlacional-causal** debido a que: “Los estudios correlacionales, al evaluar el grado de asociación entre las variables, primero miden cada una de ellas -presuntamente relacionadas- y las describen, y después

cuantifican y analizan la vinculación. La utilidad principal de los estudios correlacionales es saber cómo se puede comportar un concepto o una variable al conocer el comportamiento de otras variables vinculadas. Las correlaciones pueden ser positivas -directamente proporcionales- o negativas -inversamente proporcionales-. Si es positiva, significa que los casos que muestren altos valores en una variable tenderán también a manifestar valores elevados en la otra variable. Si es negativa, implica que casos con valores elevados en una variable tenderán a mostrar valores bajos en la otra variable. La investigación correlacional tiene, en alguna medida, un valor explicativo, aunque parcial, ya que el hecho de saber que dos conceptos o variables se relacionan aporta cierta información explicativa” (Hernández & Mendoza, 2018).

Debido a lo anterior, se evaluará el ajuste del modelo de acuerdo con los datos obtenidos, y posteriormente se comprobarán las hipótesis correspondientes.

4.2 Población y tamaño de muestra

4.2.1 Población sujeta a estudio

La población sujeta de estudio está 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.

Esta base de datos se puede consultar en el Anexo A, donde se desglosa un total de 122 empresas constructoras que desarrollaron vivienda de tipo medio para el INFONAVIT durante los años 2018 a 2019, en la rama 2361 que corresponde a la edificación residencial, ya que este es el último dato de los censos económicos. Cabe mencionar que estas empresas constructoras pueden tener o no domicilio fiscal en Puebla, por lo que el listado no se limitó únicamente a desarrolladores de vivienda del estado de Puebla.

Además, es necesario mencionar que debido a la actual pandemia del virus SARCOV2, algunas de estas empresas no se encuentran abiertas al público, por lo que no se logró realizar encuestas en las mismas. Durante el recorrido para recabar los datos, se encontró que once empresas cerraron operaciones, por lo que no fueron tomadas en cuenta, y el universo poblacional queda establecido en un total de 111 empresas.

4.2.2 Cálculo de la muestra poblacional

Un aspecto importante en la metodología de la investigación, es el cálculo de la cantidad de participantes que deben incluirse en un estudio. El tamaño de muestra permite a los investigadores saber cuántos individuos son necesarios estudiar, para poder estimar un parámetro determinado con el grado de confianza deseado, o el número necesario para poder detectar una determinada diferencia entre los grupos de estudio, suponiendo que existiese realmente. El cálculo del tamaño de la muestra es una función matemática que expresa la relación entre las variables, cantidad de participantes y poder estadístico (García-García et al., 2013).

Se realizará un muestreo probabilístico, el cual se basa en el principio de equiprobabilidad, esto quiere decir que todos los individuos de la muestra seleccionada, tendrán las mismas probabilidades de ser elegidos. Lo anterior nos asegura que la muestra extraída contará con representatividad.

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- (Aguilar-Barojas, 2005), 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%.

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

Donde:

N= Tamaño de la población = 111

n = Tamaño de la muestra = 42

d = Error de estimación = 10%

Z = Valor de tabla de la normal estándar = 1.65

p = probabilidad de éxito = 50%

q = Probabilidad de fracaso = 50%

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

4.3 Instrumentos de recolección de datos

El instrumento de recolección de datos que se utilizó (Tabla 4.1), 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 en el Capítulo III, sección uno: eje ambiental, sección dos: eje social, sección 3: eje económico, las cuales abarcan a todas y cada una de las variables definidas.

Tabla 4.1. Descripción del instrumento de recolección de datos.

| Sección | Dimensión | Número de ítems en escala Likert 5 | Número de preguntas dicotómicas |
|-----------------|----------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| 1 Eje ambiental | Consumo eficiente del agua | 9 | 0 |
| | Eficiencia energética | 9 | 6 |
| | Gestión de residuos | 4 | 2 |
| | Análisis del ciclo de vida | 1 | 2 |
| 2 Eje social | Servicios sociales | 6 | 1 |
| | Áreas comunes | 4 | 0 |

| | | | |
|-----------------|--|---|---|
| 3 Eje económico | Demanda de construcciones sustentables | 3 | 1 |
| | Cadena de suministro | 2 | 0 |

Fuente: Elaboración propia, 2020.

4.3.1 validación del instrumento

El instrumento utilizado, se sometió a una revisión tanto en el contenido como en la estructura con el objeto de validarlo. Esta validación fue realizada por cinco personas con amplia experiencia en el ramo de la construcción, las cuales, además, han realizado construcción sustentable y que realizaron las sugerencias pertinentes al mencionado instrumento (Anexo C).

Toda medición o instrumento de recolección de datos debe reunir tres requisitos esenciales: confiabilidad, validez y objetividad. La validez en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento mide lo que realmente la variable debe medir (Hernández et al., 2014).

La confiabilidad o fiabilidad, se refiere a la consistencia o estabilidad de una medida. Una definición técnica de confiabilidad que ayuda a resolver tanto problemas teóricos como prácticos es aquella que parte de la investigación de qué tanto error de medición existe en un instrumento de medición, considerando tanto la varianza sistemática como la varianza por el azar, es un concepto que tiene varias definiciones, aunque a grandes rasgos se puede definir como la ausencia de errores de medida en un test, o como la precisión de su medición. La confiabilidad de una medición o de un instrumento, según el propósito de la primera y ciertas características del segundo, puede tomar varias formas o expresiones al ser medida o estimada: coeficientes de precisión, estabilidad, equivalencia, homogeneidad o consistencia interna, pero el denominador común es que todos son básicamente expresados como diversos coeficientes de correlación. En el caso específico del coeficiente de confiabilidad vinculado a la homogeneidad o consistencia interna, se dispone del coeficiente (Alpha), propuesto por Lee J. Cronbach (1916-2001) en el año 1951. (Quero, 2010).

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.

Para determinar el coeficiente Cronbach el investigador calcula la correlación de cada reactivo o ítem con cada uno de los otros, resultando una gran cantidad de coeficientes de correlación. El valor del coeficiente Cronbach es el promedio de todos los coeficientes de correlación.

El coeficiente Alfa de Cronbach es el indicador de **confiabilidad** de escalas psicométricas más usado en ciencias sociales.

El Alfa de Cronbach nos da una medida de la consistencia interna que tienen los reactivos que forman una escala. Si esta medida es alta, suponemos tener evidencia de la homogeneidad de dicha escala, es decir, que los ítems están apuntando en la misma dirección. Por esta razón, el Alfa de Cronbach suele interpretarse como una medida de unidimensionalidad de una escala, por tanto, de que estamos midiendo de manera consistente *algo* con ella. Esto es, asumimos que nuestra escala es Tau equivalente o esencialmente Tau equivalente. Sin embargo, para poder hacer cualquier afirmación con respecto a la dimensionalidad de una escala, primero necesitamos evidencia de su validez, lo cual es importante tenerlo en mente para evitar interpretaciones erróneas del alfa de Cronbach. Esta se obtiene a partir de la covarianza –intercorrelaciones- entre ítems de una escala, la varianza total de la escala, y el número de reactivos que conforman la escala (Mendoza, 2018).

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

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

Donde:

- K = Número de ítems en la escala.
- $\sigma^2 Y_i$ = Varianza del ítem i .
- $\sigma^2 X$ = Varianza de las puntuaciones observadas de los individuos.

Criterio para evaluar el Alpha de Cronbach:

De acuerdo a Frías-Navarro (2020), el valor de alfa oscila de cero a uno. Cuanto más cerca se encuentre el valor del alfa a uno mayor es la consistencia interna de los ítems analizados. Si los ítems están positivamente correlacionados entonces la varianza de la suma de los ítems se incrementa. Por ello, si las puntuaciones en todos los ítems fuesen idénticas, y por lo tanto las puntuaciones estarían perfectamente correlacionadas, el valor de alfa sería igual a uno. En cambio, si los ítems fuesen totalmente independientes, no mostrando ningún tipo de relación entre ellos, el valor de alfa sería igual a cero. Se recomienda informar de la estimación puntual del valor de consistencia interna junto con su intervalo de confianza para valorar la precisión de la estimación.

Como criterio general, se sugieren las recomendaciones siguientes para evaluar los resultados del Coeficientes de Alfa de Cronbach:

- Coeficiente alfa $>.9$ a $.95$ es excelente
- Coeficiente alfa $>.8$ es bueno
- Coeficiente alfa $>.7$ es aceptable
- Coeficiente alfa $>.6$ es cuestionable
- Coeficiente alfa $>.5$ es pobre
- Coeficiente alfa $<.5$ es inaceptable

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 siguiente tabla.

Tabla 4.2. Confiabilidad de las variables utilizadas.

| Dimensión | Coefficiente Alfa de Cronbach |
|--|-------------------------------|
| 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 |
| Demanda construcciones sustentables | 0.543 |
| Cadena de suministro | 0.895 |

Fuente: Elaboración propia, 2021.

De acuerdo a la tabla anterior, la confiabilidad global del instrumento es de 89.7%, lo cual se considera como aceptable; sin embargo, el valor del coeficiente del Alpha de Cronbach para la variable denominada: Demanda de construcciones sustentables es demasiado bajo (0.543), lo cual sugiere que esta variable deberá quitarse del instrumento de recolección de datos para evitar un sesgo en los resultados.

Validez: Para probar la validez del instrumento de recolección de datos propuesto, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson. El coeficiente de correlación de Pearson se define en estadística como la medida de la fuerza de la relación entre dos variables y su asociación con cada una de ellas. En palabras sencillas, el

coeficiente de correlación de Pearson calcula el efecto del cambio en una variable cuando la otra variable cambia (European Advertising Group, 2020).

La fórmula para calcular el Coeficiente de correlación es la siguiente:

$$r = \frac{N \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[N \sum x^2 - (\sum x)^2][N \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

Dónde:

N = Número de valores o elementos

$\sum xy$ = la suma de los productos de las puntuaciones emparejadas

$\sum x$ = la suma de puntuaciones x

$\sum y$ = la suma de puntuaciones y

$\sum x^2$ = Suma de cuadrados Puntuación x

$\sum y^2$ = Suma de cuadrados Puntuación y

Para el caso de esta investigación, se calculó el coeficiente de correlación, utilizando la hoja de cálculo de Microsoft Excel, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 4.3. Cálculo de Coeficientes de correlación.

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

Fuente: elaboración propia, 2021.

De los datos obtenidos, se tiene que:

- Se sustituyó la diagonal principal por los Alphas de cada variable
- Se observa que los Alphas son mayores a los de cada variable, con una correlación positiva alta (p-value menor que el valor de significancia de 1%), por lo que se concluye que el estudio tiene validez
- Se recomienda eliminar las preguntas 26 y 29 en el cuestionario original.

De acuerdo a lo anterior, el instrumento de recolección de datos se modificó para su aplicación final, quedando de la siguiente forma:

Tabla 4.4. Instrumento de recolección de datos final.

| Sección | Dimensión | Número de ítems en escala Likert 5 | Número de preguntas dicotómicas |
|-----------------|--|------------------------------------|---------------------------------|
| 1 Eje ambiental | Consumo eficiente del agua | 5 | 2 |
| | Eficiencia energética | 11 | 0 |
| | Gestión de residuos | 3 | 0 |
| | Análisis del ciclo de vida | 2 | 0 |
| 2 Eje social | Servicios sociales | 3 | 0 |
| | Áreas comunes | 4 | 0 |
| 3 Eje económico | Demanda de construcciones sustentables | 0 | 0 |
| | Cadena de suministro | 7 | 1 |

Fuente: Elaboración propia, 2021.

4.4 Resultados

Con los datos obtenidos, el siguiente paso es probar las hipótesis planteadas en el capítulo 3.

Las hipótesis que establecen la relación de cada una de las variables involucradas y la edificación sustentable:

Hipótesis 1: Existe una correlación positiva entre la fase 1: consumo eficiente del agua y la implementación de la edificación sustentable de la vivienda.

Hipótesis 2: Existe una correlación positiva entre la fase 2: eficiencia energética y la implementación de la edificación sustentable de la vivienda.

Hipótesis 3: Existe una correlación positiva entre la fase 3: gestión de residuos y la implementación de la edificación sustentable de la vivienda.

Hipótesis 4: Existe una correlación positiva entre la fase 4: ciclo de vida de la edificación y la implementación de la edificación sustentable de la vivienda.

Hipótesis 5: Existe una correlación positiva entre la fase 5: prestación de servicios y la implementación de la edificación sustentable de la vivienda.

Hipótesis 6: Existe una correlación positiva entre la fase 6: demanda de mercado y la implementación de la edificación sustentable de la vivienda.

Una vez aplicado el instrumento de recolección de datos, se procedió a realizar el análisis de los datos obtenidos. Para esto se utilizó el Software SPSS versión 25, 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. En la tabla 4.4 se presentan los resultados por medio de la matriz de correlación de las variables involucradas, en donde se muestra su nivel de significancia, el cual permite aceptar o no las hipótesis propuestas.

Tabla 4.5. Matriz de correlación.

| | Consumo eficiente del agua | Eficiencia energética | Gestión de residuos | Análisis de ciclo de vida | Áreas comunes | Cadena de suministro |
|----------------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------------|---------------|----------------------|
| Consumo eficiente del agua | 1 | | | | | |
| Eficiencia energética | -.557** | 1 | | | | |
| Gestión de residuos | -.415** | .548** | 1 | | | |
| Análisis del ciclo de vida | -0.124 | .482** | .386* | 1 | | |
| Áreas comunes | -0.258 | 0.226 | .401** | 0.110 | 1 | |
| Cadena de suministro | -0.252 | -0.074 | 0.054 | -.308* | 0.065 | 1 |
| | -.346* | .940** | .657** | .624** | 0.271 | -0.058 |

** La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

* La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral)

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Una vez realizadas las pruebas de las hipótesis de las seis variables que de acuerdo al presente estudio influyen en la implementación de la edificación sustentable de la vivienda, se presentan los resultados de las mismas.

La variable eficiencia energética (Tabla 4.4), es la que más influye en la relación con la implementación sustentable de la vivienda, con una correlación de 0.940, mientras que la variable cadena de suministro es la de menor influencia con una correlación de 0.058, lo cual indica que no es significativa.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se demuestra que las hipótesis planteadas con relación a las variables: consumo eficiente del agua, eficiencia energética, gestión de residuos y análisis del ciclo de vida, no se rechazan, ya que existe una relación positiva con la implementación sustentable de la vivienda; mientras que, las variables áreas comunes y cadena de suministro al no alcanzar un nivel de significancia aceptable se rechazan en el presente estudio.

Tabla 4.6. Decisiones sobre las hipótesis las hipótesis sometidas a prueba.

| Hipótesis que establecen la relación entre las diferentes variables y la implementación de la vivienda sustentable. | |
|---|---------------|
| Hipótesis | Decisión |
| Existe una correlación positiva entre el consumo eficiente del agua y la implementación de la edificación sustentable de la vivienda. | No se rechaza |
| Existe una correlación positiva entre la: eficiencia energética y la implementación de la edificación sustentable de la vivienda. | No se rechaza |
| Existe una correlación positiva entre la: gestión de residuos y la implementación de la edificación sustentable de la vivienda. | No se rechaza |
| Existe una correlación positiva entre el: ciclo de vida de la edificación y la implementación de la edificación sustentable de la vivienda. | No rechaza |
| Existe una correlación positiva entre la: prestación de servicios y la implementación de la edificación sustentable de la vivienda. | Se rechaza |
| Existe una correlación positiva entre la: demanda de mercado y la implementación de la edificación sustentable de la vivienda. | Se rechaza |
| Existe una correlación positiva entre todas las variables independientes y la implementación de la edificación sustentable en la vivienda | No se rechaza |

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Como se observa en la Tabla 4.6, la prestación de servicios y la demanda de mercado, se rechazan, pero en virtud de que forman parte del estudio se toman en cuenta, ya que, de no hacerlo, los resultados se verían afectados en las demás variables, de esta forma la hipótesis general, que es la relación positiva entre todas las variables independientes y la implementación de edificación sustentable de la vivienda, NO SE RECHAZA.

La Tabla 4.7 muestra las variables que interactúan con la implementación de la vivienda sustentable, mismas que se han ordenado de mayor a menor.

Tabla 4.7. Variables que interactúan con la implementación sustentable de la vivienda, ordenadas de mayor a menor correlación.

| Variable | Coefficiente de correlación |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| Eficiencia energética | .940 |
| Análisis del ciclo de vida | .924 |
| Gestión de residuos | .657 |
| Consumo eficiente del agua | .346 |
| Prestación de servicios | 0.271 |
| Cadena de suministro | -0.058 |

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Por otro lado, en cuanto a las preguntas dicotómicas incluidas en la encuesta se observan los siguientes resultados:

Pregunta número 6: Eje ambiental, Consumo eficiente del agua: ¿La vivienda cuenta con sistema de reutilización de aguas grises?

Gráfica 4.1. Sistema de reutilización de aguas grises



Fuente: Elaboración propia, 2021.

A esta pregunta, 88% de los encuestados respondieron que la vivienda NO cuenta con sistema de reutilización de aguas grises, mientras que el 12% respondieron que SI.

Pregunta número 7: ¿La vivienda cuenta con sistema de drenaje separado?

El 50% de los encuestados respondieron que la vivienda SI cuenta con sistema de drenaje separado, mientras que el otro 50% respondieron que NO.

Gráfica 4.2 Sistema drenaje separado.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Pregunta número 8: ¿La vivienda cuenta con sistema de recogida y aprovechamiento de agua de lluvia?

El 67% de los encuestados respondieron que la vivienda SI cuenta con sistema de recogida y aprovechamiento de agua de lluvia, mientras que el 33% respondieron que NO.

Gráfica 4.3 Sistema de recogida de agua pluvial



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Pregunta número 37: ¿Se puede mejorar este aspecto (cadena de suministro)?

Gráfica 4.4 Cadena de suministro



Fuente: Elaboración propia, 2021.

La respuesta en el 98% de los casos, es que, SI se puede mejorar la cadena de suministro, mientras que solamente el 2% menciona que la cadena de suministro NO se puede mejorar.

4.5 Discusiones y hallazgos

Yilmaz (2015), en su investigación cita que, según datos del año 2010, los edificios utilizan el 45% de la energía mundial y el 50% del agua. El 23% de la contaminación del aire, el 50% de la producción de gases de efecto invernadero, el 40% de la contaminación del agua y el 40% de los desechos sólidos en las ciudades son problemas ambientales causados por los edificios; y de acuerdo a Serpell (2013), 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 CO₂.

De acuerdo a las hipótesis relacionadas a cada una de las variables incluidas en el presente estudio, y la relación de éstas con la edificación sustentable, se establece un beneficio entre el consumo eficiente del agua, la eficiencia energética, la gestión de residuos y el análisis del ciclo de vida con la implementación sustentable de la vivienda, a través del modelo propuesto en la presente investigación.

Todo lo anterior refuerza los hallazgos de los diferentes autores consultados, de acuerdo a lo siguiente:

Consumo eficiente del agua:

Esta variable reviste tal importancia, que los métodos de certificación tales como LEED, BREEAM, CASBEE e incluso el programa Hipoteca Verde del INFONAVIT, resaltan la importancia del consumo eficiente del agua en la implementación de la vivienda sustentable. El Centro Mario Molina (2019), define a la vivienda sustentable como “el espacio a través del cual los mexicanos podamos mejorar nuestra calidad de vida, generar ahorros económicos y elevar la plusvalía de nuestro territorio al tiempo que optimizamos el consumo de recursos como el agua, energía y suelo.

Esto refuerza los hallazgos encontrados en la presente investigación, ya que, de acuerdo con los resultados obtenidos, se observa una marcada tendencia al uso de inodoros eficientes, 95.24% responden que si 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, y, podemos mencionar que aquellos constructores que no utilicen estos dispositivos ahorradores, corren el riesgo de quedar fuera de mercado debido al incumplimiento de las normas oficiales.

Eficiencia energética:

El caso de la eficiencia energética, es similar al consumo eficiente del agua, de hecho, son las dos variables más importantes a considerar en la implementación de la vivienda sustentable, y de la cual se encontraron el mayor número de publicaciones.

De acuerdo a Bautista, (2017), 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.

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, como lo muestran las NAMAS existentes en México relacionadas con la industria de la construcción de acuerdo a la Tabla 3.2.

Gestión de residuos: De acuerdo con Salguin (2016), los residuos de construcción y demolición se consideran un problema grave en las industrias constructivas de los países desarrollados y se están transformando en un problema creciente en otras regiones del mundo. Por otro lado, Wahi, (2016), menciona que los volúmenes de residuos están aumentando rápidamente, incluso más rápido que la tasa de urbanización. Actualmente, las ciudades del mundo están generando alrededor de 1.3 billones de toneladas de desechos sólidos por año. Se espera que este volumen aumente a 2.200 millones de toneladas para el año 2025.

En el caso de la disposición de residuos, la mayoría de los entrevistados manifiestan que si 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.

Ciclo de vida de la edificación:

Gómez et al., (2018), realizaron un estudio de evaluación del ciclo de vida en la vivienda social mexicana, en donde concluyen que la vivienda social tiene un papel

potencialmente importante para reducir tanto la emisión de gases de efecto invernadero como el uso de recursos no renovables. También, Campos (2016), dice que, si consideramos su ciclo de vida, los productos de construcción son responsables del 20% al 35% de los impactos dentro de las categorías clave de impacto ambiental, como el calentamiento global, el agotamiento abiótico -aquellos recursos que rodean a los seres vivos y que conforman un ecosistema-, la toxicidad humana y la reducción de la capa de ozono, además de ser uno de los principales consumidores de recursos no renovables. En un estudio realizado por el Centro Mario Molina, (2012), del cual, uno de sus objetivos fue: Estimar el impacto ambiental directo e indirecto de la vivienda de interés social a través de un análisis de ciclo de vida, el cual fue calculado contemplando una vida útil de 50 años, sobresale la demanda de energía eléctrica, se obtuvo que, en promedio, la huella de carbono de la vivienda de interés social a lo largo de su ciclo de vida es de 191, en algunas zonas de la República Mexicana, lo cual representa un valor muy alto. 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.

Áreas comunes:

De acuerdo a Ceylán & Deniz (2019), La prestación de servicios 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. Los indicadores de este rubro están referidos al efecto que producen las

edificaciones en la movilidad pública, tomando en cuenta: Ubicación de la edificación, acceso a servicios públicos, áreas verdes, y accesos peatonales.

En el caso del eje social, la mayoría de encuestados si consideran que se privilegió la ubicación para favorecer el acceso a los servicios 69.05%, mientras que 92.86% afirman que existe suficiente cercanía a medios de transporte público y 76.19% contestaron que si existe un documento con políticas para los habitantes del conjunto.

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, (2013): 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.

Cadena de suministro:

La sostenibilidad de la cadena de suministro es la administración de los impactos ambientales, sociales y económicos, así como el estímulo de buenas prácticas de gobierno, a lo largo de los ciclos de vida de bienes y servicios; creando, protegiendo y cultivando a largo plazo, valor medioambiental, social y económico para todas las partes que participan en llevar productos y servicios al mercado (Lao, 2019).

Para Seuring y Muller (2008, citados por Bernal, 2019), la cadena de suministro sostenible se define como la gestión de materiales, información y flujos de capital, así como la cooperación entre empresas a lo largo de la cadena de suministro, abordando los objetivos de las tres dimensiones del desarrollo sostenible: económico, ambiental y social, derivados de los requisitos de los clientes y partes interesadas.

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.

Como resumen, se puede señalar que la tendencia de las políticas gubernamentales en cuanto a la Estrategia Nacional para la Vivienda Sustentable, considerada en los programas: Hipoteca Verde, Programa esta es tu casa, Código de edificación de vivienda, etc., son totalmente consistentes con los hallazgos de la presente investigación.

Por lo tanto, las variables estudiadas en su conjunto, muestran una evidencia de que el presente modelo si aporta beneficios a la sustentabilidad de la vivienda. Estos beneficios se generan a través del modelo propuesto.

4.6 Modelo de estudio

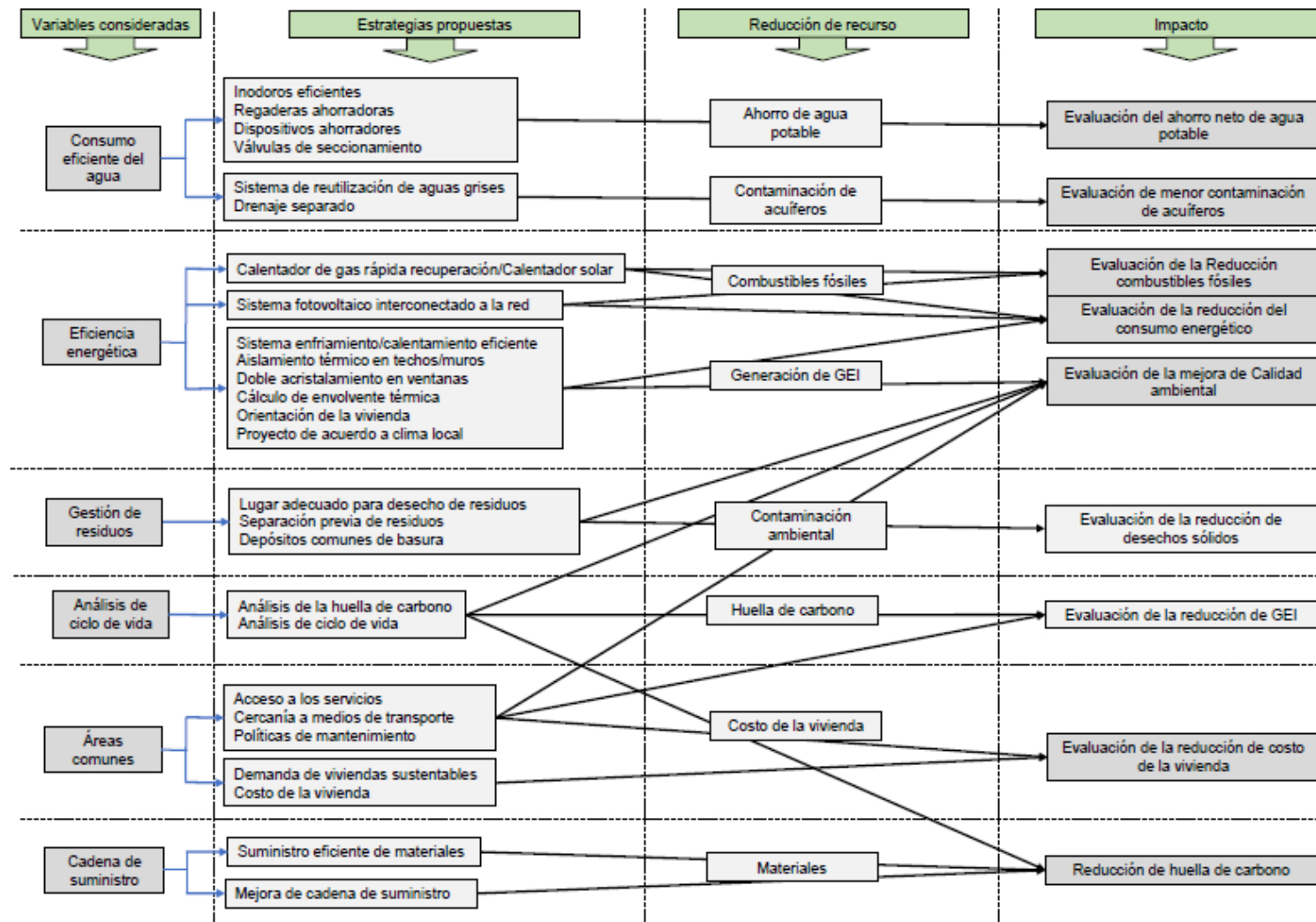
Una vez demostrada la relevancia social, así como el valor teórico y la utilidad metodológica de la presente investigación, y coincidiendo con los teóricos consultados acerca de la necesidad de desarrollar vivienda sustentable, el siguiente paso es, de acuerdo con el objetivo general, diseñar un modelo de estrategias de gestión de alternativas para la construcción de vivienda sustentable, que contribuya a la mitigación de efectos contaminantes y reducción de recursos de alto impacto.

Para tal efecto, se considera de suma importancia los hallazgos mostrados en el transcurso de la investigación.

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.

El modelo desarrollado se estructura a partir del estudio de las variables propuestas.

Figura 4.2 Modelo propuesto.



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Variable: Consumo eficiente del agua

- **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. Otro punto importante, es el uso de la arquitectura bioclimática, tomado en cuenta tanto el clima local, como la orientación de la vivienda aprovechando la luz solar para generar una mayor eficiencia energética.

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. Como se mencionó anteriormente, este 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 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.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se describen las conclusiones del presente trabajo, se justifican los objetivos planteados al inicio y se realizan las recomendaciones y las posibles aplicaciones futuras de la investigación.

5.1 Conclusiones de los objetivos específicos

- Analizar el sector de la vivienda, y su coherencia con los procedimientos de certificación.

Se realizó un análisis de la bibliografía existente, incluyendo los métodos de certificación, concluyendo que, como lo mencionan algunos autores, estos métodos de certificación son diseñados en otros países, y aptos para diferentes sistemas constructivos, por lo que es altamente recomendable realizar un estudio posterior para su implementación en la República Mexicana.

- Identificar las principales variables que impactan en los requerimientos de la generación de vivienda sustentable.

Durante el desarrollo de la presente investigación, se identificaron las principales variables que intervienen en la vivienda sustentable, por medio de una primera revisión de 89 autores, en primer lugar, se realizó un análisis de las principales publicaciones, orientadas a investigar los impulsores de la vivienda sustentable, posteriormente se identificaron de variables que inciden en el impacto ambiental, se revisaron las publicaciones referentes a impulsores de vivienda sustentable y con los datos obtenidos se elaboró un modelo de estudio que permitió identificar las variables utilizadas en la presente investigación.

En la medida que las empresas constructoras tengan en cuenta estas variables, se logrará aumentar la sustentabilidad de las viviendas, como se demostró en el capítulo IV.

De acuerdo a diversos autores, la implementación de las estrategias de gestión, como los son las certificaciones internacionales o la aplicación de las estrategias del programa Hipoteca Verde de INFONAVIT para el caso específico de México, se podrán alcanzar mejores estándares en la generación de vivienda verde.

- Modelar la interacción entre las variables previamente analizadas enfocando la metodología *ad-hoc* para impactar en la mitigación del deterioro ecológico.

Se demostró que la interacción de las variables propuestas en esta investigación, impactan directamente en la generación de vivienda sustentable, y, por tanto, tienen un efecto positivo en la mitigación del deterioro ecológico. Esto fue posible gracias a el modelo de estudio propuesto, en el cual se consideran las seis variables propuestas, cada una de ellas con sus respectivas estrategias para lograr la reducción de recursos considerados como de alto impacto, abordando los procesos de consumo eficiente del agua, eficiencia energética, gestión de residuos, ciclo de vida de la edificación, áreas comunes y cadena de suministro

5.2 Conclusiones del objetivo general

- 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.

Se logró cumplir el objetivo general del presente trabajo de investigación al diseñar 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.

Como resultado de la presente investigación, se propusieron estrategias de gestión de alternativas para la construcción de vivienda sustentable, a través de un modelo que involucra tres ejes de estudio -ambiental, social y económico-, que engloban siete variables: consumo eficiente del agua, gestión de residuos, análisis del ciclo de vida, servicios sociales, áreas comunes, demanda de construcciones sustentables y cadena de suministro.

Se tomaron en cuenta las opiniones y recomendaciones de expertos, tras lo cual solamente se rechazó la variable denominada Demanda de construcciones sustentables, ya que de acuerdo con el coeficiente Alpha de Cronbach, la misma no cumplía con la confiabilidad esperada.

5.3 Consideraciones finales y recomendaciones

Durante las fases de estudio de este modelo de propuesta de gestión de alternativas para la construcción de vivienda sustentable en la ciudad de Puebla, considerando la reducción de recursos de alto impacto, se detectó la necesidad de llevar a cabo otros estudios adicionales que involucren aspectos relacionados a leyes y reglamentos.

De acuerdo a la literatura revisada, se recomienda realizar el estudio de la aplicación de nuevas tecnologías que impacten directamente en la mitigación del deterioro ecológico, para lograr un mejor desarrollo sustentable de la vivienda, como por ejemplo uso de nuevos materiales constructivos, nuevas formas de construcción, como puede ser, por ejemplo, las nuevas tecnologías de impresión 3D en la industria de la construcción.

Como resultado de esta investigación, se logró modelar la interacción de las siete variables propuestas y su relación directa con la mitigación de los efectos contaminantes.

Se detectaron áreas de oportunidad para estudios posteriores, como por ejemplo profundizar en el estudio de la cadena de suministro apoyada en la tecnología y la capacitación de constructores en el uso de estrategias para el cálculo del ciclo de vida de las edificaciones.

Finalmente, este estudio puede ser de utilidad para los constructores del estado de Puebla, ayudándolos a enfocarse en las variables más representativas de la edificación sustentable.

El modelo presentado puede aplicarse a vivienda unifamiliar de tipo medio y servirá como base para cualquier empresa constructora que se dedique a la edificación de vivienda, especialmente para aquellas constructoras del estado de Puebla que están adheridas a los programas Hipoteca verde de INFONAVIT.

Referencias

- Abramyan, S. G. (2016). Environmental compliance during construction. *Procedia Engineering*, 150, 2146–2149. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.255>
- Acosta Rendón, J., & Aguilar Torres, G. (2018). EL PROGRAMA HIPOTECA VERDE DEL INFONAVIT ¿HACIA UNA POLÍTICA DE VIVIENDA SUSTENTABLE? *Vivienda Y Comunidades Sustentables*, (3), 25-34. Recuperado a partir de <http://www.revistavivienda.cuaad.udg.mx/index.php/rv/article/view/36>.
- Aguilar-Barojas, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco*, 2–7. <https://doi.org/ISSN:1405-2091>
- Ahn, Y. H., Jung, C. W., Suh, M., & Jeon, M. H. (2016). Integrated Construction Process for Green Building. *Procedia Engineering*, 145, 670–676. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.065>
- Alavedra, P., & Industrial, D. I. (1996). *La construcción sostenible. El estado de la cuestión*. Instituto Juan de Herrera. Madrid, España.
- Álvarez-Partida F. (2016), *Hacia la aplicación de estrategias bioclimáticas con tecnologías sustentables*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO). México.
- Alsanad, S. (2015). Awareness, Drivers, Actions, and Barriers of Sustainable Construction in Kuwait. *Procedia Engineering*, 118, 969–983. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.538>
- Amaratunga, D., Malalgoda, C. I., & Keraminiyage, K. (2018). Contextualising mainstreaming of disaster resilience concepts in the construction process. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 9(4–5), 348–367. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-10-2017-0057>
- Ametepey, O., Aigbavboa, C., & Ansah, K. (2015). Barriers to Successful Implementation of Sustainable Construction in the Ghanaian Construction Industry. *Procedia Manufacturing*, 3(Ahfe), 1682–1689. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.988>

- Amiri A., Ottelin J., Sorvari J. (2019). Are LEED-Certified Buildings Energy-Efficient in Practice?. *Sustainability* 2019, 11(6), 1672; <https://doi.org/10.3390/su11061672>.
- Arce Castro Bertha Alicia, Alves Hernández Silvio. (2011). Sostenibilidad de la construcción de viviendas en Cuba. Observatorio Iberoamericano del Desarrollo Local y la Economía Social.
- Arias Gómez, Ma. De Lourdes, Arias Gómez, E., & Arias Gómez, J. (2013). La vivienda sustentable: Análisis de la política pública del gobierno mexicano. *Revista Desarrollo Local Sostenible*, 8(17), 1–14.
- Arvizu, A. (2017). Las Declaraciones Ambientales de Producto como instrumento de mejora ambiental en el sector de la construcción en México. Tesis Doctorado - Universidad Politécnica de Cataluña.
- Azeem, S., Naeem, M. A., Waheed, A., & Thaheem, M. J. (2017). Examining barriers and measures to promote the adoption of green building practices in Pakistan. *Smart and Sustainable Built Environment*, 6(3), 86–100. <https://doi.org/10.1108/SASBE-06-2017-0023>
- Badii, M. H. (2008). La huella ecológica y sustentabilidad. *International Journal*, 3(1), 672–678.
- Badii, M., Guillén, A., Serrato, O., & Abreu, J. (2017). Huella ecológica y sustentabilidad (Ecological footprint and sustainability). UANL, San Nicolás, N. L., México.
- Bautista Gordillo J., Loaiza Elizalde N. (2017). LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE APLICADA A VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN COLOMBIA. Boletín Semillkas Ambientales ISSN: 246-0691. Colombia.
- Beiriz, F., & Haddad, A. (2011). An Application Model for Sustainability in the Construction Industry. *Web of Science*, i(tourism), 13. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5772/57353>
- Bernal, (2019). Estudio de las Pymes innovadoras y sustentables colombianas para optimizar las cadenas de suministro mediante la aplicación del software como servicio. Universidad EAN, Bogotá. Colombia
- Bové, J (2016). El análisis del ciclo de vida en la edificación sostenible. Recuperado de: <https://aislamientoysostenibilidad.es/analisis-ciclo-de-vida-en-la-edificacion-sostenible/> Abril 2020.

- BREAM INTERNACIONAL. (2019). recuperado de: <http://www.breeam.es/breeam-internacional>, el 16 de julio de 2019).
- Bream ES. (2017) Tarifario BREAM ES. PC-BREAM-02-MANUAL DEL ASESOR BREAM ES.
- Campos, L. M. S., Trierweiler, A. C., De Carvalho, D. N., & Šelih, J. (2016). Environmental management systems in the construction industry: A review. *Environmental Engineering and Management Journal*, 15(2), 453–460.
- CANADEVI (s.f.). Recuperado de: www.canadevi.com.mx/Quienesomos. el 16 de agosto de 2019.
- Cappai, F., Forgues, D., & Glaus, M. (2018). The Integration of Socio-Economic Indicators in the CASBEE-UD Evaluation System: A Case Study. *Urban Science*, 2(1), 28. <https://doi.org/10.3390/urbansci2010028>.
- Castro Escobar, E. (2015). Panorama Regional Del Desarrollo Sostenible En América Latina. *Luna Azul*, (40), 195–212. <https://doi.org/10.17151/luaz.2015.40.13>
- Centro Mario Molina. (2014). Vivienda sustentable, la localización como factor estratégico.
- Centro Mario Molina. (2019). Desarrollo sustentable: NAMA para vivienda existente en México. <https://centromariomolina.org/desarrollo-sustentable/temas/nama-en-vivienda-existente-en-mexico/> Consultado el día: 11 de Noviembre de 2019. México
- Ceylan Salih and Deniz Murat (2019). A design Studio experience: impacts of social sustainability. Department of Architecture and Design, Bahcesehir Universitesi, Istanbul, Turkey
- Chadee, S., & Stoute, V. (2017). Green Building in Trinidad and Tobago – Constraints and Opportunities: An exploratory approach. (October 2018).
- Chávez, D. M., & Andrade, R. E. (2012). V. Huella ecológica, desarrollo humano y turismo. *Medio Ambiente y Política Turística En México*, 89–102.
- Cheng, J. C. P., Won, J., & Das, M. (2015). Construction and demolition waste management using BIM technology. *Proceedings of IGLC 23 - 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Global Knowledge - Global Solutions*, 2015-January, 381–390.

Chhatwani, M., & Golparvar-Fard, M. (2016). Model-Driven Management a of Construction Carbon Footprint: Case Study. Construction Research Congress 2016: Old and New Construction Technologies Converge in Historic San Juan - Proceedings of the 2016 Construction Research Congress, CRC 2016, 1202–1212. <https://doi.org/10.1061/9780784479827.121>

Centro de Evaluación para el Desarrollo Sustentable (CIDS). Sistema de Evaluación de la Vivienda Verde, índices de calidad. Recuperado de <http://cii.infonavit.org.mx/IndicesdeCalidad/sevv.html> el 2 de agosto de 2019.

Cervantes, A., Ramírez, A. (2016). La Edificación Sustentable (Normativa en México). Universidad Autónoma Metropolitana, Depto. de procesos y técnicas de realización, área de administración y tecnología para el diseño. México.

Cesano, D., & Russell, J. (2015). Construcciones ecológicas en América Latina, Red de Desarrollo Humano, Río de Janeiro, Brasil 1–14.

Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI), (2010). Soluciones verdes para el sector vivienda. <http://www.conavi.gob.mx>, México.

CONAVI, (2013). Vivienda sustentable en México. COP 17. SEMARNAT. México.

CONAVI (2018). Compromisos de la CANAVI en favor de la construcción sustentable. Recuperado de: <https://www.gob.mx/conavi/articulos/compromisos-de-la-conavi-en-favor-de-la-construccion-sustentable?idiom=es>.

CONAVI, SEMARNAT, I. (2008). Desarrollo habitacional sustentable ante el cambio climático. México.

Dania, A. A., Larsen, G. D., & Ewart, I. J. (2014). Sustainable construction: Exploring the capabilities of Nigerian construction firms. Proceedings 30th Annual Association of Researchers in Construction Management Conference, ARCOM 2014, (September), 3–12.

Darko, A., Chan, A., Kingsford, E., & Maxwell, F. (2018). Benefits of Green Building: A Literature Review. Royal Institution of Chartered Surveyors, 2018, (April).

Dat Tien D., Ali G., Nicola N. Tongrui Z., Amirhosein G., John T. (2017). A critical comparison of green building rating systems. Building and Environment. Elsevier.

Diario Gramma. (2013) Diferencia entre desarrollo sostenible y desarrollo sustentable. Recuperado de:

<http://www.granma.cu/granmad/2013/04/30/nacional/artic04.html>. El 6 de junio de 2016.

Diario Oficial de la Federación (DOF), (2015). México. 5 de noviembre de 2015.

Durdyev, S., Zavadskas, E. K., Thurnell, D., Banaitis, A., & Ihtiyar, A. (2018). Sustainable construction industry in Cambodia: Awareness, drivers and barriers. *Sustainability* (Switzerland), 10(2), 1–19. <https://doi.org/10.3390/su10020392>.

Dwaikat, L. N., & Ali, K. N. (2016). Green buildings cost premium: A review of empirical evidence. *Energy and Buildings*, 110(January), 396–403. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.11.021>

Dzifa, S. D., Dadzie, J., & Ohemeng-Ababio, E. (2014). Barriers to sustainable construction in the Ghanaian Construction Industry: Consultants perspectives. *Journal of Sustainable Development*, 7(1), 134–143. <https://doi.org/10.5539/jsd.v7n1p134>

EPA (2018), “Environmental justice”, Environmental Protection Agency, available at: www.epa.gov/environmentaljustice (accessed February 14, 2019).

EPA G.B. (2019). Recuperado de: <https://archive.epa.gov/greenbuilding/web/html/> el 14 noviembre de 2019.

Espíndola, C., & Valderrama, J. O. (2011). Huella del Carbono. *Scielo*, 23(02), 14. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000100017>.

Espíndola, C., & Valderrama, J. O. (2012). Huella del carbono. Parte 1: conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas. *Información Tecnológica*, 23(1), 163–176. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000100017>

European Advertising Group (2020). Ejemplos del coeficiente de correlación de Pearson. Obtenido de: <https://eragroup.eu/ejemplos-del-coeficiente-de-correlacion-de-pearson/>

Ezanee M., & Chong, K. (2015). The Empirical Study of Green Buildings (Residential) Implementation: Perspective of House Developers. *Procedia Environmental Sciences*, 28(Sustain 2014), 708–716. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.07.083>

Ezanee, M. & Khai, L. (2015). The Empirical Study of Green Buildings (Residential) Implementation: Perspective of House Developers. *Procedia Environmental*

Sciences, 28(Sustain 2014), 708–716.
<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.07.083>.

Ferraro G., Metilli G., Biset C., (2017) Teoría general de costo y la huella de carbono. Costos y Gestión (p 43-54). Revista del Instituto Argentino de Profesores Universitarios de Costos. Buenos Aires, Argentina

Fondo de la Vivienda del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (FOVISSSTE), (2017). FOVISSSTE promueve la construcción de viviendas sustentables. Recuperado de: <https://www.gob.mx/fovisste/articulos/fovisste-promueve-la-construccion-de-viviendas-sustentables>.

Frías-Navarro, D. (2020). Apuntes de consistencia interna de las puntuaciones de un instrumento de medida. Universidad de Valencia. España. Disponible en: <https://www.uv.es/friasnav/AlfaCronbach.pdf>

Fundación IDEA, A. C. (2013). ESTRATEGIA NACIONAL PARA LA VIVIENDA SUSTENTABLE. Componente ambiental de la sustentabilidad. ISBN: 978-607-95249-3-7. México.

Fundación IDEA. (2013). Estrategia Nacional para la Vivienda Sustentable. In Fundación para la Implementación, Diseño, Evaluación y Análisis de Políticas Públicas, Fundación IDEA, A.C. Retrieved from <http://www.conuee.gob.mx/pdfsvivienda/FIDEAEmbritanicaestrategianacionalviviendasustentablef.pdf>

Gámez-García, D. C., Saldaña-Márquez, H., Gómez-Soberón, J. M., Arredondo-Rea, S. P., Gómez-Soberón, M. C., & Corral-Higuera, R. (2019). Environmental challenges in the residential sector: Life cycle assessment of Mexican social housing. *Energies*, 12(14). <https://doi.org/10.3390/en12142837>

García Batiz, M., Flores Payán, L., & Venegas Sahagún, B. (2016). Análisis del desarrollo sostenible en espacios locales. Aplicación de la teoría de conjuntos difusos. *Íconos: Revista de Ciencias Sociales*, (54), 171–195.

García-García, J. A., Reding-Bernal, A., & López-Alvarenga, J. C. (2013). Cálculo del tamaño de la muestra en investigación en educación médica. *Investigación En Educación Médica*, 2(8), 217–224. [https://doi.org/10.1016/s2007-5057\(13\)72715-7](https://doi.org/10.1016/s2007-5057(13)72715-7)

García R. S., Davis C.M., Campos C. E., Leyva O. E., (2015). Propuesta de modelo integral de evaluación sostenible de la vivienda social en México. *Ambiente Construido*, Porto Alegre, v.15 n. 4 p. 7-17.

- Goh, C. S., & Rowlinson, S. (2013). The roles of sustainability assessment systems in delivering sustainable construction. Proceedings 29th Annual Association of Researchers in Construction Management Conference, ARCOM 2013, (September), 1363–1371.
- Gomazako, M. S. (2016). Los Modelos De Las Certificaciones Sostenibles Y Las Soluciones Constructivas Utilizados En Brasil Y España. Retrieved from <http://www.construible.es/comunicaciones/3-congreso-eeen-modelos-de-certificaciones-sostenibles>.
- Gordillo Bautista, J. D., & Loaiza Elizalde, N. F. (2017). La Construcción Sostenible Aplicada a Las Viviendas De Interés Social En Colombia. *Boletín Semillas Ambientales*, 11(1), 86–110. Retrieved from <https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/bsa/article/view/12236/12778>.
- Grantovna, A. S. (2017). Construction industry and sustainable development concept. *Интернет-Журнал Науковедение*, 9(5 (42)).
- Green Building Constructions. Tarifas para la Certificación LEED. (2018). obtenido de: <http://www.spaingbc.org/files/LEED%20Certification%20Fees%20ESP.pdf> el 2 de agosto de 2019.
- Hakim, M. A., Hoh, G., Ling, T., Wai, C. L., & Ho, C. S. (2019). Application of Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency (CASBEE) at City Level in Johor Bahru. 21(January). <https://doi.org/10.20944/preprints201901.0328.v1>.
- Haya, E. (2016). Análisis de Ciclo de Vida Master en Ingeniería y Gestión Medioambiental. 43. Retrieved from https://static.eoi.es/savia/documents/teoria_acv_migma1.pdf
- Hernández Moreno S., Hernández Moreno J., Alcaraz Vargas B. (2018). Planning and Design low-carbon cities in México. 11.
- Hernández S., Mejía M., Mendiola I., Sánchez R., Hernández J. A. (2017) Green Building Rating Systems and their application in the Mexican context. Universidad Autónoma del estado de México (UAEM). México.
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). Metodología de la investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. In Mc Graw Hill (Vol. 66). <https://doi.org/>- ISBN 978-92-75-32913-9
- Hernández Sampieri R., Fernández Collado C., Baptista. Lucio. M. del P. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. México.

- Hernández, S., Hernández, J. A., & Alcaraz, B. G. (2018). Planning and Designing Low-Carbon Cities in Mexico. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 11(22). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cvu11-22.pdlc>.
- Herrera-Lopez, A.L. (2016). Propuesta de adecuación bioclimática sustentable para lograr el confort térmico en viviendas unifamiliares de interés social en Tepic, Nayarit. Trabajo de fin de Maestría en Proyectos y Edificación Sustentables. Guadalajara, Jalisco: ITESo.
- Higuera Zimbrón, A., & Ángel Rubio Toledo, M. (2011). La Vivienda De Interés Social: Sostenibilidad, Reglamentos Internacionales Y Su Relación En México. *Quivera*, 13(2), 193–208.
- Ikerd, J.E. (2012), *The Essentials of Economic Sustainability*, Lynne Rienner Publishers, Sterling, VA and Boulder, CO.
- INECC. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2018). Acciones Nacionalmente Apropriadas de Mitigación (NAMAs). Recuperado de: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/acciones-nacionalmente-apropiadas-de-mitigacion-namas>
- INFONAVIT (2017). Informe anual de sustentabilidad 2016 del INFONAVIT. <https://infonavit.janium.net/janium/Documentos/64789.PDF>
- INFONAVIT. (2019a). Manual explicativo de la vivienda ecológica 2019, Hipoteca verde. México.
- INFONAVIT (2019b). Hipoteca Verde. Gerencia de Hipoteca Verde. Subdirección General de Crédito. México.
- Insunza Vizuet, G., & Dávila González, C. R. (2011). Desafíos de los programas de vivienda sustentable en México. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 4(7), 60–75.
- ISMD Ingeniería Sostenible. (2020). <http://www.ismd.com.co/>
- ISO 14001 (s.f.). recuperado de: <https://www.normas-iso.com/iso-14001/> el 13 de octubre de 2019.
- ISO 14040. (2006). *Environmental Management: Life Cycle Assessment-Principles and framework*, International Organisation for Standardization; 2006.

- Jagiello-Kowalczyk, M. (2015). Sustainable Residential Housing From the Point of View of Its Users. Holland. 2nd International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts SGEM2015, 1, 615–623. <https://doi.org/10.5593/sgemsocial2015/b41/s15.076>
- Jawali, R., & Fernández-Solís, J. (2008). A building sustainability rating index (BSRI) for building construction. Proceedings of the 8th International Post Graduate. Texas A&M University.
- Jeong, Y.-S. (2017). Assessment of Alternative Scenarios for CO2 Reduction Potential in the Residential Building Sector. Sustainability, 9(3), 394. <https://doi.org/10.3390/su9030394>
- Jupp, J. (2017). 4D BIM for Environmental Planning and Management. Procedia Engineering, 180, 190–201. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.178>
- KRIEBLE, J. (1999). Design process. High performance building guidelines. New York: Department of Design and Construction.
- Laos (2019). Procedimiento para la gestión de la seguridad en las cadenas de suministros con enfoque hacia la sostenibilidad, caso de estudio de la construcción. Universidad de Holguín, Facultad de ciencias empresariales y administración. Cuba
- Mar, R., & Romo, E. A. (2012). V. Huella ecológica, desarrollo humano y turismo. Medio Ambiente y Política Turística En México, 89–102.
- Martínez Castillo R. (2008). Educación y huella ecológica. Revista electrónica “Actualidades Investigativas en educación”, vol 8, núm. 1. Universidad de Costa Rica.
- Matisoff, D. C., Noonan, D. S., & Flowers, M. E. (2016). Policy monitor-green buildings: Economics and policies. Review of Environmental Economics and Policy, 10(2), 329–346. <https://doi.org/10.1093/reep/rew009>
- Mendoza Vega J.B. (2018), Alpha de Cronbach – Psicometría con R. Obtenido de: <https://medium.com/@jboscomendoza/alfa-de-cronbach-psicometr%C3%ADa-con-r-55d3154806cf> [Fecha de consulta 10 de Marzo de 2021].
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, (2012). Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana. In Artículo. Retrieved from <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/2054-plantilla-asuntos-ambientales-y-sectorial-y-urbana-sin-galeria-88>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, (2020). Uso eficiente y ahorro del agua. Retrived from: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico/administracion-del-recurso-hidrico/demanda/uso-eficiente-y-ahorro-de-agua> Abril 2020.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2013). Estrategia de Construcción Sustentable. Santiago, Chile. ISBN: 978-956-9432-02-6

Molla Shahadat, L., Jamal, T., & Fahrin, T. (2013). An Approach towards Sustainable Energy Performance by Green Building: A Review of Current Features, Benefits and Barriers. International Journal of Renewable and Sustainable Energy, 2(4), 180. <https://doi.org/10.11648/j.ijrse.20130204.18>

Molina, C. M. (2012). Evaluación de la sustentabilidad de la vivienda en México. Centro Mario Molina.

Molina M. et al., (2015). Criterios de entorno para la NAMA de vivienda nueva. Comisión Nacional de Vivienda.

Morales, R. (2018). Huella de Carbono en el Alcance 1 y 2, utilizando la metodología del GreenHouse Gas Protocol (GHG Protocol) y la Norma ISO 14064-1:2006, en el Centro de Producción “Productos Unión.” 131. Retrieved from https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/1648/Rita_Tesis_Licenciatura_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Morillon, D. (2012). Edificación sustentable. 2da Semana Verde. Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Novendra, F., & Prasetyo, K. (2018). The usage of green building concept to reduce operating costs (study case of PT. Prodia Widyahusada). Asian Journal of Accounting Research, 3(1), 72–81. <https://doi.org/10.1108/ajar-06-2018-0005>

Obras (2019). Así crece la vivienda en México. Recuperado de: <http://cii.infonavit.org.mx/IndicesdeCalidad/sevv.html> el 23 de julio de 2019.

Oficina Española de Cambio Climático. (2015). Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un Plan de mejora. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Obtenido de http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm7-379901.pdf.

ONNCCE. (2015). La importancia de la regulación para la competitividad. Ciclo de conferencias “La edificación sustentable”, CMIC. México

- Oyewole, M. O., Ojutalayo, A. A., & Araloyin, F. M. (2019). Developers' willingness to invest in green features in Abuja, Nigeria. *Smart and Sustainable Built Environment*, 8(3), 206–219. <https://doi.org/10.1108/SASBE-06-2018-0031>
- Padilla-Illano, S. E., & Osorio-Chávez, H. (2018). Arquitectura y urbanismo sostenible en Colombia., 28(3), 19–26.
- Peraza Velandia, J. L., Gutiérrez Velandia J. N. (2014). Estudio de los sistemas sostenibles implementados en la construcción de vivienda unifamiliar en la ciudad de Bogotá. (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería. Bogotá, Colombia.
- PRO MEXICO. (2014). Pro México (Inversión y Comercio. Recuperado el 22 de noviembre de 2018, de <http://www.promexico.gob.mx/desarrollo-sustentable/arquitectura-sustentable-emexico-es-amigable-con-el-medioambiente.html>
- Quero Virla, Milton (2010). Confiabilidad y coeficiente Alpha de Cronbach. *Telos*, 12(2),248-252. [fecha de Consulta 21 de febrero de 2021]. ISSN: 1317-0570. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=993/99315569010>
- Quesada, F. (2014). Métodos de evaluación sostenible de la vivienda. *Revista Hábitat Sustentable*, 4(1), 56–67.
- Quesada, J. F., Calle, A. E., Guillén-Mena, V., Ortiz, J. M., & Lema, K. J. (2018). Sustainable Housing Assessment Method in the City of Cuenca, Ecuador. *Revista Técnica Energía*, (December 2017), 204–212. Retrieved from http://www.cenace.org.ec/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=9:phocatrevtecenergia&Itemid=1#.
- Quijano Valdez Jorge (s.f.). ANÁLISIS DE PROCESOS Y ADMINISTRACIÓN DE LOS PRODUCTOS ARQUITECTÓNICOS. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Arquitectura. ISBN: 978-607-02-3871-0. México
- Ragheb, A. Ragheb, G. Galal, H. (2016). Green Architecture: A Concept of Sustainability. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.12.075
- Ramirez, A. (2009). La construcción sostenible. *Alarife: Revista de Arquitectura*, (17), 9. <https://doi.org/DOI 10.1016/j.mejo.2008.07.044>
- Rodríguez, M., & Mendivelso, F. (2018). Diseño de investigación de Corte Transversal. *Revista Médica Sanitas*, 21(3), 141–146. <https://doi.org/10.26852/01234250.20>

Rodríguez-Potes, L., Villadiego-Bernal, K., Padilla-Llano, S. E., & Osorio-Chávez, H. (2017). Arquitectura y urbanismo sostenible en Colombia. *Bitácora* 28(3), 19–26. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/biut/v28n3/0124-7913-biut-28-03-19.pdf>

Rodríguez, S. G., Campoy, M. D., Cantú, E. C., & Orihuela, E. L. (2015). Propuesta de modelo integral de evaluación sostenible de la vivienda social en México. *Ambiente Construido*, 15(4), 7–17. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212015000400036>.

Ruiz Ariza, A., & Jiménez Coronado, A. (2017). Uso y demanda de Tecnologías Verdes en el sector de la construcción en Cartagena de Indias. Una aproximación teórica y práctica. *Saber, Ciencia y Libertad*, 12(2), 83–91. <https://doi.org/10.18041/2382-3240/saber.2017v12n2.1534>.

Ryfisch, D., Jannis, J., Canu, F., Antonio, Reutemann, T., Lütken, S., & Hinostroza, M. L. (2017). Información y Guía sobre NAMAs-Habilitando la implementación de NDCs a través de NAMAs. Retrieved from http://orbit.dtu.dk/ws/files/152592016/NAMA_Guidebook_Spanish_Web_1_.pdf

R&D Magazine. (2014). Sustainable Laboratory Design and Construction.

Salgin, B., Arroyo, P., & Ballard, G. (2016). Explorando la relación entre los métodos de diseño lean y la reducción de residuos de construcción y demolición: tres estudios de caso de proyectos hospitalarios en California. *Revista Ingeniería de Construcción*, 31(3), 191–200. <https://doi.org/10.4067/s0718-50732016000300005>

Sánchez Gasca, C., & Niño Sulkowska, M. (2017). ¿Qué es y qué beneficios se obtienen con la edificación sustentable?

SAVE International (2019). The power of the value methodology. Recuperado de: <https://www.value-eng.org/> el 9 diciembre de 2019

SEDATU; CONAVI (2017). NAMA apoyada para la Vivienda Nueva en México. Acciones de Mitigación y Paquetes Financieros. Actualización 2017.

SEMARNAT (2018). Sustainable Housing in México

Shahadat H, Jamal T, Fahrin T. (2013). An Approach towards Sustainable Energy Performance by Green Building: A Review of Current Features, Benefits and

Barriers. *International Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 2(4), 180. <https://doi.org/10.11648/j.ijrse.20130204.18>

Smets, P., & Van Lindert, P. (2016). Sustainable housing and the urban poor. *International Journal of Urban Sustainable Development*, 8(1), 1–9. <https://doi.org/10.1080/19463138.2016.1168825>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2012). Quinta comunicación nacional ante la Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2013, Junio 3). Acuerdo por el que se expide la Estrategia nacional de cambio climático. *Diario Oficial de la Federación*. México.

SEDATU; CONAVI. (2018). NAMA apoyada para la Vivienda Nueva en México. Acciones de Mitigación y Paquetes Financieros. Actualización 2017.

SEMARNAT. (2012). Huella Ecológica, datos y Rostros. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D.F.

SEMARNAT. (2013). Huella Ecológica, datos y rostros. Cuadernos de Divulgación Ambiental, México. ISBN: 978-607-8246-18-2.

SEMARNED. (2018). Emisiones De Gases Y Compuestos De Efecto Invernadero. Senado de la República, México.

Serpell, A., Kort, J., & Vera, S. (2013). Awareness, Actions, Drivers and Barriers of Sustainable Construction in Chile. *Technological and Economic Development of Economy*, 19(2), 272–288. <https://doi.org/10.3846/20294913.2013.798597>.

Sociedad Hipotecaria Federal (SHF), (2018). EcoCasa - Casas eficientes para todos. <https://www.gob.mx/shf/documentos/ecocasa>. Consultado el 6 de agosto de 2019.

Susunaga Monroy J.J. (2014). Construcción sostenible, una alternativa para la edificación de viviendas de interés social y prioritario. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Bogotá, Colombia.

Tuset, S. (2019). Indicadores de sostenibilidad ambiental. Recuperado de: <https://blog.condorchem.com/indicadores-de-sostenibilidad-ambiental/>. (Accesado el 30 de enero de 2020).

U.S. Green Building Council (2019). Green Building 101: What is an integrated process? Consultado en <https://www.usgbc.org/articles/green-building-101-what-integrated-process>, el 20 Diciembre de 2019.

- Vallejo Aguirre, V. M. (2016). Programas de vivienda sostenible en México. *Multidisciplinar*, 24, 102–130.
- Viglizzo E. (2010). Huella de carbono, ambiente y agricultura en el Cono Sur de Sudamérica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Montevideo, Uruguay. ISBN13: 978-92-9248-321-0. Recuperado de: <https://books.google.com.mx/books?id=TlyUlyosD1sC&pg=PA7&dq=huella+ecologica&hl=e#v=onepage&q=huella%20ecologica&f=false> 11/06/2019
- Villavicencio E., Torracchi E., Pariona, M., Albear M. (2019). ¿Cómo Plantear Las Variables De Una Investigación?: Operacionalización De Las Variables. *Odontología Activa Revista Científica*, 4(1), 15–20. <https://doi.org/10.31984/oactiva.v4i1.289>
- Wahi, N., Joseph, C., Tawie, R., & Ikau, R. (2016). Critical Review on Construction Waste Control Practices: Legislative and Waste Management Perspective. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 224(August 2015), 276–283. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.460>
- Whang, S.W., Kim, S., (2015). Balanced Sustainable Implementation in the Construction Industry: The Perspective of Korean Contractors. *Energy and Buildings*, Volume 96, pp. 76–85.
- Wang, W., Zhang, S., & Pasquire, C. (2018). Factors for the adoption of green building specifications in China. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 36(3), 254–267. <https://doi.org/10.1108/IJBPA-06-2017-0027>
- WBDG, Sustainable Comitee (2014) en <http://www.wbdg.org/design-objectives/sustainable> (Accesado el 8 de julio de 2019).
- World Habitat (s.f.). Informe-Hipoteca-Verde. en <https://www.world-habitat.org/wp-content/uploads/2015/12/Informe-Hipoteca-Verde-web-3.8MB.pdf> (Accesado el 9 de julio de 2019).
- Yılmaz, M., & Bakış, A. (2015). Sustainability in Construction Sector. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, 2253–2262. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.312>
- Ying L., Yeh, L.-H., Chen, P.-F., Sung, P.-H., & Lee, Y.-M. (2016). Management and Recycling of Construction Waste in Taiwan. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 723–730. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.077>
- Yong, H. A., Chan. W., Mingae, S. & Myung. H. (2016). Integrated Construction Process for Green Building. *Procedia Engineering*, 145, 670–676. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.065>

Zhang, Y., Kang, J., & Jin, H. (2018). A review of green building development in China from the perspective of energy saving. *Energies*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/en11020334>

Glosario de términos

CMNUCC La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático fue adoptada en Nueva York el 9 de mayo de 1992 y entró en vigor el 21 de marzo de 1994. Permite, entre otras cosas, reforzar la conciencia pública, a escala mundial, de los problemas relacionados con el cambio climático.

CO₂e El equivalente de CO₂ o equivalente de dióxido de carbono (CO₂eq o Carbon Dioxide Equivalent, en inglés), es una medida en toneladas de la huella de carbono. Huella de carbono es el nombre dado a la totalidad de la emisión de Gases de Efecto Invernadero.

GEI Los gases de efecto invernadero (GEI) son sustancias gaseosas capaces de atrapar el calor en la atmósfera. La «intensificación» del efecto invernadero, que es responsable del cambio climático, está provocada por las actividades humanas que resultan en la emisión a la atmósfera de GEI tales como: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarburos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆).

MDL El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) es un procedimiento contemplado en el Protocolo de Kioto (PK) en el cual países desarrollados pueden financiar proyectos de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) dentro de países en desarrollo, y recibir a cambio Certificados de Reducción de Emisiones aplicables a cumplir con su propio compromiso de reducción.

MtCO₂e Megatoneladas de dióxido de carbono equivalente.

NDCs Las contribuciones previstas determinadas a nivel nacional son reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero en virtud de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

NOM Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son regulaciones técnicas de observancia obligatoria expedidas por las dependencias competentes.

NMX Es la sigla de Norma Mexicana. Y se define como la que es elaborada por un organismo nacional de normalización, o la Secretaría, en los términos de esta Ley, que prevé para un uso común y repetido, reglas, especificaciones, atributos, métodos de prueba, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado. Su uso no es obligatorio, a menos que en la publicación de la NOM, ésta se establezca como parte del procedimiento.

Anexo A Base de datos de INFONAVIT

| Nu m | NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO | RAZÓN SOCIAL | PERSONAL OCUPADO |
|---------|---|---|--|
| 1 | CONSTRUCTORA Y URBANIZADORA ANGELOPOLIS | CONSTRUCTORA Y URBANIZADORA ANGELOPOLIS SA DE CV | 0 a 5 personas ?? 0 a 5 personas ?? |
| 2 | GRUPO SADASI | GRUPO SADASI, S.A. DE C.V. | 101 a 250 personas |
| 3 | GRUPO BRECASA | GRUPO BRECASA SA DE CV | 101 a 250 personas |
| 4 | NAH MEXICANA S.A. DE C.V. | NAH MEXICANA SA DE CV | 101 a 250 personas |
| 5 | ARGOZ CONSTRUCCIÓN ARQUITECTURA Y CONFORT RESIDENCIAL | ARGOZ CONSTRUCCIONES SA DE CV ARQUITECTURA Y CONFORT RESIDENCIAL SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 6 | | | 11 a 30 personas |
| 7 | ASEBS | | 11 a 30 personas |
| 8 | BIENES Y RAICES ROMERO | | 11 a 30 personas |
| 9 | BULNES ARQ, SA DE CV | BULNES ARQ SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 10 | CASAS DAZENZA, SA DE CV | CASAS DAZENZA SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 11 | CERRADA AMAZONAS | CERRADA AMAZONAS SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 12 | CIMEN S | CIMENTANDO SOLIDEZ SA DE CV COMERCIALIZADORA INDUSTRIAL DE LOS ANGELES SE DE CV SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 13 | COMERCIALIZADORA INDUSTRIAL DE LOS ANGELES SA DE CV | | 11 a 30 personas |
| 14 | COMERCIALIZADORA PASEO DEL RIO | COMERCIALIZADORA PASEO DEL RIO SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 15 | COMVIVE | DESARROLLOS O DE MEXICO SAPI DE CV | 11 a 30 personas |
| 16 | CONSTRUCCIONES CIVILES KEOPZ SA DE CV | CONSTRUCCIONES CIVILES KEOPZ SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 17 | CONSTRUCCIONES TECNICAS HERMOR, SA DE CV | CONSTRUCCIONES TECNICAS HERMOR SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 18 | CONSTRUCCIONES Y ACABADOS DE PUEBLA SA DE C V | CONSTRUCCIONES Y ACABADOS DE PUEBLA SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 19 | CONSTRUCEL | MATERIALES Y CONSTRUCCIONES CEL SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 20 | CONSTRUCTORA CALL-400 CONSTRUCTORA CASTILLO | CONSTRUCTORA CALLIYUU S DE RL DE CV | 11 a 30 personas |
| 21 | PENSADO SA DE CV | CONSTRUCTORA CASTILLO PENSADO SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 22 | CONSTRUCTORA CESAR ROMAN M | | 11 a 30 personas |
| 23 | CONSTRUCTORA COPLA | | 11 a 30 personas |
| 24 | CONSTRUCTORA CUAUTLAN CONSTRUCTORA DE LA VIVIENDA NACIONAL SA DE CV | CONSTRUCTORA CUAUTLAN CONSTRUCTORA DE LA VIVIENDA NACIONAL SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 25 | | CONSTRUCTORA DIESNER SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 26 | CONSTRUCTORA DIESNER CONSTRUCTORA E INGENIERIA GALIAN | CONSTRUCTORA E INGENIERIA GALIAN SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 27 | CONSTRUCTORA E INMOBILIARIA VERNU SA DE CV | CONSTRUCTORA E IINMOBILIARIA VERNU SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 28 | CONSTRUCTORA EDIFICACIONES MUNKA SA DE CV | CONSTRUCTORA EDIFICACIONES MUNKA SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 29 | CONSTRUCTORA ESCALERA ESPINOSA Y ASOCIADOS | ESCALERA ESPINOSA Y ASOCIADOS SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 30 | | CONSTRUCTORA HERMADRID SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 31 | CONSTRUCTORA HERMADRID | | 11 a 30 personas |

| | | | |
|----|--|---|------------------|
| 32 | CONSTRUCTORA INNOVARE IN ARQUITECTURA INMOBILIARIA Y AVALUOS | | 11 a 30 personas |
| 33 | CONSTRUCTORA KRATOS S.A.DE C.V. | CONSTRUCTORA KRATOS SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 34 | CONSTRUCTORA LAGUNA HIPERMETALICA S.A DE C.V. | CONSTRUCTORA LAGUNA HIPERMETALICA SA DE CV SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 35 | CONSTRUCTORA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL Y OBRA CIVIL | | 11 a 30 personas |
| 36 | CONSTRUCTORA MAURED SA DE CV | CONSTRUCTORA MAURED SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 37 | CONSTRUCTORA MRC CONSTRUCCIONES | MRC CONSTRUCCIONES SC DE RL DE CV | 11 a 30 personas |
| 38 | CONSTRUCTORA PROYECTOS Y OBRA SEVEN LANDS | PROYECTOS Y OBRA SEVEN LANDS SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 39 | CONSTRUCTORA SIN NOMBRE | | 11 a 30 personas |
| 40 | CONSTRUCTORA SOLTEC | CONSTRUCTORA SOLTEC SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 41 | CONSULTORES Y TECNOLOGIA CONSTRUCTORA TECHNIK SOLUTIONS | TECHNIK SOLUTIONS SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 42 | CONSTRUCTORA Y ARRENDADORA J CUEVAS M SA DE CV | CONSTRUCTORA Y ARRENDADORA J CUEVAS M SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 43 | CONSTRUCTORA Y ASOCIADOS DICOMS | | 11 a 30 personas |
| 44 | CONSTRUCTURA CUNEM DE RL | CONSTRUCTORA KUNEM S DE RL DE CV | 11 a 30 personas |
| 45 | CONSTRUREY | | 11 a 30 personas |
| 46 | CONSTRUVIVIENDA OBRERA, S.A. DE C.V. | CONSTRUVIVIENDA OBRERA, S.A. DE C.V. | 11 a 30 personas |
| 47 | CORPORATIVO DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y CONSTRUCCION ANRRIVE, SA DE CV | CORPORATIVO DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ANRIVE SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 48 | CREAT SA DE CV | CREAT SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 49 | CRYSTAL BLOCK | CRYSTAL BLOCK SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 50 | DESARROLLADORA DE VIVIENDAS | CONCEPTOS V3 SAPI DE CV | 11 a 30 personas |
| 51 | DESARROLLOS INPEGSA DISEÑOS ARQUITECTONICOS E INGENIERÍA DE PUEBLA, S.A. DE C.V. | DESARROLLOS INPEGSA SA DE CV DISEÑOS ARQUITECTONICOS E INGENIERÍA DE PUEBLA, S.A. DE C.V. | 11 a 30 personas |
| 52 | EDIFICACIÓN DE VIVIENDA | | 11 a 30 personas |
| 53 | UNIFAMILIAR | RIAN INMOBILIARIA SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 54 | EDIFICADORES RAZ | EDIFICACIONES RAZ SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 55 | EXSAEDRO | | 11 a 30 personas |
| 56 | FERNANDEZ Y ASOCIADOS CONSTRUCTORA | | 11 a 30 personas |
| 57 | GALPIN CONSTRUCCIONES, S.A. DE C.V. | GALPIN CONSTRUCCIONES, S.A. DE C.V. | 11 a 30 personas |
| 58 | GENERAL DE CONSTRUCCIONES DIME, S.A. DE C.V. | GENERAL DE CONSTRUCCIONES DIME, S.A. DE C.V. | 11 a 30 personas |
| 59 | GER CONSTRUCCIONES DEL CENTRO S.A. DE C.V. | GER CONSTRUCCIONES DEL CENTRO SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 60 | GOMEZ VELAZCO PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES | GOMEZ VELASCO PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 61 | GRUPO ARQUITECTÓNICO Y CONSTRUCTIVO ZENES | GRUPO ARQUITECTÓNICO Y CONSTRUCTIVO ZENES, S. DE R.L. DE C.V. | 11 a 30 personas |
| 62 | GRUPO CONCRETUS, S.A. DE C.V. | GRUPO CONCRETUS, S.A. DE C.V. | 11 a 30 personas |
| 63 | GRUPO CONSTRUCTOR AMAGON SA DE CV | GRUPO CONSTRUCTOR AMAGON SA DE CV | 11 a 30 personas |

| | | | |
|----|---|---|--------------------|
| 64 | GRUPO CONSTRUCTOR MIRYAB, SA DE CV | | 11 a 30 personas |
| 65 | GRUPO CONSTRUGJN DE PUEBLA, SA DE CV | GRUPO CONSTRUGJN DE PUEBLA SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 69 | GRUPO DE ARQUITECTOS | GRUPO DE ARQUITECTOS SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 67 | GRUPO IDAC | GRUPO IDAC CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA DE CHALCHICOMULA | 11 a 30 personas |
| 68 | GRUPO LAMO CONSTRUCTORES | GRUPO LAMO CONSTRUCTORES SC DE RL DE CV | 11 a 30 personas |
| 69 | GUTU GALLEGOS CONSULTORIA Y CONSTRUCCIONES SA DE CV | GUTU GALLEGOS CONSULTORIA Y CONSTRUCCIONES SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 7 | INFRALUX | INFRALUX SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 71 | INGENIERIA Y CONSTRUCCION LIZARDO | INGENIERIA Y CONST LIZARDO SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 72 | INMOBILIARIA GESTAL | INMOBILIARIA GESTAL SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 73 | INMOBILIARIA HOGAR Y DISEÑO, SA DE CV | INMOBILIARIA HOGAR Y DISEÑO SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 74 | INMOBILIARIA IMPERIOMEX | INMOBILIARIA IMPERIOMEX SC | 11 a 30 personas |
| 75 | INMOBILIARIA SOLTEPEC SA DE CV | INMOBILIARIA SOLTEPEC SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 76 | IUSA CONTRUCCIONES | IUSA CONTRUCCIONES SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 77 | JOBRE CONSTRUCTORES S.A. DE C.V. | | 11 a 30 personas |
| 78 | KR BIENES RAICES CONSULTORÍA INMOBILIARIA Y CONSTRUCCIONES SA DE CV | KR BIENES RAICES CONSULTORIA INMOBILIARIA Y CONSTRUCCIONES SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 79 | LO.H.R.A.C., S.A. DE C.V. | LO.H.R.A.C., S.A. DE C.V. | 11 a 30 personas |
| 80 | LOTI COMERCIAL | LOTI COMERCIAL Y ASOCIADOS SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 81 | MANTENIMIENTO DE INMUEBLES Y MANTENIMIENTO GAUDI | INMUEBLES Y MANTENIMIENTO GAUDI SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 82 | MARANHAO CONSTRUCCIONES SA DE CV | | 11 a 30 personas |
| 83 | MAXEM SERVICIOS INMOBILIARIOS | ALMARAZ Y BRINDIS SDRL S DE RL MI | 11 a 30 personas |
| 84 | MUI HOGAR | IVI CONSTRUCTORA SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 85 | OBRAS CIVILES BERKELEY | OBRAS CIVILES BERKELEY SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 86 | PASEOS DE LA HACIENDA | SERVICIOS Y CONSTRUCCION S Y J SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 87 | PINZON GONZALEZ Y ASOCIADOS, S.A. DE C.V. | PINZON GONZALEZ Y ASOCIADOS, S.A. DE C.V. | 11 a 30 personas |
| 88 | PROYECTOS Y DESARRILLO SERRA | PROYECTOS Y DESARROLLO SERRA SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 89 | RESIDENCIAL MEXICANA | COMPAÑIA RESIDENCIAL MEXICANA SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 90 | RUIZ ESPAÑA GRUPO INMOBILIARIO | RUIZ ESPAÑA GRUPO INMOBILIARIO . SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 91 | SIGLAMEX | SIGLAMEX SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 92 | SOLUCIONES INMOVILIARIAS AMIVI SA DE CV | | 11 a 30 personas |
| 93 | TERRACERIAS Y CONSTRUCCION CIVIL SA DE CV | TERRACERIAS Y CONSTRUCCION CIVIL SA DE CV | 11 a 30 personas |
| 94 | VICON VIVIENDA Y CONSTRUCCION | | 11 a 30 personas |
| 95 | CINMSA VIVIENDA SA DE CV | CINMSA VIVIENDA SA DE CV | 251 y más personas |
| 96 | COLORES DE MEXICO | COLORES DE MEXICO SA DE CV | 251 y más personas |

| | | | |
|-----|--|--|-------------------------|
| 97 | CONSTRUCTORA E INMOBILIARIA GAEN S.A DE C.V. | CONSTRUCTORA E INMOBILIARIA GAEN SA DE CV | 251 y más personas |
| 98 | ESPHABIT SA DE CV | ESPHABIT SA DE CV | 251 y más personas |
| 99 | ARQUI IMAGEN SA DE CV | ARQUI IMAGEN SA DE CV | 31 a 50 personas |
| 100 | ATRIA HOGAR, SA DE CV | | 31 a 50 personas |
| 101 | ATTICO CONSTRUCCIONES SA DE CV | ATTICCO 7 CONSTRUCCIONES SA DE CV | 31 a 50 personas |
| 102 | CASAS Y SOLUCIONES HABITACIONALES, SA DE CV | CASAS Y SOLUCIONES HABITACIONALES SA DE CV | 31 a 50 personas |
| 103 | COHEMSA, SA DE CV | COHEMSA SA DE CV | 31 a 50 personas |
| 104 | CONSTRUCCIONES CASTILLO | | 31 a 50 personas |
| 105 | CONSTRUCONCRETOS, SA DE CV | CONSTRUCONCRETOS SA DE CV | 31 a 50 personas |
| 106 | CONSTRUCTORA | CONSTRUCTORA SA DE CV | 31 a 50 personas |
| 107 | CONSTRUTORA JUAN CARLOS ESTEFANONI BERDIN | | 31 a 50 personas |
| 108 | CORPORATIVO PAGASA CONSTRUCCIONES SA DE CV | | 31 a 50 personas |
| 109 | EDIFICACIÓN DE VIVIENDA UNIFAMILIAR | | 31 a 50 personas |
| 110 | GRAEF MÉXICO, SA DE CV | GRAEF MEXICO SA DE CV | 31 a 50 personas |
| 111 | INMOBILIARIA Y CONSTRUCTORA ARNO S. A. DE C. V. | INMOBILIARIA Y CONSTRUCTORA ARNO SA DE CV | 31 a 50 personas |
| 112 | INTEGRADORA EMPRESARIAL POBLANA SA DE CV | INTEGRADORA EMPRESARIAL POBLANA SA DE CV | 31 a 50 personas |
| 113 | MG PROYECTOS E INFRAESTRUCTURA | MG PROYECTOS E INFRAESTRUCTURA DEL NORTE S DE RL DE CV | 31 a 50 personas |
| 114 | OXCALLI, SA DE CV | OXCALLI SA DE CV | 31 a 50 personas |
| 115 | PROFESIONALES EN INGENIERIA Y CONSTRUCTORES ASOCIADOS | PROFESIONALES EN INGENIERIA Y CONSTRUCTORES ASOCIADOS SA DE CV | 31 a 50 personas |
| 116 | PROMOCIONES Y CONSTRUCCIONES MEGA SA DE CV | PROMOCIONES Y CONSTRUCCIONES MEGA SA DE CV | 31 a 50 personas |
| 117 | CASAS MERAK SA DE CV | CASAS MERAK SA DE CV | 51 a 100 personas |
| 118 | CONSTRUCTORA DE VIVIENDA TEHUACAN | CONSTRUCTORA DE VIVIENDA TEHUACAN SA DE CV | 51 a 100 personas |
| 119 | CONSTRUCTORA GRUPO HABITACIONAL ESTELAR SA | GRUPO HABITACIONAL ESTELAR SA SA DE CV | 51 a 100 personas |
| 120 | CONSTRUCTORA TOAL SA DE CV | CONSTRUCTORA TOAL SA DE CV | 51 a 100 personas |
| 121 | COSMA, SA DE CV | COSMA SA DE CV | 51 a 100 personas |
| 122 | INMOFEL DIAMANTE | INMOFEL DIAMANTE SA DE CV | 51 a 100 personas |

Fuente: elaboración propia en base a datos de INGEl, DENUe-INEGI, 2019

Anexo B. Instrumento de recolección de datos que se aplicó a la muestra

Formulario Edificación sustentable

El presente cuestionario se diseñó para conocer las opiniones en relación a la construcción sustentable.

Número de preguntas: 36

Tiempo aproximado de respuesta: 15 -20 minutos

Cualquier duda o aclaración, favor de comunicarse a: juan.barajas@upaep.edu.mx De antemano agradecemos su valiosa participación.

***Obligatorio**

- a) Dirección de correo electrónico * _____
- b) Nombre de la constructora * _____
- c) Título y Nombre de quien responde * _____
- d) Teléfono de contacto _____

Etapa 1: Eje ambiental

Fase 1 Consumo eficiente del agua

Consumo eficiente de agua (Indique el número de unidades instaladas) *

| | 0 | 1 | 2 | 3 | + de 3 |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1.- Inodoros eficientes, descarga máxima 5 litros | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 2.- Regaderas ahorradoras de grado ecológico | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 3.- Dispositivos ahorradores en llaves y grifos | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 4.- Válvulas de seccionamiento para alimentación en lavabos, inodoros, fregaderos, calentador de agua, tinaco y cisternas | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

| | 0% | 5% | 10% | 20% | +20% |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 5.- Porcentaje estimado de ahorro de agua potable | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

| | Si | No |
|---|-----------------------|-----------------------|
| 6.- ¿La vivienda cuenta con sistema de reutilización de aguas grises? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

| | Si | No |
|--|-----------------------|-----------------------|
| 7.- ¿La vivienda cuenta con sistema de drenaje separado? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

| | Si | No |
|--|-----------------------|-----------------------|
| 8.- ¿Cuenta con sistema de recogida y aprovechamiento de agua de lluvia? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Fase 2 Eficiencia energética

| | Muy en desacuerdo (NO) | En desacuerdo | Ni de acuerdo ni en desacuerdo | De acuerdo | Muy de acuerdo (SI) |
|---|------------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 9.- La vivienda cuenta con calentador de gas de rápida recuperación | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 10.- La vivienda cuenta con calentador solar | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 11.- Sistema fotovoltaico interconectado a la red | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

| | Muy eficiente | Moderadamente eficiente | Ni eficiente ni ineficiente | Moderadamente ineficiente | Muy ineficiente |
|---|------------------------|-------------------------|--------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| 12.- La vivienda cuenta con sistema de enfriamiento o calentamiento eficiente (arquitectura bioclimática) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 13.- En caso de que la vivienda cuente con aislamiento térmico en techos, éste es: | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 14.- En caso de que la vivienda cuente con aislamiento térmico en muros, éste se considera: | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 15.- La eficiencia del doble acristalamiento en ventanas es: | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| | Muy en desacuerdo (NO) | En desacuerdo | Ni de acuerdo ni en desacuerdo | De acuerdo | Muy de acuerdo (SI) |
| 16.- ¿Se realizó un cálculo de envolvente térmica? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 17.- ¿Se privilegió la orientación de la vivienda (arquitectura bioclimática)? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 18.- La vivienda se proyectó de acuerdo al clima local | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 19.- Se utilizaron aislamientos térmicos en la construcción | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Fase 3 Gestión de residuos

| | Muy en desacuerdo (NO) | En desacuerdo | Ni de acuerdo ni en desacuerdo | De acuerdo | Muy de acuerdo (SI) |
|--|------------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 20.- En la fase de construcción se contó con un lugar adecuado para la disposición de los residuos de construcción | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 21.- Se realizó una separación previa de los residuos | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 22.- El conjunto habitacional cuenta con depósitos comunes de basura | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Fase 4 Análisis de ciclo de vida

| | Muy en desacuerdo (No) | En desacuerdo | No de acuerdo ni en desacuerdo | De acuerdo | Muy de acuerdo (Si) |
|---|------------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 23.- ¿Se realizó un análisis de la huella de carbono? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 24.- ¿Se realizó un análisis de ciclo de vida de la construcción? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Etapa 2 Eje social**Fase 1 Servicios sociales**

| | Muy en desacuerdo (No) | Desacuerdo | Ni de acuerdo ni en desacuerdo | De acuerdo | Muy de acuerdo (Si) |
|--|------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| 25.- ¿Considera que se privilegió la ubicación para favorecer el acceso a los servicios (intraurbana, periurbana)? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 26.- ¿Existe suficiente cercanía a medios de transporte público? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 27.- ¿Existe un documento con políticas de mantenimiento para los habitantes del conjunto? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Etapa 3 Eje económico**Fase 1 Demanda de construcción sustentable**

| | Muy en desacuerdo (NO) | En desacuerdo | Ni de acuerdo ni en desacuerdo | De acuerdo | Muy de acuerdo (SI) |
|---|------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| 28.- Considera que existe suficiente demanda de construcciones sustentables | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 29.- En una comparativa de costos considera que el costo de la vivienda sustentable es mayor al de vivienda tradicional | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Etapa 3 Eje económico

Fase 2 Cadena de suministro

| | Muy eficiente | Moderadamente eficiente | Ni eficiente ni ineficiente | Moderadamente Ineficiente | Muy ineficiente |
|---|-----------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------|
| 30.- ¿Cómo considera que fue el manejo/suministro de tabiques? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 31.- ¿Cómo considera que fue el manejo/suministro de concreto? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 32.- ¿Cómo considera que fue el manejo/suministro de Agregados? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 33.- ¿Cómo considera que fue el manejo/suministro de aceros? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 34.- ¿Cómo considera que fue el manejo/suministro de materiales para acabados? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 35.- ¿Cómo considera que fue el manejo/suministro de muebles de baño, accesorios? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

36.- ¿Se puede mejorar este aspecto? (Cadena de suministro)

Marca solo un óvalo.

SI

NO

Anexo C. Validación del instrumento

La validación del instrumento de recolección de datos fue realizada por las siguientes personas, mismas que tienen una amplia experiencia en la construcción de edificaciones de tipo residencial.

Dr. Ernesto Adrián Díaz Montagner.

Doctor en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología. UPAEP. Ingeniero civil con 24 años de experiencia en el ramo.

Ing. Alejandro Muñoz Muratalla.

Ingeniero civil con 18 años de experiencia en construcción de edificaciones. Constructora Sadal Puebla.

Arq. Tomas Antúnez Carbajal.

Arquitecto con 28 años de experiencia en construcción residencial. OLVE Construcciones, S. A. de C.V.

Ing. Diana Laura Tetlalmatzin Vázquez.

Ingeniera Civil, con amplia experiencia en el ramo de la construcción y edificación de tipo residencial.

En base a sus observaciones, se realizaron adecuaciones al cuestionario de aplicación.