



# **BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**Facultad de Ingeniería  
Colegio de Ingeniería Civil**

## **“Análisis costo beneficio de vivienda de interés social tradicional y eco-sostenible”**

Que para obtener el grado de

**INGENIERO CIVIL**

Presenta:

**“José de Jesús Bernal Sánchez”**

Asesor de tesis:

**“Dr. Julieta Domínguez López”**

Coasesor de tesis:

**“M.I. Silvia Contreras Bonilla”**

Puebla, Pue.

Septiembre 2022

**BUAP**



# Índice

Introducción .....	3
Capítulo 1. Problematización .....	4
1.1. Planteamiento del problema .....	4
1.2. Justificación de la investigación .....	6
1.3. Objetivos de la investigación .....	8
1.3.1. Objetivo general.....	8
1.3.2. Objetivos específicos .....	8
1.4. Pregunta de investigación o hipótesis .....	8
Capitulo 2. Marco teórico .....	9
2.1. El cambio climático.....	9
2.1.1. Antecedentes .....	10
2.1.1.1. El calentamiento global .....	11
2.1.1.2. El efecto invernadero y la radiación solar .....	12
2.1.1.3. Gases causantes del smog (GEI).....	13
2.1.2. Características distintivas del sistema político en México.....	18
2.2. Vivienda sostenible.....	18
2.2.1. Casa eco-sostenible .....	20
2.2.2. Tecnologías para una casa eco-sostenible.....	22
2.2.2.1. Paneles solares.....	23
2.2.2.2. Captadores de agua pluvial.....	25
2.2.2.3. Calentador de agua de panel solar .....	27
2.2.2.4. Materiales de construcción.....	28

2.3. La Política ambiental .....	29
2.3.1. La Política ambiental en México .....	30
2.3.2. Programas de eco-vivienda en México. ....	33
2.3.2.1. Programa hipoteca verde (INFONAVIT).....	33
2.3.2.2. Programa de Vivienda Sostenible del INFONAVIT .....	34
2.3.3. Herramientas de los programas de vivienda sostenible en México .	36
2.3.3.1. Código de Construcción de Vivienda de la CONAVI .....	37
2.3.3.2. Sistema de evaluación de la calidad de la vivienda ecológica (SISEVIVE-ECOCASA).....	38
2.3.3.3. Análisis estadístico de las ciudades más prósperas (IPC). .....	40
2.3.3.4. El Instrumento "Tu Índice para una Vida Mejor". .....	41
2.3.3.5. Evaluación cualitativa de la Vivienda y su Entorno (ECUVE) ....	41
2.3.3.6. Índice de Satisfacción del Acreditado (ISA).....	42
Capítulo 3. Análisis costo – beneficio de las tipos de construcción. ....	43
3.1. Caracterización de la zona .....	43
3.2. Selección de ecotecnología.....	47
3.2.1. Calentador solar.....	47
3.2.2. Captador de agua pluvial .....	53
3.2.3. Paneles solares .....	63
Capítulo 4. Análisis final.....	67
Conclusion .....	72
Recomendaciones .....	74
Bibliografía.....	76

## INTRODUCCIÓN

La vivienda sostenible se refiere a edificaciones que son sostenibles desde el punto de vista ambiental, social y económico. En México, el gobierno ha puesto como prioridad promover y llevar a cabo soluciones sostenibles y eficientes en términos de energía para la vivienda de interés social, que se espera sea la que más crezca en el país.

Aunque el costo inicial de construir o mejorar una vivienda para hacerla más sostenible puede ser más alto que el de una vivienda tradicional debido al uso de materiales y tecnologías más avanzadas, es importante tener en cuenta que estas edificaciones pueden ofrecer importantes beneficios a largo plazo. En primer lugar, la vivienda sostenible tiene un menor impacto ambiental gracias al uso de materiales y tecnologías que reducen el consumo de energía y agua, así como la generación de residuos. Además, estas viviendas suelen ser más cómodas y saludables para los ocupantes debido a la utilización de materiales y sistemas de ventilación y climatización más eficientes.

Otro beneficio importante de la vivienda sostenible es el ahorro de energía a largo plazo. Aunque el costo inicial de construir o mejorar una vivienda para hacerla más sostenible puede ser más alto, estas edificaciones consumen menos energía y agua a lo largo del tiempo, lo que se traduce en un menor costo de operación y mantenimiento. Además, muchas viviendas sostenibles utilizan fuentes de energía renovable, lo que también contribuye a tener ahorros a largo plazo.

Cabe mencionar que la vivienda sostenible acarrea beneficios a largo plazo en términos de impacto ambiental, confort y ahorro de energía. Por lo tanto, es importante evaluar cuidadosamente el costo y los beneficios a largo plazo de la vivienda sostenible en cada caso específico para tomar decisiones informadas sobre la construcción y mejora de viviendas en México.

# **CAPÍTULO 1. PROBLEMATIZACIÓN**

## **1.1. Planteamiento del problema**

A lo largo de su evolución, la humanidad ha adoptado comportamientos que han deteriorado el medio ambiente, contribuyendo así al fenómeno del calentamiento global. Este fenómeno se caracteriza por un incremento sostenido de las temperaturas medias en la atmósfera y los océanos del planeta, principalmente debido a las emisiones de gases de efecto invernadero originadas por actividades como la combustión de combustibles fósiles, la deforestación, y diversos procesos industriales. Este aumento de la temperatura global trae consigo otros problemas ambientales, tales como la disminución de la biodiversidad, la contaminación del aire y agua, y la producción excesiva de desechos.

La realización de obras de construcción tradicionales por parte de los ingenieros civiles juega un papel crucial en el consumo excesivo de recursos naturales y la exacerbación de estos problemas ambientales. La construcción implica varias prácticas perjudiciales, desde la preparación del sitio (eliminación de vegetación, tala, excavación, etc.) que puede liberar carbono previamente almacenado, hasta la aplicación de acabados (pinturas, selladores, etc.) que liberan compuestos orgánicos volátiles, y el uso intensivo de agua, que demanda energía adicional para su bombeo y tratamiento, incrementando las emisiones de gases de efecto invernadero.

Además, la construcción impacta negativamente el ambiente debido a la extracción de minerales y la producción de materiales como el cemento y el acero, siendo la producción de cemento responsable por un 8% de las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial, y la producción de acero, por un 7% de las emisiones de gases de efecto invernadero. El sector también contribuye a la deforestación y la pérdida de sumideros de carbono naturales debido al uso excesivo de madera y agua.

La generación de desechos es otro problema significativo asociado a la construcción convencional, con la industria siendo responsable de aproximadamente un tercio de los residuos sólidos globales, según la ONU. Muchos de estos materiales, como el concreto y el acero, no se reciclan adecuadamente, terminando en vertederos y contribuyendo a la contaminación.

Las construcciones tradicionales frecuentemente carecen de eficiencia energética, lo que lleva a un mayor consumo de energía para la calefacción, refrigeración e iluminación, aumentando las emisiones de gases de efecto invernadero y los costos para los ocupantes a largo plazo.

Por otro lado la construcción sustentable debe de privilegiar el desarrollo habitacional dentro de las áreas que cuentan con servicios para la sociedad como el transporte público (Domínguez López, 2021), el abasto, la educación, el trabajo, entre otros, y que hacen atractiva la inversión, sin embargo en estos sitios los recursos como el agua, la energía y el gas, son cada vez son más escasos o costosos lo que determina la utilización de sistemas ecológicamente ambientales.

## **1.2. Justificación de la investigación**

La importancia de realizar un análisis detallado de los costos y beneficios entre las metodologías de construcción tradicional y la adopción de ecotecnologías sostenibles se hace palpable ante los numerosos retos ambientales y socioeconómicos vinculados a las prácticas constructivas habituales. Como se señaló previamente, el sector de la construcción tiene un papel preponderante en el agravamiento del calentamiento global, la merma de la biodiversidad, la contaminación atmosférica y acuática, así como en la producción desmedida de desechos.

Más allá de los perjuicios ecológicos, las edificaciones convencionales frecuentemente carecen de una planificación orientada a la eficiencia energética, desencadenando un incremento en el consumo de energía y, por ende, elevando los gastos para quienes habitan dichos espacios a largo plazo. Esta situación no solo profundiza los dilemas ambientales existentes, sino que también deteriora la calidad de vida y la estabilidad económica de las comunidades.

Ante tales desafíos, la propuesta de un análisis comparativo entre las construcciones tradicionales y la implementación de tecnologías ecológicas sostenibles pretende esclarecer los pros y contras de cada modalidad, desde una perspectiva tanto ambiental como económica. Este estudio es crucial para impulsar una transformación en el ámbito constructivo, motivando la adopción de estrategias sostenibles que no solo mitiguen los impactos negativos sobre el medio ambiente, sino que también elevan la calidad de vida de las personas.

Las viviendas eco-sostenibles traen consigo múltiples ventajas que sustentan su implementación. Por un lado, están diseñadas para reducir al mínimo su huella ecológica mediante una gestión eficiente de recursos, la minimización de emisiones de gases de efecto invernadero, la utilización de materiales sostenibles y el aprovechamiento de energías renovables. Esta aproximación no solo es beneficiosa para combatir el calentamiento global y otros desafíos

ecológicos, sino que también asegura la preservación de recursos naturales para el disfrute de futuras generaciones.

Por otro lado, desde una óptica económica, las viviendas ecológicas presentan ventajas significativas a largo plazo. Su eficiencia energética se traduce en una reducción considerable de los costos asociados al consumo de energía y agua, resultando en un ahorro económico sustancial para sus habitantes. Además, el uso de materiales duraderos y de calidad en la construcción de estas casas puede disminuir los gastos de mantenimiento y reparación, generando beneficios económicos duraderos.

Finalmente, estas viviendas promueven un ambiente saludable y confortable, gracias al uso de materiales no tóxicos, la mejora de la calidad del aire interior y la optimización de la iluminación y ventilación natural, contribuyendo así al bienestar físico y mental de sus residentes.

Llevar a cabo este análisis costo-beneficio brindará una comprensión holística sobre las ventajas de optar por viviendas eco-sostenibles frente a las construcciones tradicionales. Los hallazgos de este estudio podrían ser divulgados entre estudiantes y profesionales del sector constructivo, con la finalidad de catalizar un cambio hacia prácticas de edificación que consideren los efectos a largo plazo sobre el medio ambiente, la economía y la sociedad. De esta forma, se busca influir, aunque sea de manera inicial, en la reducción de los problemas ambientales y en la mejora de la calidad de vida, satisfaciendo la creciente demanda de viviendas de manera responsable.

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### *1.3.1. Objetivo general*

Realizar un análisis del costo beneficio de vivienda de interés social tradicional versus la implementación de ecotecnologías eco-sostenibles, para resaltar su relevancia y eficiencia económica y frente al cambio climático.

#### *1.3.2. Objetivos específicos*

- Conocer los efectos de la construcción en el cambio climático.
- Describir los tipos de vivienda de interés social tradicional, la implementación de ecotecnologías eco-sostenibles.
- Revisar la normativa mexicana respecto a las viviendas sostenibles.
- Realizar el análisis de costo – beneficio de los tipos de construcción.
- Presentar en este trabajo los resultados obtenidos con miras en una posterior presentación al gremio de la construcción.

### **1.4. Pregunta de investigación o hipótesis**

¿Qué sistema de construcción de vivienda resulta más eficiente tanto para su construcción como en los efectos climáticos del mismo?

## **CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. El cambio climático**

Para comprender el cambio climático, es crucial diferenciar entre clima y tiempo atmosférico. El clima es producto de la interacción constante entre la atmósfera, océanos, capas de hielo, continentes y vida en el planeta (Conde, 2010). Se determina a partir de observaciones y mediciones a lo largo de 30 años de temperatura, lluvia, humedad, viento, nubosidad, trayectorias de huracanes y masas de aire frío. En cambio, el tiempo atmosférico refiere a las condiciones meteorológicas en un momento específico (Conde, 2010).

El Sol es la principal fuente de energía del sistema climático, y diversos factores como movimientos de rotación y traslación, distancia Tierra-Sol, intensidad de energía solar, energía entrante y saliente de la Tierra, órbita e inclinación terrestre y cambios en la energía entre océanos, suelo, atmósfera, hielo y organismos vivos, afectan las condiciones climáticas (Conde, 2010, ONU, 2011).

La atmósfera terrestre ha cambiado gradualmente, permitiendo la vida en el planeta. En ella ocurre el efecto invernadero, resultado de la interacción entre la energía solar y ciertos gases atmosféricos. Este fenómeno natural, también presente en Venus y Marte, permite una temperatura promedio de 15°C en la Tierra (Conde, 2010).

La atmósfera está compuesta principalmente por nitrógeno y oxígeno, además de pequeñas cantidades de gases de efecto invernadero (GEI) como vapor de agua, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. El CO<sub>2</sub> se encuentra en cantidades mínimas, y el oxígeno es producto directo de la actividad de algas y plantas (Conde, 2010).

El ciclo del carbono ayuda a retener calor en la Tierra, pero actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, contaminación industrial, deforestación y cambio de uso de suelo han aumentado la concentración de GEI en la atmósfera, reduciendo la capacidad de océanos y vegetación para absorberlos (ONU, 2011).

El cambio climático, según el IPCC (2007), se refiere al cambio en el estado del clima que puede ser identificado por cambios en su valor medio o variabilidad, persistiendo por décadas o más. Incluye cambios por variabilidad natural o actividades humanas. Desde la Revolución Industrial (1850), se observa el cambio climático global relacionado con actividades antropogénicas debido a la quema indiscriminada de combustibles fósiles. La CMNUCC vincula el cambio climático a las actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera mundial, sumándose a la variabilidad climática natural observada en períodos comparables.

### *2.1.1. Antecedentes*

El cambio climático, que incluye el calentamiento global, representa uno de los desafíos más serios para la humanidad, según estudios del IPCC. El calentamiento global se refiere específicamente al aumento a largo plazo de las temperaturas promedio de la atmósfera y los océanos de la Tierra, mientras que el cambio climático abarca otros efectos como cambios en los patrones de precipitación, el aumento del nivel del mar y eventos climáticos extremos más frecuentes. Estos fenómenos podrían alterar drásticamente el clima terrestre, impactando la seguridad humana y la economía, y afectando la convivencia entre individuos y gobiernos (IPCC, 2022).

La OMM define clima como "una síntesis de las condiciones meteorológicas en un lugar determinado, descrita por estadísticas a largo plazo" (Aldama, 2016). La media climática se calcula en un período de 30 años (OMM, 2022). Así, las alteraciones provocadas por el cambio climático se identifican en base a mediciones a largo plazo, permitiendo reconocer patrones meteorológicos regulares y detectar cambios significativos respecto a valores considerados normales.

Mantener un clima uniforme en todo el mundo es un "bien público mundial" (Kaul, Grunberg, & Stern, 1999). Un sistema climático estable cumple los requisitos para ser considerado así, dado que una alteración del clima planetario afectaría la vida humana. Un aumento brusco de la temperatura global tendría efectos negativos en todos los países, aunque algunos sufrirían más que otros. Harris señala que "la contaminación en el territorio de cualquier nación repercute en otros países (debido a que) las emisiones de GEI impregnan la atmósfera de la Tierra" (Harris, 2013).

No obstante, las consecuencias perjudiciales del cambio climático no afectan a todas las naciones en igual medida, pues factores geográficos, como ubicación y longitud de costas, determinan la gravedad de los efectos en un estado específico.

Es importante recordar las palabras de Sánchez Cohen et al., que indican que "el clima es un sistema que produce cambios en los patrones de las variables de las que depende la vida en la Tierra"(Sánchez Cohen, 2011), para comprender la importancia de un sistema climático estable.

#### *2.1.1.1. El calentamiento global*

A lo largo de la historia de la Tierra, la temperatura ha experimentado cambios, con épocas glaciales y épocas más cálidas. Estos cambios han afectado aspectos como la formación de ecosistemas, el movimiento entre continentes y la evolución de sociedades nómadas a asentadas. Sin embargo, según la Organización Meteorológica Mundial, en las últimas décadas, se ha observado un aumento perceptible en la temperatura media de la Tierra. Entre 1998 y 2016 se registraron los doce años más cálidos (OMM, 2017).

La definición de cambio climático más relevante desde el punto de vista del derecho internacional no se refiere a variaciones de temperatura naturales, sino a las provocadas por la actividad humana (Luque, 2011). La CMNUCC define el

"cambio climático" como un cambio de clima atribuido a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial (Villavicencio, 2013). El IPCC también ofrece una definición similar (Naciones Unidas, 2007).

Es importante distinguir entre "calentamiento global" y "cambio climático", aunque a menudo se usen indistintamente. El calentamiento global se refiere específicamente al aumento de las temperaturas promedio de la atmósfera y los océanos de la Tierra a largo plazo, mientras que el cambio climático es un término más amplio que abarca otros efectos además del calentamiento, como cambios en los patrones de precipitación, el aumento del nivel del mar y eventos climáticos extremos más frecuentes. El calentamiento global es un componente del cambio climático, pero no son sinónimos.. La palabra "cambio climático" es la que más utilizan las organizaciones internacionales influyentes, como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

#### *2.1.1.2. El efecto invernadero y la radiación solar*

La radiación electromagnética es emitida por objetos del espacio, con longitudes de onda cortas emitidas por cuerpos de mayor temperatura, como el Sol, y longitudes de onda largas emitidas por cuerpos de menor temperatura, como la Tierra (IDEAM, 2021).

El IPCC indica que hay tres formas de alterar el equilibrio de la radiación solar terrestre: modificando los niveles de radiación solar que llegan al planeta; modificando el nivel de radiación que se refleja; y modificando el nivel de radiación que se emite desde la Tierra hacia el espacio.

Ciertas sustancias, nubes, partículas de aire y superficies terrestres reflejan hacia el espacio aproximadamente el 30% de la radiación de onda corta que la Tierra recibe del Sol. La atmósfera y las superficies terrestres absorben alrededor del 70% de esta energía. Para equilibrar la energía recibida, la Tierra irradia radiación de onda larga, la cual es retenida en gran parte por la atmósfera debido a la

acción de gases naturales como el vapor de agua, el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso (Barros, 2004).

La energía conservada se devuelve a la superficie terrestre, calentándola más de lo que ocurriría si la energía solar se reflejara totalmente en el espacio. Esta capacidad de la atmósfera se denomina "efecto invernadero". El efecto invernadero es fundamental para mantener el clima templado que permitió la evolución de la vida. Sin embargo, la actividad humana ha amplificado el efecto invernadero, convirtiéndose en el principal impulsor del cambio climático y esta actividad sin duda incluye la construcción de vivienda.

#### *2.1.1.3. Gases causantes del smog (GEI)*

La clave es que cuando aumenta la concentración de gases que impiden que la radiación escape al espacio, la ventana radiactiva se reduce. Esto implica que una menor parte de la radiación terrestre se refleja en la superficie de la Tierra, aumentando la temperatura media. Este aumento de las concentraciones de GEI está directamente provocado por los seres humanos (IDEAM, 2007).

Los GEI, según el artículo 1 de la CMNUCC, son "aquellos elementos gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como artificiales, que absorben y reemiten radiación infrarroja" (Villavicencio, 2013). Los GEI naturales incluyen ozono (O<sub>3</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), metano (CH<sub>4</sub>) y vapor de agua (H<sub>2</sub>O). Los clorofluorocarbonos (CFC), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) son GEI de origen antropogénico.

Es importante destacar que la capacidad de los distintos GEI para elevar la temperatura global no está directamente relacionada con la cantidad emitida. Cada gas de efecto invernadero tiene un impacto único en el sistema climático. Se deben considerar el forzamiento radiactivo y el potencial de calentamiento global (GWP) de cada GEI (Martínez & Fernández, 2004).

En resumen, es esencial analizar los principales sectores económicos emisores de GEI a nivel mundial. El desglose de la contribución de cada industria se muestra en la Figura 1:

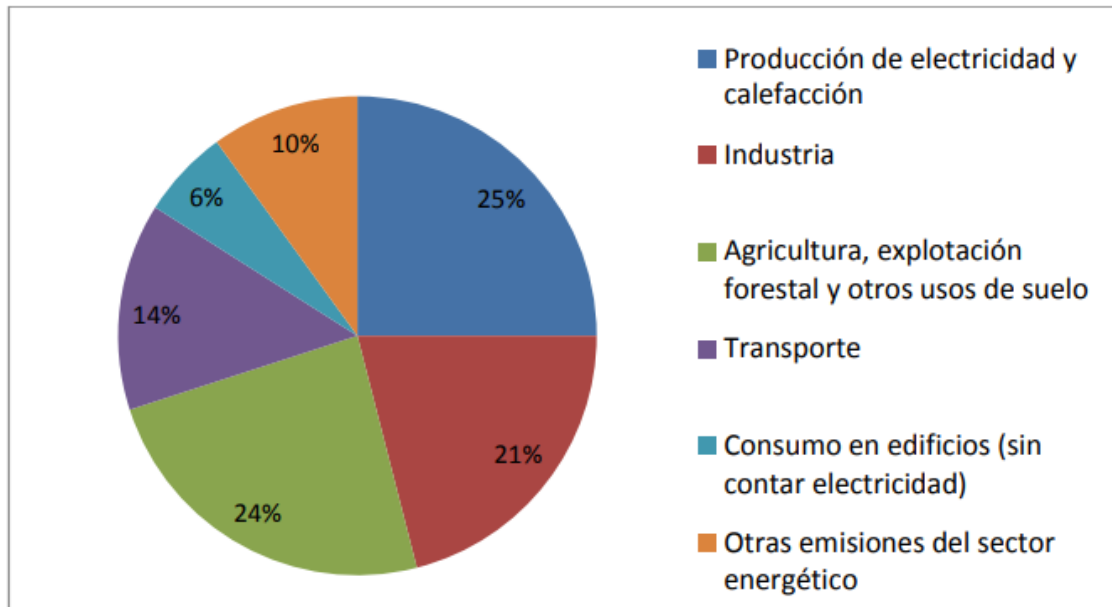


Figura 1 Emisiones mundiales de gases de efecto invernadero por actividades económicas.

Fuente: (EPA, 2022)

1. Producción de electricidad y calefacción (25% de las emisiones mundiales de GEI en 2010): La combustión de carbón, gas natural y petróleo es la mayor fuente de emisiones de GEI a nivel mundial.
2. Industria (21% de las emisiones mundiales de GEI en 2010): La principal fuente de emisiones de GEI en la industria es la quema de combustibles fósiles en las instalaciones para obtener energía.
3. Agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (24% de las emisiones mundiales en 2010): Este sector incluye actividades agrícolas y deforestación, que representan la mayor parte de las emisiones de GEI en esta categoría.

4. Transporte (14% de las emisiones mundiales de GEI en 2010): La fuente principal de estas emisiones es la quema de combustibles fósiles para el transporte terrestre, aéreo, marítimo y ferroviario.
5. Edificios (6% del total de las emisiones de GEI del mundo en 2010): Las emisiones de GEI en este sector son resultado de la producción de energía in situ y la quema de combustibles para calentar o cocinar en viviendas y edificios.
6. Otras energías (10% de las emisiones mundiales de GEI en 2010): Esta categoría de emisiones abarca todas las emisiones relacionadas con la energía que no están directamente vinculadas a la producción de electricidad o calor. Incluye emisiones procedentes de la extracción, refinamiento, procesamiento y transporte de combustibles (EPA, 2022).

De acuerdo con la clasificación de las fuentes emisoras de gases de efecto invernadero (GEI), es evidente que la industria de la vivienda juega un papel significativo en varios aspectos. Primero, en el sector de la producción de electricidad y calefacción, las viviendas representan una proporción importante del consumo de energía, especialmente en climas extremos donde se requiere calefacción o enfriamiento. Segundo, en la industria, la construcción de viviendas es un importante consumidor de energía, desde la producción de materiales hasta su implementación en el sitio de construcción. En tercer lugar, en el sector del transporte, la ubicación de las viviendas influye en la necesidad de transporte y, por ende, en las emisiones de GEI relacionadas. Además, los edificios residenciales contribuyen directamente a las emisiones de GEI a través de la energía utilizada para calentar, enfriar y cocinar dentro de las viviendas. Finalmente, en el apartado de "otras energías", el proceso de construcción y mantenimiento de viviendas también entra en juego.

Para combatir el calentamiento global y reducir las emisiones de GEI, es necesario implementar políticas y estrategias en todos los sectores económicos. Es posible resumir algunas de las acciones clave a juicio propio son:

1. Fomentar el uso de energías renovables, como la solar, eólica y geotérmica, en lugar de combustibles fósiles en la producción de electricidad y calefacción.
2. Implementar procesos de producción más eficientes en la industria, incluyendo la mejora del aislamiento térmico, la recuperación de calor y la optimización de motores y equipos.
3. Promover prácticas agrícolas sostenibles, como la agroforestería, la rotación de cultivos y la gestión integrada de plagas y nutrientes, para reducir las emisiones de GEI en la agricultura.
4. Incentivar el uso del transporte público, vehículos eléctricos, bicicletas y caminar como alternativas al uso de vehículos particulares con motores de combustión interna.
5. Implementar códigos de construcción y normas de eficiencia energética en edificios, tanto en la construcción de nuevos inmuebles como en la rehabilitación de los ya existentes.
6. Fomentar la investigación y el desarrollo de tecnologías limpias y eficientes en todos los sectores económicos, así como el uso de fuentes de energía de baja emisión de GEI en la extracción, refinamiento y procesamiento de combustibles.

Es evidente que el tema de la vivienda sostenible se relaciona íntimamente con las recomendaciones 1, 2, 5 y 6 propuestas para disminuir la generación de gases de efecto invernadero.

En relación con la recomendación 1, la utilización de energías renovables en la vivienda, tales como la energía solar, eólica o geotérmica, no solo contribuye a la disminución de la dependencia de los combustibles fósiles, sino que también favorece la autonomía energética y el ahorro económico en las viviendas. La adopción de estas tecnologías puede ser favorecida a través de incentivos

gubernamentales, como la reducción de impuestos para las viviendas que implementen estas tecnologías.

Respecto a la recomendación 2, la implementación de procesos de producción más eficientes en la industria de la construcción de viviendas puede traducirse en la mejora del aislamiento térmico de los inmuebles, lo cual conlleva a una menor demanda energética para la calefacción y refrigeración. La optimización de motores y equipos también puede conducir a un ahorro energético y por tanto a una menor emisión de gases de efecto invernadero.

En cuanto a la recomendación 5, la implementación de códigos de construcción y normas de eficiencia energética en edificios es clave para reducir el consumo de energía en las viviendas. Estas normas pueden establecer requisitos para la eficiencia de los electrodomésticos, la calidad del aislamiento, la utilización de energía renovable y otros aspectos que pueden reducir la demanda de energía y, por tanto, las emisiones de gases de efecto invernadero.

En referencia a la recomendación 6, el fomento de la investigación y el desarrollo de tecnologías limpias y eficientes en la industria de la construcción de viviendas es fundamental para avanzar hacia un futuro más sostenible. Esto puede incluir la investigación en nuevos materiales de construcción con un menor impacto medioambiental, la mejora de las técnicas de construcción para reducir la demanda de energía y la búsqueda de nuevas soluciones para la gestión eficiente del agua y los residuos en las viviendas.

Finalmente, la cooperación internacional es fundamental para enfrentar el desafío del calentamiento global y reducir las emisiones de GEI. Los acuerdos internacionales, como el Protocolo de Kioto y el Acuerdo de París, son herramientas clave para coordinar los esfuerzos globales en la lucha contra el cambio climático. Además, el apoyo a los países en desarrollo para adoptar tecnologías limpias y estrategias de adaptación al cambio climático es esencial para alcanzar una solución global y sostenible a este problema ambiental.

### *2.1.2. Características distintivas del sistema político en México*

El sistema político de México ha sido activo y cooperativo en el movimiento internacional de cambio climático, aunque sus reservas de petróleo limitan sus compromisos de reducción de emisiones (Hernández & Tolentino, 2021). México, miembro de la OCDE desde 1994, se retiró del Grupo de los 77 y de China, y no fue incluido en el Anexo I de la CMNUCC (OCDE). Entre 1997 y 2000, México priorizó acciones como la ratificación del Protocolo de Kioto, la investigación sobre los efectos del cambio climático, la mejora de la capacidad institucional del INECC y la reducción de las emisiones (Martínez & Fernández, 2004), también buscó evitar compromisos vinculantes y alianzas con países de posiciones similares para mantener su desarrollo (Martínez & Fernández, 2004).

EN ESTE TENOR, El cambio climático fue abordado en políticas públicas de México por primera vez en el PND 2007-2012 (presidencia de Felipe Calderón). Los países han tomado medidas de mitigación y adaptación debido al aumento de emisiones de GEI y sus efectos en ecosistemas y sociedad. La mitigación busca eliminar las causas fundamentales de los riesgos climáticos, mientras que la adaptación refuerza la resistencia y minimiza la exposición a esos riesgos (IPCC, 2007).

EN RESUMEN, Es importante planificar estratégicamente la adaptación y reducir los efectos del cambio climático. No obstante, los países suelen priorizar la prevención mediante enfoques de mitigación, como el uso de tecnologías más eficientes y respetuosas con el medio ambiente, sin reconocer que el desafío fundamental es el modo de producción y consumo basado en la extracción de recursos y el consumo sin restricciones (positivismo verde).

## **2.2. Vivienda sostenible.**

El desarrollo sostenible requiere ciudades sostenibles, considerando impactos ambientales, sociales y económicos desde su planificación y políticas públicas

implementadas. La relación ciudad-vivienda debe evaluarse y mejorarse constantemente, ya que la vivienda es esencial en el desarrollo urbano (Fenner, Kibert, & Woo, 2018).

Por otra parte, la construcción sostenible implica la creación y mantenimiento responsable de un ambiente construido sano. Para lograrlo, se debe analizar el impacto de los materiales desde su diseño y conceptualización mediante un análisis de ciclo de vida para minimizar impactos ambientales durante la construcción (Ortiz, 2010). Se estima que la fase de ocupación de una vivienda representa el 80%-90% del consumo energético, el 10%-20% corresponde a la extracción y fabricación de materiales y el 1% al tratamiento de residuos y disposición final.

Por todo lo anterior es crucial considerar parámetros de sostenibilidad en la selección de materiales de construcción, el transporte, la energía consumida y la gestión de residuos. El diseño de la vivienda sostenible debe abordar aspectos como la orientación, ventilación, materiales, tipos de muro, cubiertas, pintura y sistemas constructivos, así como el uso del suelo y dispositivos que optimicen el uso de agua y energía (Velázquez, 2015).

Un modelo de viviendas eco-sostenibles, adaptado a las áreas permitidas para construir, aprovechando recursos naturales y con bajo impacto ambiental durante su ciclo de vida, podría diversificar la competitividad urbana territorial. Es fundamental que las inmobiliarias muestren responsabilidad social y no solo busquen rentabilidad, eligiendo materiales menos contaminantes en sus proyectos.

### 2.2.1. Casa eco-sostenible

Las casas sostenibles o ecológicas son viviendas que aprovechan los recursos naturales del sol, agua, aire y de la tierra y que además respeta y disminuye el impacto en el medio ambiente tanto en el proceso de su construcción como una vez acabada e instalada.



Figura 2 Casa sostenible. (Api noticias, 2018)

Para lograr un hogar autosostenible, es posible implementar una variedad de ecotecnologías, las cuales contribuyen a la eficiencia energética, a la conservación del agua, a la gestión eficaz de los residuos y a la reducción de la huella de carbono. A continuación, se presenta un listado de algunas de las ecotecnologías que se pueden considerar:

1. **Paneles solares:** Son capaces de convertir la energía del sol en electricidad, permitiendo un considerable ahorro en el consumo de energía.

2. **Calentadores solares de agua:** Utilizan la energía del sol para calentar el agua, reduciendo el consumo de gas o electricidad.
3. **Turbinas eólicas domésticas:** Generan electricidad a partir de la energía del viento, una opción viable especialmente en zonas con suficiente viento.
4. **Bombas de calor geotérmicas:** Extraen el calor del subsuelo para calentar el hogar en invierno y lo transfieren de vuelta al subsuelo para enfriarlo en verano.
5. **Sistemas de captación y reciclaje de agua de lluvia:** Permiten almacenar y filtrar el agua de lluvia para su uso en riego, lavado o, si se trata adecuadamente, incluso para el consumo humano.
6. **Sistemas de tratamiento de aguas grises:** Tratan las aguas procedentes de duchas, lavamanos y lavadoras para su reutilización en el inodoro o riego de jardines.
7. **Inodoros compostadores:** Transforman los residuos humanos en compost, un abono orgánico de gran valor para el jardín.
8. **Iluminación LED:** Las luces LED son mucho más eficientes que las incandescentes o fluorescentes, lo que se traduce en un ahorro en el consumo de energía.
9. **Aislamiento térmico eficiente:** El aislamiento de las paredes, techos y ventanas de la casa puede reducir significativamente la necesidad de calefacción y refrigeración.
10. **Electrodomésticos de alta eficiencia:** Estos dispositivos están diseñados para realizar sus funciones utilizando menos energía.

**11. Huertos domésticos:** Cultivar tus propios alimentos puede reducir la dependencia de los supermercados y la huella de carbono asociada al transporte de alimentos.

**12. Ventanas con doble acristalamiento o ventanas de triple vidrio:** Mejoran la eficiencia energética al minimizar la pérdida de calor en invierno y la entrada de calor en verano.

**13. Cubiertas vegetales o techos verdes:** Los techos vegetales pueden proporcionar aislamiento adicional, absorber la lluvia y proporcionar hábitats para la vida silvestre.

### *2.2.2. Tecnologías para una casa eco-sostenible*

El subtema 2.2.2 detalla cómo las tecnologías avanzadas facilitan la conversión de hogares tradicionales en viviendas eco-sostenibles, minimizando la huella de carbono y fomentando un estilo de vida ambientalmente responsable. Este segmento profundiza en soluciones innovadoras para la optimización de recursos y la reducción en el consumo de energía y agua, esenciales para lograr una armonía con el entorno natural.

Inicialmente, se explora la importancia de los paneles solares (sección 2.2.2.1) como fundamentos de la sostenibilidad doméstica, destacando su rol en la generación de electricidad a partir de la radiación solar. Su implementación representa un avance significativo hacia la autosuficiencia energética, reduciendo el gasto energético y las emisiones contaminantes.

Posteriormente, la atención se dirige a los sistemas de captación de agua pluvial (sección 2.2.2.2), que ofrecen una metodología eficaz para recoger y almacenar agua de lluvia, destinada al uso residencial. Este enfoque no solo alivia la presión sobre los suministros de agua tradicionales sino que también encarna una práctica de conservación de vital importancia ante la escasez hídrica global.

La sección 2.2.2.3 aborda el calentador de agua solar, destacando su capacidad para utilizar la energía solar en el calentamiento de agua, facilitando ahorros significativos en el consumo de gas o electricidad y contribuyendo a la disminución de emisiones nocivas.

Finalmente, la discusión se extiende a los materiales de construcción eco-sostenibles en la sección 2.2.2.4, enfatizando su eficacia en mejorar el aislamiento térmico y acústico y su impacto positivo en el medio ambiente comparado con los materiales de construcción estándar. La selección de estos materiales refleja un compromiso con la durabilidad, la eficiencia energética y la reducción del desperdicio a través del reciclaje.

#### *2.2.2.1. Paneles solares*

La energía solar es la energía producida por la conversión de los rayos solares (fotones) en energía útil para el ser humano, ya sea para calentar algo o para producir electricidad, una de las formas más eficientes de aprovecharla es por medio de los paneles fotovoltaicos (energía eléctrica) (archdesk.com, 2021).

Un módulo fotovoltaico está formado por un conjunto de células conectadas eléctricamente, encapsuladas y montadas sobre una estructura de soporte o marco, proporciona en su salida de conexión una tensión continua, y se diseña para valores concretos de tensión de 6,12 y 24 V, que definan la tensión a la que va a trabajar el sistema solar (Energía Solar, 2014).



Figura 3 Panel solar. Fuente: (Diaz, 2015)

Con esta tecnología se obtendrá energía limpia, sostenible y por lo tanto un ahorro en la factura de consumo eléctrico.



Figura 4 Sistema de paneles solares. (Big solar, 2017)

### 2.2.2.2. Captadores de agua pluvial

La captación de agua pluvial básicamente consiste en recolectar un porcentaje del agua de lluvia, su recolección se lleva a cabo principalmente por las azoteas, el agua se almacena y puede ser utilizada para servicios de la casa, o para consumo con un previo tratamiento. Esta es una tecnología utilizada desde tiempos remotos y que una vez que se canalizó el recurso hídrico dejó de ser aplicado sin embargo actualmente y ante las sequías es una actividad que cada vez más retoma auge.

Para esta vivienda se propone una captación de agua pluvial como una alternativa para disminuir el consumo de agua potable y por lo tanto disminuir costos en la factura de agua.

Los principales componentes de un sistema de captación pluvial son:

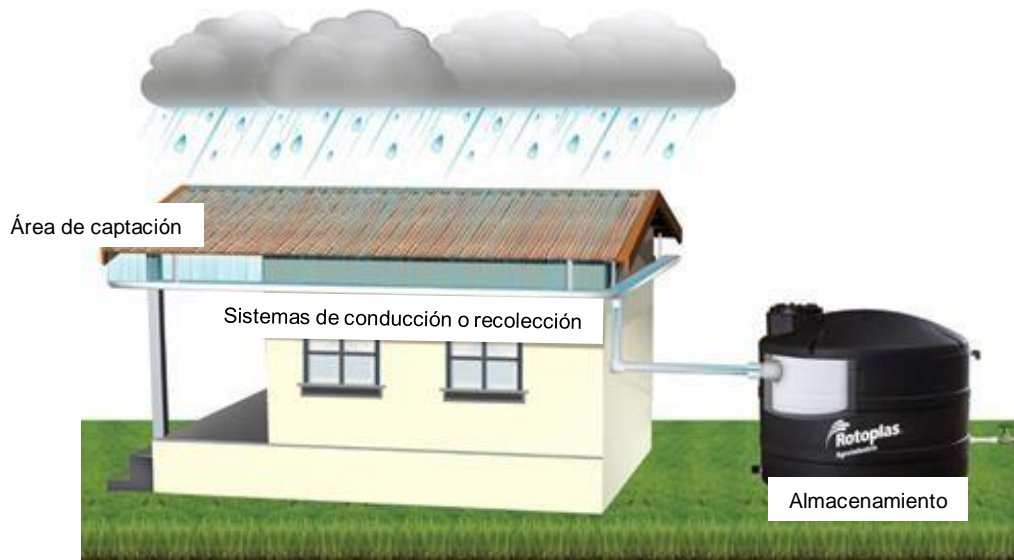


Figura 5 Sistema de captación pluvial. Fuente: (Gutiérrez, 2013)

Se puede considerar dos tipos de tratamiento; uno simple y uno más complejo que nos ayude a potabilizar el agua. Se puede considerar dos tipos de tratamientos para el agua captada, uno simple y otro más complejo que nos ayude a potabilizarla, según las necesidades y el uso que se le dará al agua.

El tratamiento simple consiste en la recolección del agua de lluvia para su uso en actividades que no requieren agua potable, como el riego de plantas, la limpieza del hogar o el lavado de vehículos, entre otras. En este caso, es necesaria una limpieza inicial del techo y de las canaletas para eliminar polvo, hojas y otros residuos que puedan contaminar el agua. Además, se deben mantener limpios los tanques o cisternas donde se almacenará el agua y se debe prevenir la entrada de luz para evitar la proliferación de algas.

El tratamiento más complejo se orienta a potabilizar el agua, es decir, a eliminar cualquier contaminante que pueda representar un riesgo para la salud humana, para permitir su consumo directo o su uso en la preparación de alimentos. Este proceso suele implicar varias etapas:

1. Filtración: para eliminar partículas sólidas y algunas bacterias. Se pueden utilizar filtros de cerámica, de arena o de otros materiales.
2. Desinfección: para eliminar los microorganismos patógenos restantes. Los métodos más comunes son la cloración, la ebullición, la irradiación ultravioleta y la ozonización.
3. Purificación: para eliminar contaminantes químicos y mejorar el sabor y el olor del agua. Se pueden utilizar filtros de carbón activado, resinas de intercambio iónico, ósmosis inversa, entre otros.

Es importante mencionar que, aunque la potabilización del agua de lluvia en el hogar es posible, debe hacerse con cuidado y preferiblemente bajo la supervisión de un profesional para garantizar la calidad del agua y la seguridad de su consumo. Además, el agua potabilizada debe ser almacenada y manejada correctamente para evitar su posterior contaminación.

### *2.2.2.3. Calentador de agua de panel solar*

Los calentadores de agua solares aprovechan la energía del sol para calentar agua de manera eficiente y ecológica. Estos sistemas se componen de un panel solar térmico, un intercambiador de calor y un tanque de almacenamiento de agua caliente. La energía solar captada por el panel se transfiere al agua a través del intercambiador, calentándola antes de almacenarla en el tanque. De esta forma, se reduce el consumo de energía eléctrica o gas, disminuyendo las emisiones de gases de efecto invernadero y la huella de carbono (INFONAVIT, 2021).

Una de las ventajas de los calentadores de agua solares es su capacidad para ahorrar energía y dinero en el largo plazo. A pesar de tener un costo de instalación más elevado que los calentadores convencionales, su mantenimiento es menor y el ahorro en consumo energético compensa la inversión inicial en pocos años. Además, al depender de una fuente de energía renovable y gratuita como el sol, estos sistemas brindan una mayor independencia energética y protección ante las fluctuaciones en los precios de los combustibles fósiles.

El rendimiento de un calentador solar de agua depende de factores como la ubicación geográfica, la orientación e inclinación del panel solar y las condiciones meteorológicas. En regiones con alta radiación solar, estos sistemas pueden proporcionar hasta el 80% del agua caliente requerida por una vivienda. Sin embargo, en días nublados o con poca luz solar, es posible que se requiera un sistema de respaldo convencional para garantizar el suministro de agua caliente.

Existen dos tipos principales de calentadores solares de agua: los sistemas de circulación activa y los de circulación pasiva. Los sistemas activos utilizan bombas eléctricas para hacer circular el agua entre el panel solar y el tanque de almacenamiento, mientras que los sistemas pasivos dependen de la convección natural y la diferencia de densidad entre el agua fría y caliente para mover el agua a través del sistema. Los sistemas activos suelen ser más eficientes y ofrecen un

mayor control sobre la temperatura del agua, pero también requieren mayor mantenimiento y tienen un costo inicial más elevado que los sistemas pasivos.

En conclusión, los calentadores de agua solares son una alternativa sostenible y eficiente para satisfacer las necesidades de agua caliente de una vivienda. Su implementación contribuye a reducir el consumo energético, disminuir la dependencia de los combustibles fósiles y mitigar el impacto ambiental generado por las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, a pesar de su costo inicial, estos sistemas pueden representar un ahorro económico significativo a largo plazo y aumentar la independencia energética de las viviendas.

#### *2.2.2.4. Materiales de construcción*

Los materiales de construcción abarcan productos y materias primas usados en edificaciones y obras civiles. La piedra braza, de origen volcánico, es empleada en muros y cimentaciones por su rigidez y resistencia (Pérez, 2021).

El eco-concreto, una alternativa sostenible al concreto común, utiliza productos reciclados y reduce el impacto ambiental. Los ladrillos huecos o ecológicos ahorran energía, son fáciles de manejar, económicos y ofrecen propiedades térmicas. En comparación con los ladrillos comunes, reducen el uso de materiales y generan menos peso y espacio.

El acero, empleado en refuerzos estructurales, es fácil de reciclar y fabricar. Su producción ha reducido un 31% de emisiones energéticas y un 36% de emisiones de dióxido de carbono. El concreto permeable se utilizará en banquetas y explanadas exteriores, captando agua pluvial y reduciendo la concentración de calor en la superficie. Se aprovechará la luz natural mediante una adecuada orientación y distribución de ventanas.

La iluminación LED se propone por su bajo consumo y larga vida útil, generando ahorros en la factura eléctrica y siendo más ecológica al no contener mercurio.

Las ventanas ecológicas o de doble vidrio hermético minimizan la pérdida de energía y evitan inconformidades y condensaciones.

### **2.3. La Política ambiental**

Hay que distinguir la política medioambiental porque es una manera de mostrar la preocupación que hay por el medio ambiente y lo que lleva a su protección, conservación e inclusive a la utilización de los recursos naturales de una manera mesurada.

Para la definición de la política ambiental es preciso señalar lo que es la política, la actividad humana que se desarrolla en cualquier comunidad que se organiza regularmente, en la medida en que existan estructuras de autoridades con su propia organización política, por eso es considerada una actividad competitiva. (QUINTANA, 2013)

Centrándose en la política ambiental, se determina que es el conjunto de acciones que se llevan a cabo para conseguir la gestión ambiental (ORIZABA, 2007). Derivada de la definición, se puede afirmar que la política ambiental es la reacción de la gestión al medio ambiente que resulta por la intervención del hombre sobre la realidad.

Una definición más completa de la política ambiental es la que entiende el conjunto de acciones y medidas de la política social que el Estado despliega para el tratamiento de los problemas ambientales, así como para el uso y protección del medio ambiente y los recursos naturales. (ORIZABA, 2007)

Lamentablemente, en unos países, la política ambiental no se establece de manera congruente, o ni siquiera existe una política ambiental; esto resulta un problema, puesto que, cuando no se determinan las estrategias para la protección del medio ambiente, la problemática ambiental se incrementa.

El problema ambiental actual engloba muchas variantes, entre las que encontramos la pérdida de diversidad biológica, la reducción y disminución de la capa de ozono, la pérdida de bosques tropicales, la extinción de especies, el ruido, la contaminación atmosférica, el crecimiento urbano acelerado de la metrópoli, todos ellos elementos que perjudican seriamente las condiciones climáticas ambientales.

El incremento de los problemas ambientales ha llevado a la proyección de políticas, estrategias y directrices para dar con una solución, hay varios instrumentos de política ambiental que regulan algunos aspectos del medio ambiente, en el caso de México están regidos por la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988 cuya última reforma publicada en el DOF fue el 09-01-2015.

### *2.3.1. La Política ambiental en México*

La política ambiental de México se estableció desde 1971, cuando se promulgó la Ley Federal para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. Posteriormente, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, manifestó un gran cambio en la política ambiental, estableciendo los principios para la formulación y conducción de la política ambiental, así como para los demás instrumentos previstos en la Ley, en cuanto a la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al medio ambiente, los cuales se determinan en el artículo 15, el cual tiene XX fracciones.

El artículo indica los principios que deben ser cumplidos por el ejecutivo federal, en caso de formular y conducir políticas ambientales, emitir normas oficiales mexicanas, etc., en materia de protección ambiental, preservación y restauración del equilibrio ecológico. Algunos aspectos que se consideran son

- La vida y la productividad del país dependen del equilibrio de los ecosistemas. y deben utilizarse de manera que se garantice una productividad sostenida, es decir, utilizando los recursos naturales y respetando al mismo tiempo la capacidad de carga de los ecosistemas.
- En el caso de obras o actividades que afecten al medio ambiente, quien las realice tiene la obligación de prevenir o reparar los daños ocasionados e incurrirá en los costos producidos por la afectación.
- La prevención es la manera más eficaz de evitar el desequilibrio ecológico.
- El uso de los recursos naturales debe realizarse siempre de forma que se garantice su conservación y renovación, y cuando sean renovables o no renovables, se debe evitar su agotamiento y la producción de efectos ecológicos perjudiciales.

Para que las acciones ecológicas sean efectivas, es esencial que haya coordinación entre las agencias y entidades de la administración pública y entre los diferentes niveles de gobierno y consulta con la sociedad.

Además de regular, promover, restringir, prohibir, orientar y, en general, inducir la acción de los individuos en los ámbitos económico y social, los criterios de preservación y restauración del equilibrio ecológico se consideran dentro de las facultades que las leyes confieren al Estado;

De conformidad con lo dispuesto en el artículo 4 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar, por lo que las autoridades deben tomar las medidas que sean precisas para que se garantice el ejercicio de ese derecho;

Debe garantizarse a las comunidades, incluidos los pueblos indígenas, el derecho a la protección, la preservación, el uso y la explotación sostenibles de los recursos naturales y la salvaguardia y utilización de la biodiversidad.

Los elementos primordiales para mejorar la calidad de vida de la población son el control y la prevención de la contaminación ambiental, el uso adecuado de los elementos naturales y la mejora del medio ambiente natural en los asentamientos humanos.

Hay que señalar que las actividades desarrolladas en el territorio nacional y, en su defecto, en los ámbitos en los que ejerce soberanía y jurisdicción, no deben alterar el equilibrio ecológico de otras naciones.

La formación ambiental es de suma importancia, ya que se valoran temas como la prevención del deterioro ambiental, la preservación, la restauración y el uso sostenible de los ecosistemas para que no haya desequilibrios ecológicos.

El Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PNMARN) establece seis pilares fundamentales de la política ambiental de México:

- 1) Integridad: Se basa en el hecho de que más que un enfoque puramente ecológico, los recursos naturales deben ser gestionados de manera conjunta y coordinada.
- 2) Compromiso de los Sectores del Gobierno Federal: El desarrollo sostenible es una tarea que comparten varias secretarías e instituciones del gobierno federal, que son responsables de la promoción del desarrollo sostenible en sus actividades y programas.
- 3) Nueva gestión: Supone un cambio en el enfoque estratégico de la gestión ambiental y la inducción de un buen comportamiento de los usuarios ambientales con una normativa bien definida.
- 4) Valoración de los recursos naturales: Se fomentará el reconocimiento del valor económico y social de los recursos naturales y los servicios ambientales por parte de sus usuarios.
- 5) Apego a la legalidad y lucha contra la impunidad ambiental: La norma se cumplirá sin excepciones, combatiendo sin restricciones los delitos ambientales y la impunidad.

- 6) Participación social y rendición de cuentas: Los ciudadanos de a pie tienen derecho a acceder a información que le permite saber el estado del medio ambiente en el que viven y cómo afecta a su bienestar. (ACEVES, 2003)

En el ámbito de la regulación de la protección del medio ambiente, se implementó la política ambiental en México, país considerado rico en recursos naturales, los cuales deben ser preservados y utilizados de manera sostenible, evitando su destrucción para el bien de las generaciones actuales y venideras.

### *2.3.2. Programas de eco-vivienda en México.*

Se han realizado programas específicos para cumplir los objetivos del Gobierno Federal y de organizaciones nacionales e internacionales para reducir los efectos del cambio climático en la vivienda. Estas iniciativas pretenden mejorar el nivel de vida en México facilitando el desarrollo de viviendas energéticamente eficientes, disminuyendo las emisiones de gases nocivos y reduciendo el consumo de agua. En las secciones posteriores se describen algunos de ellos.

#### *2.3.2.1. Programa hipoteca verde (INFONAVIT)*

El Programa Hipoteca Verde ha sido operado por el INFONAVIT desde 2007 con el objetivo de promover medidas sostenibles en la vivienda mediante la incorporación de tecnologías ecológicas o ecotecnologías; el programa es esencialmente un esquema de crédito mediante el cual los beneficiarios reciben un monto adicional para financiar la adquisición de ecotecnologías para sus viviendas. Desde el 2011 todos los beneficiarios del esquema de crédito INFONAVIT deben participar en el programa Hipoteca Verde (INFONAVIT, 2022).

### *2.3.2.2. Programa de Vivienda Sostenible del INFONAVIT*

El Instituto aboga por la vivienda sostenible con el programa Vida Integral INFONAVIT desde 2011. Este tipo de vivienda prioriza la calidad de la casa, la calidad de la colonia y el fomento de la responsabilidad vecinal. Este programa fomenta la vivienda sostenible en 20 aspectos. Estas abarcan una variedad de temas que requieren la participación de los gobiernos locales, los promotores y los beneficiarios. También tocan las tres dimensiones de la sostenibilidad (ambiental, social y económica), con el objetivo final de mejorar la calidad de vida de los acreditados y proteger su patrimonio (INFONAVIT, 2019)

Atributos para que una vivienda se considere certificada debe cumplir con las siguientes condiciones:

1. Escuela primaria o jardín de niños; Consultorio médico o centro médico ambos a menos de 2 kilómetros de distancia
2. Opciones de transporte a menos de 0,8 kilómetros
3. Menos de 2 kilómetros hasta el mercado o tienda de comestibles
4. 0,3 kilómetros hasta el parque o plaza más cercanos
5. Viviendas accesibles para desplazarse al trabajo
6. Entorno municipal competitivo
7. No estar situadas en ciudades con graves congestiones de tráfico, a menos que se disponga de EGB.
8. Calles pavimentadas, Banquetas
9. Alumbrado publico
10. Al menos cincuenta unidades de vivienda por hectárea.
11. Un mínimo de 38 metros cuadrados de superficie útil
12. Hipoteca amigable para el medio ambiente
13. Acceso a Internet
14. Centro comunitario y pista polideportiva
15. Los pagos de mantenimiento se retienen en un plan en el que participa el beneficiario.
16. Un promotor de zona (PV) estará presente en la nueva comunidad.

17. Taller de orientación saber para decidir (INFONAVIT, 2019).

Las Acciones de Mitigación Apropriadas para cada País (NAMA, por sus siglas en inglés), como el Nuevo Programa NAMA de Vivienda (CONAVI), son instrumentos financieros que pretenden mejorar la eficiencia energética de un país mediante la creación de un plan sectorial con resultados medibles.

Sin embargo, las NAMA de vivienda son proyectos cuyo objetivo principal es reducir el impacto de las emisiones de gases de efecto invernadero y hacer que las viviendas sociales sean más habitables, al tiempo que se reducen las facturas de agua, electricidad y gas de los residentes.

A partir de 2010, la CONAVI y otras organizaciones internacionales en México coordinaron el "Proyecto Vivienda Energía Cero" para comenzar a desarrollar este tipo de iniciativas. Desde entonces, se han diseñado diferentes programas piloto, incluyendo "Aislamiento Térmico", "El Proyecto de Vivienda Baja en Carbono" y "ECOCASA", y desde 2012, se ha desarrollado el piloto para el "Programa Mexicano-alemán "ProNAMA", que se dirige tanto a la construcción de vivienda nueva como a la rehabilitación de viviendas existentes, con el objetivo final de lograr una cobertura nacional para la vivienda en México (NAMA, 2019).

La iniciativa NAMA Facility México arrancó a finales de 2013, conectando la asistencia técnica de la GIZ (Cooperación Alemana al Desarrollo) a la CONAVI con la financiación de la SHF (Sociedad Hipotecaria Federal del Banco Alemán de Desarrollo). Promover e implementar soluciones rentables de eficiencia energética y diseño sostenible para la vivienda de interés social, que se proyecta como la de mayor crecimiento en México, es una de las principales prioridades del gobierno mexicano (NAMA, 2019).

### **Atributos**

Los atributos que se consideran para la vivienda sostenible se listan a continuación:

- 1) Tipo de construcción: vivienda aislada, adosada, vertical.

- 2) Ubicación
- 3) Hipoteca Verde
- 4) Emisiones
- 5) Ordenamiento territorial
- 6) Zona de riesgo: basado en atlas de riesgo
- 7) Infraestructura básica: cobertura de agua, drenaje, electricidad, número y distancia a accesos
- 8) Equipamiento y servicios: Radios SEDESOL
- 9) Vivienda desocupada: en un radio de 5km
- 10) Proximidad a empleo: 5km
- 11) Proximidad a transporte: 800m a rutas de transporte
- 12) Densidad y usos del suelo: densidad habitacional
- 13) Contexto urbano: área promedio de manzana
- 14) Competitividad: independencia financiera, disponibilidad de recursos
- 15) Competitividad municipal: promotor vecinal, lote con servicios

### *2.3.3. Herramientas de los programas de vivienda sostenible en México*

Los programas de vivienda sostenible en México cuentan con varias herramientas y material de apoyo para mejorar la eficiencia energética de las unidades habitacionales y promover la sostenibilidad. Estas herramientas incluyen:

1. La normatividad desarrollada por la CONUEE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía): esta normativa establece las condiciones mínimas que deben cumplir las viviendas para reducir el consumo de energía y la carga de refrigeración necesaria.
2. El código de edificación de vivienda de la CONAVI (Comisión Nacional de Vivienda): este código establece las normas y estándares para la construcción de viviendas sostenibles y seguras.
3. El Sistema de Evaluación de la Vivienda Verde SISEVIVE-ECOCASA: este sistema evalúa la calidad y la sostenibilidad de la vivienda, y proporciona una certificación a las viviendas que cumplan con los requisitos establecidos.

4. El Índice de ciudades prosperas: este índice mide el desarrollo y la calidad de vida en las ciudades mexicanas, incluyendo aspectos como el acceso a la vivienda, la sostenibilidad y el medio ambiente.
5. La herramienta "Tú índice para una mejor vida" del INFONAVIT (Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores): esta herramienta ofrece una evaluación cualitativa de la vivienda y su entorno, así como un índice de satisfacción del acreditado.

Además, la CONUEE cuenta con una herramienta de cálculo de la NOM-020-ENER-2011 en línea para ayudar a los desarrolladores de vivienda a cumplir con esta normativa. Estas herramientas y material de apoyo son esenciales para promover la sostenibilidad y la eficiencia energética en la vivienda en México.

#### *2.3.3.1. Código de Construcción de Vivienda de la CONAVI*

Para asegurar que todas las disposiciones legales, normas oficiales mexicanas, códigos de procesos constructivos y/o reglamentos de construcción sean emitidos, aplicados y mantenidos vigentes y permanentemente actualizados por las autoridades competentes (a nivel municipal y estatal), el Código de Edificación de Vivienda (CEV) establece un modelo normativo. A la luz del hecho de que la Constitución otorga una autoridad similar a los gobiernos locales y estatales, la ley es estrecha en su ámbito de aplicación.

Aspira a ser un modelo a seguir por las autoridades para homologar y crear estándares uniformes, contemporáneos y sostenibles en materia de vivienda y desarrollo urbano. La CEV dedica una sección a la construcción de viviendas respetuosas con el medio ambiente. Dentro de un entorno urbano equilibrado y organizado, el Código unifica un conjunto de normas para el diseño y la construcción de edificios seguros, fiables y sostenibles. Según el Código de Edificación de Viviendas de 2017, tiene los siguientes objetivos particulares:

- Que las autoridades locales cuenten con una herramienta para normar las construcciones;
- Que se consideren actualizaciones y tecnologías disponibles en materia de construcción de forma directa para cada zona bioclimática (selección del sitio y materiales de construcción);
- Que se cuente con estándares de productos para promover una mayor competitividad en el mercado y
- Que se promueva la edificación de vivienda ambientalmente sostenible, disminuyendo el impacto ambiental negativo, donde se tomen en cuenta el diseño sostenible de las envolventes, instalación de sistemas y equipos energéticamente eficientes, aprovechamiento de energías renovables, la iluminación eficiente, el uso eficiente del agua y la adecuada gestión de toda clase de residuos, entre otros. (CONAVI, 2010)

#### *2.3.3.2. Sistema de evaluación de la calidad de la vivienda ecológica (SISEVIVE-ECOCASA)*

A través de fondos proporcionados a la Fundación IDEA, entre 2011 y 2013, el INFONAVIT creó el Sistema de Evaluación de Vivienda Ecológica SISEVIVEECOCASA con ayuda de la GIZ y la Embajada Británica en México. Las construcciones con menor consumo previsto de energía y agua son premiadas con calificaciones más altas, ya que esto indica que tienen un menor efecto sobre el medio ambiente a lo largo de su vida útil. Algunos de sus elementos ya están incluidos en el Registro Único de Viviendas (RUV) y se utilizan para evaluar la eficiencia energética de las residencias de nueva construcción. La evaluación tiene en cuenta los siguientes factores: el diseño arquitectónico, los materiales, los métodos de construcción y la tecnología integrada en la vivienda.

A través del uso obligatorio para programas como "ECOCASA" de la SHF y el Subsidio Federal de Vivienda gestionado por la CONAVI, se solidificó como un instrumento transversal para la evaluación de la vivienda que es un componente

del proyecto NAMA en 2015. El sistema de clasificación se basa en las siguientes herramientas:

- DEEVi (Diseño Energéticamente Eficiente en la Vivienda): Se realizó con el método de cálculo del Passivhaus Institut de Alemania, que fue la primera organización en desarrollar un software de modelación de balance energético. Fue hecho pensando en las condiciones de México y cuenta con funciones que facilitan el cálculo de la NOM-020-ENER2011, lo que indica al desarrollador qué tanto cumple el edificio con esa norma.
- La herramienta SAAVi (Simulador de Ahorro de Agua en la Vivienda) calcula el ahorro de agua por hogar y por ocupante en función del uso previsto de los electrodomésticos que consumen agua en la vivienda. En el desarrollo de este simulador colaboraron el INFONAVIT, la Comisión Nacional del Agua (Conagua), Fundación IDEA y GIZ/GOPAINTEGRATION. La cantidad de agua que se espera utilizar se compara con un caso de referencia, que se basa en la mayor cantidad de agua que puede utilizar cada aparato de acuerdo con la normatividad vigente.
- HEEVi (Herramienta de Evaluación del Entorno de la Vivienda): Creada por el Centro Mario Molina y utilizada a partir de 2017 como criterio para los Programas de Vivienda Sostenible de SHF, principalmente el programa ECOCASA, esta herramienta evalúa el empleo, el transporte y el equipamiento existente alrededor de un desarrollo habitacional y lo califica en una escala de 0 a 100 puntos. También muestra una estimación de las emisiones anuales de GEI relacionadas con el transporte de los residentes de la urbanización. Como alternativa al Índice Global de Desempeño, se sugiere incluir el HEEVi al SISEVIVE-ECOCASA.
- La Huella de Carbono (en kilogramos de dióxido de carbono) de los materiales y sistemas de construcción puede calcularse utilizando la herramienta ACV (Análisis del Ciclo de Vida) desarrollada por el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. Esta herramienta tiene en cuenta todo el ciclo de vida de un producto, desde la

extracción de la materia prima hasta su eliminación final, e incluye todas las etapas de fabricación, distribución y construcción.

El IDG es una medida compuesta, en la que cada componente recibe un peso determinado en función de la importancia de su efecto sobre los objetivos del índice. Basándose en la puntuación del IDG, SISEVIVE-ECOCASA asigna a los alumnos una calificación en letras desde la A (el mayor nivel) hasta la G (el nivel más bajo).

#### *2.3.3.3. Análisis estadístico de las ciudades más prósperas (IPC).*

El INFONAVIT y ONU-Hábitat firmaron un convenio en 2014 para calcular el Índice de Ciudades Prósperas en 137 Municipios y 16 Delegaciones de los 32 Estados del país. Esto dará lugar a la publicación de un Informe Municipal por cada una de las demarcaciones, así como un resumen nacional, para hacer un diagnóstico de 6 dimensiones de la prosperidad y encontrar formas de mejorar la calidad de vida de las personas en esas demarcaciones, convirtiendo a México en el primer país a nivel mundial que cuenta con esta métrica a esa escala (INFONAVIT, 2022).

El IPC es una herramienta para medir científicamente los seis aspectos de la prosperidad de una ciudad, y sirve como base para las discusiones sobre las políticas e inversiones que se deben apoyar. También sugiere la siguiente estructura práctica para desarrollar, implementar y supervisar un Plan de Acción que incorpore las seis dimensiones:

1. Productividad. Generación de ingreso y empleo
2. Infraestructura de Desarrollo. Recursos físicos y equipamiento para sostener a la población y la economía
3. Calidad de vida. Educación, salud, recreación, cultura y seguridad
4. Equidad e inclusión social. Pobreza y desigualdad

5. Sostenibilidad ambiental. Urbanización sostenible, medio ambiente, recursos naturales, tratamiento de agua, residuos sólidos y energía renovable
6. Gobernanza y legislación urbana. Marco y capacidad institucional, participación social, finanzas públicas, marco legal y expansión urbana

Cada dimensión está conectada con las demás, lo que permite encontrar áreas de mejora y formas de ayudar.

#### *2.3.3.4. El Instrumento "Tu Índice para una Vida Mejor".*

El instrumento "Tu Índice para una Vida Mejor" fue realizado por el INFONAVIT y el Centro de Investigación para el Desarrollo Sostenible (CIDS) para ayudar a las personas a ver y comparar algunos de los factores más importantes de sostenibilidad y calidad que conducen a un desarrollo urbano ordenado y a una mejor calidad de vida para las personas. Escuelas, parques, competitividad, eficiencia energética, espacios habitables, hospitales, transporte público, servicio de voz y datos, mercados, ubicación, ahorro de agua y calidad de vivienda son sólo algunos de los trece atributos de sostenibilidad propuestos que los usuarios pueden visualizar y comparar a través de un mapa interactivo (OECD, 2021).

#### *2.3.3.5. Evaluación cualitativa de la Vivienda y su Entorno (ECUVE)*

A través de la información incluida en su evaluación, el ECUVE mide la influencia en la calidad de vida de los acreditados del INFONAVIT. Esta calificación se basa en factores como eficiencia energética, ahorro de agua, calidad de la vivienda, calidad de la comunidad, servicios de telefonía y datos, competitividad económica y ubicación. La ECUVE otorgada al municipio o desarrollador aumenta su valor si las cualidades cumplen y funcionan bien.

El rango posible de este índice es de 0 a 180, y sus valores se dividen en cuatro grupos: ECUVE Bajo (entre 0 y 75 puntos), ECUVE Medio Bajo (entre 75 y 97,5 puntos), ECUVE Medio Alto (entre 97,5 y 120 puntos) y ECUVE Alto (entre 120 y 180 puntos). Las viviendas calificadas como ECUVE Bajo o ECUVE Medio Bajo tienen puntos en los que podrían cumplir mejor los requisitos de sostenibilidad y las cualidades que hacen que una vivienda sea buena.

#### *2.3.3.6. Índice de Satisfacción del Acreditado (ISA)*

El Índice de Satisfacción de los Derechohabientes, también conocido como ISF, es un índice que mide el grado de satisfacción de los habitantes con sus condiciones de vida. Los datos se recaban de los acreditados del INFONAVIT que han vivido en sus casas por lo menos 24 meses, lo que da credibilidad a su evidencia anecdótica.

Cuando llegue el momento de ejercer su crédito, los posibles acreditados pueden encontrar útil la información incluida en el ISA a la hora de comparar las múltiples opciones de vivienda nueva que tienen a su alcance y seleccionar la que más les convenga (INFONAVIT, 2012).

El índice examina los siguientes aspectos el personal de garantía del constructor, el personal de ventas del constructor, el personal de garantía del constructor, las expectativas del prestatario respecto a la vivienda que ha comprado, la compra en general, el servicio del constructor, el precio, los servicios cercanos, la temperatura, la iluminación natural, la ventilación, la infraestructura de la urbanización, las zonas de recreo, la calidad de los materiales, la arquitectura interior, la arquitectura exterior, el estado interior de la vivienda, estado exterior de la vivienda (INFONAVIT, 2012).

## **CAPÍTULO 3. ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO DE LAS TIPOS DE CONSTRUCCIÓN.**

En el presente capítulo se realiza un ejercicio de revisión acerca de los posibles costos de la implementación de ecotecnologías en la vivienda frente a el modelo de construcción tradicional, para lo cual, se toma como referencia una casa habitación básica (2 cuartos, sala comedor, cocina, 1.5 baños) para cuatro integrantes.

La estimación se realiza tomando en cuenta un periodo de 10 años respecto al retorno de inversión, se tomaron los precios de referencia de 2022 y la estimación de incremento de precios a 10 años. Se tomó como referencia geográfica un predio localizado en la localidad de Izúcar de Matamoros del estado de Puebla.

### **3.1. Caracterización de la zona**

El municipio de Izúcar de Matamoros se localiza en la parte suroeste del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son: los paralelos 18° 22' 06" y 18° 42' 18" de latitud norte, y los meridianos 98° 19' 18" y 99° 33' 24" de longitud occidental y sus colindancias son: al norte limita con Tepeojuma, al sur limita con Chiautla de Tapia, al oeste limita con Xochiltepec, San Martín Totoltepec, Epatlán, Ahuatlán y Tehuitzingo y al poniente limita con Tlapanala, Tilapa, Atzala y Chietla (Auditoría Superior del Estado, 2022).

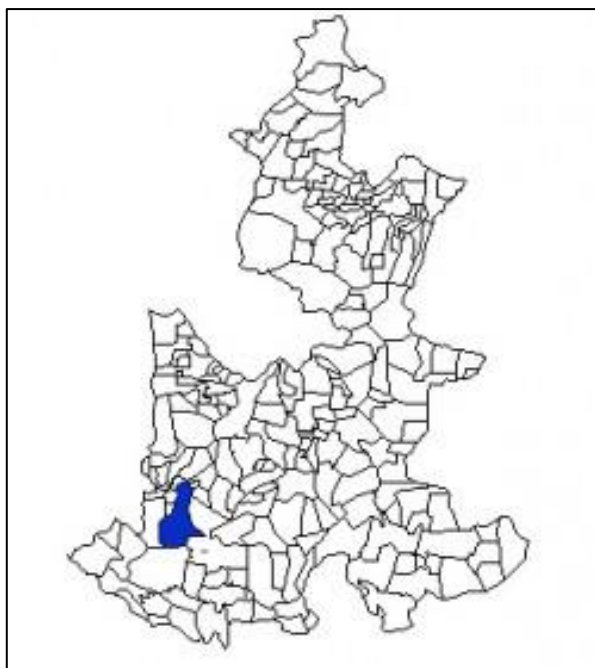


Figura 6 Localización geográfica del municipio de Izúcar

Fuente: (Auditoría Superior del Estado, 2022)

En 2020, la población en Izúcar de Matamoros fue de 82,809 habitantes (47.8% hombres y 52.2% mujeres). En comparación a 2010, la población en Izúcar de Matamoros creció un 13.8% (Secretaría de Economía, 2022).

Se clima predominante es el Cálido Subhúmedo con Lluvias en verano. Se localiza en la zona de colindancia con los estados de Morelos y Guerrero, en la cuenca de Izúcar de Matamoros en temperaturas medias anuales entre 22° y 26°C y precipitaciones totales al año que van de 700 a 1000 mm, su porcentaje de lluvia invernal es menor de 5. Es muy probable que el clima en México sea entre 2 y 4°C más cálido para el 2020, 2050 y 2080; (Gobierno del Estado de Puebla , 2011)

**Región V Valle de Atlixco y Matamoros:** El clima de esta región principalmente es del tipo templado subhúmedo hacia Izúcar de Matamoros y Cálido subhúmedo en la zona de Atlixco con lluvias en verano principalmente; la temperatura 12°C - 18°C y 22°C -26°C respectivamente; así como la precipitación total varía de 700 mm a 1000 mm en esta zona (Gobierno del Estado de Puebla , 2011).

En la tabla 1 se muestra la proyección de lluvia en mm de precipitaciones para los años 2030 y 2050, en el 2000, la precipitación media anual (PMA) fue de 733 mm, repartida uniformemente por todo el territorio. Sin embargo, a mediados de siglo, esta cifra habrá disminuido en 75 mm, y los cambios más pronunciados se producirán en julio. Mientras tanto, las temperaturas medias mensuales aumentarán 2 °C, y 3 °C en los meses más importantes.

Tabla 1 Cambio climático (precipitaciones, mm).

escenarios	anual	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep
00	733	58	11	0	5	1	1	11	46	160	141	142	157
30	698	55	8	0	0	5	0	7	55	156	123	127	162
50	658	56	6	0	0	0	7	45	147	110	127	159	-

Fuente: (Gobierno del Estado de Puebla , 2011)

El cambio en la disponibilidad de agua mayor está en las unidades Izúcar de Matamoros, Huehuetlán y Huachinantla; El cambio climático para mediados de siglo disminuirá la precipitación 10% pasando de clima subhúmedo a semiárido, también aumentará la temperatura en 2°C, aumentando la cobertura de los climas cálidos y semicálidos.

Esto ocasionará una disminución en la disponibilidad del agua del 20% en el valle de Tehuacán incorporándose Comicatitlan y Atencingo, las condiciones de mayor impacto se tienen en las unidades donde todavía existe agua que se puede perder; también se tiene un aumento en el déficit hídrico al 21% principalmente en las unidades Axochiapa e Izúcar de Matamoros. El agua útil prácticamente es muy pequeña del 1.4, disminuyendo 31% (Gobierno del Estado de Puebla , 2011).

Tabla 2 Temperaturas, °C)

escenarios	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep
00	22	21	19	19	20	23	24	25	24	23	23	22
30	23	22	21	20	22	24	26	27	25	24	24	24
50	24	23	21	21	23	25	27	27	26	25	25	24

Fuente: (Gobierno del Estado de Puebla , 2011)

Respecto a las temperaturas registradas se muestra la radiación promedio, esto ayuda a estimar la energía de la radiación que es posible aprovechar para su transformación en energía eléctrica o para el uso de calentadores de agua, siendo Izúcar de Matamoros una de las regiones con mayor cantidad de radiación en el estado.

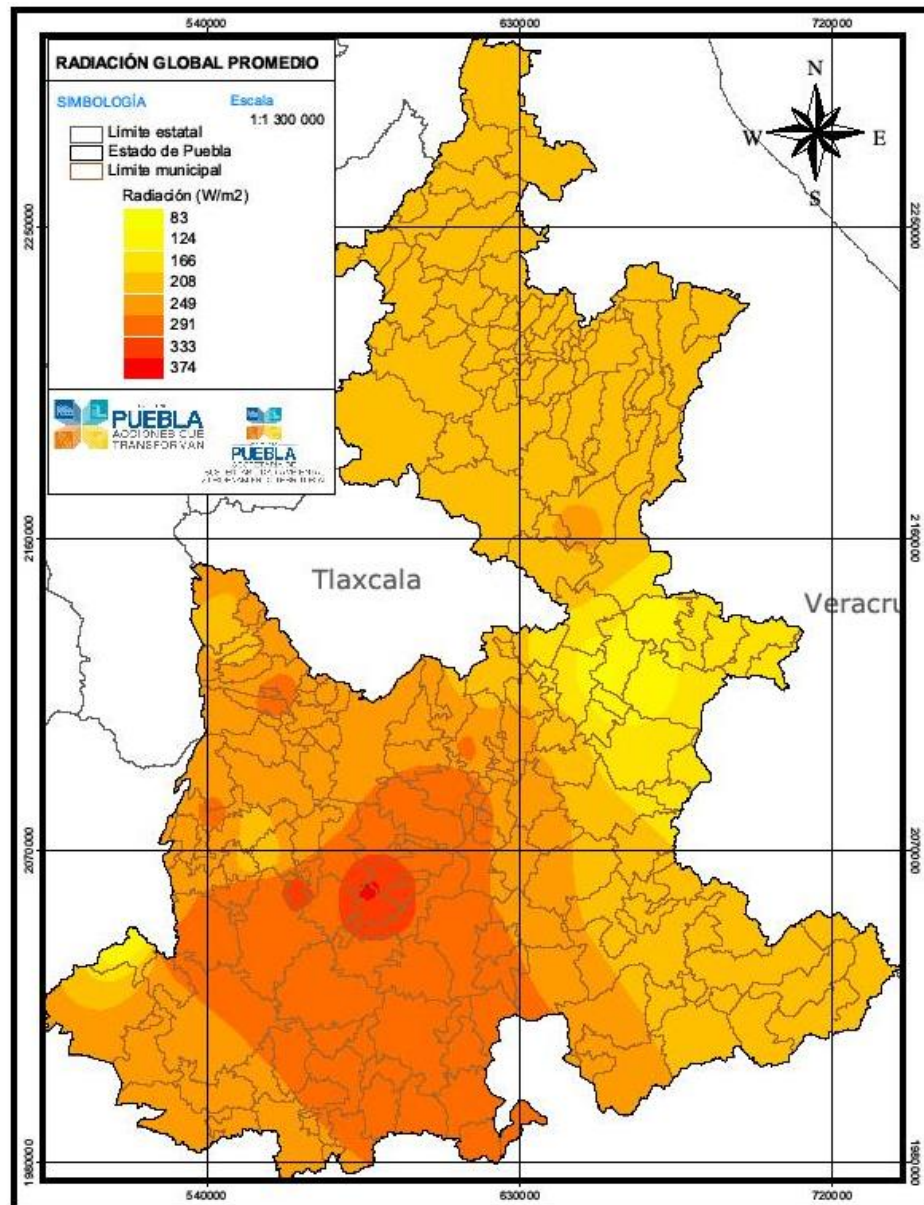


Figura 7 Radiación global promedio del Estado de Puebla, 2008

Fuente: (Gobierno del Estado de Puebla , 2011)

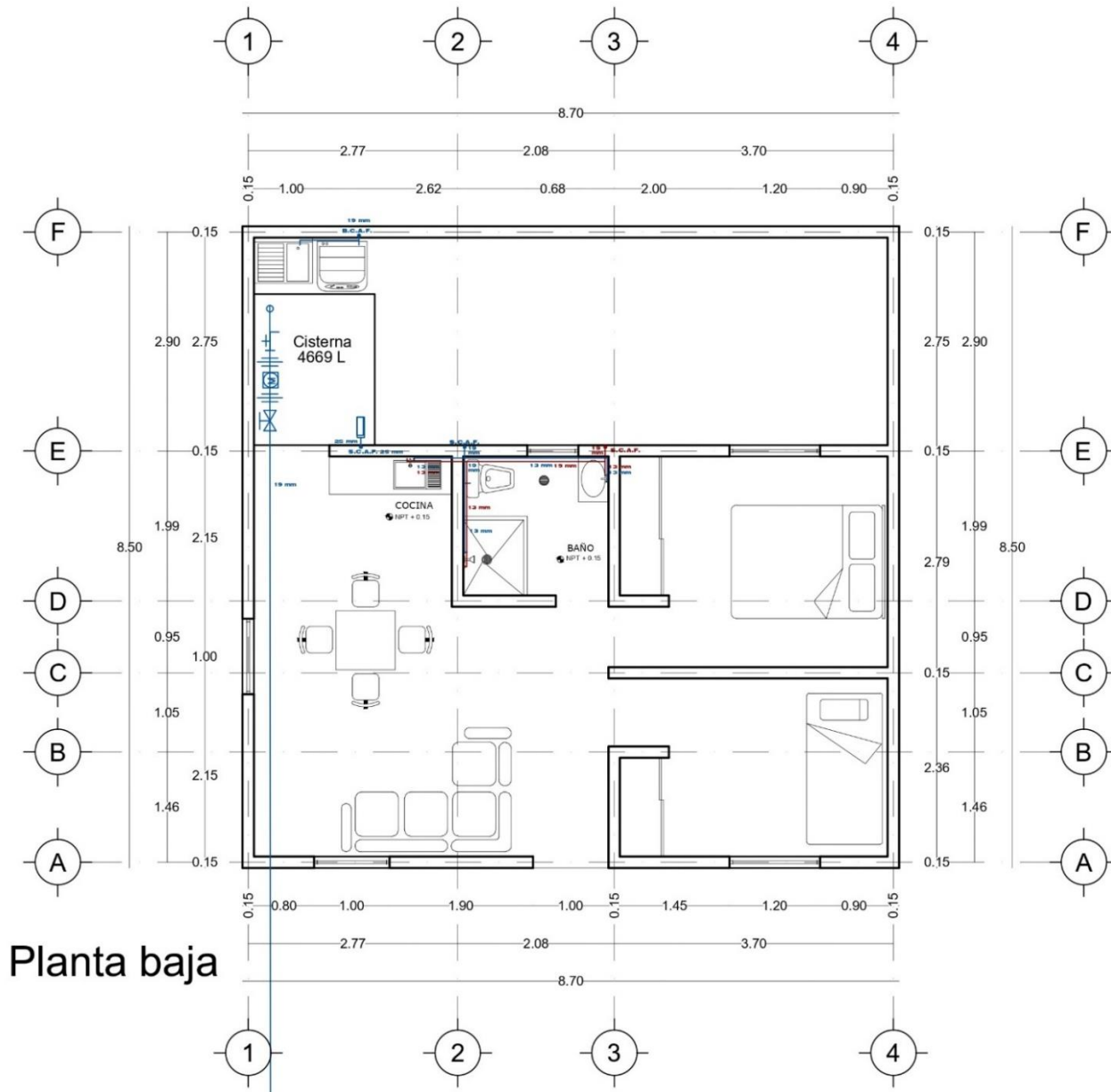
## **3.2. Selección de ecotecnología**

### *3.2.1. Calentador solar*

Los distintos patrones de uso de las personas hacen difícil estimar el volumen total de agua caliente que se necesita en un hogar. Una familia de cuatro personas consume alrededor de 340 litros de agua caliente al día, mientras que un hogar de dos personas consume alrededor de 190 litros (PROFECO, 2022).

La gran mayoría de los distribuidores de calentadores de agua informan de que la vida útil de un calentador de agua solar es de veinte años; sin embargo, algunos de estos distribuidores informan de que la vida útil es de sólo quince años. Para demostrar una situación lo más realista posible, en la investigación de este trabajo se ha tenido en cuenta una vida útil de 15 años. Tomando en cuenta que un hogar de cuatro integrantes en México suele consumir 40 litros de gas LP al mes, lo que es comparable con alrededor de un tanque de gas de 20 kilogramos.

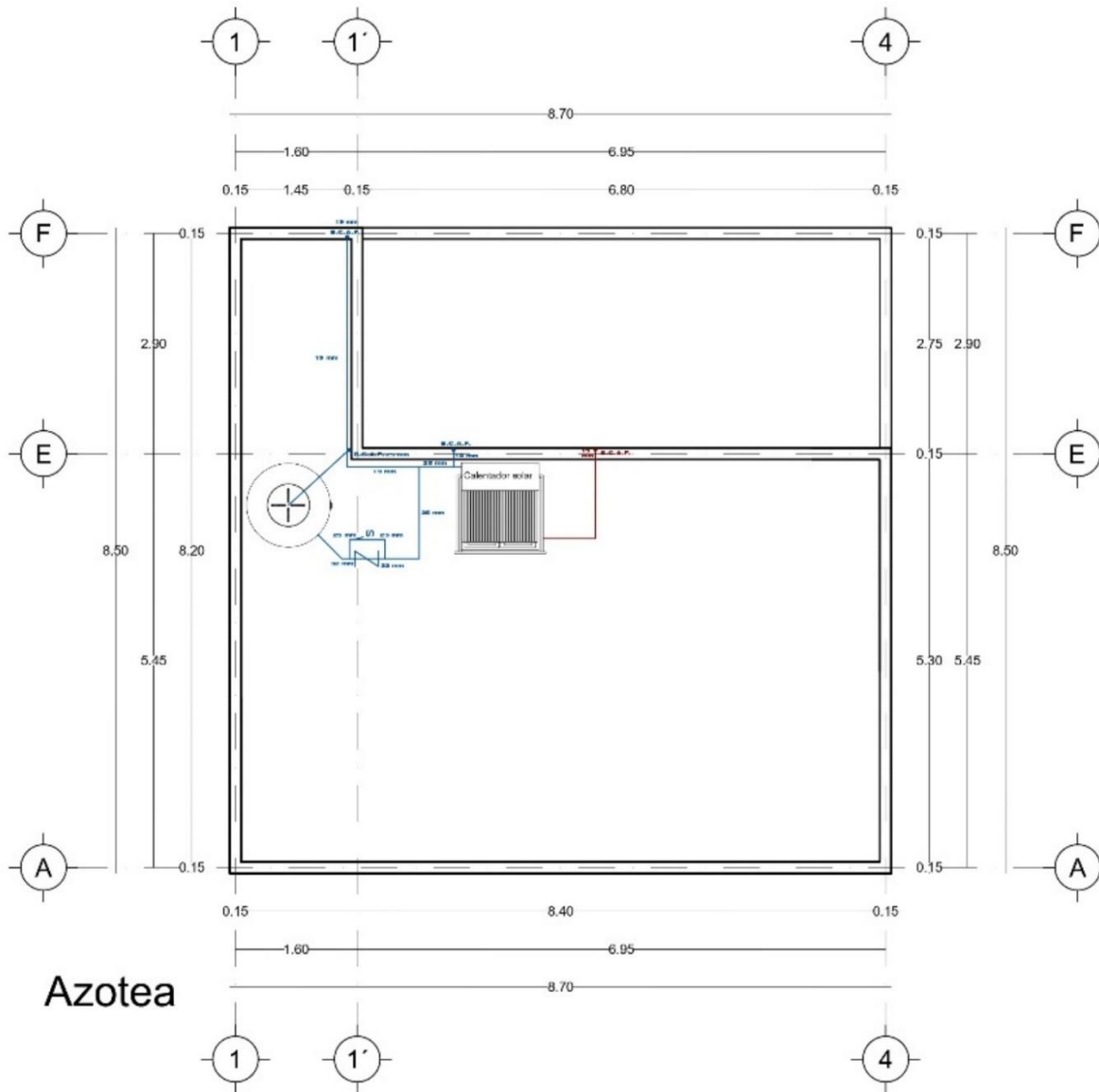
Según la Comisión Nacional Forestal la media de radiación solar en la región de estudio es de 20 mega Joules/m<sup>2</sup> (CONAFOR, 2011) y según lo revisado en el capítulo anterior, las temperaturas irán en aumento para 2030 y 2050 por lo que se toman de base los 20 mj/m<sup>2</sup>.



SIMBOLOGIA HIDRAULICA	
	SUBE COLUMNA AGUA FRIA/ BAJA COLUMNA AGUA FRIA
	SUBE COLUMNA AGUA CALIENTE BAJA COLUMNA AGUA CALIENTE
	TUBO DE AGUA CALIENTE
	TUBO DE AGUA FRIA
	TUERCA UNION
	VALVULA DE PASO
	MEDIDOR DE FLUJO
	LLAVE DE NARIZ
	VALVULA CHECK
	VALVULA FLOTADOR
	BOMBA SUMERGIBLE
	Calentador Solar
Título del Plano: <b>Instalaciones Hidráulicas</b>	
Escala <b>1:75</b>	
Fecha: agosto 2023	
Clave <b>H-1/2</b>	
Fichero: Plantas arquitectónicas	

Figura 8: Plano de Planta Baja de la Casa

Esta figura muestra el plano de la planta baja de la vivienda en la que se ubica el baño al que se conecta el calentador solar de agua. En el plano, se observa claramente la ubicación del baño, dentro del baño se señalan las posiciones del inodoro, la ducha y el lavabo y se marcan con líneas azules las tuberías de agua que actualmente los alimentan-



SIMBOLOGIA HIDRAULICA	
	SUBE COLUMNA AGUA FRIA/ BAJA COLUMNA AGUA FRIA
	SUBE COLUMNA AGUA CALIENTE/ BAJA COLUMNA AGUA CALIENTE
	TUBO DE AGUA CALIENTE
	TUBO DE AGUA FRIA
	TUERCA UNION
	VALVULA DE PASO
	MEDIDOR DE FLUJO
	LLAVE DE NARIZ
	VALVULA CHECK
	VALVULA FLOTADOR
	BOMBA SUMERGIBLE
	Calentador Solar
Titulo del Plano: <b>Instalaciones Hidráulicas</b>	
Escala <b>1:75</b>	
Fecha: agosto 2023	
Clave <b>H-2/2</b>	
Fichero: Plantas arquitectónicas	

Figura 9: Plano de la Azotea de la Casa

El segundo plano se centra en la azotea, donde se instalará el calentador solar de agua. Se delinea el área disponible en la azotea y se destaca el espacio específico donde se colocará el calentador. Se muestran también las tuberías que suben desde la planta baja hasta la azotea, conectando el sistema de calentador solar con las tuberías del baño.

*Tabla 3 Presupuesto calentador solar*

Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe
Válvula de paso de 3/4" Tuboplus Hidráulico (PP-R)	pza	2	130.00	260.00
Válvula check de 3/4"	pza	1	180.00	180.00
Tee de 3/4" pulgada Tuboplus Hidráulico (PP-R)	pza	2	88.00	176.00
Tuboplus Hidráulico (PP-R) de 3/4"	tmo (4 mts)	2	180.00	360.00
Codo 90° de 3/4 Tuboplus Hidráulico (PP-R)	pza	3	83.00	249.00
Conector de tanque de 3/4"	pza	1	50.00	50.00
Pegamento para PVC	pza	1	49.00	49.00
Silicón sellador transparente	pza	1	115.00	115.00
Mano de obra estimada				\$1,000.00
Total con mano de obra				\$2,439.00

Fuente: Elaboración propia

El calentador solar elegido es del proveedor autorizado por INFONAVIT para comercializar ecotecnologías, Ecomart Soluciones Verdes quien en su página de Facebook especifica el calentador de 140 litros ideal para 4 servicios de la marca *Skypower* con un costo de \$4,636.00 pesos, sumados a los materiales para instalación y mano de obra de \$2,439.00 da un total de \$7,075.00 con precios de enero de 2023.

*Tabla 4 Perspectiva del precio promedio*

Año	Precio promedio por kg
2018	18.86
2019	17.70
2020	18.18
2021	23.65
2022	22.36
2023	17.37
2024	18.61
2025	19.93
2026	20.03
2027	20.13
2028	20.23
2029	20.32
2030	20.42

2031	20.52
2032	20.62
2033	20.72
2034	20.82
2035	20.92
2036	21.02
2037	21.12

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4 se muestra el precio promedio del kilogramo de gas LP desde el año 2018 al 2022 según datos del Índice Nacional de Precios al Consumidor (INEGI, 2022), además de la proyección a 15 años según el método de mínimos cuadrados mediante el software Excel.

En la tabla 5 se muestra las perspectivas de ahorro de gas, según el consumo estimado por la Profeco en un hogar de cuatro integrantes de 20 kg al mes, tomando en cuenta una estimación de uso de gas para calentar agua del 54% del consumo total (GIZ, 2015).

*Tabla 5 Perspectivas de ahorro de gas*

Año	Costo mensual 20kg	Ahorro mensual del 54%	Ahorro anual del 54%	Retorno inversión	Mantenimiento anual	Ahorro total
2023	347.4	187.6	2251.15	-4823.85	0	-4823.85
2024	372.2	200.99	2411.86	-2411.99	1000	-3411.99
2025	398.6	215.24	2582.93	170.94	1100	-929.06
2026	400.6	216.32	2595.89	2766.83	1210	<b>1556.83</b>
2027	402.6	217.4	2608.85	5375.68	1331	<b>4044.68</b>
2028	404.6	218.48	2621.81	7997.49	1464	<b>6533.49</b>
2029	406.4	219.46	2633.47	10630.96	1611	<b>9019.96</b>
2030	408.4	220.54	2646.43	13277.39	1772	<b>11505.39</b>
2031	410.4	221.62	2659.39	15936.78	1949	<b>13987.78</b>
2032	412.4	222.7	2672.35	18609.13	2144	<b>16465.13</b>
2033	414.4	223.78	2685.31	21294.44	2358	<b>18936.44</b>
2034	416.4	224.86	2698.27	23992.71	2594	<b>21398.71</b>
2035	418.4	225.94	2711.23	26703.94	2853	<b>23850.94</b>
2036	420.4	227.02	2724.19	29428.13	3138	<b>26290.13</b>
2037	422.4	228.1	2737.15	32165.28	3452	<b>28713.28</b>

Fuente: Elaboración propia

La primer columna corresponde al año de estudio, el cual está contemplado desde Enero de 2023 hasta Diciembre de 2037, la segunda columna se refiere al costo mensual estimado para un tanque de 20 kilos en la región de Puebla del Índice Nacional de Precios al Consumidor, en la tercer columna se especifica el ahorro mensual estimando el ahorro del 54%, mientras que en la cuarta columna se refleja el ahorro anual. En la quinta columna se especifica el retorno de inversión restando al costo de compra e instalación (\$7,075) el ahorro anual. La quinta columna contempla un costo de mantenimiento anual a partir del segundo año y contemplando un incremento del 10% del costo de mantenimiento anual.

En la última columna se llega al ahorro total estimado, siendo los primeros tres años necesarios para cubrir la inversión, pero a partir del tercer año se da un ahorro exponencial en el gas lp, aun contemplando gastos de mantenimiento, siendo el ahorro dentro de los primeros 5 años de \$4,044.68, a los 10 años de \$16,465.13 y a los 15 años se llega a la cifra acumulada de \$28,713.28, es preciso señalar que ya que se esperan alzas de precios en el gas lp, el ahorro es mayor conforme el precio del combustible se eleva.

### 3.2.2. Captador de agua pluvial

De acuerdo con la Guía de construcción para la captación de agua de lluvia de la Organización Panamericana de la Salud (2014), es necesario determinar la precipitación media para diseñar un sistema de captación de agua de lluvia.

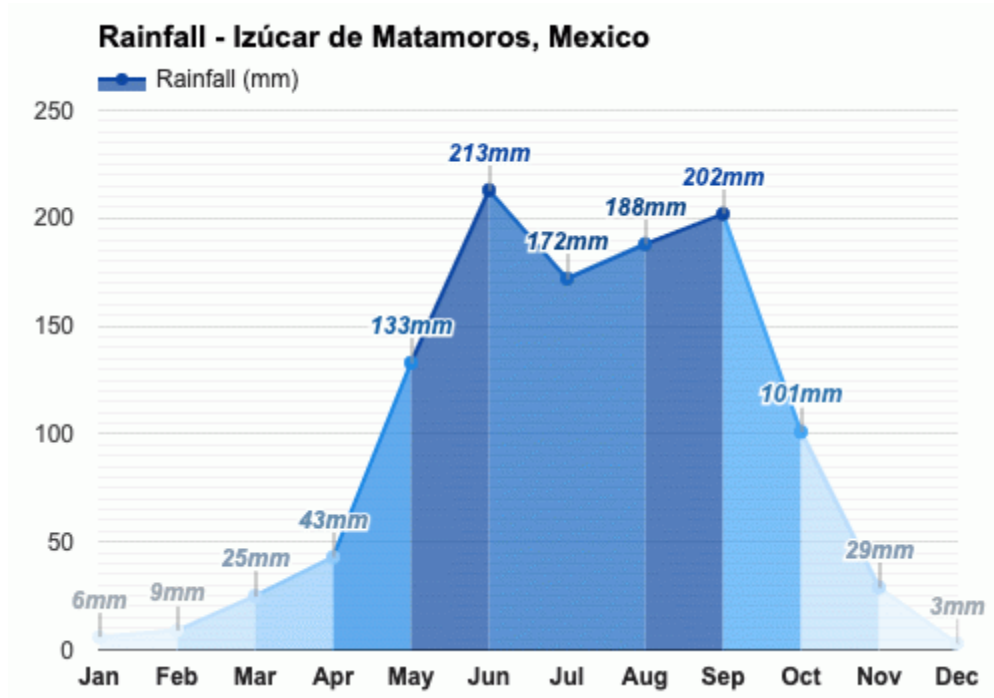


Figura 10 Porcentaje de lluvia Izúcar de Matamoros

Fuente: (weather-atlas, 2022)

Teniendo en cuenta que 1 mm de precipitación equivale a 1 litro de agua por metro cuadrado, se utiliza esta información para estimar el suministro de agua que proporcionará el sistema de recogida de aguas pluviales. Al diseñar el sistema se tuvieron en cuenta los siguientes factores, dado que el agua que se proporcionaría se utilizara para las cisternas de los inodoros, el riego de jardines y el lavado de patios.

Un inodoro normal puede consumir hasta 15 litros de agua en cada descarga, mientras que el modelo propuesto incorpora un sistema de descarga de 3.3 L para líquidos y 4.8 L para sólidos (homedepot, 2022). Dado que una persona en

promedio utiliza el baño tres veces al día para líquidos y una para sólidos, se puede extrapolar que la descarga total promedio es de 14.7 litros por persona.

El riego semanal de las plantas y el lavado del patio se estima se realiza con 4 cubos de 20 litros a la semana. La cantidad de agua utilizada semanalmente equivale a 80 litros. Como se trata de una sugerencia para un hogar de clase media, se hipotetiza que habría que limpiar un automóvil cada semana, utilizando un total de cuatro cubos de 20 litros. La media diaria es de 11.4 litros.

Por lo que en la propuesta semiecológica para el baño se utilizaran en total 58.8 litros diarios, lo que se traduce en 1764 litros al mes, más 320 litros mensuales de riego de plantas y lavado de patios y 320 litros de lavado de automóvil; en total se estima una demanda de 2,404 litros.

Para una vivienda tradicional la descarga normal del retrete es de 10 litros por cuatro usos por persona son 40 litros, en total 160 litros diarios por cuatro personas 4800 litros al mes, el riego semanal de las plantas y el lavado del patio se estima un flujo de manguera de 8 litros por minuto por 40 minutos semanales, al mes 1280 litros, el lavado de automóvil con manguera por 20 min, son 160 litros a la semana y 640 al mes, el total de consumos es 6720 litros.

Se puede satisfacer nuestra demanda con la cantidad de agua que se puede captar, por lo que el suministro es proporcional a ésta. Para calcularlo se debe utilizar la ecuación siguiente.

$$O = (Ppd * A * Ce),$$

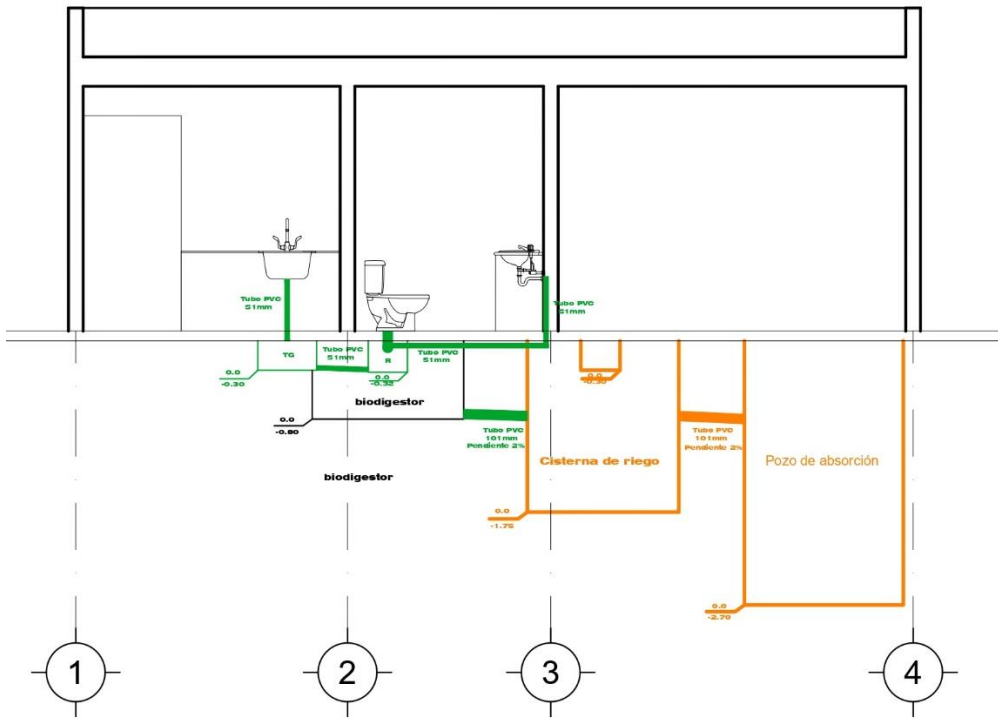
En esta ecuación, O representa el suministro diario de agua en litros, Ppd representa la precipitación media diaria en litros por metro cuadrado, A representa la superficie de captación de agua en metros cuadrados y Ce representa el coeficiente de escorrentía.

En el plano siguiente conformado por tres planos distintos, se puede observar el diseño integral de un sistema de captación de agua de lluvia para una vivienda.

El primer plano muestra la planta baja, donde se detalla la instalación de tuberías que conducen desde las canaletas en el techo hasta el tanque de almacenamiento, pasando por un registro y un filtro. Aquí también se muestra cómo este sistema se conecta al sanitario y al lavatrastes.

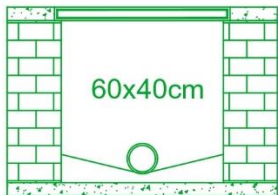
El segundo plano se centra en la azotea de la casa, destacando la instalación de canaletas y tuberías que recolectan el agua de lluvia. Se incluyen líneas que indican la dirección y el grado de las pendientes en la azotea, para asegurar que el agua se dirija de manera eficiente hacia las canaletas.

Por último, el tercer plano incluye un cuadro de simbología para facilitar la comprensión de los distintos componentes y elementos que conforman el sistema. Este cuadro detalla los símbolos utilizados para representar tuberías, filtros, válvulas y demás elementos del sistema de captación de agua de lluvia.

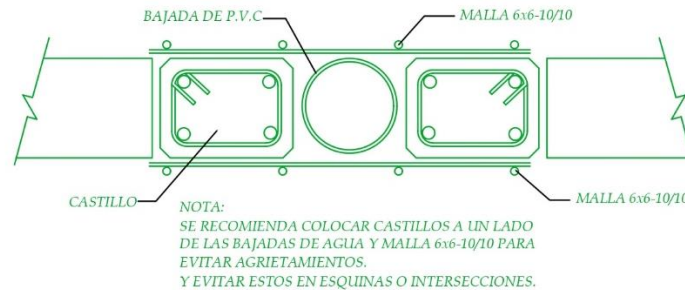


## Corte X-X'

### DETALLE DE REGISTRO DE TABIQUE ROJO



muro de tabique rojo común  
 asentado con mortero cem-arena 1:5  
 plantilla de concreto simple  
 pendiente del 2%  
 acabado final en muros interiores  
 pulido fino con cemento



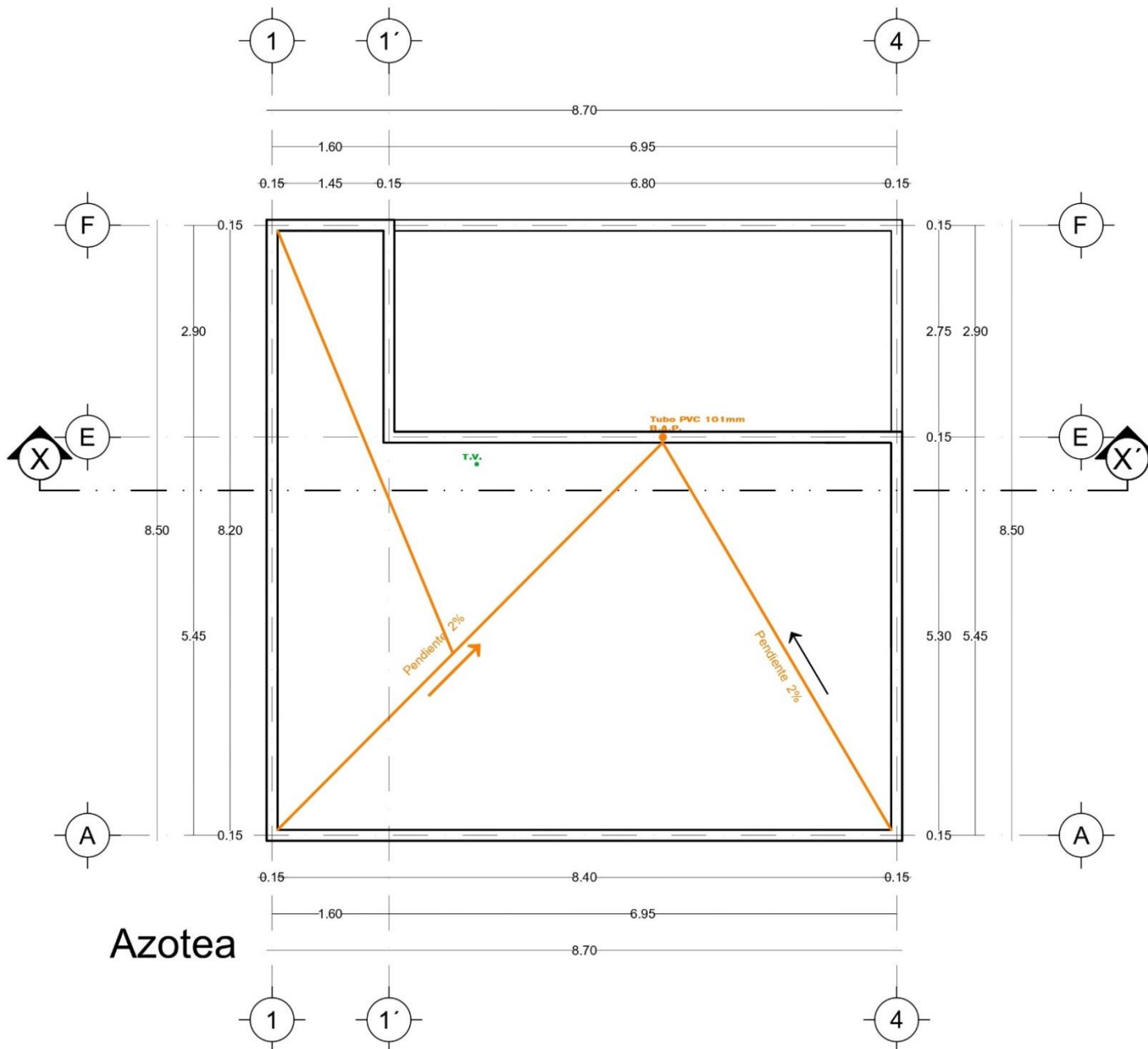
### OBSERVACIONES SANITARIAS

- 1.- TODA LA TUBERIA EN INSTALACION SANITARIA SERA DE PVC CALIDAD NORMA Y A.D.S.
- 2.- TODOS LOS DIAMETROS SE INDICAN EN PLANTA

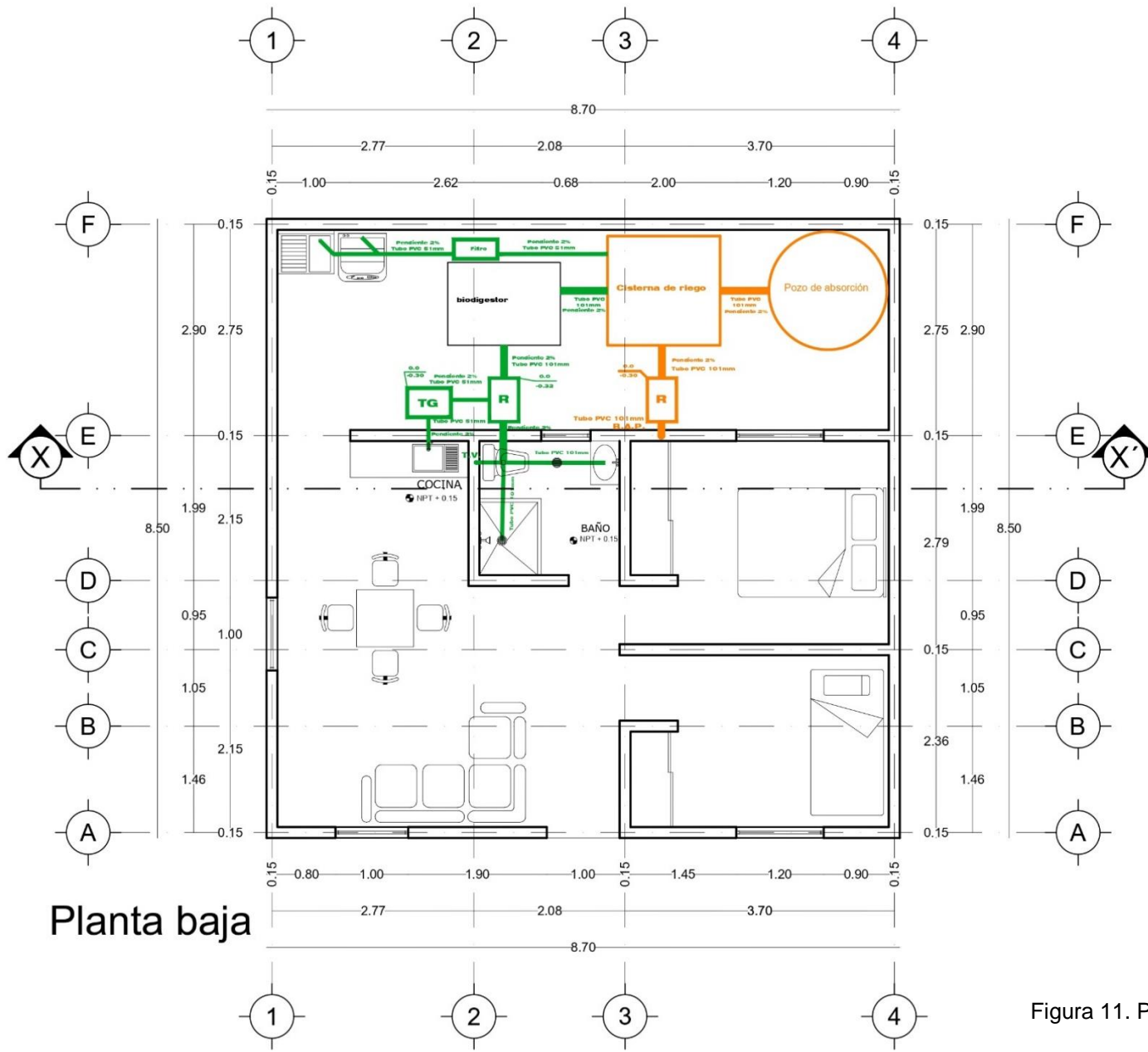
SIMBOLOGIA SANITARIA	
	BAJADA DE AGUAS NEGRAS
	Trampa de Grasa
	DIRECCION DE PENDIENTES Pendiente 2%
	TUBO DE PVC 101MM TUBO DE PVC 51MM
	TUBO DE ADS 151MM
	REGISTRO 40 X 60
	CESPOL COLADERA CON BOTE
	CESPOL COLADERA CON SELLO HIDRAULICO 20 X 20
	TUBO VENTILADOR 51MM

Título del Plano: <b>Instalaciones sanitarias</b>	Escala <b>1:75</b>
Fecha: agosto 2023	Clave
Fichero: Plantas arquitectónicas	<b>S-3/3</b>



SIMBOLOGIA SANITARIA							
	BAJADA DE AGUAS NEGRAS						
	Trampa de Grasa						
	DIRECCION DE PENDIENTES						
	TUBO DE PVC 101MM						
	TUBO DE PVC 51MM						
	TUBO DE ADS 151MM						
	REGISTRO 40 X 60						
	CESPOL COLADERA CON BOTE						
	CESPOL COLADERA CON SELLO HIDRAULICO 20 X 20						
	TUBO VENTILA 51MM						
<table border="1"> <tr> <td>Título del Plano: <b>Instalaciones sanitarias</b></td> <td>Escala <b>1:75</b></td> </tr> <tr> <td>Fecha: agosto 2023</td> <td>Clave</td> </tr> <tr> <td>Fichero: Plantas arquitectónicas</td> <td><b>S-2/3</b></td> </tr> </table>		Título del Plano: <b>Instalaciones sanitarias</b>	Escala <b>1:75</b>	Fecha: agosto 2023	Clave	Fichero: Plantas arquitectónicas	<b>S-2/3</b>
Título del Plano: <b>Instalaciones sanitarias</b>	Escala <b>1:75</b>						
Fecha: agosto 2023	Clave						
Fichero: Plantas arquitectónicas	<b>S-2/3</b>						



SIMBOLOGIA SANITARIA							
	BAJADA DE AGUAS NEGRAS						
	Trampa de Grasa						
	DIRECCION DE PENDIENTES						
	TUBO DE PVC 101MM						
	TUBO DE PVC 51MM						
	TUBO DE ADS 151MM						
	REGISTRO 40 X 60						
	CESPOL COLADERA CON BOTE						
	CESPOL COLADERA CON SELLO HIDRAULICO 20 X 20						
	TUBO VENTILA 51MM						
<table border="1"> <tr> <td>Título del Plano: <b>Instalaciones sanitarias</b></td> <td>Escala <b>1:75</b></td> </tr> <tr> <td>Fecha: agosto 2023</td> <td>Clave <b>S-1/3</b></td> </tr> <tr> <td>Fichero: Plantas arquitectónicas</td> <td></td> </tr> </table>		Título del Plano: <b>Instalaciones sanitarias</b>	Escala <b>1:75</b>	Fecha: agosto 2023	Clave <b>S-1/3</b>	Fichero: Plantas arquitectónicas	
Título del Plano: <b>Instalaciones sanitarias</b>	Escala <b>1:75</b>						
Fecha: agosto 2023	Clave <b>S-1/3</b>						
Fichero: Plantas arquitectónicas							

Figura 11. Plano

La tabla 6 que corresponde a los coeficientes de escorrentía de diversos materiales, consultando la Guía de diseño para la recogida de agua de lluvia.

*Tabla 6 Coeficientes de escorrentía de diversos materiales*

<b>Tipos de superficie o coberturas del área de captación</b>	<b>Ce</b>
Lámina plástica de polietileno	0.90
Mortero	0.88
Asfalto	0.88
Teja de arcilla recocida	0.75
Manta plástica + grava	0.70
Pastos	0.12-0.62
Cemento	0.75-0.95
Hormigón	0.70-0.95

Fuente: (Organización Panamericana de la Salud, 2004)

La superficie de captación disponible en la vivienda asciende a 50 m<sup>2</sup>. Dado que la vivienda tiene un tejado de cemento, se utiliza el coeficiente de escorrentía de 0,75 de la tabla, y así determinar el suministro mensual de agua es igual a:

*Tabla 7 Suministro mensual de agua*

<b>Mes</b>	<b>mm mensual</b>	<b>Estimado mensual (litros)</b>
Enero	6	225
Febrero	9	337.5
Marzo	25	937.5
Abril	43	1612.5
Mayo	133	4987.5
Junio	213	7987.5
Julio	172	6450
Agosto	188	7050
Septiembre	202	7575
Octubre	101	3787.5
Noviembre	29	1087.5
Diciembre	3	112.5
Total	1124	42150

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la demanda estimada para los servicios del escusado, lavado de pisos, riego de plantas y lavado de automóviles, de 2,404 litros mensuales se

estima una cisterna con capacidad de 15 mil litros con el fin de tener soporte para cuatro meses de uso, además de estar prevenidos frente a meses con menor estimado de lluvias en la región (enero a marzo), también posteriormente añadirse un sistema de filtrado, posibilitando su uso para la regadera, lavado de trastes e incluso para el consumo.

En la tabla siguiente se muestran los estimados de lluvia mensual a cinco años, así como los litros disponibles en una cisterna de 15 mil litros tomando en cuenta la recolección mensual según las lluvias estimadas y un consumo de 2,404 litros.

*Tabla 8 Estimados de lluvia mensual*

	Lluvia mensual	Capacidad tanque 15 mil		
<b>Enero23</b>	225	-2179	<b>Abril25</b>	1612.5 4889
<b>Febrero23</b>	337.5	-4246	<b>Mayo25</b>	4987.5 7472
<b>Marzo23</b>	937.5	-5712	<b>Junio25</b>	7987.5 13056
<b>Abril23</b>	1612.5	-6504	<b>Julio25</b>	6450 15000
<b>Mayo23</b>	4987.5	-3920	<b>Agosto25</b>	7050 15000
<b>Junio23</b>	7987.5	1664	<b>Septiembre25</b>	7575 15000
<b>Julio23</b>	6450	5710	<b>Octubre25</b>	3787.5 15000
<b>Agosto23</b>	7050	10356	<b>Noviembre25</b>	1087.5 13684
<b>Septiembre23</b>	7575	15000	<b>Diciembre25</b>	112.5 11392
<b>Octubre23</b>	3787.5	15000	<b>Enero26</b>	225 9213
<b>Noviembre23</b>	1087.5	13684	<b>Febrero26</b>	337.5 7147
<b>Diciembre23</b>	112.5	11392	<b>Marzo26</b>	937.5 5680
<b>Enero24</b>	225	9213	<b>Abril26</b>	1612.5 4889
<b>Febrero24</b>	337.5	7147	<b>Mayo26</b>	4987.5 7472
<b>Marzo24</b>	937.5	5680	<b>Junio26</b>	7987.5 13056
<b>Abril24</b>	1612.5	4889	<b>Julio26</b>	6450 15000
<b>Mayo24</b>	4987.5	7472	<b>Agosto26</b>	7050 15000
<b>Junio24</b>	7987.5	13056	<b>Septiembre26</b>	7575 15000
<b>Julio24</b>	6450	15000	<b>Octubre26</b>	3787.5 15000
<b>Agosto24</b>	7050	15000	<b>Noviembre26</b>	1087.5 13684
<b>Septiembre24</b>	7575	15000	<b>Diciembre26</b>	112.5 11392
<b>Octubre24</b>	3787.5	15000	<b>Enero27</b>	225 9213
<b>Noviembre24</b>	1087.5	13684	<b>Febrero27</b>	337.5 7147
<b>Diciembre24</b>	112.5	11392	<b>Marzo27</b>	937.5 5680
<b>Enero25</b>	225	9213	<b>Abril27</b>	1612.5 4889
<b>Febrero25</b>	337.5	7147	<b>Mayo27</b>	4987.5 7472
<b>Marzo25</b>	937.5	5680	<b>Junio27</b>	7987.5 13056
			<b>Julio27</b>	6450 15000
			<b>Agosto27</b>	7050 15000
			<b>Septiembre27</b>	7575 15000

<b>Octubre27</b>	3787.5	15000	<b>Diciembre27</b>	112.5	11392
<b>Noviembre27</b>	1087.5	13684			

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 8 en los meses de mayo a septiembre en los cuales hay mayor cantidad de lluvias el tanque alcanza su mayor capacidad y posteriormente los meses de diciembre a marzo que las lluvias no alcanzan a cubrir la demanda, el tanque tiene la capacidad de suministrar el agua necesaria teniendo su menor nivel en los meses de abril con un estimado de 4889 litros lo que correspondería a dos meses de abastecimiento.

Teniendo en cuenta las tarifas anuales de agua de 2014 a 2022 proporcionados por el gobierno de Puebla (Agua de Puebla, 2022) se estimó la tendencia en el costo a 20 años, teniendo el costo mensual y costo anual, así como el ahorro en el consumo.

*Tabla 9 Tendencia en el costo a 20 años*

<b>Año</b>	<b>Tendencia</b>	<b>Costo mensual</b>	<b>Costo anual</b>	<b>Ahorro acumulado</b>
<b>2023</b>	\$ 22.1	\$ 148.6	\$ 1,782.7	\$ 1,783
<b>2024</b>	\$ 23.0	\$ 154.4	\$ 1,852.4	\$ 3,635
<b>2025</b>	\$ 23.8	\$ 160.2	\$ 1,922.1	\$ 5,557
<b>2026</b>	\$ 24.7	\$ 166.0	\$ 1,991.8	\$ 7,549
<b>2027</b>	\$ 25.6	\$ 171.8	\$ 2,061.5	\$ 9,611
<b>2028</b>	\$ 26.4	\$ 177.6	\$ 2,131.2	\$ 11,742
<b>2029</b>	\$ 27.3	\$ 183.4	\$ 2,200.9	\$ 13,943
<b>2030</b>	\$ 28.2	\$ 189.2	\$ 2,270.7	\$ 16,213
<b>2031</b>	\$ 29.0	\$ 195.0	\$ 2,340.4	\$ 18,554
<b>2032</b>	\$ 29.9	\$ 200.8	\$ 2,410.1	\$ 20,964
<b>2033</b>	\$ 30.8	\$ 206.6	\$ 2,479.8	\$ 23,444
<b>2034</b>	\$ 31.6	\$ 212.5	\$ 2,549.5	\$ 25,993
<b>2035</b>	\$ 32.5	\$ 218.3	\$ 2,619.2	\$ 28,612
<b>2036</b>	\$ 33.3	\$ 224.1	\$ 2,688.9	\$ 31,301
<b>2037</b>	\$ 34.2	\$ 229.9	\$ 2,758.6	\$ 34,060
<b>2038</b>	\$ 35.1	\$ 235.7	\$ 2,828.3	\$ 36,888
<b>2039</b>	\$ 35.9	\$ 241.5	\$ 2,898.0	\$ 39,786
<b>2040</b>	\$ 36.8	\$ 247.3	\$ 2,967.7	\$ 42,754
<b>2041</b>	\$ 37.7	\$ 253.1	\$ 3,037.4	\$ 45,791

<b>2042</b>	\$	38.5	\$	258.9	\$	3,107.1	\$	48,898
<b>2043</b>	\$	39.4	\$	264.7	\$	3,176.8	\$	<b>52,075</b>

Fuente: Elaboración propia

Como se puede notar el consumo empleando hábitos ahorradores como el uso de cubetas en lugar de manguera para el lavado de patio, automóvil y riego de plantas, además del uso de un retrete ecológico genera una reducción en la demanda original de 6720 litros a 2404 litros.

### 3.2.3. Paneles solares

El gasto energético de la propiedad se ve influenciado por todos los dispositivos conectados al suministro eléctrico y la duración de su uso, así como por la iluminación. La mayoría de los dispositivos electrónicos actuales incluyen en sus manuales de instrucciones u operación el consumo promedio en vatios por hora necesario para su funcionamiento, como televisores, refrigeradores, equipos informáticos, sistemas de iluminación, lavadoras, hornos microondas, cargadores de teléfonos móviles y muchos otros. A continuación, se muestra una tabla con el consumo promedio de los electrodomésticos que normalmente se conectan a una red eléctrica residencial.

Tabla 10 Consumo promedio de electrodomésticos

<b>Aparato</b>	<b>Potencia (promedio) Watts</b>	<b>Tiempo de uso al día (promedio)</b>	<b>Tiempo de uso (4 semanas)</b>	<b>Consumo mensual Kilowatts/hora</b>
<b>Batidora</b>	140	2 min	56 min	0.13
Licuada	350	2 min	56 min	0.326
Tv 43"	50	4 horas	112 horas	5.6
Secadora de pelo	825	10 min	2 horas 40 min	2.2
Refrigerador	500	8 horas	224 horas	112
Computadora	150	4 horas	112 horas	16.8
Cargador de celular X3	30	2 horas	168 horas	1.68
Focos ahorradores	5	5 horas	140 horas	0.7
<b>Total</b>				<b>139.436</b>

Fuente: Elaboración propia

Para llevar a cabo un análisis de costo-beneficio sobre la instalación de paneles solares en una vivienda en México con un consumo mensual total de 140 kWh, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

Costo de instalación: El precio de la instalación de paneles solares en México fluctúa según las dimensiones del sistema y la marca de los equipos.

Para llevar a cabo el proyecto, se requiere de una inversión destinada a la adquisición de materiales y dispositivos esenciales para el adecuado funcionamiento del sistema fotovoltaico. La tabla muestra los precios de cada uno de los dispositivos y materiales necesarios.

*Tabla 11 Precios de dispositivos y materiales*

<b>Artículo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio</b>	<b>Precio Total</b>
<b>Módulo fotovoltaico 550 watts</b>	2	2,800	5600
<b>Batería 12 Volts</b>	2	2,100	4200
<b>Inversor de C.D / C.A</b>	1	2,300	2,300
<b>Controlador de carga 12/24 Volts</b>	1	2,200	2,300
<b>Estructuras para montar módulos</b>	2	2,100	4200
<b>Materiales para instalación eléctrica</b>	1	2,000	2,000
<b>Total</b>			<b>20600</b>

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta un gasto promedio de 150 kWh al mes se presentan los datos proyectados para los primeros 15 años, en general los fabricantes estiman la duración de las celdas solares en 25 años. Se estimó un aumento del 15% anual del costo del kWh.

Tabla 12 Estimación del costo anual

<b>Año</b>	<b>Consumo mensual</b>	<b>Precio</b>	<b>Precio anual</b>	<b>Costo acumulado</b>
<b>2022</b>	150	150	1800	1800
<b>2023</b>	150	173	2070	3870
<b>2024</b>	150	198	2381	6251
<b>2025</b>	150	228	2738	8988
<b>2026</b>	150	262	3148	12136
<b>2027</b>	150	302	3620	15757
<b>2028</b>	150	347	4164	19920
<b>2029</b>	150	399	4788	24708
<b>2030</b>	150	459	5506	30215
<b>2031</b>	150	528	6332	36547
<b>2032</b>	150	607	7282	43829
<b>2033</b>	150	698	8374	52203
<b>2034</b>	150	803	9630	61833
<b>2035</b>	150	923	11075	72908
<b>2036</b>	150	1061	12736	85645

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente grafica se considera el costo de los paneles solares, contemplando un costo de mantenimiento con un 10% de incremento anual, la siguiente columna muestra el costo de la energía anual con un incremento del

15%, por último, se encuentran los datos de amortización de los gastos y beneficios de exentar el costo de la energía.

*Tabla 13 Estimación de los gastos y amortización*

<b>Año</b>	<b>Costo de paneles</b>	<b>Mantenimiento</b>	<b>Costo CFE anual</b>	<b>Amortización</b>
<b>2022</b>	20600		1800	-18800
<b>2023</b>	20600	1000	2070	-17730
<b>2024</b>	20600	1100	2381	-16450
<b>2025</b>	20600	1210	2738	-14922
<b>2026</b>	20600	1331	3148	-13105
<b>2027</b>	20600	1464	3620	-10948
<b>2028</b>	20600	1611	4164	-8395
<b>2029</b>	20600	1772	4788	-5379
<b>2030</b>	20600	1949	5506	-1821
<b>2031</b>	20600	2144	6332	2367
<b>2032</b>	20600	2358	7282	7291
<b>2033</b>	20600	2594	8374	13072
<b>2034</b>	20600	2853	9630	19849
<b>2035</b>	20600	3138	11075	27786
<b>2036</b>	20600	3452	12736	37070

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que el retorno de la inversión se da a los 10 años a partir de los cuales se da un ahorro exponencial llegando a 37 mil pesos en el año 15.

## CAPÍTULO 4. ANÁLISIS FINAL

Como resultado final del análisis de tres tecnologías para la sostenibilidad de viviendas se realiza el análisis final del costo beneficios del calentador solar, la cisterna para almacenamiento de agua de lluvia y los paneles solares como medio de reducir el gasto en energía eléctrica.

En relación con los costos iniciales de las tecnologías, el calentador solar se presenta como la alternativa más asequible en comparación con la implementación de sistemas de captación de agua pluvial y paneles solares. Mientras que un calentador solar para una vivienda promedio puede oscilar entre los 5,000 y 15,000 MXN (pesos mexicanos), la inversión en un sistema de recolección de agua pluvial puede variar entre 30,000 y 50,000 MXN, dependiendo de la complejidad y capacidad del sistema. Por otro lado, la instalación de un sistema de paneles inicia en promedio desde 15,000 contemplando solo un panel solar.

En la tabla siguiente se muestran los costos calculados para el presente proyecto en los que se buscó cubrir totalmente el consumo del servicio ya sea de gas, agua o electricidad, siendo el calentador solar la tecnología más económica con un costo de entrada de siete mil pesos.

*Tabla 14 Costos calculados*

<b>Tecnología</b>	<b>Costo</b>
<b>Calentador</b>	\$ 7,075.00
<b>Cisterna</b>	\$ 50,000.00
<b>Paneles</b>	\$ 20,600.00

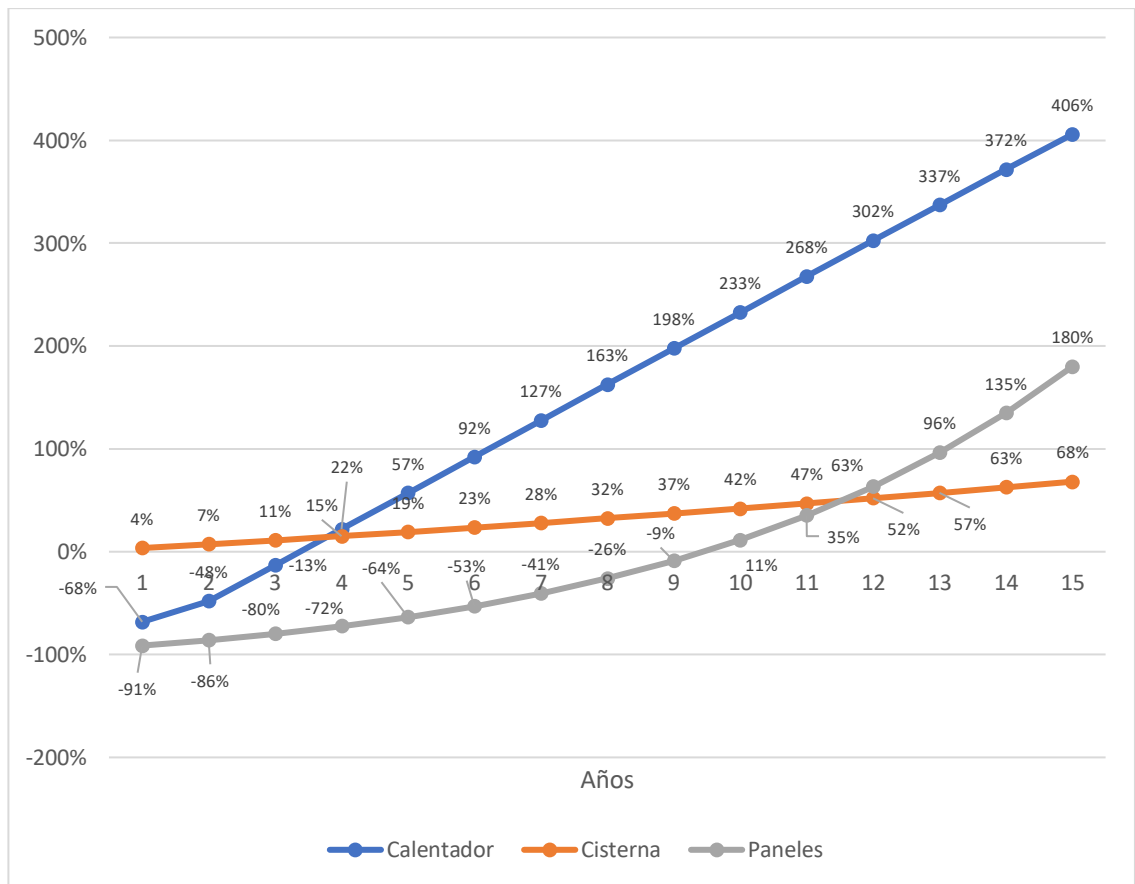
Fuente: Elaboración propia

Al evaluar las opciones, es fundamental tener en cuenta no solo los costos iniciales, sino también los ahorros a largo plazo. La elección dependerá de las necesidades específicas de la vivienda, el presupuesto disponible y las prioridades medioambientales y de ahorro de cada hogar. La siguiente grafica

muestra una comparación de las tres tecnologías respecto al porcentaje anual de recuperación de la inversión.

La grafica presenta la recuperación de la inversión respecto al costo de la tecnología y sus gastos de mantenimiento, por lo que todas las tecnologías inician en su primer año con números negativos (bajo la línea 0) y conforme generan ahorros económicos se acercan al 0% que significaría que el costo de implementación se ha visto cubierto por el ahorro generado por el funcionamiento de la ecotecnología. Las cantidades que superan el cero reflejan el porcentaje del costo de implementación que se ha transformado en ahorro.

Tabla 15 Recuperación de la inversión



Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la figura 11, el calentador solar es la tecnología que permite recuperar la inversión más rápidamente, generando ahorros de manera

exponencial durante los 15 años estimados. En el cuarto año, ya se logra recuperar la inversión inicial. Esto se debe principalmente a la notable reducción en los gastos de gas utilizados para calentar agua, así como a los costos del gas, los cuales se espera que sigan aumentando a lo largo de los años. Además, el calentador solar es una opción de bajo mantenimiento y alta durabilidad, lo que contribuye a la rápida recuperación de la inversión y a la obtención de ahorros a largo plazo.

Por otro lado, también es relevante mencionar que el calentador solar contribuye al cuidado del medio ambiente al utilizar energía renovable para calentar el agua, reduciendo así las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al uso de gas natural o propano. Además, al ser una tecnología que no produce contaminación acústica, mejora la calidad de vida en el entorno doméstico y en el vecindario. En conjunto, estos beneficios a largo plazo, tanto económicos como medioambientales, hacen que la inversión en un calentador solar sea una opción atractiva para aquellos que buscan soluciones energéticas sostenibles y rentables para sus hogares.

En el caso de la instalación de paneles solares, la recuperación del costo se alcanza en 10 años, momento en el cual se empieza a percibir un ahorro real, es decir, superando los costos de instalación y mantenimiento. Una posible razón para que la inversión tarde tanto tiempo en recuperarse es que, en hogares de tamaño pequeño con consumo medio-bajo, existe un subsidio gubernamental que permite pagar menos luz en comparación con el costo real de generación y distribución. Por lo tanto, en viviendas con mayor demanda de energía, con otro tipo de tarifa y menor subsidio, la recuperación de la inversión podría ocurrir antes de los 10 años. Asimismo, es importante mencionar que, a pesar de la tardanza en recuperar la inversión, los paneles solares también ofrecen beneficios medioambientales significativos al reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y disminuir la dependencia de combustibles fósiles.

Adicionalmente, cabe destacar que la vida útil de los paneles solares suele ser de 25 años o más, lo que implica que, una vez recuperada la inversión, los

ahorros en la factura de electricidad continúan durante muchos años más. Además, la eficiencia de los paneles solares ha ido aumentando con el tiempo, lo que también contribuye a una mayor generación de energía y a una recuperación más rápida de la inversión. Es fundamental tener en cuenta que, a medida que los costos de la energía eléctrica aumenten en el futuro, los ahorros proporcionados por los paneles solares son aún más significativos.

Otro aspecto por considerar es que la instalación de paneles solares puede aumentar el valor de la propiedad, lo cual es un factor atractivo para futuros compradores interesados en adquirir una vivienda sostenible y energéticamente eficiente. Además, la adopción de energías renovables como la solar también puede contribuir a la creación de empleo en el sector de la energía limpia y a impulsar el crecimiento económico local. En resumen, aunque la recuperación de la inversión en paneles solares pueda tardar un tiempo considerable, los beneficios a largo plazo tanto económicos como medioambientales y sociales hacen que esta tecnología sea una opción valiosa para quienes buscan soluciones energéticas sostenibles y rentables.

En relación con la captación de agua, el costo inicial es el más elevado, alcanzando los 50,000 pesos, lo que resulta en que el retorno de inversión, considerando el mantenimiento y el aumento de costos, se alcance a los 20 años de instalación. Se estimó que las cisternas de material y las cisternas de plástico tricapa tienen costos similares de implementación, por lo que no se incluyó esta última opción en el análisis.

También es importante mencionar que los sistemas caseros elaborados con botellas de refresco o garrafones interconectados para almacenar el agua podrían ser más económicos, pero es difícil calcular si se cumpliría la demanda de almacenamiento de 15,000 litros y el espacio necesario para ello. Además de los ahorros económicos, los sistemas de captación de agua pluvial también contribuyen a la sostenibilidad al reducir el consumo de agua potable y disminuir la presión sobre los recursos hídricos locales.

Además de los beneficios económicos y medioambientales, la captación de agua pluvial también puede mejorar la calidad y el suministro de agua en áreas donde el acceso a fuentes de agua potable es limitado o inexistente. En este sentido, la instalación de sistemas de captación de agua pluvial puede ser una solución viable para garantizar el abastecimiento de agua en casos de emergencia o durante períodos de sequía, lo que es especialmente relevante en regiones con escasez de agua.

Asimismo, la implementación de sistemas de captación de agua pluvial puede fomentar la educación y la concienciación en torno al uso responsable y sostenible del agua en la comunidad. Al involucrarse en la instalación y el mantenimiento de estos sistemas, los residentes pueden adquirir una mayor comprensión de la importancia del agua como recurso y desarrollar hábitos de consumo más sostenibles. En última instancia, esto podría llevar a una reducción en la demanda de agua potable y aliviar la presión sobre los sistemas de abastecimiento de agua a nivel local y regional.

Aunque la inversión inicial en sistemas de captación de agua pluvial sea alta y el retorno de inversión se alcance a largo plazo, los beneficios económicos, medioambientales y sociales obtenidos compensan dicha inversión. La adopción de estos sistemas puede mejorar el acceso al agua, reducir la presión sobre los recursos hídricos y fomentar una mayor concienciación sobre el uso sostenible del agua en la comunidad.

## CONCLUSION

Este análisis compara exhaustivamente las ventajas económicas y medioambientales de incorporar tecnologías ecológicas en las viviendas sociales en México frente a métodos constructivos convencionales. El enfoque se ha puesto en tres soluciones tecnológicas clave: calentadores de agua solares, sistemas de recolección de agua lluvia y paneles fotovoltaicos. Los hallazgos sugieren que, a pesar de un costo inicial más alto, los retornos a largo plazo, tanto financieros como ecológicos, avalan su implementación.

Los calentadores de agua solares emergen como la opción más costo-efectiva entre las tecnologías examinadas. Presentan una inversión inicial moderada y prometen un retorno de la inversión en aproximadamente cuatro años, ofreciendo ahorros notables en el consumo de gas durante su vida útil. Su uso de energía renovable para el calentamiento de agua disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero, mejorando así la calidad ambiental del hogar.

En contraste, la instalación de paneles solares, si bien representa una mayor inversión inicial y un periodo de amortización más largo de cerca de 10 años, ofrece beneficios significativos a largo plazo. Tras recuperar la inversión inicial, los ahorros en costos de electricidad se extienden a lo largo de la vida útil de los paneles, que comúnmente supera los 25 años. La adopción de esta tecnología reduce las emisiones de CO<sub>2</sub>, disminuye la dependencia de los combustibles fósiles y podría incrementar el valor de la propiedad.

Los sistemas de captación de agua pluvial, aunque con el costo inicial más alto y un retorno de inversión a los 20 años, proporcionan ventajas más allá de lo económico. Estos sistemas atenúan la demanda de agua potable, reducen la carga sobre los recursos hídricos y mejoran el acceso al agua en regiones con suministro limitado. También promueven una mayor conciencia y educación sobre el uso sostenible del agua.

La elección de integrar estas ecotecnologías se basará en las necesidades particulares de cada vivienda, la disponibilidad presupuestaria y las prioridades ambientales y de ahorro de cada familia. No obstante, la investigación revela que, a largo plazo, la inversión en tecnologías sostenibles beneficia tanto a la economía doméstica como al entorno y a la sociedad en su conjunto.

Además, la implementación de ecotecnologías en viviendas sociales promete mejorar sustancialmente la calidad de vida, aliviando la carga económica en hogares de bajos ingresos y mejorando el bienestar general a través de un ambiente doméstico más saludable y confortable.

A nivel más amplio, estas tecnologías ecológicas pueden catalizar una transición hacia patrones de desarrollo urbano sustentables, contribuyendo a la mitigación del cambio climático y al uso eficiente de recursos. La adopción extendida podría estimular el empleo en sectores verdes y dinamizar la economía local.

Para maximizar el impacto de las ecotecnologías en viviendas de interés social, es crucial el establecimiento de políticas y programas de incentivos que promuevan su adopción, como subsidios, beneficios fiscales y financiación asequible, acompañados de esfuerzos para sensibilizar a los propietarios sobre los beneficios a largo plazo.

La implementación de tecnologías ecológicas en la vivienda social en México es una inversión viable y prudente, con ventajas económicas, ambientales y sociales que superan con creces los costos iniciales. Es imperativo fomentar políticas y programas que faciliten esta transición hacia una vivienda más sostenible, apoyando así el desarrollo de comunidades urbanas más resilientes y equitativas.

## RECOMENDACIONES

En términos generales, es necesario promover la adopción de tecnologías limpias como los calentadores solares, paneles solares y sistemas de captación de agua pluvial, ya que su implementación contribuye a la construcción de un futuro más sostenible, reduciendo la dependencia de los combustibles fósiles y disminuyendo la presión sobre los recursos naturales.

El apoyo gubernamental, en forma de subsidios o incentivos fiscales, podría facilitar la adopción de estas tecnologías y acelerar la transición hacia un modelo energético y de consumo de recursos más sostenible. Además, la creación de empleo en el sector de la energía limpia y el crecimiento económico local también pueden verse impulsados por la adopción generalizada de estas soluciones.

En última instancia, invertir en tecnologías limpias como calentadores solares, paneles solares y sistemas de captación de agua pluvial es una inversión inteligente y sostenible en el largo plazo, que no solo traerá beneficios económicos para los hogares, sino que también ayudará a preservar el medio ambiente y los recursos naturales para las generaciones futuras. A medida que más personas adopten estas tecnologías, se incrementará la demanda de soluciones más eficientes y asequibles, lo que impulsará la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías limpias.

La concienciación y la educación sobre la importancia de la adopción de tecnologías limpias y el uso responsable de los recursos naturales son fundamentales para garantizar un futuro más sostenible. Es esencial fomentar la educación en este ámbito, tanto en las escuelas como en la comunidad en general, para que los ciudadanos estén informados y puedan tomar decisiones bien fundamentadas en cuanto a la implementación de soluciones sostenibles en sus hogares.

La colaboración entre el sector público, el sector privado y la sociedad civil es crucial para impulsar el cambio hacia un modelo más sostenible y resiliente. Los

gobiernos, las empresas y las organizaciones no gubernamentales deben trabajar juntos para promover políticas y estrategias que faciliten la adopción de tecnologías limpias y la conservación de los recursos naturales.

En un contexto global marcado por el cambio climático y la creciente demanda de recursos, es fundamental que cada individuo, familia y comunidad evalúe sus opciones y tome decisiones informadas sobre la adopción de tecnologías limpias y sostenibles. La decisión de invertir en calentadores solares, paneles solares o sistemas de captación de agua pluvial no solo representa una inversión en el futuro de los hogares, sino también en el futuro del planeta.

La adopción de tecnologías limpias como calentadores solares, paneles solares y sistemas de captación de agua pluvial es una inversión valiosa que contribuye al bienestar económico de los hogares y al cuidado del medio ambiente. Cada una de estas tecnologías ofrece beneficios y desafíos específicos, por lo que es esencial evaluar cuidadosamente las necesidades y las condiciones locales antes de tomar una decisión. Al invertir en soluciones sostenibles, se puede construir un futuro más verde y próspero para todos.

## BIBLIOGRAFÍA

- CONAFOR. (2011). *ESTUDIO REGIONAL FORESTAL IZUCAR DE MATAMOROS*. Obtenido de [http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/9/1100erf\\_umafor2104.pdf](http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/9/1100erf_umafor2104.pdf)
- CONAVI. (2010). *Código de Edificación de Vivienda* . Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/85460/Codigo\\_de\\_Edificacion\\_de\\_Vivienda.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/85460/Codigo_de_Edificacion_de_Vivienda.pdf)
- Conde, C. (2010). *México y el cambio climático global*. UNAM.
- Luque, J. (2011). *Determinación de la captura de dióxido de carbono acumulado en la biomasa de los bosques húmedos en la comunidad de Macahua municipio de Ixiamas, departamento de La Paz*. Universidad Mayor de San Andrés.
- Aldama, Á. (2016). Análisis tripartita de escurrimientos naturales: aplicación a la caracterización de sequías en el río Colorado. *Tecnología y ciencias del agua*, 7(5), 167-195.
- ACEVES, C. (2003). *Bases fundamentales de Derecho Ambiental Mexicano*. Porrúa.
- Agua de Puebla. (2022). *Estructura Tarifaria*. Obtenido de [https://www.aguapuebla.mx/?page\\_id=71](https://www.aguapuebla.mx/?page_id=71)
- archdesk.com. (2021). *¿Cómo afecta la construcción al medio ambiente?* Obtenido de <https://archdesk.com/es/blog/como-afecta-la-construccion-al-medio-ambiente/#:~:text=El%20sector%20de%20la%20construcci%C3%B3n%20es%20responsable%20de%2039%25%20de,fabricaci%C3%B3n%20de%20materiales%20de%20construcci%C3%B3n>.

Auditoría Superior del Estado. (2022). *Izúcar de Matamoros*. Obtenido de <https://www.auditoriapuebla.gob.mx/sujetos-de-revision/cuentas-publicas/ayuntamientos/item/izucar-de-matamoros>

Barros, V. (2004). *Cambio climático global*. Libros del zorzal.

EPA. (2022). *Global Greenhouse Gas Emissions Data*. Obtenido de <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>

Fenner, A., Kibert, C., & Woo, J. (2018). The carbon footprint of buildings: A review of methodologies and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1142-1152.

GIZ. (2015). *Actualización de análisis de viabilidad y dimensionamiento del potencial de ahorro de un .* Obtenido de Deutsche Gesellschaft für Internationale:  
[https://energypedia.info/images/1/17/Actualizaci%C3%B3n\\_programa\\_sustituci%C3%B3n\\_CSA\\_2015.pdf](https://energypedia.info/images/1/17/Actualizaci%C3%B3n_programa_sustituci%C3%B3n_CSA_2015.pdf)

Gobierno del Estado de Puebla . (2011). *Síntesis de la Estrategia de Mitigación*. Obtenido de <https://cambioclimatico.gob.mx/wp-content/uploads/2018/11/Documento-2-S%C3%ADntesis-de-la-Estrategia-Puebla-2011.pdf>

Harris, P. (2013). *What's Wrong with Climate Politics and how to Fix it*. John Wiley & Sons.

Hernández, J., & Tolentino, J. (2021). *Políticas para el desarrollo de México: análisis, retos y perspectivas*. UNAM.

homedepot. (2022). *SANITARIO RAVELLO 1 PIEZA ALARGADO BLANCO*. Obtenido de [https://www.homedepot.com.mx/banos/sanitarios-y-accesorios/sanitarios-de-una-pieza/sanitario-ravello-color-blanco-149380?gclid=CjwKCAiAh9qdBhAOEiwAvxlok3DsUjfyQ\\_i-l-FN0TG-](https://www.homedepot.com.mx/banos/sanitarios-y-accesorios/sanitarios-de-una-pieza/sanitario-ravello-color-blanco-149380?gclid=CjwKCAiAh9qdBhAOEiwAvxlok3DsUjfyQ_i-l-FN0TG-)

WUtgKRDNSdHvo03jEhbePJ2ImRw-  
oboAPhoCoj8QAvD\_BwE&gclsrc=aw.ds

IDEAM. (2007). *INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO* . Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf>

IDEAM. (2021). *Radiación Solar*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar-ultravioleta>

INEGI. (2022). *Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC)*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/temas/inpc/>

INFONAVIT. (2012). *Índice de Satisfacción del Acreditado*. Obtenido de [https://prezi.com/d3zgv paznwqa/indice-de-satisfaccion-del-acreditado/?fbclid=IwAR0iiEaZ8IYneM5JKGJdKWczG0CHsAh\\_V3ZxfmHJVkHZ5c8fnuJDhhAiV\\_0](https://prezi.com/d3zgv paznwqa/indice-de-satisfaccion-del-acreditado/?fbclid=IwAR0iiEaZ8IYneM5JKGJdKWczG0CHsAh_V3ZxfmHJVkHZ5c8fnuJDhhAiV_0)

INFONAVIT. (2019). *Vivienda sustentable: Vida Integral Infonavit*. Obtenido de [https://portalmx.infonavit.org.mx/wps/portal/infonavit.web/proveedores-externos/para-tu-gestion/desarrolladores/programa-desarrolladores!/ut/p/z1/jZFNc4JAEEB\\_SwePOaPGYt00TAvpA1qyuYSGrYK5YZb075M-DkFu7W2W9-AxAwQRUBlfcxHXuSzjop23xHbMRwzGA2Puz9DE1cJdL7npWmFow](https://portalmx.infonavit.org.mx/wps/portal/infonavit.web/proveedores-externos/para-tu-gestion/desarrolladores/programa-desarrolladores!/ut/p/z1/jZFNc4JAEEB_SwePOaPGYt00TAvpA1qyuYSGrYK5YZb075M-DkFu7W2W9-AxAwQRUBlfcxHXuSzjop23xHbMRwzGA2Puz9DE1cJdL7npWmFow)

INFONAVIT. (2021). *MANUAL EXPLICATIVO DE LA VIVIENDA ECOLÓGICA 2021*. Obtenido de [https://portalmx.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/518d3446-9974-4451-ba1c-c48bdf94189c/Manual\\_Explicativo\\_Vivienda\\_Ecologica.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT\\_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE-518d3446-9974-4451-ba1c-c48bdf94189c-nSVRHDO](https://portalmx.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/518d3446-9974-4451-ba1c-c48bdf94189c/Manual_Explicativo_Vivienda_Ecologica.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE-518d3446-9974-4451-ba1c-c48bdf94189c-nSVRHDO)

- INFONAVIT. (2022). *Hipoteca Verde*. Obtenido de [https://portalmx.infonavit.org.mx/wps/portal/infonavit.web/proveedores-externos/para-tu-gestion/desarrolladores/hipoteca-verde!/ut/p/z1/pZJbC4JAEIV\\_ja\\_OqLIYb2uYF6QLKNm-hMW2GuqGWf79xJ6CUqF5m-E7M4fDAIMEWJU-c5E2uazSousPjByJi-gtZ9raDVDH3caOtrFuBzPPhP0AYBBCgP2](https://portalmx.infonavit.org.mx/wps/portal/infonavit.web/proveedores-externos/para-tu-gestion/desarrolladores/hipoteca-verde!/ut/p/z1/pZJbC4JAEIV_ja_OqLIYb2uYF6QLKNm-hMW2GuqGWf79xJ6CUqF5m-E7M4fDAIMEWJU-c5E2uazSousPjByJi-gtZ9raDVDH3caOtrFuBzPPhP0AYBBCgP2)
- INFONAVIT. (2022). *INDICES DE CALIDAD DE VIVIENDA INFONAVIT*. Obtenido de <https://serviciosweb.infonavit.org.mx:7002/otxConsultaDocumentoRest-1.0/getDocument?idDocument=183325266&token=T19ucvYlj043WsbexQ0SlesMGhOQyFSdmA%2FgV1rB1zkki9QG6Yo%2BvA%3D%3D>
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate*. IPCC.
- IPCC. (2007). *Cambio climático 2007. Informe de Síntesis*. . Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- IPCC. (2014). *Human settlements, infrastructure and spatial planning*. Cambridge University Press.
- IPCC. (2022). *Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Obtenido de <https://www.ipcc.ch/languages-2/spanish/>
- Kaul, I., Grunberg, I., & Stern, M. (1999). Defining global public goods. . *Global public goods: international cooperation in the 21st century*, 2-19.
- Martínez, J., & Fernández, A. (2004). *Cambio climático: una visión desde México*. . Instituto Nacional de Ecología.
- Naciones Unidas. (2007). *Cambio climático 2007 Base de las Ciencias Físicas*. UNEP.

- NAMA. (2019). *LA NAMA DE VIVIENDA NUEVA*. Obtenido de [https://energypedia.info/images/b/b5/3.\\_New\\_Housing\\_NAMA\\_Summary.pdf](https://energypedia.info/images/b/b5/3._New_Housing_NAMA_Summary.pdf)
- OECD. (2021). *Satisfacción*. Obtenido de <https://www.oecdbetterlifeindex.org/es/topics/life-satisfaction-es/>
- OMM. (18 de Enero de 2017). *La Organización Meteorológica Mundial confirma que 2016 es el año más caluroso jamás registrado, con una temperatura media superior en aproximadamente 1,1 °C a la de la era preindustrial*. Obtenido de <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/la-organizaci%C3%B3n-meteorol%C3%B3gica-mundial-confirma-que-2016-es-el-a%C3%B1o-m%C3%A1s>
- OMM. (2022). *Preguntas frecuentes - Clima*. Obtenido de Organización Meteorológica Mundial: <https://public.wmo.int/es/preguntas-frecuentes-clima>
- ONU. (2011). *Global Report on Human Settlements 2011. Cities and Climate Change*,. London.
- Organización Panamericana de la Salud. (2004). *GUÍA DE DISEÑO PARA CAPTACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA* . Obtenido de [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/OPS%202004.%20Guia%20de%20dise%C3%B1o%20para%20captaci%C3%B3n%20del%20agua%20de%20lluvia.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202004.%20Guia%20de%20dise%C3%B1o%20para%20captaci%C3%B3n%20del%20agua%20de%20lluvia.pdf)
- ORIZABA, S. (2007). *Derecho Ambiental, (Política, Gestión y Sanciones). Publicaciones Administrativas Contables Jurídicas*.
- Ortiz, O. (2010). *Evaluación ambiental basado en el análisis del ciclo de vida (ACV) en la fase de construcción de una edificación en Cataluña". Afinidad*.

PROFECO. (2022). *Calentadores solares de agua. Usa la energía solar a tu favor.* Obtenido de <https://www.gob.mx/profeco/documentos/calentadores-solares-de-agua-usa-la-energia-solar-a-tu-favor?state=published>

QUINTANA, J. (2013). *Derecho Ambiental Mexicano, lineamientos generales* . Porrúa.

Sánchez Cohen, I. (2011). *Elementos para entender el cambio climático y sus impactos* . Porrúa.

Secretaría de Economía. (2022). *Izúcar de Matamoros*. Obtenido de <https://datamexico.org/es/profile/geo/izucar-de-matamoros>

Senado de la Republica. (Enero de 2021). *30% y el 50% del consumo de agua y entre el 50% y el 90%.* Obtenido de <https://morena.senado.gob.mx/2021/01/23/el-50-por-ciento-de-las-emisiones-contaminantes-pertenecen-al-sector-de-la-construccion/>

Velázquez, L. (2015). *Ciencia de la sustentabilidad y sus disciplinas*. Pearson Educación .

Villavicencio, P. (2013). *La contribución al desarrollo sostenible del mecanismo para un desarrollo limpio (Doctoral dissertation)*. Universitat Rovira i Virgili.

weather-atlas. (2022). *Clima y previsión meteorológica mensual*. Obtenido de <https://www.weather-atlas.com/es/mexico/izucar-de-matamoros-clima#rainfall>