



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Estrategias para una vivienda social sostenible en la ciudad  
de Torreón, Coahuila

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Arquitectura Avanzada, Paisaje,  
Urbanismo y Diseño

AUTOR/A: de Anda, Susy Montserrat

Tutor/a: Serrano Lanzarote, Apolonia Begoña

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

**MASTER**

Arquitectura avanzada

Paisaje

Urbanismo

Diseño



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

## Trabajo Fin de Master

**Título:**

**Estrategias para una vivienda social sostenible en la ciudad de  
Torreón, Coahuila**

**Alumna:**

Susy Montserrat De Anda Holguín

**Directora:**

Apolonia Begoña Serrano Lanzarote

Departamento: Mecánica de los medios continuos y teoría de estructura

Septiembre 2024



## RESUMEN

La construcción de vivienda de interés social en Torreón, Coahuila México, enfrenta desafíos singulares debido a factores climáticos, económicos y sociales. Este trabajo realiza un análisis sobre la evolución y desarrollo de la construcción de viviendas en esta región, concluyendo con la evaluación de técnicas de adecuación ambiental que pueden implementarse para abordar estas dificultades. El objetivo es mejorar la calidad y el confort de vida de quienes habitan estas viviendas, al mismo tiempo que se promueve un desarrollo urbano más equilibrado y respetuoso con el medio ambiente.

La región se caracteriza por condiciones climáticas extremas, como altas temperaturas y escasez de agua, lo que añade exigencias adicionales a la construcción de viviendas. La población local, a menudo con limitaciones económicas, requiere soluciones de bajo costo que no comprometan la sostenibilidad ni la habitabilidad. En ciudades en crecimiento como Torreón, Coahuila, se observan demandas económicas y políticas que, en lugar de enfocarse en estrategias sustentables, favorecen el desarrollo en las periferias. Esto beneficia a los inversores inmobiliarios, pero perjudica a la ciudadanía, que sufre la falta de infraestructura necesaria y la baja calidad constructiva de los inmuebles.

La implementación de una propuesta que refleje las estrategias adecuadas de construcción sostenible no solo es factible, sino esencial para este mercado de desarrollo inmobiliario, permitiendo generar comunidades resilientes y saludables.

### Palabras clave:

Vivienda social; Sostenibilidad; México; Arquitectura vernácula



## RESUM

La construcció d'habitatges d'interés social a Torreón, Coahuila, Mèxic, s'enfronta a desafiaments singulars a causa de factors climàtics, econòmics i socials. Aquest treball realitza una anàlisi sobre l'evolució i el desenvolupament de la construcció d'habitatges en aquesta regió, concloent amb l'avaluació de tècniques d'adequació ambiental que es poden implementar per abordar aquestes dificultats. L'objectiu és millorar la qualitat i el confort de vida de les persones que habiten aquests habitatges, al mateix temps que es promou un desenvolupament urbà més equilibrat i respectuós amb el medi ambient.

La regió es caracteritza per condicions climàtiques extremes, com ara altes temperatures i escassetat d'aigua, la qual cosa afegeix exigències addicionals a la construcció d'habitatges. La població local, sovint amb limitacions econòmiques, requereix solucions de baix cost que no comprometen la sostenibilitat ni l'habitabilitat. En ciutats en creixement com Torreón, Coahuila, s'observen demandes econòmiques i polítiques que, en lloc de centrar-se en estratègies sostenibles, afavoreixen el desenvolupament a les perifèries. Això beneficia els inversors immobiliaris, però perjudica la ciutadania, que pateix la manca d'infraestructures necessàries i la baixa qualitat constructiva dels immobles.

La implementació d'una proposta que reflectisca les estratègies adequades de construcció sostenible no sols és factible, sinó essencial per a aquest mercat de desenvolupament immobiliari, permetent generar comunitats resilents i saludables.

### Paraules claus:

Habitatge social; Sostenibilitat; Mèxic; Arquitectura vernacle



## ABSTRACT

The construction of social housing in Torreón, Coahuila, Mexico, faces unique challenges due to climatic, economic, and social factors. This study analyzes the evolution and development of housing construction in this region, concluding with the evaluation of environmental adaptation techniques that can be implemented to address these difficulties. The goal is to improve the quality of life and comfort for residents while promoting more balanced and environmentally friendly urban development.

The region is characterized by extreme climatic conditions, such as high temperatures and water scarcity, which place additional demands on housing construction. The local population, often with economic limitations, requires low-cost solutions that do not compromise sustainability or livability. In growing cities like Torreón, Coahuila, economic and political pressures often prioritize development in the outskirts, favoring real estate investors but harming citizens, who suffer from a lack of necessary infrastructure and the poor quality of construction.

The implementation of a proposal that reflects appropriate sustainable construction strategies is not only feasible but essential for this real estate development market, enabling the creation of resilient and healthy communities.

### Keywords:

Social housing; Sustainability; Mexico; Vernacular architecture

# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	10
1.1	Planteamiento del problema .....	10
1.2	Objetivos de estudio .....	11
1.2.1	Objetivo general .....	11
1.2.2	Objetivo específico .....	11
1.3	Metodología de investigación .....	11
<b>2</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	12
2.1	Conceptos fundamentales de sostenibilidad en la construcción .....	13
2.2	Estudios previos y certificaciones ambientales .....	13
2.3	Marco jurídico .....	14
2.3.1	Leyes y reglamentos nacionales .....	14
2.3.2	Leyes y reglamentos estatales .....	14
2.3.3	Reglamentos y programas municipales .....	14
2.3.4	Normativas mexicanas.....	15
<b>3</b>	<b>CONTEXTO</b> .....	16
3.1	Condiciones climáticas y geográficas de la zona de estudio.....	17
3.1.1	Condiciones promedio meteorológicas diarias en meses de temperatura máxima.....	18
3.1.2	Periodos de retorno sobre temperaturas máximas en 5, 10, 25 y 50 años .....	19
3.2	Características medioambientales .....	20
3.2.1	Edafología.....	20
3.2.2	Flora y fauna.....	20
3.2.3	Riesgos.....	20
3.2.4	Sequias .....	20
3.2.5	Ondas cálidas .....	21
3.2.6	Heladas.....	21
3.2.7	Tormentas de polvo.....	21
3.3	Importancia de la arquitectura sustentable como método de mitigación de riesgos .....	22
3.4	Arquitectura vernácula en el norte de México.....	23
3.5	La vivienda en el estado de Coahuila .....	24
3.6	La vivienda en el municipio de Torreón Coahuila.....	24



3.6.1	Desarrollo histórico .....	24
3.6.2	Situación actual .....	25
3.6.3	Crecimiento Poblacional.....	25
3.6.1	Diagnóstico ambiental.....	26
3.7	Impacto ambiental de la construcción.....	27
3.8	Incentivos económicos para la adopción de prácticas sostenibles en las viviendas en México .....	27
3.8.1	NAMA facility .....	27
3.8.2	Ecocasa.....	27
3.8.3	Hipoteca verde de INFONAVIT .....	29
4	<b>DIAGNOSTICO</b> .....	30
4.1	Análisis del perfil demográfico y social de la zona de estudio .....	31
4.2	Evaluación de la vivienda, infraestructura y servicios básicos .....	31
4.2.1	Agua potable .....	31
4.2.2	Drenaje sanitario.....	31
4.2.3	Drenaje pluvial .....	32
4.2.4	Energía eléctrica .....	32
4.2.5	Vivienda durable .....	32
4.2.6	Rezago habitacional.....	32
4.2.7	Espacio habitable suficiente.....	32
4.2.8	Mercado inmobiliario .....	32
4.3	Tipología de vivienda.....	33
4.3.1	Clasificación por vulnerabilidad de la vivienda .....	33
4.3.2	Clasificación por registro de vivienda .....	33
4.3.3	Estudio de casos existentes.....	35
5	<b>ESTUDIO DE ESTRATEGIAS SOSTENIBLES PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA SOCIAL</b> .....	36
5.1	Análisis de encuestas de confort .....	37
5.1.1	Estudio de datos como base de propuesta .....	38
5.2	Diseño adaptativo al clima local .....	39
5.2.1	Temperatura relativa .....	39
5.2.2	Temperatura media mensual y anual de la zona. ....	39
5.2.3	Humedad relativa .....	40
5.2.4	Radiación solar .....	41
5.2.5	Precipitación .....	42



5.2.6	Velocidad y dirección del viento .....	42
5.2.7	Datos de confort térmico .....	43
5.3	Estudio de propuestas por medio de Climate Consultant .....	45
5.3.1	Gráfico psicométrico de confort térmico .....	45
5.3.2	Análisis de las estrategias .....	45
5.3.3	Análisis de propuestas de diseño arquitectónico bioclimático .....	47
5.4	Propuestas de estrategias bioclimáticas para la optimización del confort en la vivienda .....	48
<b>6</b>	<b>DIAGNOSTICO DE ESQUEMA DE MODELO DE VIVIENDA SOSTENIBLE .....</b>	<b>51</b>
6.1	Descripción del diagnóstico .....	52
6.1.1	Alcances .....	52
6.1.2	Condicionantes .....	52
6.1.3	Consideraciones .....	52
6.1.1	Estrategias .....	53
6.1.2	Características de los modelos de vivienda .....	54
6.2	Análisis de confort .....	59
6.2.1	Análisis en condiciones extremas .....	59
6.2.2	Análisis de confort adaptativo .....	62
6.3	Análisis de balance térmico .....	65
6.3.1	Vivienda base .....	65
6.3.2	Vivienda propuesta .....	65
6.4	Análisis de eficiencia energética .....	66
6.4.1	Vivienda base .....	67
6.4.2	Vivienda propuesta .....	68
6.5	Análisis de factibilidad técnica y económica .....	69
6.5.1	Evaluación de elementos constructivos .....	69
6.5.2	Evaluación de consumos energéticos .....	70
6.5.3	Conclusión de viabilidad de la propuesta de vivienda sostenible .....	71
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>.....</b>	<b>74</b>
A.	Encuesta desarrollada de confort y calidad de vida en las viviendas .....	74
<b>REFERENCIAS</b>	<b>.....</b>	<b>76</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 3-1 Ubicación geográfica del municipio de Torreón, Coahuila, México</i>	17
<i>Ilustración 3-2 Información meteorológica anual 2023</i>	17
<i>Ilustración 3-3 Análisis de temperatura en retornos de 5,10,25 y 50 años</i>	19
<i>Ilustración 3-4 Mapa Ilustrativo que muestra la intensidad de sequía en México</i>	20
<i>Ilustración 3-5 Vista de tormenta de polvo sobre la ciudad de Torreón, 2020 fuente Mileno noticias</i>	21
<i>Ilustración 3-6 Vivienda tipo en la región por Francisco</i>	23
<i>Ilustración 3-7 Mancha Urbana de la Laguna, IMPLAN Torreón</i>	25
<i>Ilustración 3-8 Grafico de prosperidad en Torreón Coahuila</i>	26
<i>Ilustración 3-10 Registro de viviendas del 2006-2024</i>	28
<i>Ilustración 4-1 Población Torreón 1960-2021, fuente IMPLAN.</i>	31
<i>Ilustración 4-2 Ubicación de Desarrollos analizados</i>	35
<i>Ilustración 5-1 Resultados de encuesta de satisfacción</i>	37
<i>Ilustración 5-2 Grafico temperatura vulvo seco anual en °C</i>	39
<i>Ilustración 5-3 Descripción de las estadísticas percentil anuales</i>	40
<i>Ilustración 5-4 Humedad relativa anual</i>	40
<i>Ilustración 5-5nControl de humedad anual en Torreón</i>	41
<i>Ilustración 5-6Radiación normal Directa</i>	41
<i>Ilustración 5-7 Porcentaje mensual de lluvia en Torreón</i>	42
<i>Ilustración 5-8 Vientos dominantes en Torreón</i>	43
<i>Ilustración 5-9 Confort térmico anual en el municipio de Torreón Coahuila</i>	43
<i>Ilustración 5-10 Grafico de confort anual</i>	44
<i>Ilustración 5-11 Grafico psicométrico de con estrategias de confort térmico</i>	46
<i>Ilustración 5-12 Resumen de condiciones climáticas anuales en Torreón</i>	49
<i>Ilustración 5-13 Estrategias sustentables de aplicación al proyecto de estudio</i>	50
<i>Ilustración 6-1 Estrategias clave para propuesta de proyecto</i>	53
<i>Ilustración 6-2 Plano de vivienda base en Torreón</i>	54
<i>Ilustración 6-3Consideraciones de envolvente</i>	55
<i>Ilustración 6-4 Consideraciones por espacio</i>	56
<i>Ilustración 6-5 Plano de vivienda propuesta</i>	57
<i>Ilustración 6-6 Consideraciones de envolvente</i>	58
<i>Ilustración 6-7Confort térmico en espacio de estar-comedor</i>	59
<i>Ilustración 6-8 Confort térmico en espacio de estar-comedor</i>	59
<i>Ilustración 6-9Confort térmico en espacio de cocina</i>	59
<i>Ilustración 6-10 Confort térmico en espacio de cocina</i>	59
<i>Ilustración 6-11 Confort térmico en espacio de dormitorio sencillo</i>	60
<i>Ilustración 6-12 Confort térmico en espacio de dormitorio sencillo</i>	60
<i>Ilustración 6-13 Confort térmico dormitorio principal</i>	60
<i>Ilustración 6-14 Confort térmico dormitorio principal</i>	60
<i>Ilustración 6-15 Confort térmico en espacio de estar-comedor</i>	60
<i>Ilustración 6-16 Confort térmico en espacio de estar-comedor</i>	60
<i>Ilustración 6-17Confort térmico en espacio de cocina</i>	61
<i>Ilustración 6-18 Confort térmico en espacio de cocina</i>	61
<i>Ilustración 6-19 Confort térmico en espacio de dormitorio sencillo</i>	61
<i>Ilustración 6-20 Confort térmico en espacio de dormitorio sencillo</i>	61

<i>Ilustración 6-21 Confort térmico dormitorio principal</i>	61
<i>Ilustración 6-22 Confort térmico dormitorio principal</i>	61
<i>Ilustración 6-23 Resultados de confort adaptativo anual en espacio estar-comedor</i>	62
<i>Ilustración 6-24 Resultados de confort adaptativo anual en espacio estar-comedor</i>	62
<i>Ilustración 6-25 Resultados de confort adaptativo anual en espacio de cocina</i>	63
<i>Ilustración 6-26 Resultados de confort adaptativo anual en espacio de cocina</i>	63
<i>Ilustración 6-27 Resultados de confort adaptativo anual en espacio de dormitorio sencillo</i>	63
<i>Ilustración 6-28 Resultados de confort adaptativo anual en espacio de dormitorio sencillo</i>	63
<i>Ilustración 6-29 Resultados de confort adaptativo anual en espacio de dormitorio principal</i>	64
<i>Ilustración 6-30 Resultaos de confort adaptativo anual en espacio de dormitorio principal</i>	64
<i>Ilustración 6-31 Grafico del balance térmico en vivienda base</i>	65
<i>Ilustración 6-32 Grafico de balance térmico en vivienda propuesta</i>	65
<i>Ilustración 6-33 Consumos energéticos desglosados y horas de disconfort de vivienda base</i>	67
<i>Ilustración 6-34 Consumos energéticos desglosados de vivienda base</i>	67
<i>Ilustración 6-35 Consumo energético desglosado y horas de disconfort de vivienda propuesta</i>	68
<i>Ilustración 6-36 Consumo energético de vivienda propuesta</i>	68
<i>Ilustración 6-37 Análisis de costos en elementos constructivos</i>	69
<i>Ilustración 6-38 Tabla de consumos energéticos totales de las viviendas analizadas</i>	70
<i>Ilustración 6-39 Comparativo horas de disconfort según requerimientos del estándar ASHRAE 55</i>	71
<i>Ilustración 6-40 Comparativo ahorro económico</i>	71
<i>Ilustración 6-41 Comparativo costos construcción</i>	71
<i>Ilustración 6-42 Comparativa de consumos y ahorros energéticos</i>	72



# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 Planteamiento del problema

El derecho a una vivienda adecuada es fundamental para garantizar los derechos humanos, facilitando la igualdad de oportunidades, la inclusión y el bienestar de las personas. Dado que las personas pasan una parte significativa de sus días en sus hogares debido al estilo de vida y el trabajo, la pandemia de COVID-19 ha aumentado aún más este tiempo, promoviendo el trabajo remoto y aumentando el tiempo en casa hasta un 62% para los adultos a partir de 2020. Por tanto, la vivienda no debe ser vista solo como una estructura física, sino como un elemento crucial en la construcción social, económica y ambiental.

En las ciudades de México, el crecimiento descontrolado ha transformado la arquitectura de la vivienda, dotándola de un carácter especulativo y alejándola de una lógica constructiva basada en la experiencia y el respeto al medio ambiente.

En Torreón, Coahuila, la construcción de viviendas de interés social enfrenta desafíos únicos debido a factores climáticos, económicos y sociales. La región, caracterizada por condiciones climáticas extremas como altas temperaturas y escasez de agua, añade exigencias adicionales a la construcción de viviendas. Además, las demandas económicas, políticas y sociales influyen en que la mayoría de la nueva construcción de viviendas se concentre en las periferias, donde el suelo es más asequible y disponible, favoreciendo así a los desarrolladores inmobiliarios.

El desarrollo en las periferias plantea desafíos sostenibles que afectan tanto al medio ambiente como a la calidad de vida de los habitantes. Municipios como Torreón enfrentan dificultades para gestionar viviendas en estas áreas debido a la necesidad de proporcionar infraestructura básica y servicios, lo que resulta en costos más altos y una mayor huella de carbono. Sin embargo, también generan oportunidades para contribuir al urbanismo sostenible y fortalecer los procesos de adaptación al cambio climático.

Es necesario abordar estos desafíos mediante el desarrollo de soluciones de vivienda que integren la sostenibilidad ambiental, mejorando la eficiencia energética de las viviendas y asegurando el confort y la habitabilidad para los residentes. Esto debe hacerse respetando el medio ambiente y promoviendo un desarrollo urbano más equilibrado y justo.

## 1.2 Objetivos de estudio

### 1.2.1 Objetivo general

Desarrollar estrategias que revaloricen la vivienda de interés social o de construcción masiva en Torreón, Coahuila, mediante la implementación de arquitectura sostenible y diseño bioclimático, mejorando así la sostenibilidad y habitabilidad de estas viviendas manteniendo su rentabilidad en el mercado inmobiliario.

### 1.2.2 Objetivo específico

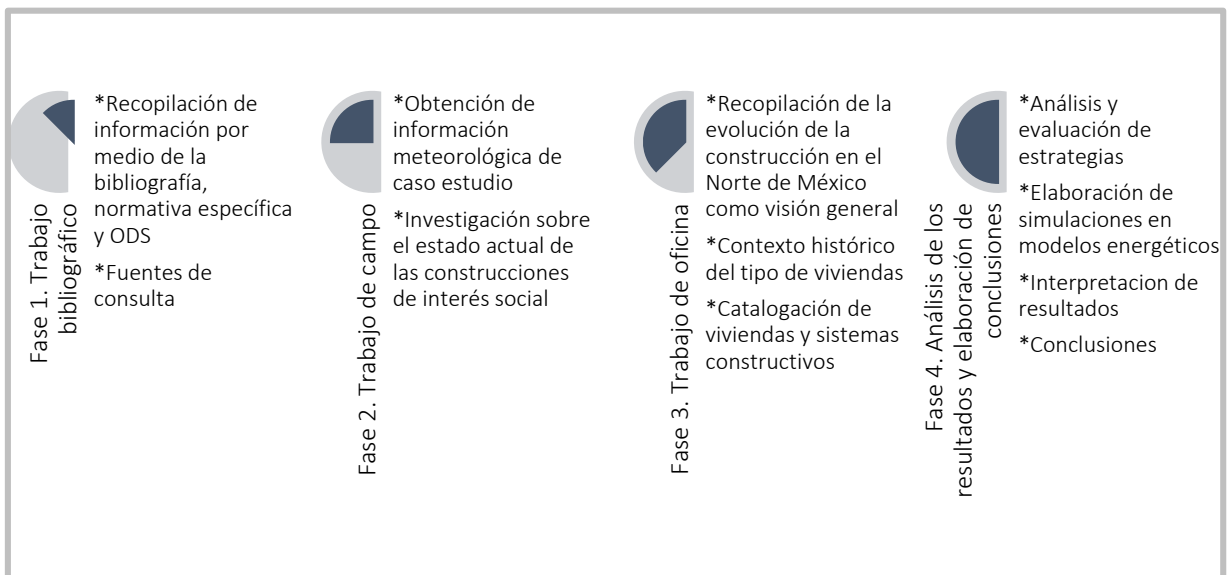
1. Evaluar las condiciones actuales de la vivienda de interés social en la región.
2. Identificar técnicas de diseño bioclimático aplicables a las condiciones climáticas de Torreón.
3. Proponer soluciones de bajo costo que no comprometan la sostenibilidad ni la habitabilidad como propuestas de un modelo base de construcción.

## 1.3 Metodología de investigación

La metodología de investigación para este estudio se divide en varias fases, cada una diseñada para abordar aspectos específicos del proceso de análisis y evaluación.

- En la primera fase, se realiza un trabajo bibliográfico, donde se recopila información relevante sobre normativa, objetivos de desarrollo sostenible y fuentes de consulta clave.
- La segunda fase se centra en la obtención de datos meteorológicos y en la evaluación del estado actual de las construcciones de interés social en la región.
- La tercera fase se analiza la evolución de la construcción en el norte de México, incluyendo un estudio del contexto histórico.
- En la cuarta fase, se lleva a cabo un análisis detallado de los resultados obtenidos y la evaluación de las estrategias propuestas, culminando en la interpretación de los resultados y la formulación de conclusiones pertinentes para el estudio.

Esta estructura metodológica busca un enfoque en el desarrollo de soluciones habitacionales sostenibles.





# 2 MARCO TEÓRICO

---

## 2.1 Conceptos fundamentales de sostenibilidad en la construcción

Estos conceptos proporcionan un marco sólido para entender cómo la sostenibilidad se integra en la planificación, diseño, construcción y operación de edificaciones. La implementación efectiva de estos principios requiere colaboración entre arquitectos, ingenieros, desarrolladores, autoridades gubernamentales y la comunidad en general.

- **Desarrollo sostenible:** Definición clásica según la comisión Brundtland: "Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades (Naciones Unidas, s.f.)."
- **Triple bottom line:** Concepto que evalúa el éxito de un proyecto en términos de beneficios económicos, sociales y ambientales (Cavero, 2024).
- **Eficiencia energética:** Reducción del consumo de energía durante la construcción y la vida útil del edificio (Energy.gov, s.f.).
- **Materiales sostenibles:** Selección de materiales con base en su ciclo de vida completo, desde la extracción hasta la eliminación (Econation, 2023).
- **Diseño bioclimático:** Aprovechamiento de las condiciones climáticas locales para reducir la demanda energética del edificio (Macias, 2023).
- **Certificaciones y normativas:** Estándares y certificaciones que aseguran que un edificio cumpla con criterios específicos de sostenibilidad.

## 2.2 Estudios previos y certificaciones ambientales

En el contexto de la construcción sostenible en México, las normativas y certificaciones ambientales juegan un papel fundamental en la orientación de prácticas constructivas responsables y en la mejora del desempeño ambiental de los edificios. Estas certificaciones no solo establecen criterios estrictos para la eficiencia energética, la gestión de recursos y la calidad ambiental, sino que también impulsan la innovación en el diseño y la construcción de edificios más sostenibles (Monterrey, s.f.). Dentro de las cinco certificaciones más importantes en México, se destacan algunas que han tenido un impacto significativo en la industria como:

- **LEED (Liderazgo en energía y diseño ambiental):** Desarrollado por el US Green Building Council (USGBC), LEED es uno de los sistemas de certificación más reconocidos internacionalmente para edificios sostenibles, dentro de los criterios evalúa el rendimiento en áreas como eficiencia energética, uso de agua, selección de materiales, calidad ambiental interior y prácticas innovadoras.
- **PCES (Programa de certificación de edificaciones sustentables):** implementado por la Secretaría del Medio Ambiente, prevé tres categorías de certificación: cumplimiento, eficiencia y excelencia. Califica 124 criterios de sustentabilidad, que se agrupan en rubros como acción en la comunidad, agua, aire, movilidad, biodiversidad, energía, materiales y residuos.
- **WELL building standard:** Desarrollado por el International WELL Building Institute (IWBI), se enfoca en mejorar la salud y el bienestar de los ocupantes de los edificios. valúa el entorno físico, mental y emocional de los ocupantes en categorías como aire, agua, nutrición, luz, fitness, confort térmico, mente y comunidad.
- **EDGE (Excellence in design for greater efficiencies):** es un sistema de certificación de construcción sostenible que se focaliza en hacer edificios más eficientes.
- **Living building challenge:** Desarrollado por la International Living Future Institute (ILFI), se centra en la creación de edificios que funcionen como organismos vivos. Evalúa el rendimiento en siete áreas de rendimiento (Lugares, Agua, Energía, Salud y Felicidad, Materiales, Equidad y Belleza).

## 2.3 Marco jurídico

### 2.3.1 Leyes y reglamentos nacionales

- **Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos:** Establece el derecho de toda familia a una vivienda digna y decorosa, lo que implica que las políticas y proyectos de construcción deben asegurar que las viviendas cumplan con condiciones adecuadas de habitabilidad, calidad, seguridad y acceso a servicios básicos, promoviendo así un entorno saludable y seguro para los habitantes (Social, 2021).
- **Ley general de asentamientos humanos, ordenamiento territorial y desarrollo urbano:** Regula el desarrollo urbano y rural en México, orientando el crecimiento de las ciudades hacia un ordenamiento territorial equilibrado y sustentable (Federación D. -D., 2016). En un proyecto de eficiencia energética, esta ley es relevante para asegurar que la construcción de viviendas siga criterios que favorezcan la sostenibilidad y el uso eficiente de recursos.
- **Ley general de equilibrio ecológico y la protección al ambiente:** Promueve la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección del ambiente (Parlamentarios, 2024). Subraya la importancia de minimizar el impacto ambiental, promoviendo prácticas constructivas que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero y fomenten el uso de tecnologías limpias.
- **Ley general de cambio climático:** Busca establecer la base para la creación de políticas públicas que mitiguen el cambio climático y promuevan la adaptación a sus efectos (Congreso de la Unión, 2024).

### 2.3.2 Leyes y reglamentos estatales

- **Ley de la vivienda del estado de Coahuila (2010):** Define los criterios que deben cumplir las viviendas para ser consideradas dignas y decorosas, incluyendo aspectos como servicios básicos, seguridad, calidad en la construcción y prevención de desastres. Esto es esencial para asegurar que las viviendas eficientes en energía también cumplan con altos estándares de calidad y seguridad (Zaragoza, Ley de vivienda para el estado de Coahuila de Zaragoza, 2022).
- **Ley de asentamientos humanos, ordenamiento territorial y desarrollo urbano del estado de Coahuila de Zaragoza (2017):** Regula el desarrollo y ordenamiento territorial en Coahuila, promoviendo un uso racional del suelo que favorezca la sostenibilidad y la calidad de vida de los habitantes) (Zaragoza, 2022).
- **Ley de vivienda para el estado de Coahuila de Zaragoza (2010):** Establece los lineamientos para la construcción de viviendas en el estado, enfatizando la importancia de cumplir con estándares de calidad, habitabilidad y sostenibilidad. Esta ley es fundamental para asegurar que las viviendas energéticamente eficientes también cumplan con estos requisitos (CNDH, 2022).
- **Ley del equilibrio ecológico y la protección al ambiente del estado de Coahuila de Zaragoza (1998):** Promueve la protección ambiental y el uso racional de los recursos naturales en Coahuila. Esta ley apoya la implementación de prácticas constructivas que reduzcan el impacto ambiental y favorezcan la sostenibilidad (Federación D. D., 2020).
- 

### 2.3.3 Reglamentos y programas municipales

- **Reglamento de desarrollo urbano y construcción de Torreón:** Este reglamento establece las normativas locales para el desarrollo urbano y la construcción en el municipio de Torreón. Incluye especificaciones técnicas y requisitos que las construcciones deben cumplir para asegurar un desarrollo ordenado, seguro y sustentable. En el contexto de un proyecto de eficiencia energética, este reglamento es clave

para garantizar que las viviendas sean construidas bajo estándares que promuevan la optimización del uso de energía y recursos (Coahuila A. d.).

- **Reglamento de desarrollo sustentable y protección al ambiente del municipio de Torreón:** Este instrumento normativo tiene como objetivo reglamentar las atribuciones del Municipio en materia ecológica y de protección del medio ambiente, así como regular los impactos al medio ambiente derivado de obras y actividades llevadas a cabo dentro del territorio municipal (Coahuila A. d.).
- **Plan director de desarrollo urbano de Torreón 2022:** Es el principal instrumento normativo para impulsar el ordenamiento territorial urbano del municipio de Torreón como promotor de prosperidad. Se presenta como una guía para orientar las políticas públicas hacia un proceso de gestión del desarrollo urbano sostenible. Dicho instrumento contiene las características deseables para llevar a cabo una planeación urbana efectiva (IMPLAN, 2022)
- **Plan estratégico para Torreón con enfoque metropolitano 2040. (TRC 2040):** Este documento, coordinado por el IMPLAN Torreón, contiene el Plan Estratégico para el desarrollo de Torreón con un enfoque metropolitano, abarcando el periodo de 2015 a 2040. Su objetivo es lograr una visión consensuada del desarrollo urbano a mediano y largo plazo. En un proyecto de eficiencia energética, este plan sirve como una referencia para alinearse con la visión a largo plazo del municipio, asegurando que las soluciones implementadas sean sostenibles y contribuyan al desarrollo metropolitano (IMPLAN).

#### 2.3.4 Normativas mexicanas

Las Normativas Mexicanas (NOM) son regulaciones que conjuntan información, especificaciones y requisitos evaluados por el gobierno y por expertos. En México, el mayor consumo de energía en las edificaciones es por concepto de acondicionamiento de aire, durante las épocas de mayor calor, principalmente en las zonas norte y costera del país. La ganancia por radiación solar es la fuente más importante a controlar, lo cual se logra con un diseño adecuado de la envolvente.

- **NOM-008-ENER-2001 Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales.** Esta Norma optimiza el diseño térmico de la envolvente de los edificios, lo que resulta en ahorro de energía y mayor confort para los ocupantes al reducir la necesidad de equipos de enfriamiento. Aunque no aplica a edificaciones industriales o habitacionales, proporciona lineamientos útiles como base de diseño en otros casos (CCNNPURRE, DOF- Diario Oficial de la Federación, 2001).
- **NOM-020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones. Envolvente de edificios para uso habitacional:** Establece los requisitos de eficiencia energética en edificaciones, con el objetivo de reducir el consumo de energía eléctrica y combustibles en el sector de la edificación residencial. (CCNNPURRE, NOM-020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones.- Envolvente de edificios para uso habitacional., 2011).



# 3 CONTEXTO

---

### 3.1 Condiciones climáticas y geográficas de la zona de estudio

El municipio de Torreón se localiza al suroeste del estado de Coahuila en México, en las coordenadas 103°26 '33" longitud oeste y 25°32 '40" latitud norte, a una altura de 1,120 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte y al este con el municipio de Matamoros; al sur y al oeste con el estado de Durango.



Ilustración 3-1 Ubicación geográfica del municipio de Torreón, Coahuila, México

Torreón presenta un clima semiseco, con veranos cálidos y secos, e inviernos semifríos a fríos, característico de las regiones semidesérticas. Según los datos proporcionados por MSN El Tiempo, se registran las siguientes condiciones climáticas: (MSN El Tiempo):

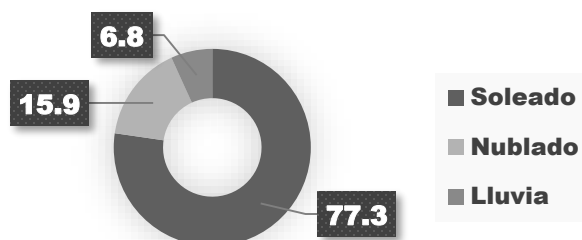


Ilustración 3-2 Información meteorológica anual 2023

<b>Temperatura</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura media anual: 21°C.</li> <li>• Máximas: Alcanzan los 38°C a 40°C a la sombra en los meses de junio y julio.</li> <li>• Mínimas: Descienden a -5°C a 0°C en los meses de diciembre y enero.</li> </ul>
<b>Humedad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Humedad relativa media: 53%.</li> </ul>
<b>Evaporación y precipitación:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaporación media anual: Aproximadamente 2,000 mm.</li> <li>• Precipitación media anual: Alrededor de 238 mm.</li> </ul>
<b>Temperaturas extremas:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura promedio más alta: 30.4 °C, con un máximo de 36.2 °C en mayo y mínimos de 22.9 °C en enero y diciembre.</li> <li>• Temperatura promedio más baja: 15.1 °C, con un mínimo de 7.0 °C en enero y un máximo de 21.4 °C en junio.</li> </ul>

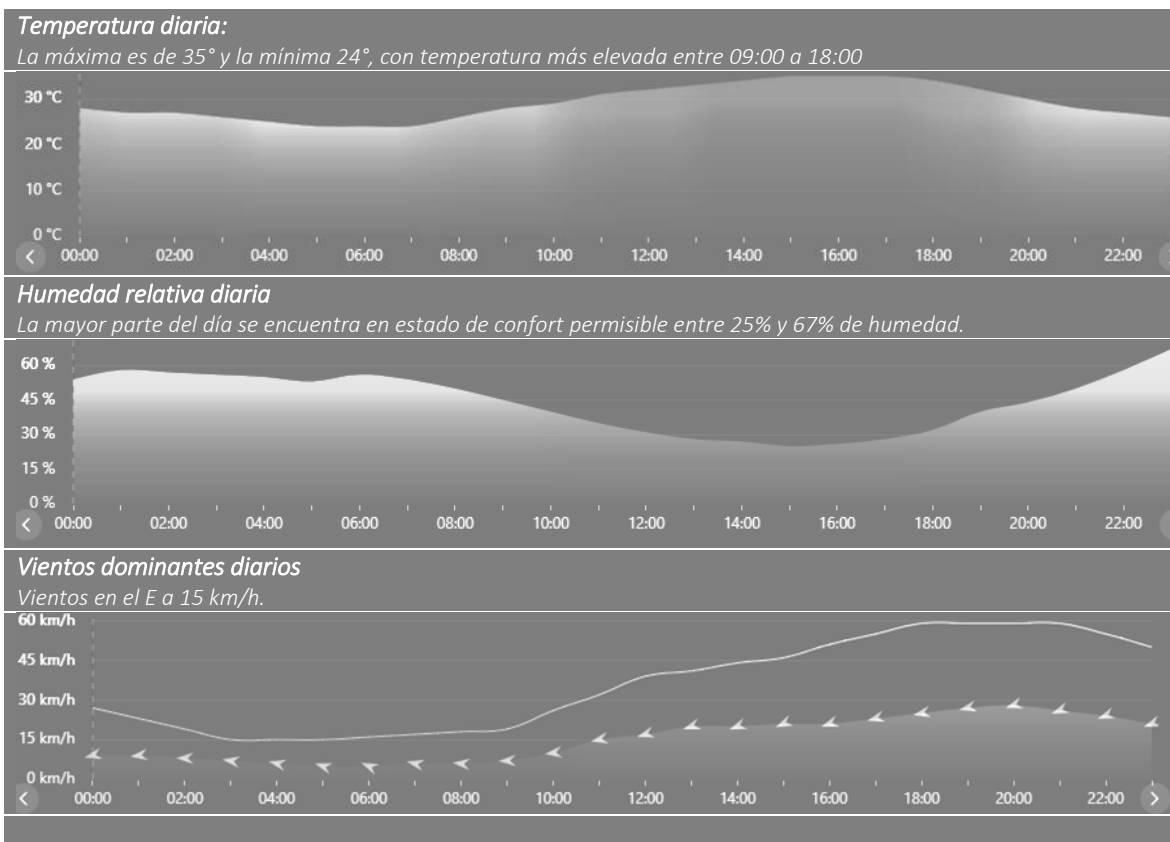
### 3.1.1 Condiciones promedio meteorológicas diarias en meses de temperatura máxima

En esta sección se examinan las condiciones meteorológicas promedio diarias durante los meses del año en los que se registran las temperaturas más altas en Torreón, Coahuila. Esta información es obtenida de MSN El Tiempo y su análisis es crucial para comprender cómo se distribuyen las temperaturas, la humedad relativa y los vientos a lo largo del día, especialmente en los periodos más cálidos (MSN El Tiempo).

**Temperatura diaria:** Se observa que la temperatura máxima alcanza los 35°C, mientras que la mínima es de 24°C. Las temperaturas más elevadas se concentran entre las 09:00 y las 18:00 horas, lo que indica los periodos de mayor calor durante el día.

**Humedad relativa diaria:** Durante la mayor parte del día, la humedad se mantiene en un rango de confort permisible, fluctuando entre el 25% y el 67%. Esto proporciona una idea de las condiciones de confort térmico en estos meses.

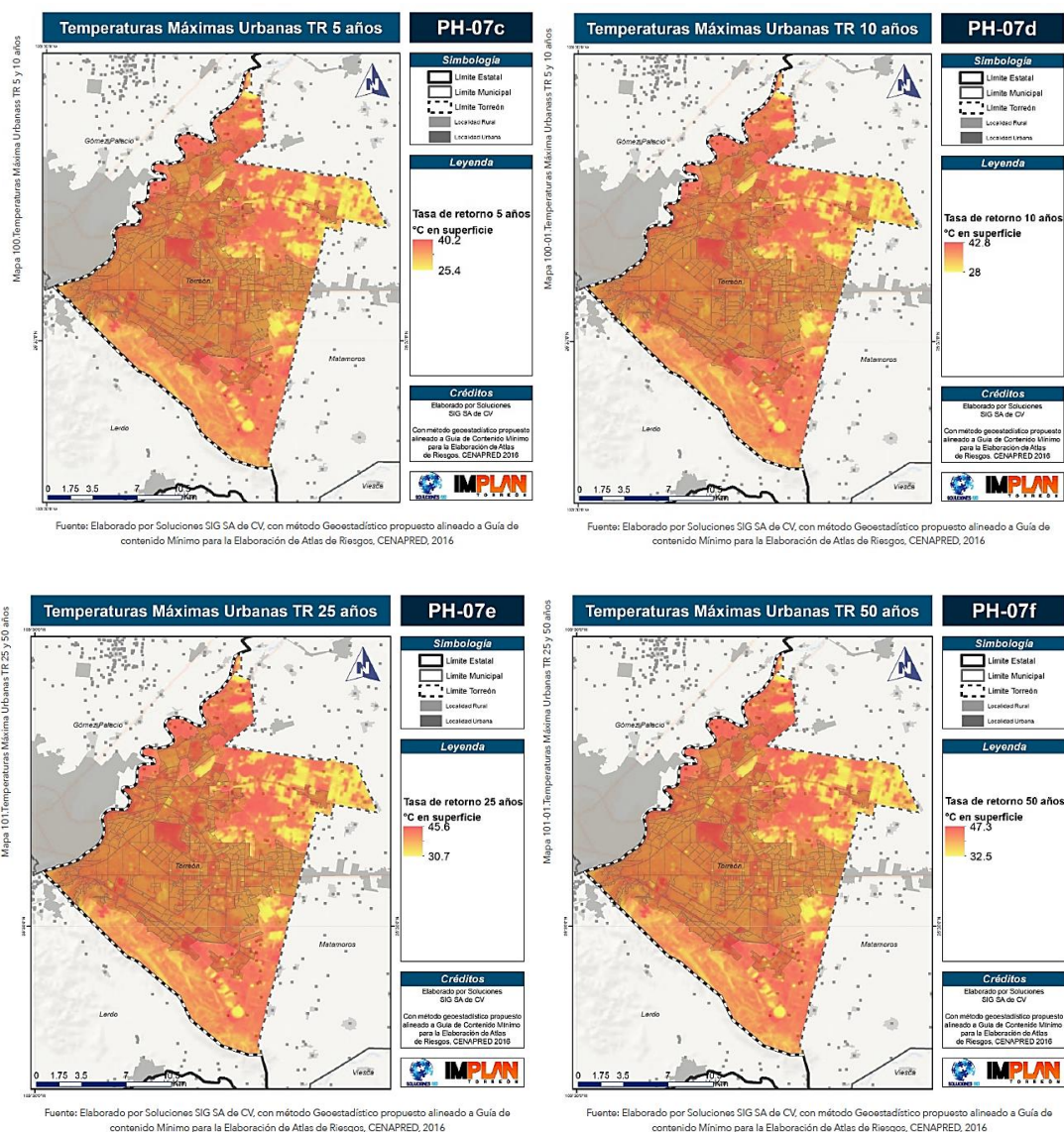
**Vientos dominantes diarios:** Los vientos juegan un papel importante en la percepción de la temperatura y la comodidad climática. El análisis diario de los vientos ayuda a entender cómo influyen en la regulación térmica durante los periodos de calor extremo.



### 3.1.2 Periodos de retorno sobre temperaturas máximas en 5, 10, 25 y 50 años

En las siguientes imágenes muestran un análisis de las temperaturas máximas urbanas en Torreón para distintos periodos de retorno (5, 10, 25 y 50 años) donde las temperaturas variarán de 25.4°C a 42°C dependiendo del periodo de retorno, con los valores más altos en el periodo de 10 años y las zonas más cálidas se concentran en ciertas áreas urbanas, indicadas por los colores más intensos. En referencia al pronóstico Los mapas sugieren que Torreón experimentará temperaturas elevadas que podrían incrementarse en periodos de retorno más cortos. Esto implica un riesgo de calor extremo, afectando la infraestructura y la salud pública, por lo que es importante considerar estrategias de mitigación y adaptación para enfrentar el calor extremo en Torreón en los próximos años.

Ilustración 3-3 Análisis de temperatura en retornos de 5,10,25 y 50 años



## 3.2 Características medioambientales

Torreón se encuentra en una zona de clima árido y semiseco, donde las temperaturas extremas y la baja precipitación son factores predominantes. Estos elementos medioambientales han dado forma a los ecosistemas locales, condicionando la vegetación, la fauna, y los recursos hídricos disponibles. Además, la región enfrenta retos ambientales significativos, como la escasez de agua, la desertificación y la necesidad de implementar prácticas de sostenibilidad para mitigar el impacto del cambio climático.

### 3.2.1 Edafología

De acuerdo a información de INEGI 2013 en el municipio de Torreón, el suelo predominante es el xerosol háplico en una extensión de 28,487 hectáreas que representan el 92%, litosol con 1,527 hectáreas equivalentes al 5%; planosol con 497 hectáreas con el 2% y vertisol Crómico con 271 hectáreas con el 1% (INEGI, 2010).

### 3.2.2 Flora y fauna

El 20.5%, corresponde a vegetación arbustiva y de matorral desértico propios de la región; El 31.6% a vegetación intermitente a través de superficie establecida de agricultura anual y semipermanente durante diferentes periodos del año, distribuidas principalmente en el área norte del perímetro. Por último; el 47.9% restante corresponde al área impactada con infraestructura construida en la mancha urbana, como resultado del desarrollo sociodemográfico y productivo (IMPLAN, 2020).

### 3.2.3 Riesgos

Lo inhóspito del ambiente geográfico semiárido se suma a un territorio con una dinámica socioespacial que poco a poco ha ido presentando situaciones que afectan a la población y sus bienes, proceso irremediable si consideramos la vocación industrial de la economía y el amplio y acelerado crecimiento urbano (IMPLAN, 2020).

### 3.2.4 Sequías

CONAGUA clasifica a Torreón con condiciones de Sequía D0 (anormalmente seco) y D1 (sequía moderada). La ciudad se encuentra en una zona con el mayor déficit de precipitación en relación con la media anual, lo que implica una baja constancia de humedad durante el año. Las lluvias extremas no contribuyen significativamente al índice de precipitación, ya que su breve duración no tiene un impacto relevante en el ecosistema del municipio. (Nacional, 2024)

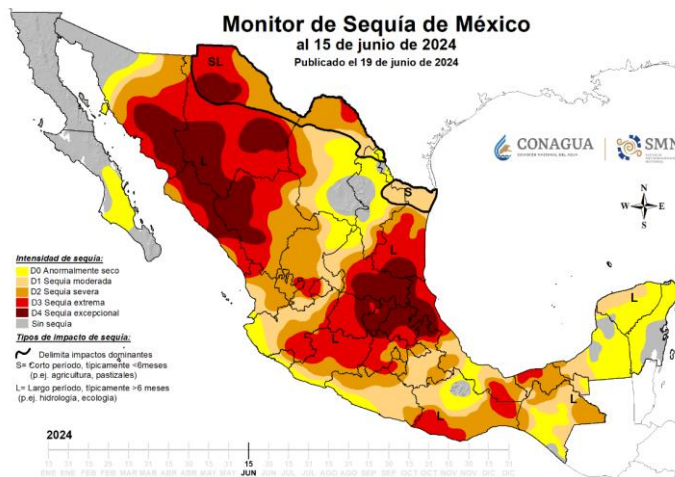


Ilustración 3-4 Mapa Ilustrativo que muestra la intensidad de sequía en México

### 3.2.5 Ondas cálidas

Las condiciones geográficas y la ubicación de Torreón lo hacen vulnerable a ondas cálidas, como lo indican registros de CENAPRED, que reportan dos declaratorias de emergencia entre 2010 y 2020 debido a este fenómeno. La zona norte de la ciudad es particularmente afectada, con temperaturas entre 38 y 40°C. Según el Atlas Municipal de Riesgos de Torreón, se ha evaluado el peligro de altas temperaturas utilizando datos climatológicos para calcular la desviación estándar de la temperatura máxima y proyectar estos valores a futuro utilizando el método Gauss Gumble para periodos de 5, 10, 25 y 50 años. (SEGOB, 2018).

### 3.2.6 Heladas

En condiciones de baja velocidad del viento y temperaturas de 0°C o más, el vapor de agua en el aire puede condensarse y provocar nieve si la humedad es alta, o heladas si es baja, lo que sugiere que una mayor humedad reduce la probabilidad de heladas. Entre 2000 y 2020, Torreón ha tenido tres declaratorias de emergencia por heladas, destacando la de 2011, que afectó la vegetación y subrayó la importancia de identificar los sistemas vulnerables a este fenómeno (IMPLAN, 2020).

### 3.2.7 Tormentas de polvo

Las tormentas de arena y polvo suelen ocurrir cuando fuertes vientos arrastran grandes cantidades de arena y polvo de suelos desnudos y secos a la atmósfera. La tormenta de arena y polvo constituyen peligros meteorológicos comunes en las regiones áridas y semiáridas, como lo es el caso de Torreón (IMPLAN, 2020).



*Ilustración 3-5 Vista de tormenta de polvo sobre la ciudad de Torreón, 2020 fuente Mileno noticias*

### 3.3 Importancia de la arquitectura sustentable como método de mitigación de riesgos

La arquitectura sustentable juega un papel crucial en la mitigación de riesgos ambientales, económicos y sociales, gracias a que ayudan a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, a la conservación de recursos naturales, a la gestión sostenible del agua, resiliencia a los desastres naturales, mejoras de la calidad de vida y reducción de costos a largo plazo, etc. Por lo que no solo es esencial para la protección del medio ambiente, sino que también ofrece una solución efectiva para mitigar diversos riesgos asociados con la construcción y el desarrollo urbano.

El motivo por el cual la construcción sustentable no siempre se considera como un método de mitigación de riesgos en la Comarca Lagunera, México, puede deberse a varios factores como:

1. **Falta de conciencia y educación ambiental:** Una de las principales razones es la falta de conciencia y educación sobre los beneficios de la construcción sustentable. Muchas personas y desarrolladores pueden no estar plenamente informados sobre cómo las prácticas de construcción sostenible pueden ayudar a mitigar riesgos como inundaciones, sequías y otros desastres naturales.
2. **Costos iniciales perceptivos:** La percepción de que la construcción sustentable es significativamente más costosa puede disuadir a los desarrolladores y propietarios de viviendas. Aunque los costos a largo plazo de la construcción sustentable pueden ser menores debido a la eficiencia energética y la reducción de mantenimiento, los costos iniciales pueden parecer prohibitivos.
3. **Normativas y regulaciones:** La ausencia de normativas y regulaciones que promuevan o exijan prácticas de construcción sustentable puede ser un obstáculo. Si no existen incentivos claros o requisitos legales, los desarrolladores pueden no tener motivación para adoptar estas prácticas.
4. **Prioridades de desarrollo:** En muchas regiones, las prioridades de desarrollo pueden centrarse en satisfacer la demanda de viviendas de forma rápida y económica, sin considerar tanto los aspectos de sostenibilidad. En áreas con alta demanda de vivienda, la velocidad y el costo pueden ser más importantes que la sostenibilidad.
5. **Evaluación de riesgos tradicionales:** La construcción y planificación urbanas tradicionales en la Comarca Lagunera pueden no integrar plenamente la evaluación de riesgos ambientales y la mitigación mediante prácticas sostenibles. La planificación urbana tradicional a menudo no considera factores como el cambio climático o la gestión de recursos hídricos a largo plazo.
6. **Desconocimiento de beneficios:** El desconocimiento de los múltiples beneficios que la construcción sustentable puede aportar, no solo en términos de mitigación de riesgos, sino también en ahorro de energía, agua, y mejora de la calidad de vida, puede limitar su adopción.

Para que la construcción sustentable sea considerada como una metodología viable para la mitigación de riesgos en la Comarca Lagunera, es crucial aumentar la conciencia y educación sobre sus beneficios, ajustar las políticas y regulaciones para fomentar estas prácticas, y proporcionar los recursos y tecnologías necesarios para su implementación.

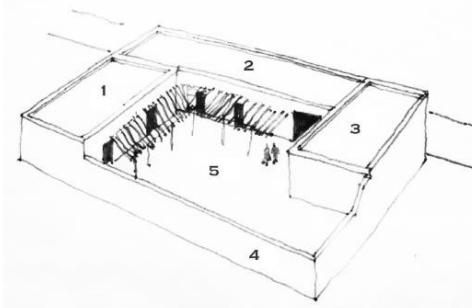
### 3.4 Arquitectura vernácula en el norte de México

La arquitectura vernácula en el norte de México es una manifestación clara de la adaptación de las comunidades a su entorno desértico y a las limitaciones de recursos disponibles, reflejando una mezcla de influencias indígenas y españolas, adaptando técnicas y estilos europeos a las condiciones locales y demostrando una persistencia de tradiciones evidenciando una continuidad cultural.

Antes de la llegada de la influencia europea, estas edificaciones se desarrollaban de muros gruesos y pocas aberturas para minimizar la pérdida de calor durante las noches frías y mantener la frescura en los días calurosos. En la época de la conquista pasaron a ser sistemas constructivos de Aridoamérica tienen un enorme parecido con los desarrollados en costa sur del Mediterráneo y las zonas de influencia árabe. En relación con la tipología de edificación, las casas generalmente se diseñaban con volumetrías sencillas y con un enfoque en la funcionalidad más que en la ornamentación, con patios centrales que facilitaron la ventilación natural y servían como áreas comunales, creando en los espacios interiores multifuncionales y adaptándose a diversas necesidades de la familia.

Esta casa del patio central cuyo origen se remonta a las construcciones heredadas del pasado multicultural español y cuyo modelo fue incorporado en la Nueva España desde el inicio de la conquista, fue interpretado por la mayoría de los colonos norteros con formas similares, pero utilizando como material predominante el adobe.

*Ilustración 3-6 Vivienda tipo en la región por Francisco*



Dentro de los materiales utilizados principalmente se destacó el adobe como método constructivo debido su disponibilidad, a la facilidad de uso y adaptación a las condiciones locales, hecho de tierra, agua y paja se adapta a las condiciones locales generando propiedades térmicas que proporcionaban aislamiento a las temperaturas extremas, acompañado de revoques de tierra para recubrir los muros con una mezcla de tierra y cal para protegerlos de la erosión y mejorar su apariencia.

Otros de los sistemas constructivos en muros que se utilizaron fueron:

- Mampostería de piedras juntas de tierra
- Masa de lodo unida sin piedras sin postes
- Masa de tierra y piedras unidas y postes cubiertos de tierra
- Combinación de lodo colado o masa de tierra apisonada a mano
- Bloques de tierra comprimida
- Paja aglomerada con tierra

Para los techos se generaron los techos planos de terrado., hechos de ramas y tierras generando una cubierta eficaz contra el clima, con estructuras de madera utilizándola para las vigas y soportes.

La arquitectura vernácula en el norte de México es un testimonio de la ingeniosidad y adaptabilidad de las comunidades frente a las condiciones desérticas. Utilizando materiales locales y técnicas tradicionales, estas construcciones no solo satisfacen necesidades funcionales, sino que también reflejan una rica herencia cultural y una profunda conexión con el entorno natural (L. King).

### 3.5 La vivienda en el estado de Coahuila

De acuerdo al documento de estrategia integral de vivienda adecuada y urbanización sostenible para el estado de Coahuila desarrollado por la ONU y el gobierno de Coahuila, establece directrices de política pública para alinear el desarrollo territorial con la nueva agenda urbana. Define la vivienda adecuada como un espacio que asegura la seguridad de tenencia, habitabilidad, acceso a materiales apropiados, servicios básicos, asequibilidad, buena ubicación, accesibilidad para todos, y adecuación al contexto cultural.

Gracias a la colaboración entre la ciudadanía y agentes públicos, existen nueve retos principales para la vivienda adecuada en Coahuila, tales como: ubicación deficiente de las viviendas, falta de asequibilidad, diversidad insuficiente en el acceso a viviendas adecuadas, servicios básicos y calidad mínima no garantizados, ambiente habitacional que no siempre es seguro y sano, falta de integración de transporte y movilidad con políticas de suelo y vivienda, insuficiente mezcla de usos y dotación de espacio público, alto porcentaje de viviendas deshabitadas y viviendas no adaptadas a tendencias demográficas y nuevas técnicas.

Para enfrentar estos desafíos, se establecieron diez metas para Coahuila al 2030, las cuales buscan transformar la vivienda en Coahuila hacia un modelo más sostenible y resiliente, alineado con la agenda urbana global (ONU-Habitat, 2021) incluyendo:

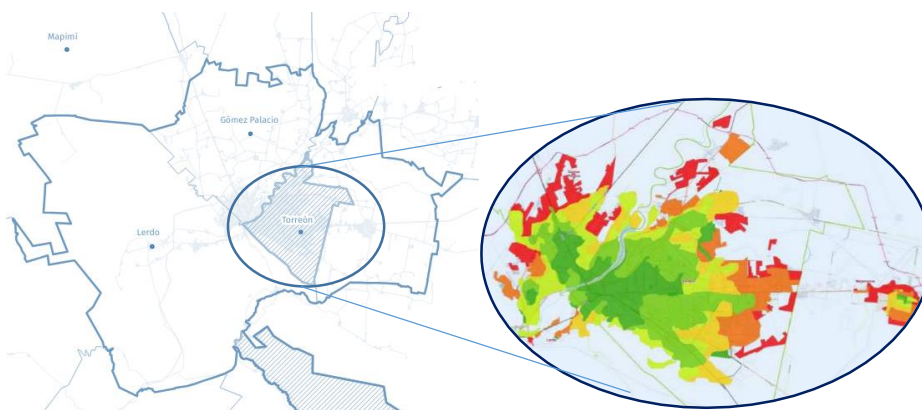
1. Cero expansiones urbanas.
2. Vivienda adecuada para todos, con acciones como la actualización de la Ley de Vivienda, creación de normas técnicas y certificaciones de sostenibilidad, y apoyo a la autoconstrucción.
3. Garantizar agua suficiente y aire limpio, mejorando sistemas de agua, saneamiento y monitoreo de calidad del aire, e impulsando planes de acción climática.
4. Cero impactos ambientales de la vivienda, promoviendo empleos verdes, estándares ambientales, diseño pasivo, economía circular, y estrategias de infraestructura verde para mitigar el estrés hídrico y los impactos climáticos.

### 3.6 La vivienda en el municipio de Torreón Coahuila

#### 3.6.1 Desarrollo histórico

De acuerdo al Plan director de Desarrollo Urbano, Torreón Coahuila es una ciudad que ha experimentado un crecimiento significativo desde su fundación en 1907. Este crecimiento ha sido impulsado por diversos factores, incluyendo el desarrollo industrial, la agricultura y actualmente el comercio y distintos servicios. El desarrollo de la zona metropolitana de la cual forma parte Torreón junto con la ciudad de Gómez Palacio y Lerdo del estado de Durango ha ido en expansión en torno a ciertos vectores de crecimiento, como el área norte que aumento el tamaño de su área urbanizada en casi 7 veces entre el año 2000 y el año 2018 (IMPLAN, 2022).

La expansión urbana ha seguido distintas fases, comenzando con un crecimiento radial centrado en el núcleo histórico y evolucionando hacia un crecimiento disperso en las periferias, con desarrollos que varían desde viviendas de interés social hasta residencias de lujo. La disponibilidad de tierras, junto con la construcción de infraestructuras y áreas industriales, ha sido clave en la expansión de la mancha urbana, impulsando la economía local y generando empleo. Sin embargo, este crecimiento también ha presentado desafíos en infraestructura y servicios públicos, además de impactos negativos en el medio ambiente, como la reducción de áreas verdes y la alteración de ecosistemas. (IMPLAN, 2022).



*Ilustración 3-7 Mancha Urbana de la Laguna, IMPLAN Torreón*

### 3.6.2 Situación actual

La ciudad de Torreón ha experimentado un crecimiento significativo en las últimas décadas, lo que ha impactado notablemente el sector de la vivienda. En las zonas más antiguas y céntricas, las viviendas tradicionales reflejan la arquitectura vernácula de la región, utilizando materiales locales como adobe y ladrillo. En las nuevas áreas de desarrollo, predominan viviendas contemporáneas y de estilo moderno, así como viviendas sociales en la periferia y residenciales de mayor calidad en áreas más céntricas. A pesar del crecimiento, persiste un déficit de viviendas adecuadas, especialmente para familias de bajos ingresos, debido al aumento en los precios de la vivienda y materiales. Este crecimiento urbano y económico ha creado oportunidades para el desarrollo habitacional, pero también ha resaltado la necesidad de una planificación urbana más equitativa y ordenada (IMPLAN, 2022).

### 3.6.3 Crecimiento Poblacional

La población de Torreón se proyecta a aumentar de 679,288 habitantes en 2015 a 798,014 en 2030, indicando un crecimiento sostenido, aunque con una tasa de crecimiento anual media que disminuye ligeramente de 1.7% (2000-2015) a 1.1% (2015-2030). El índice de urbanización es muy alto (96.5% en 2018), reflejando una ciudad altamente urbanizada, en 2015, Torreón contaba con 191,913 viviendas particulares habitadas, con un porcentaje de viviendas particulares habitadas del 77% en 2010, sugiriendo un crecimiento en el número de viviendas ocupadas.

Estos datos reflejan un crecimiento poblacional constante en Torreón, acompañado de un alto índice de urbanización y un incremento en la cantidad de viviendas habitadas. Este crecimiento demográfico y urbano presenta oportunidades y desafíos para el desarrollo urbano sostenible, la infraestructura y los servicios públicos en la ciudad, ya que representan un incremento en la demanda energética, tanto para la manufactura y el transporte de materiales, como para la construcción y ocupación del suelo urbano. Pero a su vez conllevan oportunidades para tomar decisiones proactivas en materia de edificación para contribuir a un uso más eficiente de los recursos, mitigar emisiones contaminantes y fortalecer los procesos de adaptación ante el cambio climático (ONU Habitat, 2018).

### 3.6.1 Diagnóstico ambiental

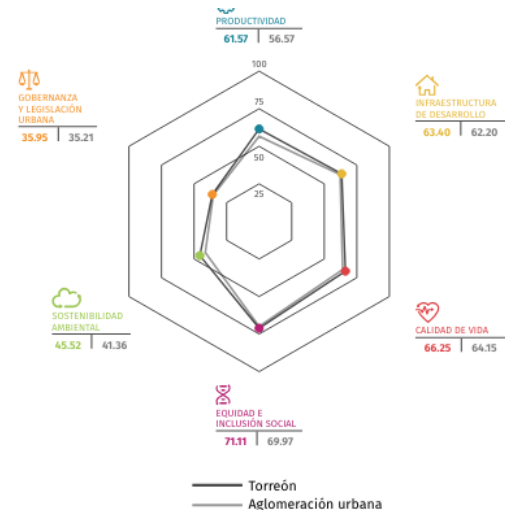
Según el índice de las ciudades prósperas (CPI, por sus siglas en inglés)<sup>1</sup> diseñado por ONU-Hábitat, esta herramienta de medición que permite identificar oportunidades y desafíos en las ciudades, apoyando la toma de decisiones en política pública en diversos ámbitos de gobierno, además de promover la rendición de cuentas y el monitoreo de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y la Nueva Agenda Urbana.

El análisis de los componentes de Torreón basados en este índice refleja los siguientes niveles de prosperidad:

- **Equidad e inclusión social:** Alto nivel de prosperidad (71.11), lo que indica un sólido desempeño en este aspecto.
- **Calidad de vida:** Moderadamente alto (66.25), lo que sugiere una buena calidad de vida en general.
- **Infraestructura para el desarrollo:** Moderadamente sólido (63.40), destacando áreas que podrían beneficiarse de un mayor fortalecimiento.
- **Productividad:** Similar a la infraestructura (61.97), señalando un desempeño sólido con margen de mejora.
- **Sostenibilidad ambiental:** Moderadamente débil (45.52), lo que resalta la necesidad de priorizar políticas en esta área.
- **Gobernanza y legislación urbana:** Muy débil (35.59), lo que indica una urgente necesidad de intervención y mejora.

En general el CPI de Torreón muestra un desempeño general moderadamente sólido en varios aspectos, con fortalezas en equidad e inclusión social y áreas clave para mejoras en sostenibilidad ambiental y gobernanza (ONU Habitat, 2018).

Ilustración 3-8 Grafico de prosperidad en Torreón Coahuila



#### Escalas de prosperidad urbana y niveles de intervención

- 80 - 100: Muy sólidos (Consolidar políticas urbanas)
- 70 - 79: Sólidos (Consolidar políticas urbanas)
- 60 - 69: Moderadamente sólidos (Fortalecer políticas urbanas)
- 50 - 59: Moderadamente débiles (Fortalecer políticas urbanas)
- 40 - 49: Débiles (Priorizar políticas urbanas)
- 0 - 39: Muy débiles (Priorizar políticas urbanas)

<sup>1</sup> El CPI permite comparar la situación de una ciudad con otras urbes del mundo, sirviendo también como una estrategia para la toma de decisiones en políticas públicas locales.

### 3.7 Impacto ambiental de la construcción

De acuerdo a un documento de evaluación de la sustentabilidad de la vivienda en México realizado de 2012, el cual desarrolla un Índice de sustentabilidad de la vivienda y su Entorno (ISV) muestra un diagnóstico que apunta hacia la existencia de una sustentabilidad media-baja en la vivienda de interés social de 41 a 48 puntos a una escala de 0 a 100, lo cual se caracteriza por cumplir con un mínimo de la normatividad nacional, ya que integrar la dimensión ambiental exige considerar que, del total de emisiones de CO<sub>2</sub> en México, el sector residencial es responsable del 7% de ellas, mientras que las industrias del cemento, hierro y acero las cuales están más integradas al sector de construcción equivalen a 8.9% de estas (SEMARNAT, 2011).

### 3.8 Incentivos económicos para la adopción de prácticas sostenibles en las viviendas en México

Existen iniciativas que reflejan un compromiso significativo de México hacia la sostenibilidad en el sector de la vivienda, ofreciendo tanto beneficios económicos directos a los consumidores como contribuciones a largo plazo para el medio ambiente global.

#### 3.8.1 NAMA facility

La NAMA Facility en México es una iniciativa internacional enfocada en la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero mediante el apoyo a proyectos sustentables. Una de las iniciativas más destacadas financiadas por la NAMA Facility es la NAMA de Vivienda Sustentable, la cual promueve la construcción de viviendas energéticamente eficientes y sostenibles. Dentro de los ejemplos de proyectos destaca EcoCasa lo que proporciona financiamiento y soporte técnico para la construcción de viviendas ecológicas.

Objetivos Principales de la NAMA de Vivienda Sustentable:

- Reducción de Emisiones de GEI: Implementación de tecnologías y prácticas que minimicen las emisiones de carbono en la construcción y uso de viviendas.
- Eficiencia Energética: Fomento del uso de materiales y tecnologías que reducen el consumo energético, como aislamiento térmico, ventanas de doble acristalamiento y sistemas solares.
- Accesibilidad: Proveer acceso a viviendas sostenibles para familias de bajos ingresos, mejorando su calidad de vida y reduciendo gastos energéticos (Facility, 2023).

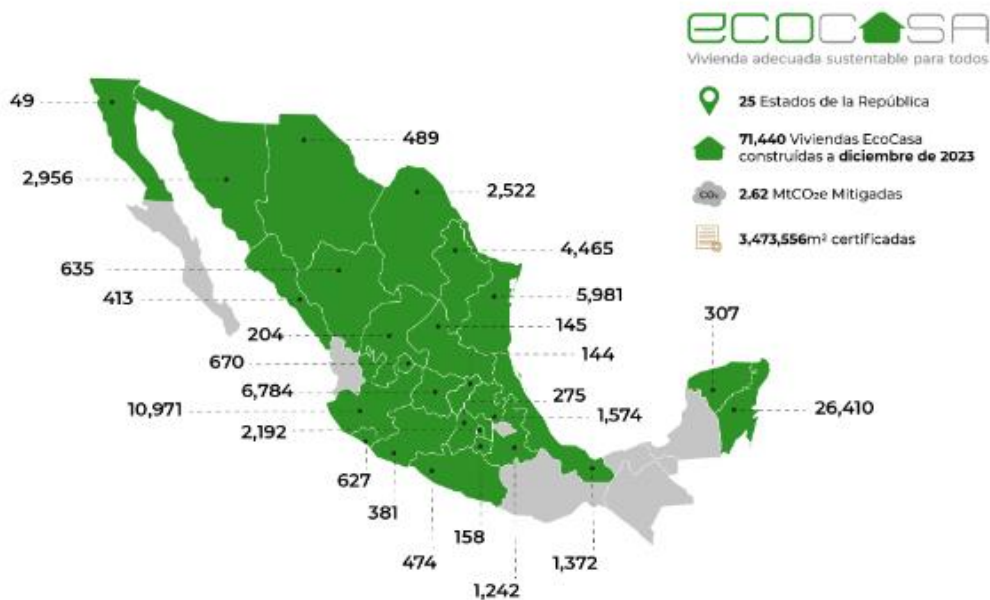
#### 3.8.2 Ecocasa

EcoCasa es una iniciativa innovadora en México que promueve la construcción de viviendas sostenibles y eficientes en el uso de recursos. Este programa es el resultado de una colaboración entre la Sociedad Hipotecaria Federal (SHF), el Banco de Desarrollo Alemán (KfW), y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Su objetivo principal es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la eficiencia energética en el sector de la vivienda. Dentro de los beneficios esta que ofrece financiamiento a desarrolladores de vivienda para la construcción de proyectos que cumplan con criterios de sostenibilidad y eficiencia energética y los desarrolladores pueden acceder a incentivos financieros por incorporar tecnologías verdes y prácticas sostenibles en sus proyectos (EcoCasa, 2024).

Parámetro	Requisito
Reducción relativa de emisiones de GEI*	<ul style="list-style-type: none"> <li>20% en reducción de emisiones de GEI respecto con la totalidad de energía relacionada con emisiones GEI de la casa, incluyendo consumo de electricidad y gas.</li> </ul>
Reducción absoluta en emisiones de GEI*	<ul style="list-style-type: none"> <li>12 kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/año, es decir 12 kg de reducción de CO<sub>2</sub> por metro cuadrado por año.</li> </ul>
Coefficiente de desempeño del aire acondicionado (A/A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>COP=2.5 tanto para línea base y los casos eficientes.</li> </ul>
Factor de corrección de Aire acondicionado/calefacción	<ul style="list-style-type: none"> <li>La cantidad de energía requerida por aire acondicionado o calefacción se ajusta multiplicándolo por el porcentaje de viviendas que tienen equipo de aire acondicionado y/o calefacción correspondiente al último bicentenario de la INEGI.</li> </ul>
Criterio de confort térmico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rango estándar de confort térmico al interior de la vivienda: 20-25°C para la línea base como para el eficiente.</li> </ul>

\*GEI= Gases de efecto invernadero, \*COP= Coefficient of performance (Coeficiente de rendimiento)

Ilustración 3-9 Registro de viviendas del 2006-2024



El mapa proporciona un análisis del registro de viviendas registradas en México desde 2006 hasta 2024, el estado de Coahuila tiene 2,522 viviendas registradas hasta el momento con una tendencia de mayor cantidad de viviendas horizontales en comparación de las verticales, dado a su distribución espacial y el uso del suelo típico de la región.

### 3.8.3 Hipoteca verde de INFONAVIT

La Hipoteca Verde de INFONAVIT (Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores) ofrece un programa para la construcción y adquisición de viviendas sostenibles. Brinda financiamiento adicional a los trabajadores para incorporar eco tecnologías que mejoran la eficiencia energética y contribuyen al cuidado del medio ambiente (INFONAVIT).

#### Características del programa:

- **Financiamiento Adicional:** Los trabajadores reciben un crédito extra para la compra e instalación de eco tecnologías como calentadores solares, sistemas de recolección de agua y aislamiento térmico.
- **Selección de Tecnologías:** Las eco tecnologías elegibles deben estar incluidas en la lista aprobada por INFONAVIT, permitiendo a los trabajadores seleccionar las que mejor se adapten a sus necesidades, dentro de las cual considera:

Ahorro de energía	Ahorro de agua
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Focos Ahorradores</li> <li>▪ Focos Led</li> <li>▪ Aire acondicionado</li> <li>▪ Aislante térmico en techo/muro</li> <li>▪ Ventanas con doble acristalamiento</li> <li>▪ Optimizador de tensión</li> <li>▪ Calentador solar</li> <li>▪ Refrigeradores</li> <li>▪ Lavadoras</li> <li>▪ Estufas</li> <li>▪ Sistemas Fotovoltaicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inodoros de grado ecológico</li> <li>▪ Regadora grado ecológico</li> <li>▪ Llaves ahorradoras de agua en cocina</li> <li>▪ Llaves ahorradoras de agua en baño</li> <li>▪ Dispositivos ahorradores de agua en llaves de cocina</li> <li>▪ Dispositivos ahorradores de agua en llaves de lavabo</li> <li>▪ Sistemas de captación de agua pluvial</li> </ul>



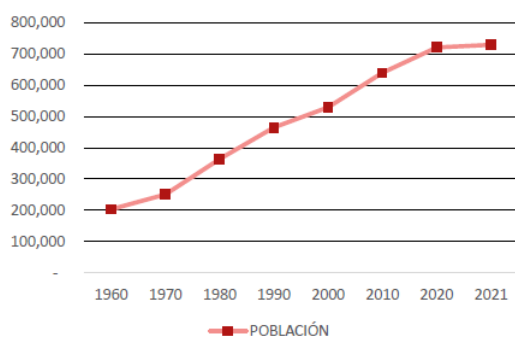
# 4 . DIAGNOSTICO

---

## 4.1 Análisis del perfil demográfico y social de la zona de estudio

Torreón se caracteriza por una alta densidad de población en comparación con otras regiones de Coahuila, reflejando su importancia como centro urbano y económico. Según el último Censo poblacional del INEGI 2020, Torreón es el segundo municipio más importante de Coahuila; con 720,848 habitantes de los cuales 384,254 son mujeres y 368,801 hombres. Según las tasas de crecimiento poblacional, desde 1960 se puede observar que a partir del periodo 1980-1990, la tasa comienza a ir en descenso, según los datos la tasa más alta registrada fue de 3.80% en la década de 1970-1980. Para el 2010-2020 la tasa de crecimiento promedio es de 1.20% (IMPLAN, 2022).<sup>2</sup>

Ilustración 4-1 Población Torreón 1960-2021, fuente IMPLAN.



PERIODO	TASA
1960-1970	2.12%
1970-1980	3.80%
1980-1990	2.48%
1990-2000	1.31%
2000-2010	1.91%
2010-2020	1.20%

## 4.2 Evaluación de la vivienda, infraestructura y servicios básicos

El municipio cuenta con una densidad habitacional de 1,433 viv/km<sup>2</sup> en 2020. La baja densidad registrada se debe principalmente al modelo de crecimiento urbano discontinuo y disperso que presenta el municipio. Durante el periodo 2000-2010, Torreón presentó una tasa de crecimiento de 3.42%, pasando de 125,033 a 167,761 viviendas particulares habitadas. Para el 2020, se alcanzó un incremento en la oferta habitacional de 23 mil viviendas, pasando de 167,761 a 214,929, reflejando una tasa de 2.29% (INEGI, 2020).

### 4.2.1 Agua potable

En 2020, de las 214,929 viviendas particulares habitadas, 214,004 contaban con el servicio de agua entubada, lo que representa el 99.57%. De este porcentaje, un 98.40% cuenta con el servicio dentro de la vivienda y el resto fuera de la vivienda, pero dentro del terreno. El porcentaje de viviendas con servicio de drenaje es de 99.54% (IMPLAN, 2020). La red general de agua potable abastece principalmente a las colonias de la zona centro y poniente; sin embargo, las colonias y fraccionamientos en las zonas norte y noreste son de los sectores más sensibles a la falta de servicio por ser de reciente urbanización.

### 4.2.2 Drenaje sanitario

La red general de drenaje da cobertura a la ciudad casi en su totalidad con 900 Km. de tubería y 70,715m de líneas colectoras (IMPLAN, 2022).

<sup>2</sup> Staff, T. (n.d.). *Planes y Programas*. <https://www.trcimplan.gob.mx/documentos.html>

#### 4.2.3 Drenaje pluvial

La infraestructura pluvial cuenta con líneas colectoras en las zonas inundables del centro hacia el este de la mancha urbana y sobre el margen del Río Nazas. Estas alimentan 17 cárcamos pluviales distribuidos hacia la zona norte y este del municipio (IMPLAN, 2022).

#### 4.2.4 Energía eléctrica

El 99.78% de los hogares en Torreón cuentan con conexión a energía eléctrica. En 2017, el consumo de energía fue de 1.620 millones de kWh, y considerando la proyección de población de CONAPO, el consumo per cápita es de 2,285 kWh por año (INEGI, 2017).

#### 4.2.5 Vivienda durable

Según el Censo de 2020, el 99.68% de las viviendas particulares habitadas cuentan con materiales resistentes en techos, como lámina metálica, lámina de asbesto, madera o tajamanil, terrado con viguería, teja, losa de concreto o viguetas con bovedilla. El 0.9% presenta pisos de tierra, indicando una alta presencia de vivienda durable en el municipio (INEGI, 2020).

#### 4.2.6 Rezago habitacional

El Programa nacional de vivienda (2020) define el rezago habitacional como la situación de viviendas en hacinamiento o con materiales de edificación deteriorados que no logran satisfacer un mínimo de bienestar para sus ocupantes. En Torreón, 11,247 viviendas, es decir, el 5.86% del total, se encuentran en rezago habitacional (CONEVAL, 2020).

#### 4.2.7 Espacio habitable suficiente

El Índice de hacinamiento en Torreón registrado durante el Censo de 2020 fue de 0.88, considerado bajo. Esto indica que la vivienda en el municipio ofrece espacio habitable suficiente, con un promedio de 4.37 cuartos por vivienda y 3.48 ocupantes por vivienda (INEGI, 2020).

#### 4.2.8 Mercado inmobiliario

En el caso de las viviendas registradas en el portal de AMPI (2019), el precio promedio por metro cuadrado de construcción a nivel municipal oscila en los \$10,493.69. Hay una concentración importante en la parte suroriente y nororiente del municipio, destacándose la colonia Los Viñedos en la que se ubica 147 de las 1,094 viviendas, equivalente al 13.43% de las viviendas ofertadas a nivel municipal registradas en el portal de dicha Asociación (IMPLAN, 2022).

Con base en datos del Censo de población y vivienda 2020 (INEGI, 2020). la tipología de vivienda que predomina es la de tipo unifamiliar, abarcando el 96.22% del total de viviendas particulares habitadas y únicamente el 0.70% es de tipo departamento o edificio.

Tabla 1 Valores de mercado en Torreón 2019 (precio m2)

Acción	Construcción	
	Media	Promedio
Construcciones en general	\$7435.05	\$6521.13
Casa	9891.99	\$10,493.69

## 4.3 Tipología de vivienda

### 4.3.1 Clasificación por vulnerabilidad de la vivienda

El centro nacional de prevención de desastres (CENAPRED) clasifica las viviendas según diversos criterios que influyen en la vulnerabilidad ante desastres naturales. Esta clasificación ayuda a evaluar la vulnerabilidad estructural de las viviendas ante sismos, orientando mejor las medidas de prevención y mitigación necesarias (CENAPRED, 2014).

Tabla 2 Clasificación tipología CENAPRED

Tipología	Material muro	Material techo	Cimentación
1	Mampostería reforzada con castillos y dalas	Rígido	Zapata corrida de concreto o mampostería
2	Mampostería reforzada con castillos y dalas con malla y mortero	Vigas de acero con bóveda de tabique	Zapata corrida de mampostería
3	Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior	Vigas de acero con delgada de tabique (bóveda catalana)	Zapata de mampostería
4	Mampostería deficientemente reforzada con castillos y dalas (aberturas sin refuerzo)	Losa de concreto reforzado	Sin mampostería
5	Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior insuficiente	Prefabricados (vigueta-bovedilla, otros)	Zapa corrida de mampostería



Tipología 1



Tipología 2



Tipología 3



Tipología 4



Tipología 5

### 4.3.2 Clasificación por registro de vivienda

En diciembre de 2019, el Sistema Nacional de Información e Indicadores de Vivienda (SNIIV) reportó una oferta de 2,058 viviendas en Torreón. La mayor parte de estas viviendas correspondían al segmento "económico," con un rango de valor de hasta 118 UMA<sup>3</sup>, lo que refleja una significativa demanda por viviendas accesibles en el municipio. Este segmento está orientado principalmente a familias de ingresos bajos que buscan opciones de vivienda básica y funcional.

El inventario de vivienda también mostró una distribución considerable en los segmentos "tradicional" y "popular", que juntos representan más de la mitad de la oferta disponible. Estos segmentos suelen atraer a familias de ingresos medios que buscan viviendas con mayores comodidades y mejores ubicaciones.

El segmento "media" representó un 19.83% de la oferta, ofreciendo opciones que combinan accesibilidad con un mayor nivel de acabados y comodidades. Por otro lado, el segmento "residencial," que incluye viviendas de mayor valor y características premium, constituyó una pequeña parte del inventario con un 2.33%,

<sup>3</sup> Unidad de Medida y Actualización. Para 2019 su valor fue de \$30,822.00 anuales

reflejando un mercado más exclusivo y de nicho dentro del municipio (SNIVV, 2020). Esta distribución en el inventario de viviendas sugiere una concentración en la oferta de viviendas más accesibles, con una menor disponibilidad de opciones de alta gama. Este patrón puede influir en la dinámica del mercado inmobiliario de Torreón, impulsando políticas de desarrollo que buscan equilibrar la oferta en todos los segmentos socioeconómicos.

Tabla 3 Inventario de vivienda (segmentos)

	Económica	Media	Popular	Residencial	Tradicional
<b>Dic 2019</b>	23.71%	19.83%	27.26%	2.33%	26.87%

Las tablas que se presentan a continuación ofrecen una visión detallada de la clasificación de viviendas en Torreón, Coahuila, abarcando aspectos clave como la vulnerabilidad estructural y las características del mercado inmobiliario en el municipio.

### Vivienda económica

**Costo:** Bajo costo, accesible para familias con ingresos limitados.  
**Tamaño:** Generalmente más pequeñas, con superficies reducidas.  
**Materiales:** Materiales de construcción básicos, pero duraderos.  
**Ubicación:** Frecuentemente situadas en áreas suburbanas o en desarrollo.  
**Servicios:** Servicios básicos, a veces limitados en comparación con viviendas de mayor costo.  
**Características:** Puede incluir viviendas de interés social y subsidios gubernamentales.

### Vivienda media

**Costo:** Moderado, accesible para familias con ingresos medios.  
**Tamaño:** Superficie mayor que las viviendas económicas, con más espacio habitable.  
**Materiales:** Materiales de mejor calidad en comparación con las viviendas económicas.  
**Ubicación:** Zonas urbanas y suburbanas, a menudo cerca de servicios y transportes.  
**Servicios:** Mejores servicios y comodidades.  
**Características:** Mejor diseño y acabados, con posibilidad de ampliaciones futuras.

### Vivienda popular

**Costo:** Similar a la vivienda económica, pero con algunas mejoras.  
**Tamaño:** Variable, pero generalmente pequeña a mediana.  
**Materiales:** Materiales básicos con algunas mejoras en calidad.  
**Ubicación:** Zonas urbanas y suburbanas en desarrollo.  
**Servicios:** Servicios básicos con algunas mejoras, como mejor acceso a agua y electricidad.  
**Características:** Programas de apoyo gubernamental o créditos accesibles para la compra.

### Vivienda residencial

**Costo:** Alto, accesible para familias con altos ingresos.  
**Tamaño:** Grandes superficies, con amplios espacios habitables.  
**Materiales:** Materiales de alta calidad y lujo.  
**Ubicación:** Zonas exclusivas y desarrolladas, como fraccionamientos privados.  
**Servicios:** Servicios de alta calidad, como seguridad privada, áreas recreativas, y servicios de lujo.  
**Características:** Diseño arquitectónico sofisticado, acabados de lujo, y tecnologías avanzadas para el hogar.

### Vivienda tradicional

**Costo:** Variable, dependiendo de la ubicación y el estado de conservación.  
**Tamaño:** Puede variar ampliamente, desde pequeñas hasta grandes.  
**Materiales:** Materiales tradicionales como adobe, madera, o ladrillo.  
**Ubicación:** Zonas urbanas antiguas y rurales.  
**Servicios:** Servicios básicos, con variabilidad en modernización.  
**Características:** Estilos arquitectónicos tradicionales y culturales, a menudo con valor histórico.

### 4.3.3 Estudio de casos existentes

Se desarrolló un estudio comparativo de los desarrollos habitacionales en el norte de Torreón, examinando características clave como ubicación, precio, tamaño, y distribución interna de las propiedades, con un énfasis en el número de dormitorios y baños. Este estudio ofrece una visión integral de la oferta inmobiliaria en la zona, identificando tendencias del mercado y preferencias de los compradores, y busca entender la dinámica del sector inmobiliario local. La siguiente imagen muestra las ubicaciones de algunos de los desarrollos analizados junto con sus ofertas de vivienda.

Ilustración 4-2 Ubicación de Desarrollos analizados



**LA TOSCANA**

Precio: \$3,980,000  
 Medida: 230 m<sup>2</sup>  
 Dormitorios: 4 Baños: 4



**RINCON LAS ETNIAS**

Precio: \$1,750,000.00  
 Medida: 140 m<sup>2</sup> (7 x 20 mts)  
 Dormitorios: 3 Baños: 2.5



**PUERTO CIELO PALMA REAL**

Precio: \$2,489,000.00  
 Medida: 180 m<sup>2</sup> (8 x 21 mts)  
 Dormitorios: 3 Baños: 3



**VILLAS DEL RENACIMIENTO**

Precio: \$2,500,000.00  
 Medida: 262 m<sup>2</sup> (12 x 21 mts)  
 Dormitorios: 3 Baños: 2.5



**FRACCIONAMIENTO LAS QUINTAS**

Precio: \$2,910,000.00  
 Medida: 202 m<sup>2</sup>  
 Dormitorios: 3 Baños: 2.5



**PASEO AUREA**

Precio: \$2,040,000.00  
 Medida: 127 m<sup>2</sup> (7.1 x 18 mts)  
 Dormitorios: 3 Baños: 2.5

En conclusión, la oferta de mercado en el norte del municipio presenta una diversidad significativa en términos de precios, tamaños y características de las viviendas. En promedio, las propiedades tienen un precio de \$2,611,500, un tamaño de 188.5 m<sup>2</sup>, con 3.17 dormitorios y 2.92 baños.

# 5 ESTUDIO DE ESTRATEGIAS SOSTENIBLES PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA SOCIAL

---

En el contexto actual, donde la sostenibilidad y la eficiencia energética son esenciales para el desarrollo urbano, el diseño y construcción de vivienda social deben incorporar estrategias que aseguren un equilibrio entre el confort de los habitantes y la preservación del medio ambiente. Esta sección presenta un análisis de diversas estrategias sostenibles que pueden ser aplicadas en el diseño y construcción de viviendas sociales en Torreón, Coahuila. A partir de encuestas de confort y estudios sobre el clima de la región, se identifican prácticas que no solo optimizan el bienestar de los residentes, sino que también promueven la eficiencia en el uso de recursos naturales y energéticos. Este enfoque integral busca ofrecer soluciones habitacionales que sean tanto accesibles como respetuosas con el entorno, respondiendo a las necesidades de una población en crecimiento y al mismo tiempo mitigando el impacto ambiental asociado con la expansión urbana.

## 5.1 Análisis de encuestas de confort

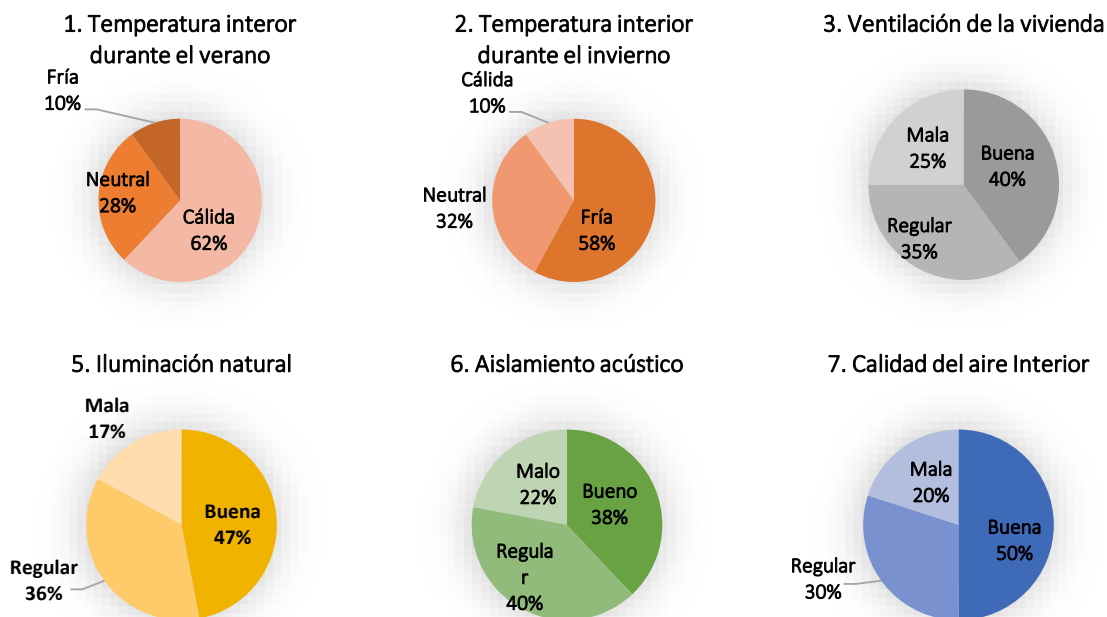
Para evaluar la satisfacción, se realizaron encuestas de confort a 50 personas, abarcando diversos aspectos de la vivienda. Se indagó inicialmente si las personas consideraban su vivienda en un estado de bienestar, definido por la Real Academia Española como "conjunto de las cosas necesarias para vivir bien" y "vida holgada o abastecida de cuanto conduce a pasarlo bien y con tranquilidad" (RAE). Los resultados indicaron que el 71% de los encuestados consideran su vivienda cómoda, el 19% neutral y el 10% incómoda. A continuación, se presentan los resultados generales en gráficos.

Se consideraron varios aspectos clave para evaluar el confort en las viviendas: temperatura interior durante el verano e invierno, ventilación, iluminación natural, aislamiento acústico, y calidad del aire interior.

- La capacidad de la vivienda para mantener una temperatura adecuada en diferentes estaciones es esencial para el confort térmico.
- La ventilación adecuada garantiza un ambiente saludable al renovar el aire interior y controlar la humedad.
- La iluminación natural afecta tanto el confort visual como el estado de ánimo y la eficiencia energética.
- El aislamiento acústico es crucial para minimizar el ruido y crear un entorno tranquilo.
- La calidad del aire interior es fundamental para la salud y el confort de los ocupantes.

Los resultados de la encuesta revelaron un bajo nivel de adopción de prácticas de eficiencia energética en los hogares. Aunque el 86% de los encuestados utiliza bombillas de bajo consumo y el 62% emplea electrodomésticos eficientes, otras medidas más significativas como el aislamiento de ventanas y puertas (2%), dispositivos de ahorro de agua (12%) y la instalación de paneles solares (10%) son mucho menos comunes. Además, un 60% de los participantes no está informado sobre prácticas de eficiencia energética, lo que indica una necesidad urgente de promover la educación en este ámbito. Esto es crítico dado que el 48% de los encuestados reporta gastos de electricidad bimestrales entre 500 y 1000 MXN, reflejando un potencial significativo para mejorar la eficiencia energética y reducir costos.

*Ilustración 5-1 Resultados de encuesta de satisfacción*



### 5.1.1 Estudio de datos como base de propuesta

Las encuestas realizadas permitieron identificar áreas de rezago en el confort y la calidad de vida de las viviendas en Torreón, lo que a su vez reveló oportunidades clave para desarrollar propuestas de mejora. Estos datos fueron fundamentales para diseñar el primer parte de estrategias que aborden específicamente los aspectos más críticos, como la ventilación, la acústica, la calidad del aire, la iluminación natural, y la eficiencia energética.

#### VENTILACIÓN

##### Implementación de ventilación cruzada:

Facilitar la circulación de aire fresco a través de la vivienda utilizando ventanas ubicadas en paredes opuestas.

##### Uso de ventiladores de techo y extractores de Aire:

Instalación de ventiladores de techo en habitaciones principales y extractores de aire en áreas como cocinas y baños para mejorar el flujo de aire y reducir la acumulación de calor.

#### TEMPERATURA INTERIOR

##### Aislamiento térmico eficiente:

Utilizar materiales aislantes como poliuretano, lana de roca, o fibra de vidrio en techos y paredes para mantener la temperatura interior estable y reducir la dependencia de sistemas de aire acondicionado.

##### Techos reflectantes y pintura térmica:

Aplicar pintura térmica reflectante en techos y paredes exteriores para reducir la absorción de calor durante los meses de verano.

##### Persianas y toldos exteriores:

Instalar persianas y toldos en ventanas para bloquear la radiación solar directa y mantener las habitaciones más frescas.

#### ACUSTICA

##### Uso de materiales absorbentes de sonido:

Incorporar paneles acústicos, alfombras gruesas, y cortinas pesadas para disminuir el ruido exterior.

##### Ventanas de doble acristalamiento:

Instalar ventanas de doble o triple acristalamiento que no solo mejoran el aislamiento térmico sino también el acústico.

#### ILUMINACION NATURAL

##### Diseño de ventanas estratégico:

Optimizar la ubicación y el tamaño de las ventanas para maximizar la entrada de luz natural mientras se minimiza la ganancia de calor.

##### Sistemas de protección solar:

Utilizar cortinas ligeras y persianas que permitan el paso de la luz natural sin incrementar la temperatura interior.

#### CALIDAD DE AIRE

##### Sistemas de filtración de aire:

Instalar filtros de aire de alta eficiencia (HEPA) en los sistemas de ventilación y aire acondicionado para mejorar la calidad del aire interior.

##### Plantas de interior:

Introducir plantas que ayuden a purificar el aire, como el lirio de la paz, la palma de bambú y la planta serpiente.

#### EFICIENCIA ENERGETICA

##### Paneles solares:

Aprovechar la alta radiación solar de Torreón para la instalación de paneles solares, reduciendo el consumo energético y aprovechando una fuente de energía renovable.

##### Electrodomésticos de bajo consumo:

Promover el uso de electrodomésticos y bombillas de bajo consumo energético para reducir la factura de electricidad.

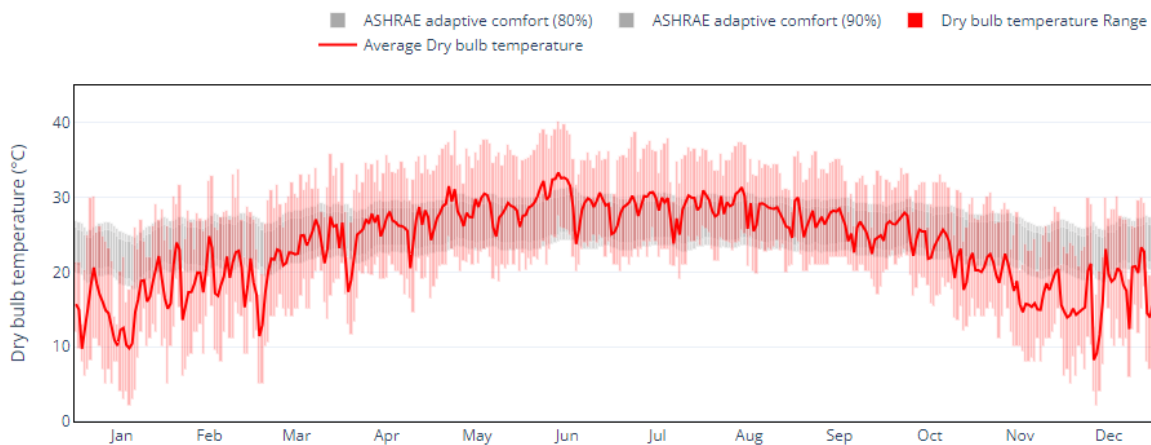
## 5.2 Diseño adaptativo al clima local

Este apartado se centra en el desarrollo de estrategias de diseño arquitectónico que respondan a las condiciones climáticas específicas de Torreón, Coahuila. Se utilizan diversas herramientas para analizar los datos climáticos de la región, con el objetivo de identificar soluciones que maximicen tanto el confort térmico como la eficiencia energética de las viviendas. Este enfoque busca aprovechar los recursos naturales disponibles, como la luz solar y la ventilación, para disminuir la dependencia de sistemas artificiales de calefacción y refrigeración. Al adaptar el diseño de las viviendas al clima local, se mejora la habitabilidad, se reduce el consumo energético y se promueve un enfoque más sostenible en la construcción y el uso de los espacios habitacionales.

### 5.2.1 Temperatura relativa

La temperatura relativa es la medición del aire en un momento específico, crucial para el confort térmico y la eficiencia energética en viviendas.

Ilustración 5-2 Grafico temperatura vulvo seco anual en °C



Fuente: CBE Clima Tool

El gráfico de temperatura de bulbo seco muestra que las temperaturas promedio diarias varían estacionalmente, oscilando entre 15°C y 20°C en invierno y entre 25°C y 35°C en verano. Las barras indican que las temperaturas diarias pueden variar significativamente, especialmente en verano, con máximas que superan los 35°C. La mayoría de las temperaturas caen dentro de los rangos de confort adaptativo del 80% y 90% de ASHRAE, aunque algunos días de verano superan estos límites, sugiriendo la necesidad de medidas adicionales de enfriamiento para mantener el confort.

### 5.2.2 Temperatura media mensual y anual de la zona.

La media mensual y anual de las temperaturas y otras variables climáticas proporciona un panorama integral del clima en una región. Analizar estos promedios es fundamental para comprender las tendencias y patrones climáticos en Torreón, lo que a su vez permite anticipar las condiciones ambientales a las que estarán expuestas las viviendas.

Ilustración 5-3 Descripción de las estadísticas percentil anuales

month	mean (°C)	std (°C)	min (°C)	1% (°C)	25% (°C)	50% (°C)	75% (°C)	99% (°C)	max (°C)
Jan	15.36	5.9	2	4	11	14.8	20	28.74	30.2
Feb	19.31	5.95	5	7.21	14.7	19.5	24	32.06	33.8
Mar	22.21	5.95	5	7.8	18	22	27	34	35.9
Apr	25.49	5.15	11.6	13.6	21.98	25.3	29.8	35	35.7
May	28.17	4.86	16.5	18.83	24	28	32	37.1	38.9
Jun	29.83	4.68	20	21	26	29.75	34	39.08	40.2
Jul	28.53	4.14	19	20.89	25.3	28.1	32	37	38.8
Aug	28.46	3.98	19.7	20.2	25.4	28	31.72	36.56	37.4
Sep	26.33	3.96	17	19	23.1	26	29	35.16	36.2
Oct	24.04	4.85	12.2	13.63	20.27	24	28	32.4	34
Nov	18.53	4.82	8	9.14	15	18.05	22	28.5	30.7
Dec	16.92	6.11	2	4.09	12	17	21	29.86	30.2
Year	23.62	7	2	7	19	24	28.9	36.64	40.2

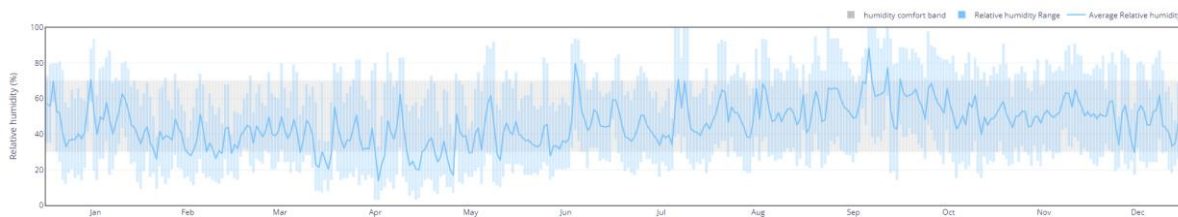
Fuente: CBE Clima Tool

Esta tabla muestra la temperatura media anual de 23.62°C, con variaciones significativas a lo largo del año. Los meses más fríos son enero y diciembre, con medias de 15.36°C y 16.92°C, respectivamente, mientras que los meses más calurosos son junio y julio, con medias de 29.83°C y 28.53°C. Las temperaturas extremas registradas son una mínima de 2°C y una máxima de 40.2°C. La variabilidad diaria y estacional es notable, con un rango amplio de temperaturas que sugiere inviernos fríos y veranos muy calurosos. Los percentiles indican que el 1% de los días más fríos tienen temperaturas de 4°C o menos en enero y 7.21°C en febrero, y el 99% de los días más cálidos tienen temperaturas de hasta 36.64°C (anual), con picos mensuales como 39.08°C en junio.

### 5.2.3 Humedad relativa

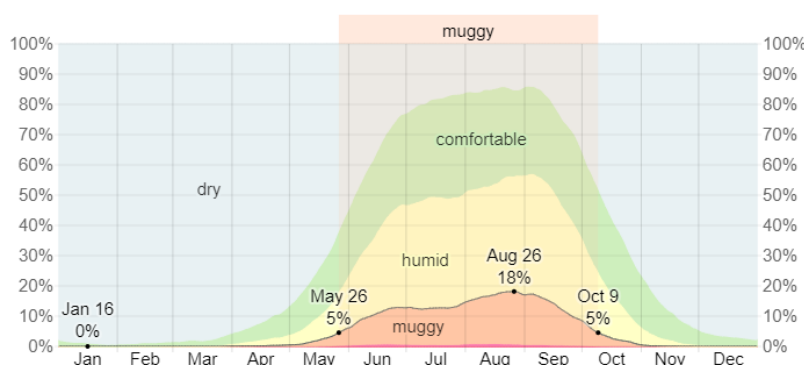
La humedad relativa es la cantidad de vapor de agua presente en el aire en relación con la cantidad máxima que el aire puede contener a una temperatura específica. Este factor es crucial para el confort térmico, ya que afecta la percepción de calor y frío por parte de los habitantes. En climas áridos como el de Torreón, la humedad relativa suele ser baja, lo que puede intensificar la sensación de calor en verano y de frío en invierno.

Ilustración 5-4 Humedad relativa anual



Fuente: CBE Clima Tool

Il·lustració 5-5 Control de humedat anual en Torreón



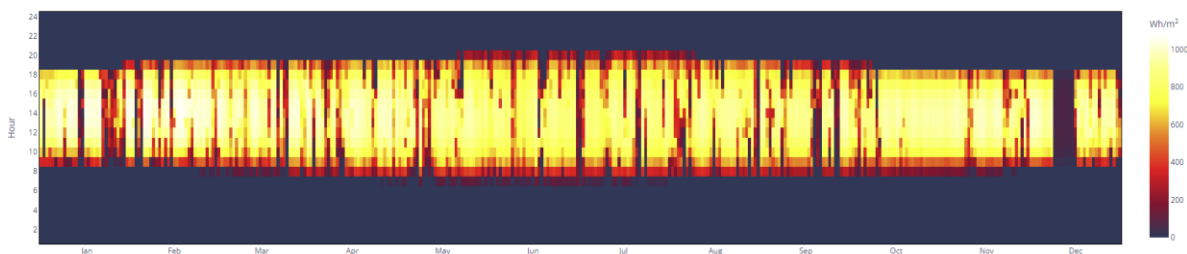
Fuente: Wather Spark

El gráfico de calor de humedad relativa muestra que las mañanas a lo largo del año tienen niveles de humedad más altos, con porcentajes que oscilan entre el 60% y el 100%, especialmente en los primeros y últimos 90 días del año. En contraste, las tardes y noches son más secas, con niveles de humedad entre el 20% y el 60%. El período más húmedo del año dura 4.5 meses, del 26 de mayo al 9 de octubre, durante los cuales el nivel de comodidad es bochornoso, opresivo o miserable al menos el 5% del tiempo. El mes con más días bochornosos en Torreón es agosto, con 5.2 días que son bochornosos o peores. El mes con menos días húmedos en Torreón es enero, con 0.0 días húmedos o peores. La mayoría de los valores de humedad relativa se encuentran dentro del rango de confort, aunque hay fluctuaciones significativas que caen fuera de este rango, especialmente en los meses de verano, cuando la humedad puede disminuir considerablemente, y en los meses de invierno, cuando puede aumentar.

### 5.2.4 Radiación solar

La radiación solar, medida en términos de insolación diaria y mensual, es clave para el diseño de sistemas pasivos de calentamiento, como paredes y techos que absorben y retienen calor. Además, influye en la ubicación óptima de ventanas y elementos de sombra, para maximizar la luz natural en invierno y reducir el calor excesivo en verano, mejorando así el confort térmico y la eficiencia energética de la vivienda.

Il·lustració 5-6 Radiación normal Directa



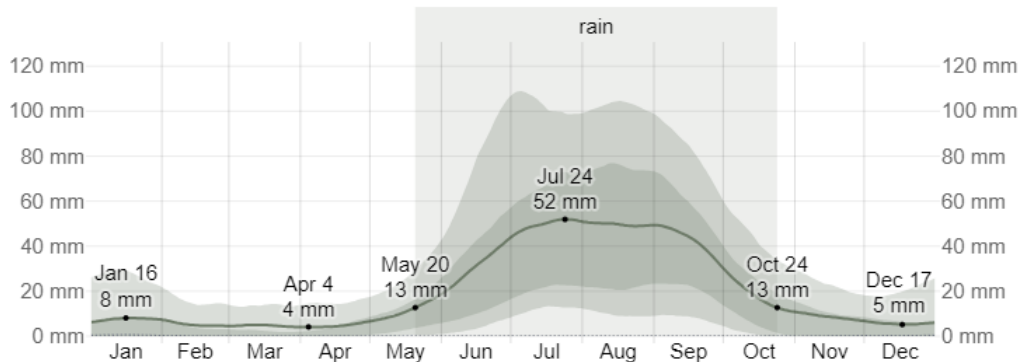
Fuente: CBE Clima Tool

El gráfico de radiación solar directa normal muestra que la radiación máxima diaria alcanza alrededor de 1000 Wh/m<sup>2</sup> en todos los meses del año. En los meses de verano (junio, julio y agosto), los días son más largos, con alta radiación solar desde aproximadamente las 6:00 AM hasta las 6:00 PM. En contraste, durante los meses de invierno (diciembre y enero), los días son más cortos, con alta radiación solar desde las 8:00 AM hasta las 4:00 PM.

### 5.2.5 Precipitación

Comprender los patrones de precipitación es esencial para planificar el manejo del agua, y seleccionar materiales de construcción que resistan la erosión y el desgaste causados por la escasa, pero a veces intensa precipitación.

*Ilustración 5-7 Porcentaje mensual de lluvia en Torreón*



*Fuente: Weather Spark*

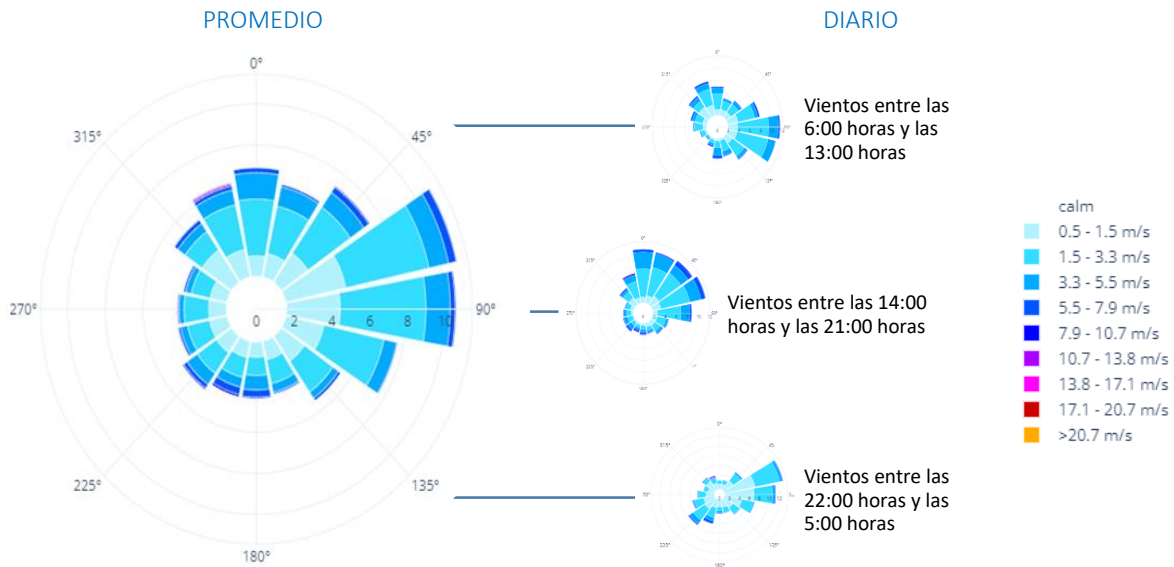
La temporada de lluvias dura 3.7 meses, del 12 de junio al 2 de octubre, con una probabilidad mayor al 16% de que un día determinado sea un día lluvioso. El mes con más días lluviosos en Torreón es julio, con un promedio de 8.8 días con al menos 1.00 milímetros de precipitación. La temporada más seca dura 8.3 meses, del 2 de octubre al 12 de junio. El mes con menos días húmedos en Torreón es marzo, con un promedio de 0.8 días con al menos 1.00 milímetros de precipitación. Entre los días húmedos, distinguimos entre aquellos en los que se presenta solo lluvia, solo nieve o una mezcla de ambos. El mes con más días de solo lluvia en Torreón es julio, con un promedio de 8.8 días. Con base en esta categorización, la forma de precipitación más común a lo largo del año es la lluvia sola, con una probabilidad máxima de 30% el 14 de julio.

### 5.2.6 Velocidad y dirección del viento

La velocidad y dirección del viento son factores cruciales para el diseño arquitectónico, ya que influyen en la ventilación natural, la ubicación de ventanas y la resistencia estructural de las edificaciones. Comprender estos patrones permite optimizar el flujo de aire en las viviendas y asegurar su estabilidad frente a vientos fuertes.

La velocidad promedio del viento por hora en Torreón experimenta una leve variación estacional a lo largo del año. La parte más ventosa del año dura 7.0 meses, del 21 de febrero al 23 de septiembre, con velocidades medias del viento de más de 3.0 metros por segundo. El mes más ventoso del año en Torreón es junio, con una velocidad media del viento por hora de 3.3 metros por segundo. La época más tranquila del año dura 5.0 meses, del 23 de septiembre al 21 de febrero. El mes más tranquilo del año en Torreón es noviembre, con una velocidad media del viento por hora de 2.6 metros por segundo.

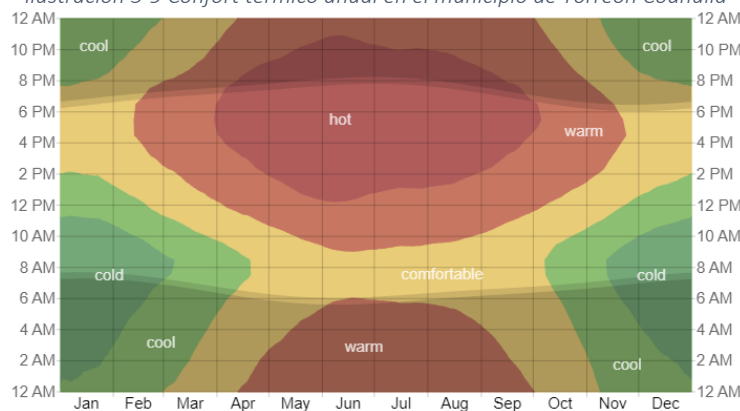
Ilustración 5-8 Vientos dominantes en Torreón



### 5.2.7 Datos de confort térmico

Los datos de confort térmico se refieren a la recopilación de información sobre las condiciones ambientales que permiten a los ocupantes sentirse cómodos sin necesidad de usar sistemas de calefacción o refrigeración. Estos datos incluyen estándares internacionales como los proporcionados por ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*)<sup>4</sup>, que definen las condiciones óptimas de confort térmico en las que la mayoría de las personas se sienten a gusto. Estos estándares son esenciales para diseñar y evaluar sistemas de climatización y el diseño de espacios habitables, asegurando que las viviendas mantengan un ambiente confortable mientras se optimiza el uso de energía.

Ilustración 5-9 Confort térmico anual en el municipio de Torreón Coahuila



Fuente: Weather Spark

<sup>4</sup> El estándar ASHRAE 55 plantea el método analítico para evaluar el confort cuando no es posible respetar algunas de las restricciones del método gráfico

El análisis del gráfico de confort térmico para Torreón, Coahuila, muestra que las condiciones de confort (temperaturas entre 10 y 24 °C) predominan durante la primavera y el otoño, con temperaturas equilibradas durante la mayor parte del día. En verano, las horas confortables se limitan a las primeras horas de la mañana y últimas de la tarde, mientras que el mediodía es mayormente caluroso. En invierno, las horas de confort se encuentran principalmente al mediodía, con las noches y mañanas siendo frías. En resumen, el confort anual es mayor en primavera y otoño, mientras que el inconfort prevalece en verano e invierno debido a temperaturas extremas de calor y frío, respectivamente.

Ilustración 5-10 Gráfico de confort anual



Fuente: CBE Clima Tool

Observando el gráfico, se puede deducir los siguientes períodos de confort e inconfort según el estandar ASHRAE entre temperaturas de 10° a 24°C se puede encontrar que:

- Invierno (enero, febrero y diciembre): Pocas horas en el rango de confort, predominan temperaturas más frías.
- Primavera y Otoño (marzo, abril, octubre y noviembre): Mayor cantidad de horas en el rango de confort, con temperaturas más equilibradas.
- Verano (junio, julio y agosto): Algunas horas en el rango de confort, aunque predominan temperaturas cálidas.

En conclusión, algunas de las estrategias que se pueden considerar con relación a los resultados de los periodos de confort considerados en el municipio es en invierno mejorar aislamiento térmico y usar sistemas de calefacción eficientes, en primavera y otoño aprovechar la ventilación natural y ajustar el uso de calefacción o refrigeración y en verano contar con sistemas de refrigeración adecuados y medidas para reducir la ganancia de calor.

### 5.3 Estudio de propuestas por medio de Climate Consultant

Para desarrollar estrategias que maximicen el aprovechamiento de las condiciones climáticas naturales y mejoren la eficiencia energética de las viviendas, se utilizó el software Climate Consultant, desarrollado por la UCLA. Este programa ofrece análisis detallados y visualizaciones de datos climáticos que son esenciales para el diseño de viviendas. Permite identificar los periodos de confort y desconfort térmico, optimizando así la eficiencia energética y adaptando los diseños a las condiciones climáticas locales (Energy design tools). Esto contribuye a mejorar el confort térmico de los habitantes, reducir los costos energéticos y promover la sostenibilidad ambiental a través de estrategias de diseño y el uso de energías renovables específicas para cada ubicación.

#### 5.3.1 Gráfico psicométrico de confort térmico

El gráfico psicométrico de confort térmico es una herramienta clave para evaluar y planificar estrategias de diseño que optimicen el confort en viviendas, teniendo en cuenta las condiciones climáticas específicas de Torreón, Coahuila. Utilizando datos meteorológicos detallados de la estación Torreón.Intl.AP, se analizan variables como temperatura, radiación solar, y zonas climáticas, lo que permite desarrollar soluciones que mantengan un ambiente interior confortable durante todo el año.

Para este análisis, se utilizó la estación Torreón.Intl.AP, MEX, con los siguientes datos:

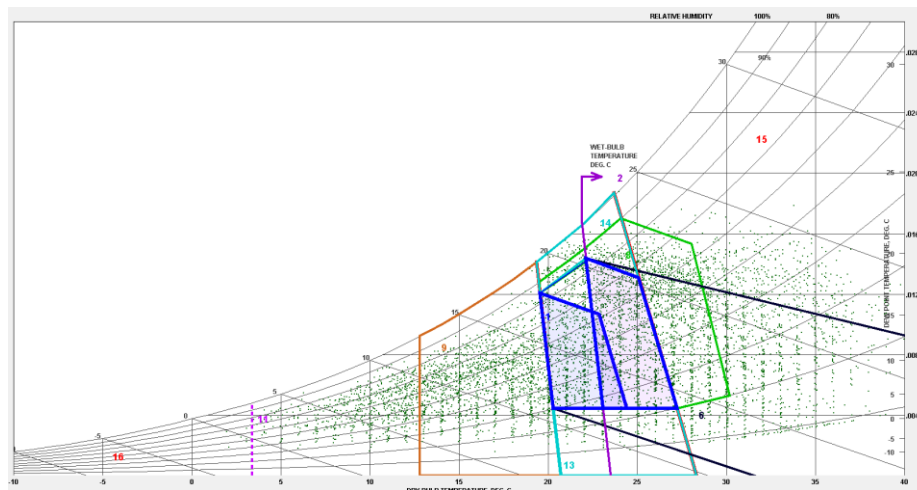
- Ubicación: Torreón.Intl.AP, MEX
- Longitud: -103.411
- Latitud: 25.568
- Altitud sobre el nivel del mar: 1124.1 m
- Período de datos: 2004 a 2018
- Zona climática según Köppen–Geiger: BWh (desierto subtropical)
- Temperatura media anual: 23.6 °C
- Temperatura más alta anual (99%): 36.6 °C
- Temperatura más baja anual (1%): 7.0 °C
- Radiación solar horizontal acumulada anual: 2284.26 kWh/m<sup>2</sup>
- Porcentaje de radiación solar horizontal difusa: 23.0 %

Con base en esta información, se el gráfico psicométrico indica que, utilizando una combinación adecuada de estrategias como sombreado de ventanas, masa térmica, enfriamiento evaporativo, ventilación natural, y otros métodos, es posible mantener condiciones térmicas confortables durante el 100% del tiempo (8760 horas al año). Estas estrategias están alineadas con las recomendaciones de la norma ASHRAE 55 para asegurar el confort térmico en la vivienda

#### 5.3.2 Análisis de las estrategias

Las estrategias de confort térmico resultan de un análisis detallado de las condiciones climáticas locales, utilizando el software Climate Consultant y basadas en el estándar ASHRAE 55. Estas estrategias, que incluyen tanto métodos pasivos como activos, buscan maximizar el número de horas de confort térmico sin necesidad de climatización artificial, haciendo las viviendas más habitables y energéticamente eficientes a lo largo del año.

Ilustración 5-11 Grafico psicrométrico de con estrategias de confort térmico



Fuente: Climate consultant

**1. Confort natural (24.5% o 2146 horas):**

- Las condiciones naturales son confortables sin necesidad de intervención

**2. Sombreamiento de ventanas (28.8% o 2520 horas):**

- Utiliza sombreado para reducir la carga térmica por radiación solar directa

**3. Enfriamiento evaporativo de dos etapas (33.3% o 2917 horas):**

- Emplear un sistema de enfriamiento evaporativo mas eficiente.

**4. Ventilación natural (18.8% o 1650 horas)**

- Uso de ventilacion natural para enfriar y renovar el aire interior

**5. Ventilacion forzada con ventiladores (20,1% o 1759 horas)**

- Utilizar ventiladores para mejorar la ventilacion y enfriamiento

**6. Ganancia de calor interna (20.1% o 1759 horas)**

- Aprovechar las fuentes de calor internas como la ocupación y los equipos eléctricos.

**7. Ganancia solar pasiva con alta masa térmica (15.2% o 1329 horas)**

- Utilizar la radiacion solar para calentar espacios con alta masa térmica que liberan calor gradualmente

**8. Solo humidificación (3.4% o 300 horas)**

- Incrementar la humedad del aire en condiciones secas

**9. Solo deshumidificación (3.1 o 275 horas)**

- Reducir la humedad del aire en condiciones muy húmedas.

**10. Enfriamiento y deshumidificación (6.1 o 530 horas)**

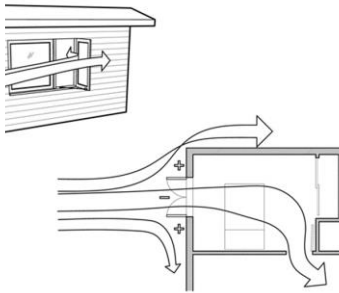
- Enfriar y deshumidificar simultaneamente para mantener condiciones confortables

**11. Calefaccion y humidificación**

- Calentar y aumentar la humedad del aire en condiciones frías y secas

### 5.3.3 Análisis de propuestas de diseño arquitectónico bioclimático

El diseño arquitectónico bioclimático es un proceso de diseño que tiene en cuenta las condiciones climáticas y ambientales al diseñar para un confort térmico óptimo con un uso mínimo de energía exterior (Low-carbon technologies, 2022). En este contexto es importante analizar y aplicar métodos que no solo reduzcan la dependencia de sistemas de climatización artificial, sino que también promuevan la sostenibilidad y resiliencia del entorno construido. Por lo que a partir de herramientas avanzadas como el software de análisis psicrométrico y la plataforma Paleta 2030, se plantearon distintas propuestas de diseño bioclimático. Esta herramienta proporciona un marco de referencia esencial para desarrollar soluciones arquitectónicas que contribuyan a la creación de edificios neutros en carbono y adaptados a las condiciones climáticas específicas, garantizando así espacios habitables durante todo el año (2030 Palette).



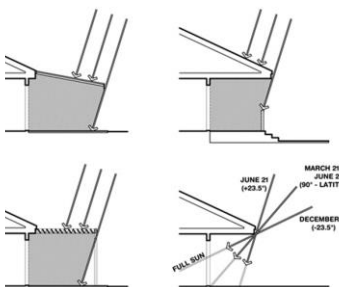
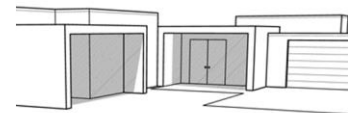
#### VENTILACIÓN

- **Ventiladores de techo:** Mejora el movimiento del aire en interiores, reduciendo la necesidad de aire acondicionado.
- **Interiores de planta abierta:** Facilita la ventilación cruzada natural, mejorando la circulación del aire.
- **Chimeneas y ventilación natural:** Maximiza la extracción de aire caliente, especialmente cuando la velocidad del viento es baja.
- **Porches y patios cubiertos:** Mejoran la ventilación y proporcionan sombra, lo que contribuye a un enfriamiento natural.

#### TEMPERATURA INTERIOR

**Techos planos y de color claro:** Minimiza la absorción de calor, manteniendo el interior más fresco.

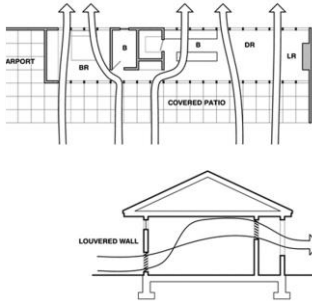
- **Aleros o voladizos:** Bloquean la luz solar directa en los meses cálidos, reduciendo la ganancia de calor en las áreas acristaladas.
- **Enfriadores evaporativos:** Proporcionan enfriamiento eficiente cuando la humedad es baja.
- **Calefacción solar pasiva:** Utiliza la orientación de ventanas al sur para maximizar la ganancia de calor en invierno.
- **Humidificación del aire caliente:** Mejora el confort en climas cálidos y secos.



#### ILUMINACIÓN NATURAL

**Uso de techos claros y materiales reflectantes:** Mejora la reflexión de la luz solar, contribuyendo a una mejor iluminación natural en el interior.

- **Sombra en ventanas y áreas exteriores:** Evita el deslumbramiento mientras permite la entrada de luz natural

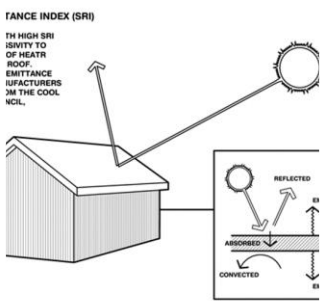
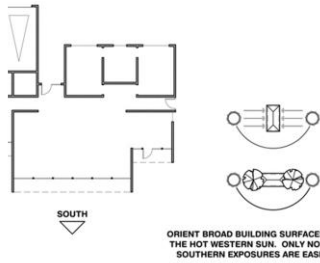


### CALIDAD DE AIRE

- **Ventilación cruzada:** Ayuda a mantener una buena calidad de aire al permitir la circulación natural y la entrada de aire fresco.

### ACUSTICA

**Minimizar o eliminar vidrios orientados al oeste:** Ayuda a reducir la ganancia de calor y posiblemente el ruido exterior en las tardes de verano.



### EFICIENCIA ENERGÉTICA:

- **Materiales de construcción adecuados:** Utilización de techos y paredes reflectantes, y materiales vegetales para maximizar la eficiencia energética y reducir la carga térmica.
- **Aislamiento adecuado:** Mejora la eficiencia energética, manteniendo la temperatura interior estable y reduciendo la necesidad de climatización artificial.
- **Uso de energía solar pasiva:** Maximiza la utilización de la luz solar para calefacción, reduciendo la dependencia de fuentes de energía artificiales.

**5.4 Propuestas de estrategias bioclimáticas para la optimización del confort en la vivienda**

En este apartado se resumen las conclusiones del análisis de las estrategias bioclimáticas evaluadas por su capacidad de adaptación a las condiciones climáticas, así como de los datos más importantes considerados en el análisis climático del municipio de Torreón. Estas propuestas no solo proporcionan soluciones para maximizar el bienestar de los ocupantes, sino que también son fundamentales para el desarrollo del modelo de vivienda que se evaluará en fases posteriores. Este análisis contribuirá a examinar la eficiencia y aplicabilidad del modelo propuesto, con el objetivo de promover una vivienda más sostenible, fundamentada en principios de diseño bioclimático.

La siguiente tabla se presenta como un esquema base de las condiciones climáticas mensuales relevantes para el análisis ambiental de la región. Incluye datos sobre temperatura máxima y mínima, humedad relativa,

radiación solar, precipitación, velocidad y dirección del viento, y horas de confort térmico. Esta información es fundamental para la evaluación de las condiciones de habitabilidad y eficiencia energética, permitiendo una comprensión integral del entorno climático a lo largo del año.

*Ilustración 5-12 Resumen de condiciones climáticas anuales en Torreón*

MESES	TEMP MAX	TEMP MIN	HUMEDAD RELATIVA	RADIACIÓN SOLAR	PRECIPITACIÓN	VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO	CONFORT TÉRMICO
Enero		2°C				3.0 m/s NE	
Febrero		5°C				3.0 m/s NE	
Marzo		5°C				3.0 m/s NE	8 a 10 hrs
Abril						3.0 m/s NE	10 a 12 hrs
Mayo	38.9°C					3.0 m/s NE	8 a 10 hrs
Junio	40.2°C		40-50%	1000 Wh/m <sup>2</sup>	40 mm	3.3 m/s NE	
Julio	38.8°C		50-60%	1000 Wh/m <sup>2</sup>	52 mm	3.0 m/s NE	
Agosto	37.4°C		60-70%	1000 Wh/m <sup>2</sup>	60-70 mm	3.0 m/s NE	
Septiembre	36.2°C		50-60%		40-50 mm	3.0 m/s NE	
Octubre							
Noviembre		8°C					
Diciembre		2°C					

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla siguiente se muestra una serie de estrategias de diseño y construcción que han sido seleccionadas para su aplicación la vivienda propuesta. Cada estrategia incluye una descripción detallada de las acciones específicas a implementar, orientadas a optimizar el confort y la sostenibilidad del entorno construido. La selección de estas estrategias se ha realizado con el objetivo de garantizar que el proyecto no solo cumpla con los estándares de calidad y habitabilidad, sino que también se alinee con principios de sostenibilidad y bienestar para los ocupantes.

*Ilustración 5-13 Estrategias sustentables de aplicación al proyecto de estudio*

ESTRATEGIA		DESCRIPCIÓN
<b>Ventilación</b>	Ventilación cruzada	Facilitar la circulación de aire fresco utilizando ventanas ubicadas en paredes opuestas  Incorporar ventanas operables en niveles altos y bajos para mejorar la convección natural y promover la ventilación efectiva.
	Ventiladores de techo	Instalación de ventiladores de techo en habitaciones principales
	Extractores de aire	Extractores de aire en áreas como cocinas y baños para mejorar el flujo de aire y reducir la acumulación de calor
	Aislamiento térmico eficiente	Utilizar materiales aislantes: poliuretano, lana de roca o fibra de vidrio en techos y paredes  Añadir aislamiento en suelos y considerar el uso de ventanas de alto rendimiento con marcos aislantes.
<b>Temperatura interior</b>	Techos Reflectantes y pintura térmica	Aplicar pintura reflectante en techos y paredes para reducir la absorción de calor en verano. Reflectancia solar (SR) > 0.7; y Emisividad térmica (TE) > 0.75
	Sombreado de ventanas	Instalar aleros o voladizos bloqueando la luz solar directa no deseada
	Área vegetal	Área verdes especialmente al oeste para minimizar la ganancia de calor
	Uso de materiales absorbentes de sonido	Incorporar paneles acústicos, alfombras gruesas y cortinas anchas para disminuir el ruido exterior
<b>Acústica</b>	Ventanas de doble acristalamiento	Instalar ventanas de doble aislamiento mejorando el aislamiento térmico y acústico
	Diseño de ventanas estratégicos	Optimizar la ubicación y el tamaño de las ventanas para maximizar la entrada de luz natural mientras se minimiza la ganancia de calor. Hacia el norte para equilibrar la luz natural y permitir la ventilación cruzada (aproximadamente el 5 % del área del piso)  Incorporar claraboyas y tubos solares para aumentar la luz natural en áreas interiores.
	Sistema de protección solar	Utilizar cortinas y aleros que permitan el paso de la luz natural sin incrementar la temperatura interior.
<b>Iluminación natural</b>	Sistema de filtración de aire	Instalar filtros de alta eficiencia (HEPA) en los sistemas de ventilación y aire acondicionado para mejorar la calidad de aire interior.
	Plantas de interior	Introducir plantas que ayuden a purificar el aire, como el lirio de la paz, la palma de bambú y la planta serpiente.
<b>Calidad del aire</b>	Paneles solares	Aprovechar la alta radiación solar para la instalaciones de paneles solares reduciendo el consumo energético y aprovechando una fuente de energía renovable.
	Electrodomésticos de bajo consumo	Promover el uso de electrodomésticos y bombillas de bajo consumo energético
<b>Eficiencia energética</b>		

*Fuente: Elaboración propia*

# 6 ANÁLISIS DE ESQUEMA DE MODELO DE VIVIENDA SOSTENIBLE

---

## 6.1 Descripción del diagnóstico

El diagnóstico se enfoca en la implementación de mejoras en un modelo de vivienda existente o en un modelo base representativo de la oferta inmobiliaria en Torreón, Coahuila. Este análisis tiene como objetivo medir el impacto de la aplicación de estrategias sostenibles mediante la transformación de una vivienda tradicional en una vivienda sostenible, utilizando principios de arquitectura bioclimática y estrategias sostenibles.

La evaluación se desarrollará en dos fases principales. La primera, se realizará un diagnóstico del modelo de vivienda actual (base), identificando sus características y resultados en términos de eficiencia energética y confort térmico. En seguida, se aplicarán estrategias de diseño bioclimático mencionadas en capítulos anteriores, seleccionadas en función de los resultados iniciales. Estas intervenciones permitirán evaluar las mejoras en la eficiencia energética y confort del modelo original, comparando el rendimiento del modelo tradicional con el del modelo mejorado (propuesto).

### 6.1.1 Alcances

El proyecto abarcará las etapas desde la evaluación inicial del modelo existente hasta la implementación de las mejoras y la evaluación de su desempeño. Se emplearán herramientas de simulación energética y análisis comparativos como el software de Design Builder para cuantificar las mejoras en eficiencia energética y confort térmico, finalizando con evaluación de factibilidad técnica y económica en referencia a las de diferencias consumo energético y volumen de materiales constructivos.

### 6.1.2 Condicionantes

La adaptación de un modelo de vivienda existente puede estar condicionada por las características inherentes del diseño original, como los tamaños y tipo de espacios de la vivienda, su orientación, la calidad de los materiales constructivos y las condiciones climáticas específicas de Torreón, además de las condiciones presupuestarias debido al nicho de mercado y los recursos económicos que disponen y disponibilidad de tecnologías sostenibles de la región.

Estas limitaciones pueden afectar la capacidad de implementar algunas de las mejoras propuestas al máximo potencial. Sin embargo, el proyecto buscará mitigar estos desafíos mediante soluciones adaptadas al contexto local y la búsqueda de alternativas viables que maximicen el impacto de las intervenciones sostenibles.

### 6.1.3 Consideraciones

Para la propuesta constructiva de la vivienda de modelo base se considerará la clasificación por vulnerabilidad de la vivienda de la tipología 1 y 2 de acuerdo al estudio de la CENAPRED, siendo de partida para la propuesta de materiales para la envolvente de la vivienda propuesta. En la que se realizarán consideraciones de los

elementos como techos, muros, suelos, cubiertas y ventanas de acuerdo al clima de la región, considerando las propiedades de los materiales como valor  $R^5$ , valor  $U^6$  y valor  $SHGC^7$ .

### 6.1.1 Estrategias

En la siguiente tabla se resume las estrategias clave que guiarán el desarrollo de la propuesta del proyecto, enfocándose en optimizar la distribución funcional de los espacios, integrando principios de diseño sostenible y asegurando el confort y la eficiencia energética. Además, se describe la configuración base de la planta de acuerdo al análisis de la oferta inmobiliaria y la aplicación de estrategias sostenibles, asegurando que cada espacio esté bien conectado y responda a las necesidades de los ocupantes.

*Ilustración 6-1 Estrategias clave para propuesta de proyecto*

ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN
<b>Análisis de los diseños existentes</b>	Analizar las plantas de cada diseño para identificar las áreas principales (salas, comedores, cocinas, baños, dormitorios, etc.) y las características distintivas de cada vivienda
<b>Definición del espacio común</b>	Área de recepción: Espacio abierto que conecta con la sala, comedor y cocina.
	Distribución de habitaciones: Ubicar las habitaciones de manera que maximicen la privacidad y el confort. Considerar la ubicación de los baños cerca de las habitaciones.
	Zonas de servicio: Incluir áreas de lavandería, almacenamiento y otros servicios esenciales.
<b>Integración de elementos de diseño sostenible</b>	Incorporar estrategias de diseño bioclimático como ventilación cruzada, aislamiento térmico, y sistemas de protección solar, siguiendo las recomendaciones previas para asegurar el confort y la eficiencia energética.
<b>Diseño arquitectónico</b>	Dimensiones totales: Usar la media del estudio de mercado
	Distribución funcional: Aprovechar las mejores características de cada diseño para crear un plano cohesivo y funcional.
	Planta Baja: <ul style="list-style-type: none"> <li>Entrada principal con vestíbulo.</li> <li>Sala y comedor abiertos.</li> <li>Cocina con barra desayunadora.</li> <li>Baño de visitas.</li> <li>Habitación principal con baño completo.</li> <li>Área de lavandería.</li> </ul>
	Planta Alta: <ul style="list-style-type: none"> <li>Tres habitaciones secundarias.</li> <li>Dos baños completos (uno compartido).</li> <li>Área de estudio o sala de estar.</li> <li>Balcón o terraza.</li> </ul>

*Fuente: Elaboración propia*

<sup>5</sup> *Valor R*: El cual mide la referencia térmica del aislamiento contra el flujo conductivo del calor, por lo que en cuanto mayor sea el valor R (resistencia) mejor será el aislamiento

<sup>6</sup> *Valor U*: Es el factor de transmisión térmica de los materiales como la tasa de transferencia de calor a través del material. Cuanto más bajo es el valor U (menor transferencia) mejor es el aislamiento térmico.

<sup>7</sup> *Valor SHGC*: Es la fracción de energía que absorbe un vidrio proveniente de la radiación del sol, entre más bajo sea el valor, menos calor solar transmite al espacio.

## 6.1.2 Características de los modelos de vivienda

### 6.1.2.1 Modelo vivienda base

El modelo seleccionado como base representa un promedio de los diseños comunes en las ofertas inmobiliarias ubicadas al norte del municipio de Torreón, Coahuila. Tras un análisis de diversas opciones de vivienda en la zona, este diseño ha sido elegido por reflejar las características típicas y las necesidades habitacionales de la región. Su estructura y distribución están basadas en la tipología constructiva más frecuente, lo que lo convierte en un modelo representativo para la implementación de mejoras enfocadas en la sostenibilidad y la eficiencia energética. Esto permitirá que las estrategias propuestas sean evaluadas y ajustadas para maximizar su efectividad y aplicabilidad en el contexto local.

En la planta baja, se destaca un espacio abierto que integra la sala, el comedor y la cocina, junto con un baño completo y un área de servicio. La planta alta cuenta con tres habitaciones, incluyendo una principal con baño privado, y un espacio adicional que puede usarse como estudio o sala de estar.

*Ilustración 6-2 Plano de vivienda base en Torreón*



La oferta inmobiliaria de la región se basa en una tipología constructiva que emplea mampostería reforzada con castillos y dalas, con techos de material rígido y cimentación de zapata corrida de concreto o mampostería, según la clasificación del CENAPRED.

Ilustración 6-3 Consideraciones de envoltente


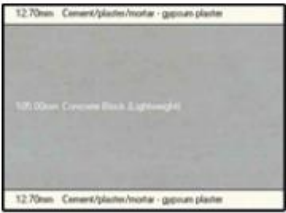


VIVIENDA BASE						
Elemento	Capas	Materiales	Espesor (m)	Valor R (m <sup>2</sup> -K/W)	Valor U (W/m <sup>2</sup> -K)	Imagen
Muros Exteriores	Capa externa	12.79 mm Stucco	0.13	0.329	3.037	
	Capa intermedia	105.00 mm Ladrillo				
	Capa interna	12.70 mm Yeso				
Muros Interiores	Capa externa	12.70 mm Yeso	0.13	0.772	1.295	
	Capa intermedia	105.00 mm Block hueco				
	Capa interna	12.70 mm Yeso				
Techos	Capa externa	10 mm Perlita mineral	0.19	0.453	2.2	
	Capa intermedia	30.00 mm Grava				
	Capa base	150mm hormigón reforzado con 2% acero				
Suelos	Capa externa	13 mm Azulejo	0.16	0.684	1.463	
	Capa intermedia	70.00 mm Contrapiso				
	Capa base	80 mm Concreto				
Ventanas	Cristal sencillo claro		3mm	SHGC 0.861	5.894	

Ilustración 6-4 Consideraciones por espacio

ESPACIO	VESTIMENTA	TIPO DE ZONA	VENTILACIÓN	OCUPACIÓN PERSONAS/M2	HUMEDAD	
					HR humidificación %	HR deshumidificación %
Dormitorios	Genérica verano e invierno	Acondicionada	Si	0.0229	30	60
Baños		No acondicionada	SI	0.0187		
Cocina		Acondicionada	Si	0.0237		
Estar-comedor		Acondicionada	Si	0.0169		

Para reflejar las condiciones de uso posibles se han asignado los tipos de actividad a cada espacio en el modelo y la iluminación se ha asignado densidad normalizada de potencia base de 3 W/m<sup>2</sup>-100 lux, los consumos energéticos por iluminación en casa espacio dependerán de los valores de iluminancia mínimos establecidos por actividad. En el caso del modelo propuesto se ha considerado un control de iluminación por espacio.

### 6.1.2.2 Modelo de vivienda propuesta

La vivienda propuesta fue diseñada como un modelo esquemático para evaluar la integración de estrategias sostenibles aplicados sobre un modelo de vivienda mejorado en medida de maximizar el uso de recursos naturales, considerando la distribución y geometría del sitio para fomentar un aprovechamiento pasivo del entorno y minimizar la necesidad de sistemas mecánicos de climatización. El diseño busca incluir una serie de estrategias orientadas a mejorar el desempeño ambiental, apoyándose en principios de arquitectura bioclimática y en un análisis previo del sitio.

Entre las principales estrategias se incluyen:

- Orientación adecuada para aprovechar la radiación solar y los vientos dominantes (norte-sur).
- Distribución interior de espacios según su función específica.
- Incremento de la ventilación natural mediante ventilación cruzada en los espacios frecuentemente ocupados (las ventanas exteriores se mantendrán cerradas cuando la temperatura del aire exterior sea superior a la interior, evitando así el sobrecalentamiento).
- Operación eficiente de manera manual por parte de los ocupantes y mecánica de las ventanas exteriores
- Aumento de la masa térmica expuesta.
- Implementación de un control solar por medio de la propuesta de diseño.
- Diseño estratégico de ventanas para maximizar la luz natural y facilitar la ventilación cruzada.
- Aislamiento térmico eficiente en todos los elementos constructivos.
- Las consideraciones por espacio serán las mismas que en la vivienda base.

Para la elección de los materiales constructivos se propusieron envolventes compuestos en los que sus propiedades mejoraran las condiciones de los materiales base y cuyo costo pueda ser considerado viable dentro de la tipología y contexto de la misma.

Ilustración 6-5 Plano de vivienda propuesta



Ilustración 6-6 Consideraciones de envolvente

VIVENDA PROPUESTA						
Elemento	Capas	Materiales	Espesor (m)	Valor R (m <sup>2</sup> -K/W)	Valor U (W/m <sup>2</sup> -K)	Imagen
Tipo 1 - Muros Exteriores	Capa externa	25.00mm PUR Polyurethane Board	0.16	1.754	0.57	
	Capa intermedia	120.00 mm Block de hormigón hueco				
	Capa interna	15 mm Yeso				
Tipo 2 - Muros Exteriores	Capa externa	25.00mm Enjarre cemento/yeso/perlita mineral	0.16	0.998	1.002	
	Capa intermedia	120.00 mm Block de hormigón hueco				
	Capa interna	15 mm Yeso				
Muros Interiores	Capa externa	12.70 mm Yeso	0.145	0.851	1.175	
	Capa intermedia	120 mm Block hormigón hueco				
	Capa interna	12.70 mm Yeso				
	Capa externa	12.50 mm Plaster cemento				
Techos	Capa aislamiento externo	30.00 mm PUR Polyurethane Board	0.2125	3.841	0.26	
	Capa nivelante	20.00 mm Grava 1/2in.				
	Capa base	50 mm hormigón reforzado con 2% acero				
	Capa aislamiento base	100.00 EPS Expanded Polystyrene				
Suelos	Capa externa	13 mm Azulejo	0.16	0.684	1.463	
	Capa intermedia	70 mm Contrapiso				
	Capa base	80 mm hormigón				
Ventanas	Cristal sencillo Low E (e2=.2) claro		6mm	SHGC 0.72	3.77	

## 6.2 Análisis de confort

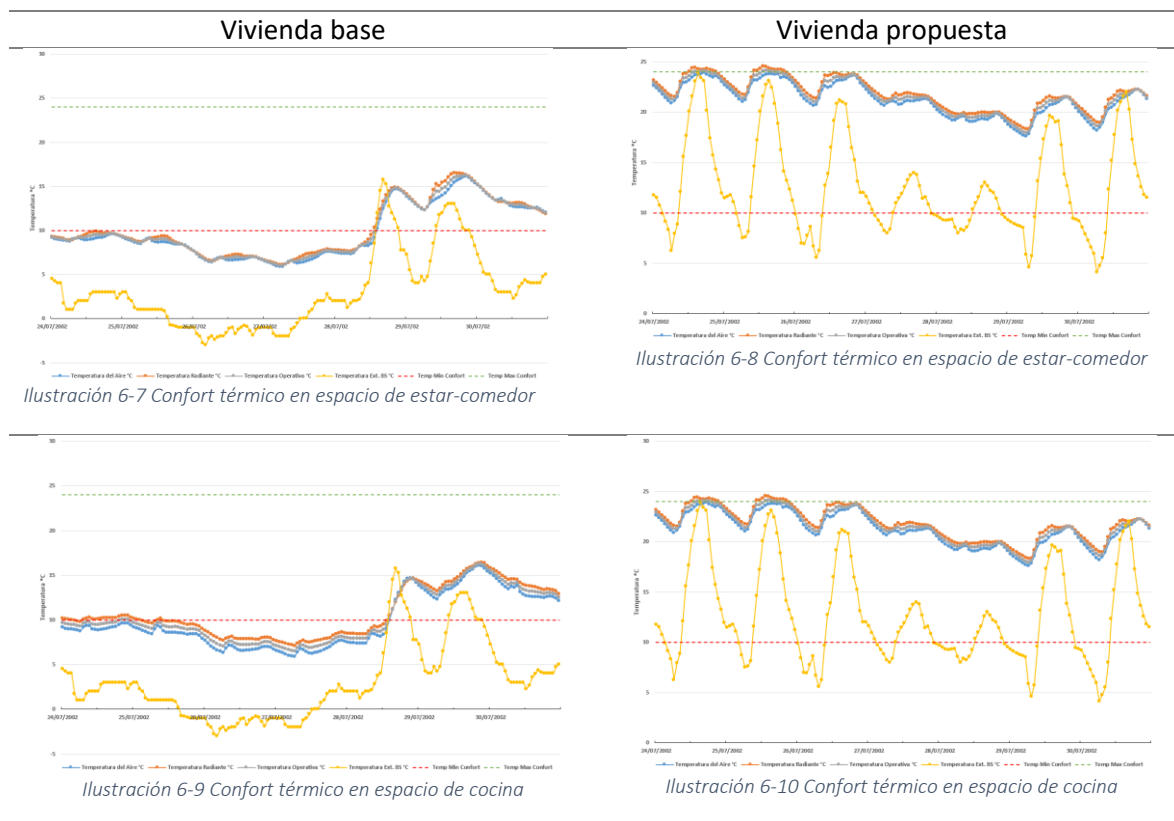
El primer análisis se enfoca en realizar una simulación pasiva comparativa entre dos modelos de vivienda: la vivienda base (tipo estándar de oferta inmobiliaria) y la vivienda propuesta (adaptada con estrategias bioclimáticas). El objetivo es evaluar el desempeño pasivo de ambos modelos, en esta fase inicial, el análisis no se centra en las demandas o consumos energéticos, sino en las condiciones ambientales y los niveles de confort alcanzados en cada vivienda.

### 6.2.1 Análisis en condiciones extremas

Como parte de una primera evaluación se desarrolló una simulación de las viviendas en las condiciones extremas del sitio, considerando la semana más cálida del año (24 julio-31 julio) y la semana más fría del año (11 enero – 17 enero), extrayendo los resultados en los horarios de temperaturas durante estos dos periodos representativos en una vivienda, como lo son estar-comedor, cocina, dormitorio sencillo y dormitorio principal.

Las gráficas incluyen dos líneas que marcan temperaturas de referencia, una máxima y una mínima, indicando la zona de confort, definido de forma que 10 y 24°C son las temperaturas ideales de confort

#### 6.2.1.1 Análisis de la semana más fría del año 11 enero – 17 enero.



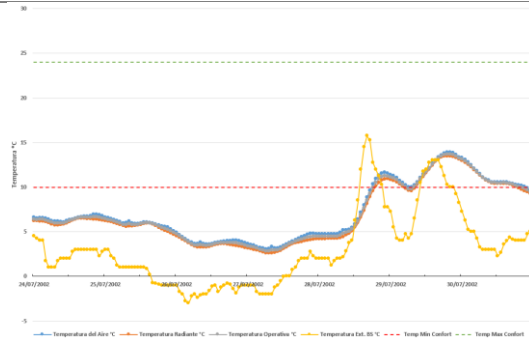


Ilustración 6-11 Confort térmico en espacio de dormitorio sencillo

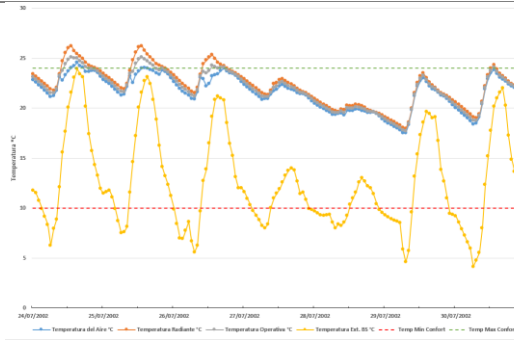


Ilustración 6-12 Confort térmico en espacio de dormitorio sencillo

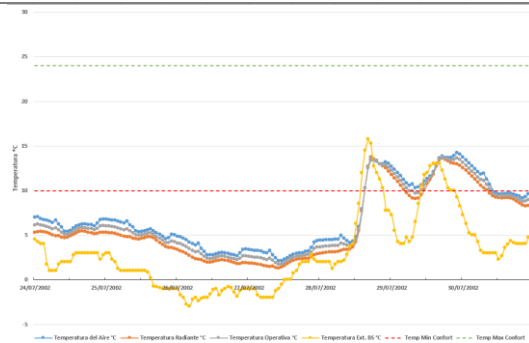


Ilustración 6-13 Confort térmico dormitorio principal

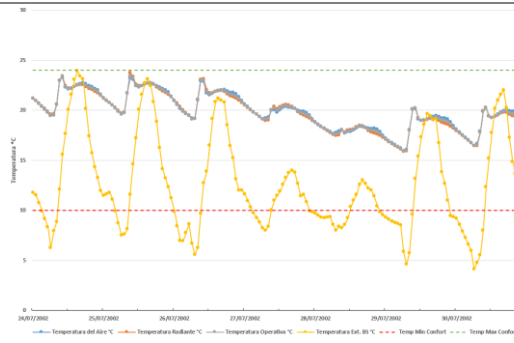


Ilustración 6-14 Confort térmico dormitorio principal

En conclusión, para el análisis de las temperaturas más frías de la región al año según los espacios comúnmente ocupados (estar, comedor, cocina y dormitorios), la comparación entre la vivienda base y la vivienda propuesta revela que las estrategias bioclimáticas implementadas en el modelo propuesto mejoran significativamente el confort térmico en la vivienda. Mientras que el modelo base muestra fluctuaciones de temperatura y un confort inconsistente, el modelo propuesto mantiene un rango de temperatura más estable y dentro de las zonas de confort aceptables. Esto sugiere que el modelo propuesto logra un ambiente más confortable y consistente sin depender de sistemas mecánicos de climatización

### 6.2.1.2 Análisis de la semana más caliente del año 24 julio-31 julio.

#### Vivienda base

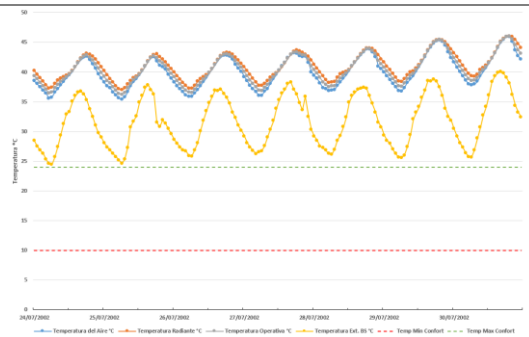


Ilustración 6-15 Confort térmico en espacio de estar-comedor

#### Vivienda propuesta

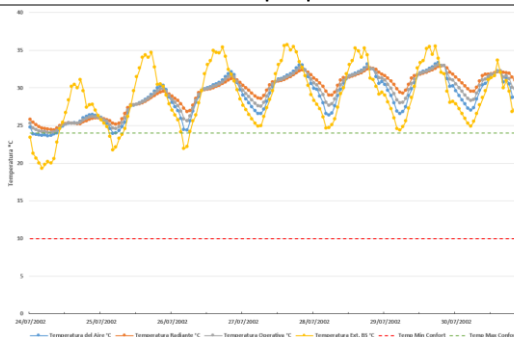


Ilustración 6-16 Confort térmico en espacio de estar-comedor

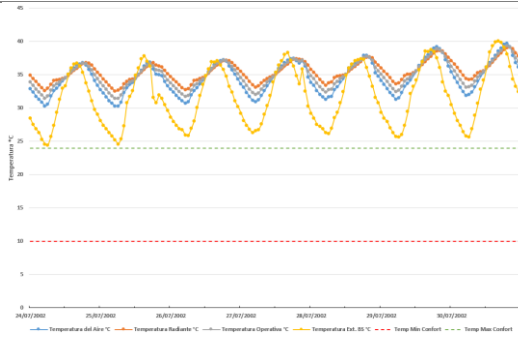


Ilustración 6-17 Confort térmico en espacio de cocina



Ilustración 6-18 Confort térmico en espacio de cocina

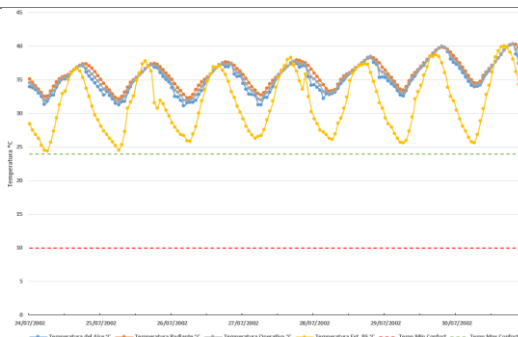


Ilustración 6-19 Confort térmico en espacio de dormitorio sencillo

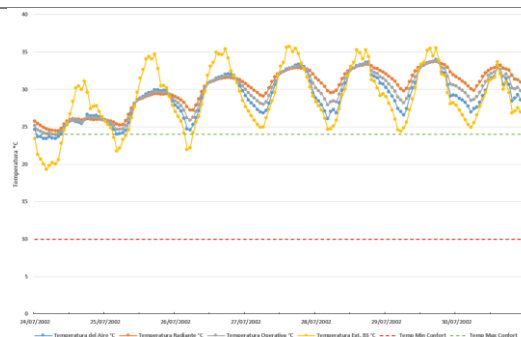


Ilustración 6-20 Confort térmico en espacio de dormitorio sencillo

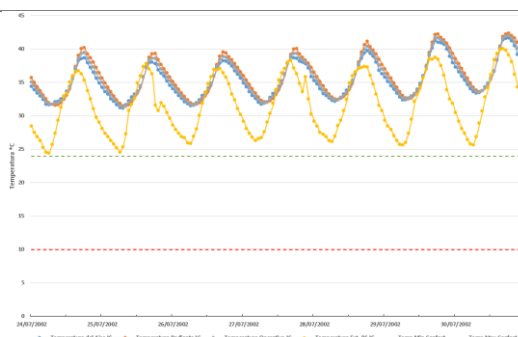


Ilustración 6-21 Confort térmico dormitorio principal

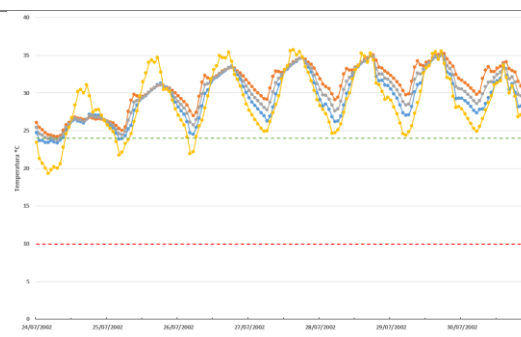


Ilustración 6-22 Confort térmico dormitorio principal

Los resultados del análisis de la semana más cálida al año señalan en la vivienda propuesta, en todas las gráficas de la vivienda propuesta, la temperatura se mantiene más frecuentemente dentro de los rangos de confort aceptables, mientras que en la vivienda base, las temperaturas muestran una mayor tendencia a alejarse de estos rangos, especialmente en los puntos más altos y bajos del ciclo diario. Además, cuentan con menos fluctuaciones en comparación con la vivienda base. Esto indica que las estrategias bioclimáticas han logrado moderar las variaciones extremas de temperatura, mejorando el confort térmico de manera significativa, sin embargo, no han sido suficientes para remediar las altas temperaturas de la zona, sugiriendo que habrá periodos de tiempo en los que para mitigar las altas temperaturas será necesario de sistemas mecánicos para poder entrar en el rango de confort.

## 6.2.2 Análisis de confort adaptativo

Para el desarrollo de esta evaluación se emplea como indicador principal el método de confort adaptativo definido por la norma ASHRAE 55. Este enfoque se dedica a evaluar el nivel de confort térmico en cada una de las viviendas, contrastando un modelo base con uno propuesto que incorpora estrategias bioclimáticas.

El método de confort adaptativo de ASHRAE 55 resulta pertinente en contextos donde la climatización pasiva es fundamental, ya que considera cómo los ocupantes se ajustan a las variaciones térmicas. En este marco, el análisis tiene como objetivo determinar si las viviendas se encuentran dentro de un rango aceptable de confort, establecido por un porcentaje de aceptabilidad que oscila entre el 80% y el 90%. Este intervalo representa la proporción de horas en las que las condiciones térmicas interiores son consideradas adecuadas para los habitantes, sin recurrir a sistemas mecánicos de climatización.

El objetivo es que, al concluir el análisis, la vivienda propuesta logre al menos un 80% de aceptabilidad en términos de confort térmico durante las horas evaluadas anualmente. Este enfoque permitirá validar la eficacia de las estrategias bioclimáticas implementadas en la vivienda propuesta y evidenciar su capacidad para proporcionar un ambiente confortable sin depender de sistemas mecánicos de climatización, contribuyendo así a la sostenibilidad y eficiencia energética del proyecto.

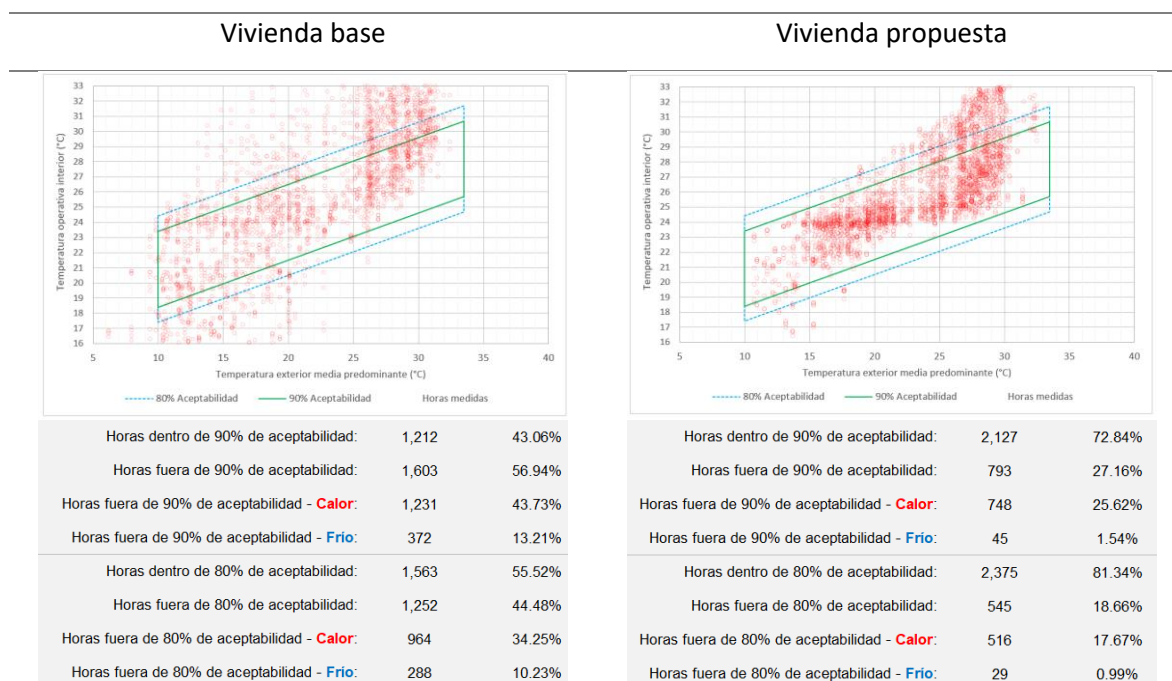
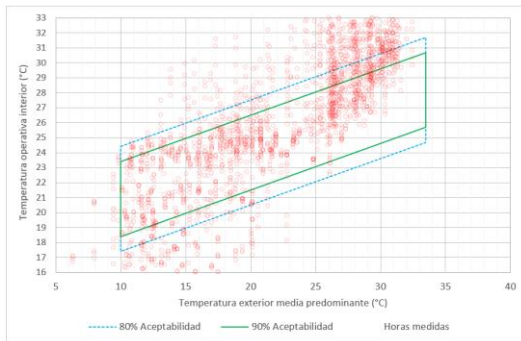


Ilustración 6-23 Resultados de confort adaptativo anual en espacio estar-comedor

Ilustración 6-24 Resultados de confort adaptativo anual en espacio estar-comedor

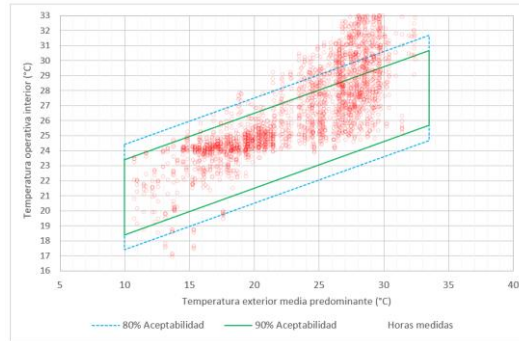
Vivienda base

Vivienda propuesta



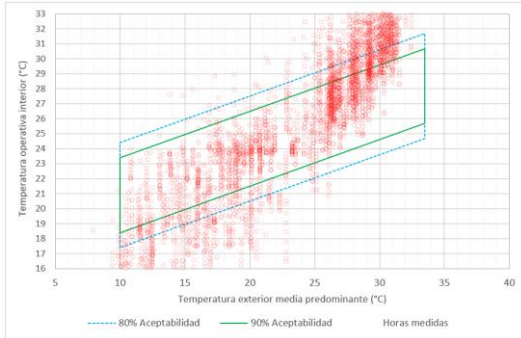
Horas dentro de 90% de aceptabilidad:	1,058	42.94%
Horas fuera de 90% de aceptabilidad:	1,406	57.06%
Horas fuera de 90% de aceptabilidad - <b>Calor:</b>	1,128	45.78%
Horas fuera de 90% de aceptabilidad - <b>Frio:</b>	278	11.28%
Horas dentro de 80% de aceptabilidad:	1,393	56.53%
Horas fuera de 80% de aceptabilidad:	1,071	43.47%
Horas fuera de 80% de aceptabilidad - <b>Calor:</b>	865	35.11%
Horas fuera de 80% de aceptabilidad - <b>Frio:</b>	206	8.36%

Ilustración 6-25 Resultados de confort adaptativo anual en espacio de cocina



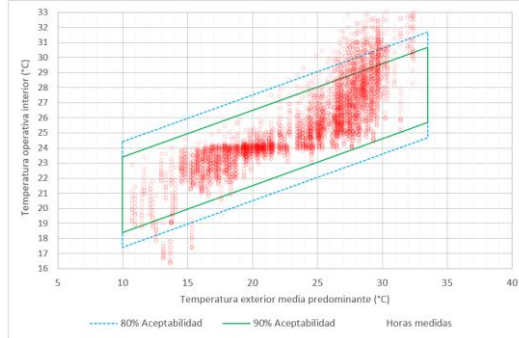
Horas dentro de 90% de aceptabilidad:	1,740	68.13%
Horas fuera de 90% de aceptabilidad:	814	31.87%
Horas fuera de 90% de aceptabilidad - <b>Calor:</b>	788	30.85%
Horas fuera de 90% de aceptabilidad - <b>Frio:</b>	26	1.02%
Horas dentro de 80% de aceptabilidad:	2,007	78.58%
Horas fuera de 80% de aceptabilidad:	547	21.42%
Horas fuera de 80% de aceptabilidad - <b>Calor:</b>	528	20.67%
Horas fuera de 80% de aceptabilidad - <b>Frio:</b>	19	0.74%

Ilustración 6-26 Resultados de confort adaptativo anual en espacio de cocina



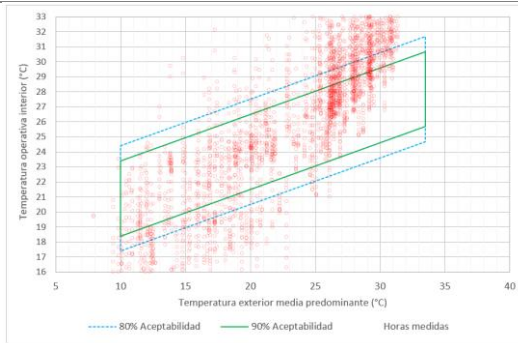
Horas dentro de 90% de aceptabilidad:	1,742	45.18%
Horas fuera de 90% de aceptabilidad:	2,114	54.82%
Horas fuera de 90% de aceptabilidad - <b>Calor:</b>	1,255	32.55%
Horas fuera de 90% de aceptabilidad - <b>Frio:</b>	859	22.28%
Horas dentro de 80% de aceptabilidad:	2,288	59.34%
Horas fuera de 80% de aceptabilidad:	1,568	40.66%
Horas fuera de 80% de aceptabilidad - <b>Calor:</b>	887	23.00%
Horas fuera de 80% de aceptabilidad - <b>Frio:</b>	681	17.66%

Ilustración 6-27 Resultados de confort adaptativo anual en espacio de dormitorio sencillo



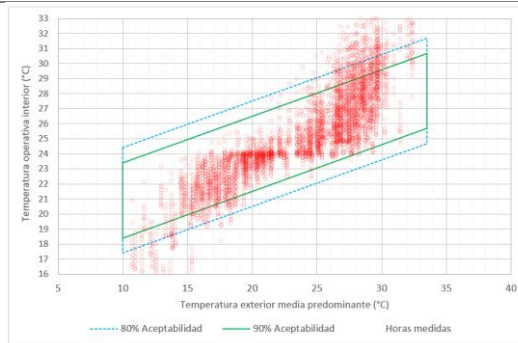
Horas dentro de 90% de aceptabilidad:	3,462	86.25%
Horas fuera de 90% de aceptabilidad:	552	13.75%
Horas fuera de 90% de aceptabilidad - <b>Calor:</b>	486	12.11%
Horas fuera de 90% de aceptabilidad - <b>Frio:</b>	66	1.64%
Horas dentro de 80% de aceptabilidad:	3,734	93.02%
Horas fuera de 80% de aceptabilidad:	280	6.98%
Horas fuera de 80% de aceptabilidad - <b>Calor:</b>	245	6.10%
Horas fuera de 80% de aceptabilidad - <b>Frio:</b>	35	0.87%

Ilustración 6-28 Resultados de confort adaptativo anual en espacio de dormitorio sencillo



Horas dentro de 90% de aceptabilidad:	1,277	41.53%
Horas fuera de 90% de aceptabilidad:	1,798	58.47%
Horas fuera de 90% de aceptabilidad - <b>Calor</b> :	1,132	36.81%
Horas fuera de 90% de aceptabilidad - <b>Frio</b> :	666	21.66%
Horas dentro de 80% de aceptabilidad:	1,678	54.57%
Horas fuera de 80% de aceptabilidad:	1,397	45.43%
Horas fuera de 80% de aceptabilidad - <b>Calor</b> :	858	27.90%
Horas fuera de 80% de aceptabilidad - <b>Frio</b> :	539	17.53%

Ilustración 6-29 Resultados de confort adaptativo anual en espacio de dormitorio principal



Horas dentro de 90% de aceptabilidad:	3,228	80.42%
Horas fuera de 90% de aceptabilidad:	786	19.58%
Horas fuera de 90% de aceptabilidad - <b>Calor</b> :	536	13.35%
Horas fuera de 90% de aceptabilidad - <b>Frio</b> :	250	6.23%
Horas dentro de 80% de aceptabilidad:	3,629	90.41%
Horas fuera de 80% de aceptabilidad:	385	9.59%
Horas fuera de 80% de aceptabilidad - <b>Calor</b> :	281	7.00%
Horas fuera de 80% de aceptabilidad - <b>Frio</b> :	104	2.59%

Ilustración 6-30 Resultados de confort adaptativo anual en espacio de dormitorio principal

Los resultados del análisis indican que la vivienda diseñada, mediante la adopción de estrategias bioclimáticas, presenta una mejora significativa en el confort térmico en comparación con la vivienda estándar. Las temperaturas dentro de esta nueva propuesta son más uniformes, lo que minimiza las variaciones térmicas y asegura que los espacios interiores se mantengan dentro de los niveles de confort adecuados. Este ajuste conduce a una reducción considerable en los períodos de disconfort, alcanzando aproximadamente entre un 20% y un 30% de mejora, según el área evaluada. Encontrándose la vivienda base con un promedio del 50% del 80% de confort según el estándar, mientras que la vivienda propuesta se encuentra entre el 80 y 90% cerca de alcanzar el 80% del confort iniciado por ASHRAE 55.

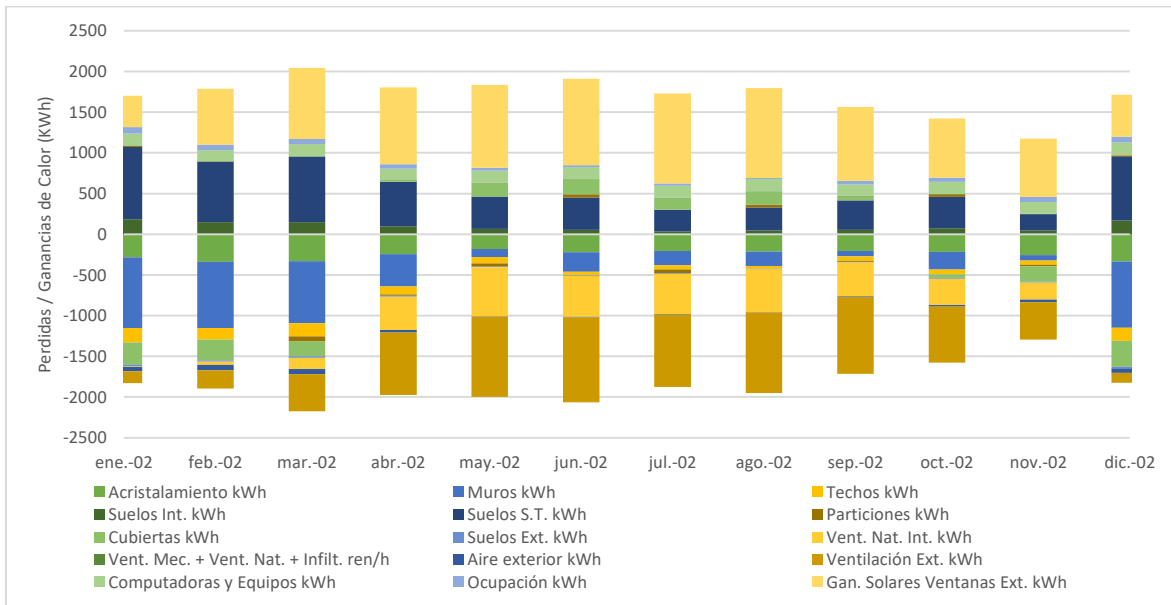
Adicionalmente, la vivienda propuesta exhibe un rendimiento más homogéneo en todos los ambientes estudiados, incluyendo el salón-comedor, la cocina y los dormitorios. Se estima que esta capacidad para mantener un confort térmico constante incrementa su aceptación conforme a la norma ASHRAE 55 entre un 80% y un 90%, superando notablemente el desempeño de la vivienda base.

### 6.3 Análisis de balance térmico

Para el análisis de balance térmico se miden todas las ganancias de calor de los elementos que componen las viviendas, de manera que ayude a evidenciar si las estrategias implementadas funcionan de acuerdo a su objetivo.

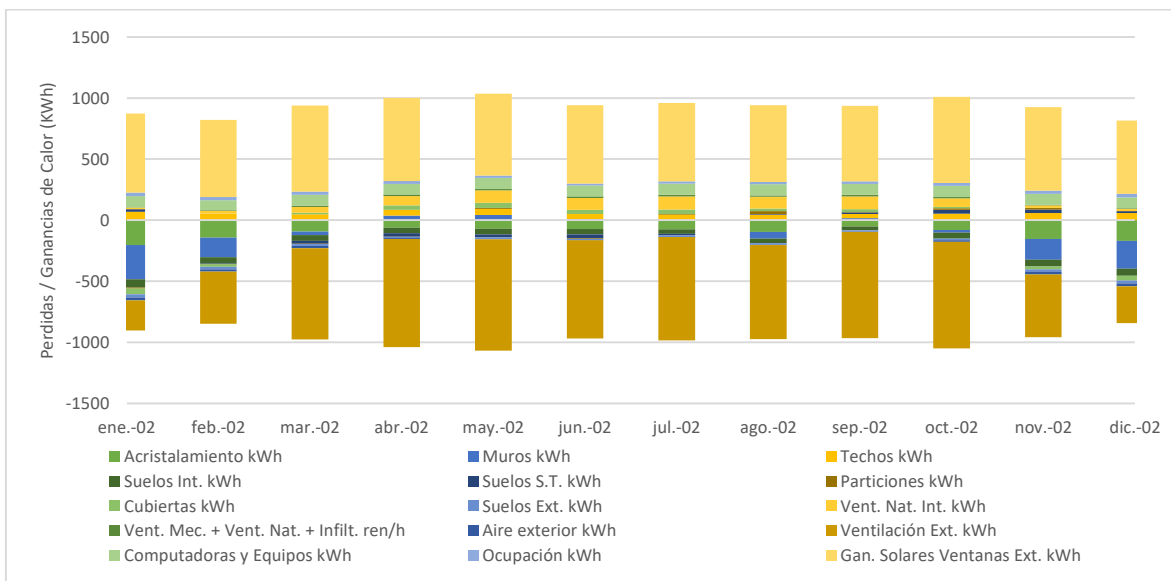
#### 6.3.1 Vivienda base

Ilustración 6-31 Grafico del balance térmico en vivienda base



#### 6.3.2 Vivienda propuesta

Ilustración 6-32 Grafico de balance térmico en vivienda propuesta



En conclusión, en el análisis comparativo del balance térmico entre el modelo de la vivienda base y la vivienda propuesta, demuestra que además de poder lograr un confort térmico, existe una mejora en la eficiencia energética de la vivienda propuesta gracias a la aplicación de las estrategias pasivas.

En la vivienda propuesta se muestra que las ganancias solares son mayores en los meses más fríos que en los cálidos, lo cual es producto de la orientación de la vivienda y distribución de las ventanas, sin embargo, las ganancias solares en verano, aunque hayan disminuido de un modelo a otro siguen siendo considerables.

En las gráficas también se muestra la ventilación natural contribuye al enfriamiento de la vivienda, especialmente en los meses más cálidos, lo que permite mantener un ambiente de confort con menor dependencia de sistemas de enfriamiento mecánico, teniendo menores pérdidas por ventilación, aire exterior y techos, lo que sugiere que las medidas tomadas de mejora de aislamiento y la eficiencia de los sistemas de ventilación han sido efectivas. Con esto se demuestra que la vivienda propuesta no solo tiene menores pérdidas térmicas, sino que mejora en términos de consumo energético.

#### 6.4 Análisis de eficiencia energética

En relación con los resultados de los análisis anteriores de acuerdo al clima de la región es necesario implementar sistemas mecánicos cuando no se alcancen los niveles de confort, especialmente durante las temporadas más cálidas del año. Por ello, se desarrolló un análisis en las viviendas en modo mixto. Esto implica que, cuando haya necesidad de refrigeración y las condiciones del aire exterior no sean adecuadas, se cerrarán las ventanas y se activará el sistema de climatización.

El objetivo de este diagnóstico es analizar los consumos energéticos asociados a la refrigeración, combinando el uso de sistemas pasivos para mantener condiciones óptimas de confort, simplificándolo mediante un modelo simple de HVAC, que permite estimar las demandas energéticas de los edificios sin especificar en detalle los sistemas de climatización.

### 6.4.1 Vivienda base

El análisis del balance de los datos revela que el consumo de energía alcanza su punto máximo en los meses estivales, principalmente por el uso intensivo de sistemas de refrigeración, lo cual se correlaciona con un notable incremento en las horas de incomodidad térmica. Este comportamiento indica que el edificio tiene dificultades para asegurar un ambiente confortable durante los períodos más cálidos, a pesar del alto gasto energético. Por otro lado, el uso de calefacción presenta un efecto reducido, lo que se traduce en un consumo menor durante los meses fríos.

Ilustración 6-33 Consumos energéticos desglosados y horas de disconfort de vivienda base

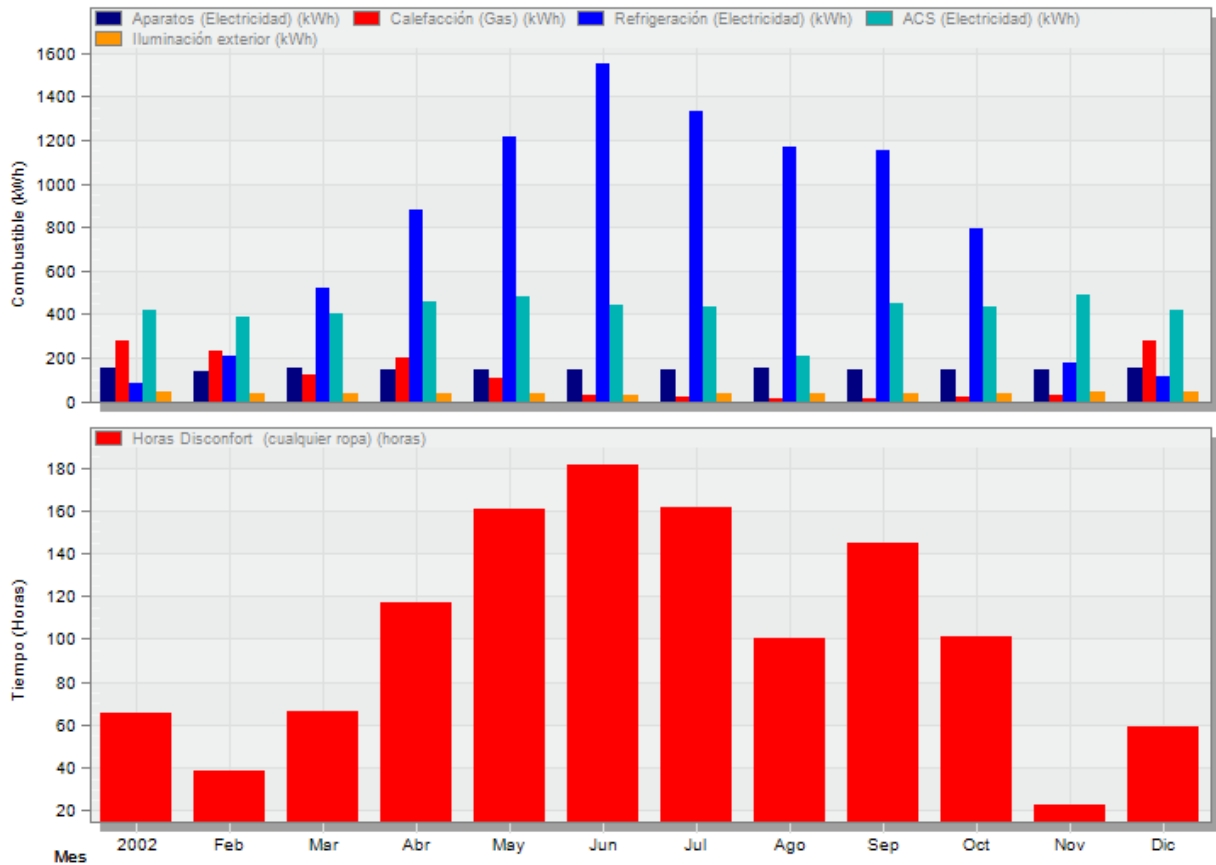


Ilustración 6-34 Consumos energéticos desglosados de vivienda base

Mes	2002	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Aparatos (Electricidad) (kWh)	148.53	133.94	149.65	143.53	147.01	144.63	147.44	150.40	143.60	147.42	143.28	150.42
Calefacción (Gas) (kWh)	280.36	227.76	119.56	198.43	101.73	28.51	21.64	13.08	9.06	16.53	28.41	275.11
Refrigeración (Electricidad) (kWh)	81.26	206.94	520.34	878.70	1217.48	1548.13	1329.79	1167.92	1153.15	789.72	173.61	110.07
ACS (Electricidad) (kWh)	417.18	387.36	398.95	457.63	481.55	440.32	434.49	210.11	449.14	435.41	485.87	418.36
Iluminación exterior (kWh)	41.55	36.00	37.58	34.15	33.28	31.18	32.77	34.37	35.38	38.92	39.67	42.10
Horas Disconfort (cualquier ropa) (horas)	65.60	38.40	66.11	116.82	160.50	181.62	161.27	100.08	145.12	100.85	23.11	59.24

### 6.4.2 Vivienda propuesta

Al comparar con el gráfico anterior, se evidencia un progreso notable en la reducción del consumo energético y en la disminución de las horas de incomodidad a lo largo del año. En los meses cálidos de verano, existe una disminución en el uso de energía asociado a la refrigeración, lo que indica una mejora en la eficiencia de los sistemas de climatización y un uso más racional de los recursos. Además, las horas de disconfort han disminuido considerablemente, especialmente durante los meses más cálidos, lo que indica que las medidas implementadas han favorecido las condiciones de confort en el edificio. A pesar de aun existir espacio para seguir mejorando el confort en invierno, se demuestra que los esfuerzos destinados a optimizar tanto el rendimiento energético como el confort han mostrado resultados positivos, evidenciando una clara tendencia hacia una mayor eficiencia y bienestar en el uso del espacio.

Ilustración 6-35 Consumo energético desglosado y horas de disconfort de vivienda propuesta

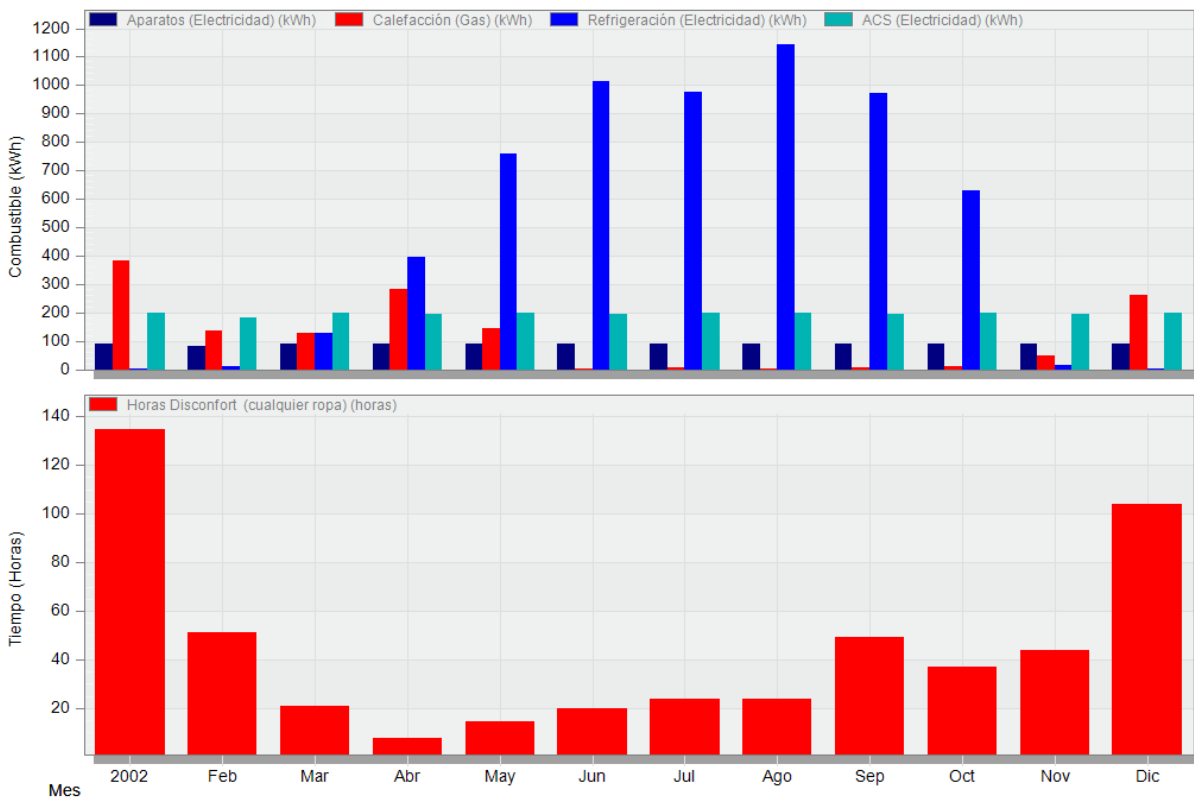


Ilustración 6-36 Consumo energético de vivienda propuesta

Mes	2002	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Aparatos (Electricidad) (kWh)	90.92	82.13	90.92	87.99	90.93	87.98	90.93	90.92	87.99	90.93	87.99	90.91
Calefacción (Gas) (kWh)	381.10	137.39	128.68	281.15	145.25	3.49	5.54	1.38	4.96	9.01	48.09	261.19
Refrigeración (Electricidad) (kWh)	0.78	11.37	126.89	391.98	755.45	1012.37	973.55	1138.97	967.28	625.42	13.25	2.88
ACS (Electricidad) (kWh)	198.70	179.47	198.70	192.29	198.70	192.29	198.70	198.70	192.29	198.70	192.29	198.70
Horas Disconfort (cualquier ropa) (horas)	135.03	51.39	21.09	7.45	14.55	19.74	23.83	23.96	49.46	36.95	43.75	103.91

## 6.5 Análisis de factibilidad técnica y económica

En el marco de la sustentabilidad, el recurso económico es un pilar fundamental junto con los aspectos ambientales y sociales en relación con el enfoque del triple bottom line<sup>8</sup>. En el caso de las viviendas sociales que se están desarrollando en el municipio de Torreón, al buscar incorporar al mercado viviendas sostenibles es necesario demostrar igualmente la viabilidad financiera de los proyectos y su factibilidad.

La importancia en este apartado radica en evidenciar que una vivienda sostenible como es el caso de la propuesta que se analiza en este estudio es financieramente viable y accesible en comparación con el modelo de vivienda base que actualmente se construye en la ciudad, demostrando que además de obtener mejoras constructivas que, y optimización de los recursos, es posible medir un retorno de inversión mediante el ahorro energético asociado a las intervenciones realizadas.

### 6.5.1 Evaluación de elementos constructivos

En relación con las mejoras implementadas en los materiales de los elementos constructivos de la envolvente, la evaluación de costos entre la vivienda base y la vivienda propuesta revela que esta última presenta un costo total superior. La vivienda base se valora en \$872,218.33 MXN, mientras que el costo de la vivienda propuesta alcanza los \$1,174,489.14 MXN, lo que implica un aumento aproximado del 26% en el total.

Este incremento en el precio se atribuye principalmente a los materiales utilizados y a las mejoras incorporadas, tales como los muros exteriores, la cubierta externa y las ventanas, que poseen precios unitarios más elevados en comparación con la vivienda base, debido a que se contemplaron materiales más eficientes que al tener mayores y mejores características que ayudan a la eficiencia energética de la vivienda el costo de inversión resulta ser más elevado que un material tradicional.

*Ilustración 6-37 Análisis de costos en elementos constructivos*

Vivienda base			
Elemento	m2	Precio unitario MXN	Total MXN
Muros exteriores	269.56	\$ 936.33	\$ 252,397.11
Muros interiores	209.05	\$ 1,081.79	\$ 226,148.20
Suelos	63.7	\$ 849.09	\$ 54,087.03
Suelo entrapiso	83.86	\$ 1,849.03	\$ 155,059.66
Cubierta exterior	95.51	\$ 1,409.71	\$ 134,641.40
Ventanas	116.51	\$ 428.16	\$ 49,884.92
Total			\$ 872,218.33
Vivienda propuesta			
Elemento	m2	Precio unitario MXN	Total MXN
Muros exteriores tipo 1	151.99	\$ 1,728.38	\$ 262,696.48
Muros exteriores tipo 2	83.13	\$ 1,141.27	\$ 94,873.78
Muros interiores	321.43	\$ 928.38	\$ 298,409.18
Suelos	68.55	\$ 389.77	\$ 26,718.73
Suelo entrapiso	60.19	\$ 1,849.03	\$ 111,293.12
Cubierta exterior	103.65	\$ 2,591.96	\$ 268,656.65
Ventanas	135.36	\$ 826.25	\$ 111,841.20
Total			\$ 1,174,489.14

<sup>8</sup> Triple Bottom Line: Concepto que evalúa el éxito de un proyecto en términos de beneficios económicos, sociales y ambientales (Cavero, 2024)

### 6.5.2 Evaluación de consumos energéticos

La siguiente tabla muestra los consumos energéticos necesarios para cubrir las demandas de confort dentro de las viviendas analizadas durante los periodos de ocupación a lo largo del año. La tabla se divide en los 12 meses, indicando el consumo mensual en kilovatios hora (kWh) y su costo correspondiente según las tarifas indicadas para el año 2024 de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

La CFE es una empresa pública mexicana encargada de proveer energía eléctrica en el país (CFE, s.f.) la cual establece las tarifas a nivel nacional según la región y el esquema tarifario contratado. El costo aplicado depende del consumo energético y de la temporada del año y dependiendo de la zona cuenta con subsidios durante los seis meses más cálidos. La tarifa económica se divide en rangos de consumo: básico, intermedio, intermedio alto y excedente, siendo este último hasta tres veces más costoso que el básico. Superar el consumo máximo del rango intermedio implica pagar la cuota más alta por los kWh adicionales. Por lo tanto, una estrategia clave para reducir el gasto económico por consumo energético es minimizar el consumo excedente en la medida de lo posible.

Ilustración 6-38 Tabla de consumos energéticos totales de las viviendas analizadas

Tabla comparativa de consumos energéticos y su costo en el año 2024						
Mes	Vivienda base		Vivienda propuesta		Diferencia	
	kWh	Mxn	kWh	Mxn	kWh	Mxn
Enero	688.52	\$ 2,178.03	290.40	\$ 736.85	398.11	\$ 1,441.19
Febrero	764.24	\$ 2,460.94	272.96	\$ 676.13	491.28	\$ 1,784.81
Marzo	1,106.51	\$ 3,717.67	416.51	\$ 1,201.93	689.99	\$ 2,515.74
Abril	1,514.01	\$ 5,221.97	672.25	\$ 2,141.99	841.75	\$ 3,079.98
Mayo	1,879.32	\$ 5,262.20	1045.07	\$ 2,198.83	834.25	\$ 3,063.37
Junio	2,164.26	\$ 6,330.77	1292.64	\$ 3,118.87	871.61	\$ 3,211.90
Julio	1,944.48	\$ 5,397.16	1263.18	\$ 2,877.70	681.30	\$ 2,519.46
Agosto	1,562.79	\$ 4,143.33	1428.59	\$ 3,645.32	134.2	\$ 498.02
Septiembre	1,781.27	\$ 4,970.53	1247.56	\$ 2,983.02	533.70	\$ 1,987.51
Octubre	1,411.47	\$ 3,606.81	915.05	\$ 1,751.70	496.41	\$ 1,855.11
Noviembre	842.42	\$ 2,833.47	293.53	\$ 775.13	548.89	\$ 2,058.34
Diciembre	720.95	\$ 2,386.25	292.49	\$ 773.96	428.45	\$ 1,612.29
<b>Total</b>		\$ 48,509.14		\$ 22,881.43		\$ 25,627.71
<b>Eq. Salarios mínimos mensuales</b>		6.50		3.06		3.43

La comparación entre la vivienda base y la vivienda propuesta para el año 2024 muestra una reducción significativa en el consumo energético, con un ahorro anual de \$25,627.71 MXN aproximadamente, lo que representa más del 50% de los costos correspondientes a consumos energéticos.

De modo de establecer un punto de comparación si se considera el salario mínimo mensual en México que por el momento es de \$7,468 MXN, el costo que implica mantener una vivienda en confort térmico como el modelo base equivale anualmente a 6.5 salarios mínimos mensuales de una persona que es un poco más de la mitad que ganaría anualmente, mientras que la vivienda propuesta equivale a 3.06 salarios mínimos mensuales. Demostrando con estos resultados que el incluir correctamente estrategias de sostenibilidad no solo mejoran la eficiencia energética, sino también la sostenibilidad ambiental y financiera de la vivienda propuesta.

### 6.5.3 Conclusión de viabilidad de la propuesta de vivienda sostenible

Para llevar a cabo un análisis comparativo en relación al retorno de inversión y determinar la viabilidad económica del proyecto, tanto para los desarrolladores como para los residentes, se examinaron los costos de construcción en función del ahorro energético. Este estudio se realizó mediante una proyección a diez años, teniendo en cuenta una tasa de inflación anual aproximada del 4.69% en el país.

Los resultados obtenidos de esta proyección sobre la viabilidad económica y el confort de la vivienda sostenible son positivos, desde el punto de vista financiero como en términos de habitabilidad. A pesar de que el costo inicial de construcción de la vivienda propuesta es superior, con una diferencia de \$302,270.81 MXN respecto a la vivienda estándar, los ahorros energéticos anticipados durante el período de diez años alcanzan los \$332,617.51 MXN. Esto no solo recupera la inversión adicional, sino que produce un retorno financiero favorable, considerándose únicamente los ahorros por 10 años.

En lo que respecta al confort térmico considerado de análisis en los modelos mixtos, incluyendo los sistemas mecánicos y pasivos para lograr un rango de confort establecido, la vivienda propuesta presenta una reducción considerable en las horas de incomodidad, disminuyendo de 1,219 horas en la vivienda estándar a 531 horas, lo que se traduce en un 94% de confort frente al 86% correspondiente a la vivienda base.

En resumen, la vivienda presentada no solo es viable económicamente a largo plazo, sino que también ofrece una mejora notable en las condiciones de confort, justificando la inversión inicial al proporcionar importantes beneficios financieros y habitacionales.

Ilustración 6-39 Comparativo horas de desconfort según requerimientos del estándar ASHRAE 55

Horas de desconfort		
Mes	Vivienda base	Vivienda propuesta
Enero	66	135
Febrero	38	51
Marzo	66	21
Abril	117	7
Mayo	160	15
Junio	182	20
Julio	161	24
Agosto	100	24
Septiembre	145	49
Octubre	101	37
Noviembre	23	44
Diciembre	59	104
<b>Total hr desconfort</b>	<b>1,219</b>	<b>531</b>
<b>% Confort</b>	<b>86%</b>	<b>94%</b>

Ilustración 6-40 Comparativo ahorro económico

Proyección a 10 años de ahorros MXN por eficiencia energética	
Año	Total MXN
2024	\$ 25,627.71
2025	\$ 26,829.65
2026	\$ 28,087.96
2027	\$ 29,405.29
2028	\$ 30,784.39
2029	\$ 32,228.18
2030	\$ 33,739.68
2031	\$ 35,322.08
2032	\$ 36,978.68
2033	\$ 38,712.98
2034	\$ 40,528.62
<b>Total</b>	<b>\$ 332,617.51</b>

Ilustración 6-41 Comparativo costos construcción

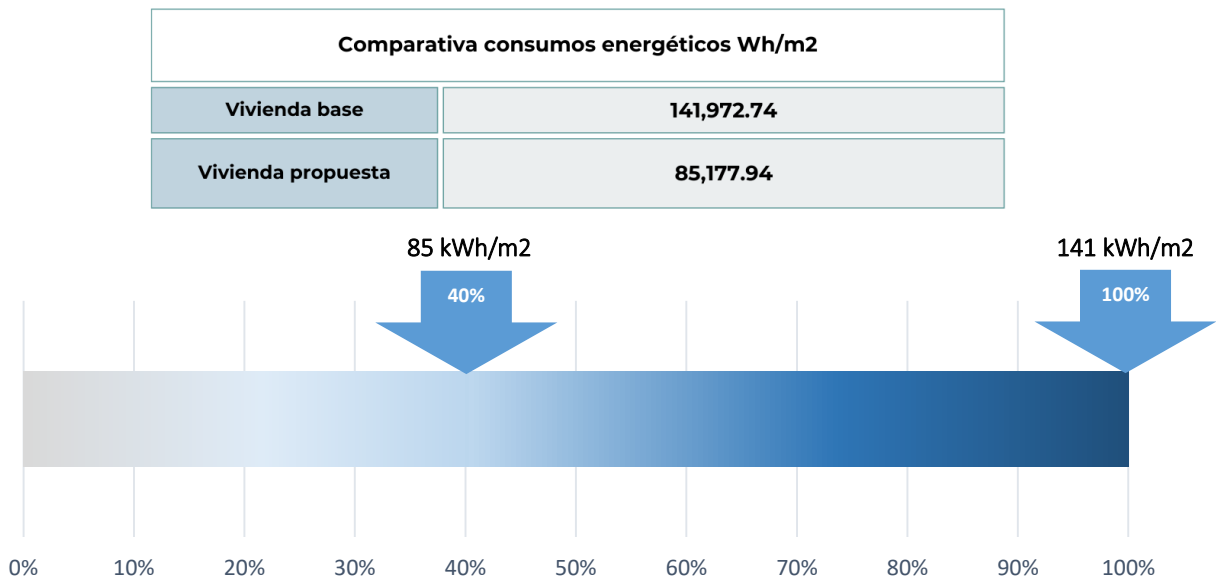
Costo de construcción	
Vivienda	Total MXN
Base	\$ 872,218.33
Propuesta	\$ 1,174,489.14
<b>Diferencia</b>	<b>\$ 302,270.81</b>

De acuerdo a una comparativa base utilizando la unidad de medida energética Wh/m<sup>2</sup> para cuantificar la energía consumida en una superficie específica. El análisis de una vivienda base de 160 m<sup>2</sup> con un consumo de 141 kWh/m<sup>2</sup>/año, frente a una vivienda propuesta de 170 m<sup>2</sup> con un consumo de 85 kWh/m<sup>2</sup>/año, demuestra que la vivienda propuesta es significativamente más eficiente, logrando una reducción del 40% en el consumo energético.

Para proyectos que buscan certificaciones de sostenibilidad, es común lograr reducciones de consumo energético de entre un 20% y 40% o más, a través de simulaciones energéticas detalladas. Estas simulaciones comparan un edificio base de construcción convencional con un modelo optimizado que busca maximizar el ahorro en diversas áreas, como sistemas de climatización, iluminación y energía renovable.

Por tanto, este análisis refleja que la aplicación de estrategias sostenibles y bioclimáticas en una vivienda no solo reduce los costos operativos a lo largo del tiempo, sino que también disminuye el impacto ambiental, promoviendo una mayor sostenibilidad a largo plazo. Estos resultados resaltan la viabilidad de invertir en tecnologías y materiales más eficientes y su impacto positivo en el confort y el ahorro energético.

*Ilustración 6-42 Comparativa de consumos y ahorros energéticos*



# 7 CONCLUSIONES

En la ciudad de Torreón, Coahuila, donde los veranos son extremadamente calurosos, mantener una vivienda confortable únicamente con métodos pasivos, sin recurrir a sistemas mecánicos de refrigeración y calefacción, es un desafío debido a las elevadas temperaturas de la región. Al examinar la historia en busca de respuestas hacia los métodos y estrategias que ayudaron a nuestros antepasados a sobrevivir en este tipo de climas sin contar con la tecnología moderna, encontramos disposiciones arquitectónicas tradicionales que ayudaban a mitigar las temperaturas y aprovechar de mejor manera los recursos naturales que la región posee. Sin embargo, en la actualidad, en una sociedad que atraviesa cambios económicos y sociales abruptos, junto con un rápido crecimiento poblacional y una creciente especulación inmobiliaria, la prioridad de muchas personas se enfoca en la accesibilidad económica y la obtención rápida de una vivienda, dejando de lado aspectos esenciales como la sostenibilidad y los beneficios a largo plazo, tanto ambientales como sociales y económicos, que esta puede ofrecerles.

Es por ello que el desarrollo de viviendas con arquitectura bioclimática, junto con el uso de tecnologías y materiales que van desde los más industriales, como los compuestos aislantes, hasta los más naturales, como el adobe, sigue siendo un concepto lejano de ser adoptado masivamente. La implementación de este tipo de viviendas no solo depende de demostrar su viabilidad económica para convencer a los desarrolladores inmobiliarios, sino también de aprovechar las normativas mexicanas existentes y publicitar los incentivos económicos que las empresas pueden obtener al promover la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la mejora de la eficiencia energética en el sector de la construcción. Así como campañas de exposición de los beneficios económicos y financiamientos que los consumidores pueden aprovechar al implementar estrategias sostenibles en sus viviendas.

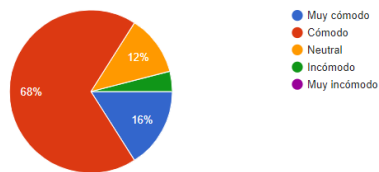
Sin embargo, para que exista una demanda real de este tipo de viviendas, es fundamental generar conciencia entre la población sobre el cambio climático y su creciente impacto en la vida cotidiana. El verdadero reto radica en crear conciencia, ya que es crucial que los ciudadanos comprendan la importancia de optar por viviendas sostenibles para enfrentar los efectos del clima de la región y asegurar un futuro más resiliente para las generaciones futuras.

# ANEXOS

## A. Encuesta desarrollada de confort y calidad de vida en las viviendas

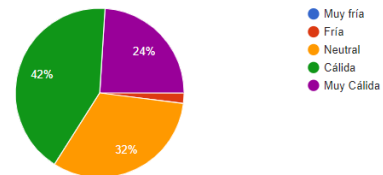
1. Durante tu permanencia en tu vivienda, ¿Cómo te sientes en términos de bienestar general?

50 respuestas



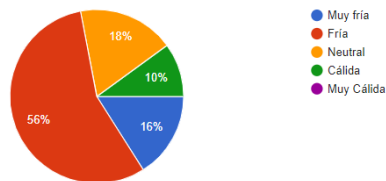
2. ¿Cómo calificarías la temperatura interior de su vivienda durante el verano?

50 respuestas



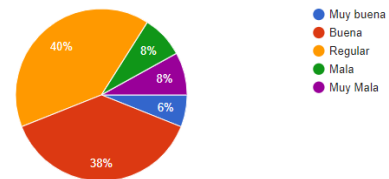
3. ¿Y durante el invierno?

50 respuestas



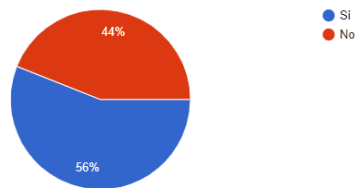
4. Consideras que la ventilación de la vivienda es:

50 respuestas



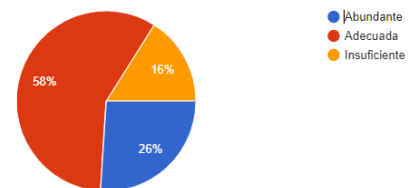
5. ¿Percibes que el aire en tu vivienda es fresco y limpio?

50 respuestas



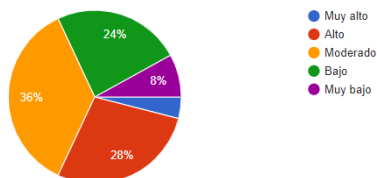
6. ¿Cómo calificarías la cantidad de luz natural que entra en tu vivienda?

50 respuestas



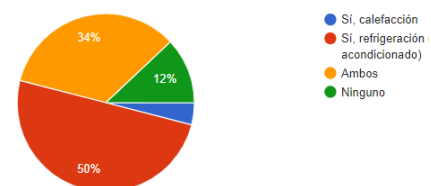
7. ¿Cómo calificarías el nivel de ruido interior que se escucha en tu vivienda?

50 respuestas



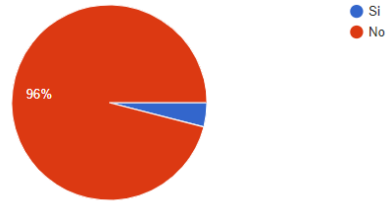
8. ¿Utilizas sistemas de calefacción o refrigeración?

50 respuestas



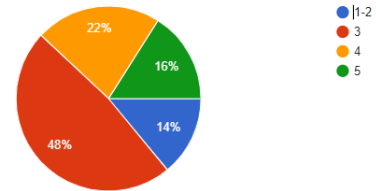
**9. ¿Utilizas sistemas de recolección de agua de lluvia?**

50 respuestas



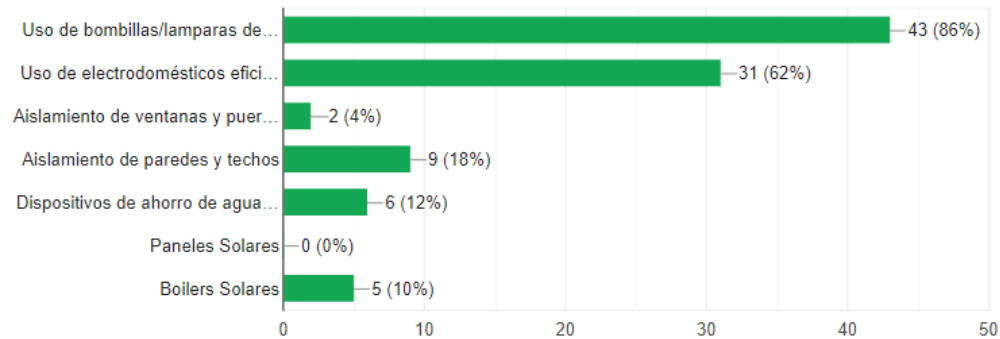
**11. El número de habitaciones en tu casa es de:**

50 respuestas



**10. ¿Has implementado alguna medida para reducir el consumo de energía y agua en tu hogar? (Seleccione todas las que apliquen)**

50 respuestas



# REFERENCIAS

- 2030 Palette. (s.f.). Obtenido de <https://2030palette.org/?lang=es>
- Cavero, J. (2024). *mentorDay*. Obtenido de <https://mentorday.es/wikileaks/triple-bottom-line-tbl/>
- CCNNPURRE. (2001). *DOF- Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de NOM-008-ENER-2001, Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales:  
[https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=767644&fecha=25/04/2001#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=767644&fecha=25/04/2001#gsc.tab=0)
- CCNNPURRE. (2011). *DOF Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de  
[https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5203931&fecha=09/08/2011#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5203931&fecha=09/08/2011#gsc.tab=0)
- CENAPRED. (2014). Obtenido de  
<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD004433.PDF>
- CFE. (s.f.). *Comisión Federal de Electricidad*. Obtenido de  
<https://www.cfe.mx/nuestraempresa/Pages/queeslacfe.aspx>
- CNDH. (2022). Obtenido de [https://normas.cndh.org.mx/Documentos/Coahuila/Ley\\_VivE\\_Coah.pdf](https://normas.cndh.org.mx/Documentos/Coahuila/Ley_VivE_Coah.pdf)
- Coahuila, A. d. (s.f.). Obtenido de <https://www.torreon.gob.mx/normatividad/pdf/abrogados/abrogado6.pdf>
- Coahuila, A. d. (s.f.). Obtenido de [https://www.torreon.gob.mx/ventanilla/Reglamento\\_Medio\\_Ambiente.pdf](https://www.torreon.gob.mx/ventanilla/Reglamento_Medio_Ambiente.pdf)
- CONEVAL. (2020). Obtenido de <https://www.coneval.org.mx/Paginas/principal.aspx>
- Congreso de la Unión, C. d. (2024). (S. d. Parlamentarios, Ed.) Obtenido de  
<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf>
- EcoCasa. (2024). Obtenido de <https://www.gob.mx/shf/documentos/ecocasa-programa-de-cooperacion-financiera?state=published>
- Econation. (2023). Obtenido de <https://econation.one/sustainable-materials/>
- Energy design tools*. (s.f.). Obtenido de <https://energy-design-tools.sbse.org/>
- Energy.gov. (s.f.). Obtenido de <https://www.energy.gov/eere/energy-efficiency-buildings-and-industry>
- Facility, N. (2023). Obtenido de <https://www.gob.mx/conavi/documentos/nama-mexicana-de-vivienda-sustentable-28728>
- Federación, D. -D. (2016). *DOF - Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de  
<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGAHOTDU.pdf>
- Federación, D. D. (Ed.). (2020). Obtenido de  
[https://www.coahuilatrasmis.gob.mx/leyes/documentos\\_leyes/Ley%20de%20equilibrio%20ecol%C3%B3gico1.pdf](https://www.coahuilatrasmis.gob.mx/leyes/documentos_leyes/Ley%20de%20equilibrio%20ecol%C3%B3gico1.pdf)
- IMPLAN. (s.f.). Obtenido de <https://www.trcimplan.gob.mx/assets/images/trc-2040/trc2040.pdf>

- IMPLAN. (2020). Obtenido de [http://www.atlasonline.gob.mx/AtlasEstatales/?&NOM\\_ENT=Coahuila%20de%20Zaragoza&CVE\\_ENT=05](http://www.atlasonline.gob.mx/AtlasEstatales/?&NOM_ENT=Coahuila%20de%20Zaragoza&CVE_ENT=05)
- IMPLAN. (2022). Obtenido de [https://metropolilaguna.mx/wp-content/uploads/2022/10/plan-director-de-desarrollo-urbano-de-municipio-de-torreon\\_compressed-1.pdf](https://metropolilaguna.mx/wp-content/uploads/2022/10/plan-director-de-desarrollo-urbano-de-municipio-de-torreon_compressed-1.pdf)
- INEGI. (2010). Obtenido de [https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/05/05035.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/05/05035.pdf)
- INEGI. (2017). Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/programas/enh/2017/>
- INEGI. (2020). Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- INEGI. (2020). Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/>
- INFONAVIT. (s.f.). Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/32462/Presentation1\\_COP21\\_SEDATU.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/32462/Presentation1_COP21_SEDATU.pdf)
- L. King, J. (s.f.). *La arquitectura vernácula del noreste de México*.
- Macias, B. (2023). Obtenido de <https://ecohabitar.org/arquitectura-bioclimatica-conceptos-y-tecnicas/>
- Monterrey, T. d. (s.f.). Obtenido de <https://futurociudades.tec.mx/es/edificios-sostenibles-mexico>
- MSN El Tiempo. (s.f.). Obtenido de <https://www.msn.com/es-es/eltiempo/prevision/in-Torre%C3%B3n,COAH?loc=eyJsljoiVG9ycmXDs24iLCJlYjoiQ09BSCIsInlyljoivG9ycmXDs24iLCJlYjoiTcOpeGJlbylslmkiOiJNWClslmciOiJlcy1lcyIsIngilMTAzLjQ1MyIsInkiOiIyNS41NCJ9&ocid=ansmsnweather&weadegreetype=C>
- Nacional, S. M. (2024). Obtenido de <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico>
- Naciones Unidas, O. (s.f.). *Naciones Unidas*. Obtenido de <https://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>
- ONU Habitat, I. S. (2018). Obtenido de <https://www.trcimplan.gob.mx/estudios/indice-basico-de-las-ciudades-prosperas-torreon-2016/indice-basico-de-las-ciudades-prosperas-torreon-2016.pdf>
- ONU-Habitat. (2021). Obtenido de <https://onu-habitat.org/index.php/estrategia-integral-de-vivienda-adecuada-y-urbanizacion-sostenible-para-el-estado-de-coahuila>
- Oxford academic*. (2022). doi: <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctac134>
- Parlamentarios, S. d. (Ed.). (2024). *Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión*. Obtenido de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf>
- RAE, D. d. (s.f.). Obtenido de <https://dle.rae.es/bienestar>
- SEGOB. (2018). Obtenido de [https://www1.cenapred.unam.mx/DIR\\_INVESTIGACION/Fraccion\\_XLI/RH/180301\\_RH\\_ondas\\_de\\_calor\\_mapas.pdf](https://www1.cenapred.unam.mx/DIR_INVESTIGACION/Fraccion_XLI/RH/180301_RH_ondas_de_calor_mapas.pdf)



- SEMARNAT, C. (2011). Obtenido de [https://www.conavi.gob.mx/images/documentos/sustentabilidad/2b\\_Vivienda\\_Sutentable\\_en\\_Mexico.pdf](https://www.conavi.gob.mx/images/documentos/sustentabilidad/2b_Vivienda_Sutentable_en_Mexico.pdf)
- SNIVV. (2020). Obtenido de [https://www.conavi.gob.mx/images/documentos/normateca/2021/MC\\_SNIIV.pdf](https://www.conavi.gob.mx/images/documentos/normateca/2021/MC_SNIIV.pdf)
- Social, I. N. (2021). *Gobierno de México*. Obtenido de <https://www.gob.mx/indesol/documentos/constitucion-politica-de-los-estados-unidos-mexicanos-97187>
- Zaragoza, C. d. (Ed.). (2022). Obtenido de [https://normas.cndh.org.mx/Documentos/Coahuila/Ley\\_VivE\\_Coah.pdf](https://normas.cndh.org.mx/Documentos/Coahuila/Ley_VivE_Coah.pdf)
- Zaragoza, C. d. (Ed.). (2022). Obtenido de [https://www.congresocoahuila.gob.mx/transparencia/03/Leyes\\_Coahuila/coa261.pdf](https://www.congresocoahuila.gob.mx/transparencia/03/Leyes_Coahuila/coa261.pdf)