

EVALUACIÓN *de estrategias para* MEJORAR EFICIENCIA ENERGÉTICA en una VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN TIJUANA

*Evaluation of strategies to improve energy efficiency
in a social housing unit in Tijuana*

HUMBERTO CEBALLOS-GALLARDO*, MIGUEL ISAAC SAHAGÚN-VALENZUELA**, GUADALUPE HUELZ***, GUILLERMO BARRIOS****

Fecha de recibido:
01 Abril 2024
Fecha de aceptado:
02 Junio 2025

*Universidad
Autónoma de Baja
California, México
humberto.cebillos.
gallardo@uabc.
edu.mx

**Universidad
Autónoma de Baja
California, México
isahagun@uabc.
edu.mx

***Universidad
Autónoma de Baja
California, México
ghl@ier.unam.mx

****Universidad
Autónoma de Baja
California, México
gbv@ier.unam.mx

RESUMEN. En México, el sector residencial representa una parte significativa del consumo energético y de las emisiones asociadas, especialmente cuando la vivienda requiere calefacción o enfriamiento. En Tijuana, ciudad de clima semiárido con influencia marítima, parte de la vivienda de interés social (vis) presenta envolventes de baja resistencia térmica y control solar limitado; lo que incrementa la demanda de climatización y compromete el confort. Este estudio cuantifica, mediante simulación dinámica en EnergyPlus, el efecto de tres estrategias pasivas en una vivienda real adosada (intermedia) de 65 m²: reorientación de la fachada principal de suroeste a sur, incorporación de aleros en vanos seleccionados y aislamiento térmico con poliestireno expandido (EPS, 2.5 cm) en muros expuestos y cubierta. Se evaluaron nueve escenarios (estrategias individuales y combinadas) y se estimó la demanda anual sensible de calefacción y enfriamiento con un sistema de carga ideal, manteniendo constantes horarios de ocupación y cargas internas. El aislamiento con EPS fue la medida individual de mayor impacto; la combinación óptima (orientación sur + EPS + aleros) redujo la demanda en 1,261 kWh/año (26%) respecto al caso base. Se discuten alcances y limitaciones del modelo (sin ventilación/infiltración ni puentes térmicos) y se proponen criterios para priorizar mejoras de envolvente en obra nueva y rehabilitación de vis.

Palabras clave: aislamiento térmico, control solar, EnergyPlus, orientación solar, vivienda de interés social.

ABSTRACT. In Mexico, the residential sector accounts for a relevant share of energy use and associated emissions, especially when housing requires space heating or cooling. In Tijuana, a semi-arid city with maritime influence, part of social housing (vis) has low-thermal-resistance envelopes and limited solar control, which increases conditioning demand and compromises comfort. This study quantifies, through dynamic EnergyPlus simulation, the effect of three passive strategies in a real attached (mid-row) 65 m² dwelling: reorienting the main façade from southwest to south, adding overhangs to selected openings, and thermal insulation with expanded polystyrene (EPS, 2.5 cm) on exposed walls and the roof. Nine scenarios (individual and combined strategies) were assessed and annual sensible heating and cooling demand was estimated with an ideal loads system, keeping occupancy schedules and internal gains constant. EPS insulation was the most effective individual measure; the optimal combination (south orientation + EPS + overhangs) reduced demand by 1,261 kWh/year (26%) compared to the baseline. Scope and limitations are discussed (no ventilation/infiltration or thermal bridges) and criteria are proposed to prioritize envelope improvements in new construction and retrofits of social housing.

Key words: thermal insulation, solar control, EnergyPlus, solar orientation, social housing.

S

egún el IPCC, la influencia humana ha calentado la atmósfera, el océano y la tierra (2021: 4), debido al aumento de GEI antropogénicos, especialmente CO₂ vinculado a combustibles fósiles y procesos industriales (IPCC, 2022: 12). Desde un enfoque de consumo, los hogares se vinculan directa e indirectamente con alrededor de dos tercios de las emisiones globales de GEI (Ivanova *et al.*, 2020: 1). En México, el sector residencial tiene un peso significativo —54.60 TWh y 31.37 millones de viviendas ocupadas en 2015—, por lo que mejoras incrementales en la envolvente pueden escalar a reducciones agregadas relevantes (Oropeza-Perez & Petzold-Rodriguez, 2018: 3).

La demanda por enfriamiento es especialmente sensible al clima. A escala nacional, usando vivienda de interés social e índices climáticos (Cooling Degree Hour y Operation Hours), se ha reportado que más del 50% del territorio mexicano requiere niveles altos de acondicionamiento de aire (Jiménez Torres *et al.*, 2023: 1). Esto coincide con estudios en vivienda social tropical, donde estrategias pasivas combinadas en la envolvente pueden reducir la carga anual de enfriamiento (~20%) y el tiempo anual de discomfort (hasta ~50%) (Hernández *et al.*, 2024, s/p). En este contexto, variables como orientación, control solar y materiales resultan determinantes para el desempeño térmico del edificio (Li *et al.*, 2022: 14).

En este artículo se evalúa, mediante simulaciones en EnergyPlus, el efecto de combinaciones de estrategias bioclimáticas sobre la demanda anual de calefacción y enfriamiento en una vivienda de interés social de Tijuana, B.C. La climatización se modeló únicamente en sala y recámaras, con horarios por ocupación y *setpoints* adaptativos (*Termopreferendum*). Se analizaron tres estrategias —reorientación al sur, aleros y aislamiento con EPS— por su incidencia directa en la exposición solar, las

ganancias térmicas por ventanas y la conducción térmica (Ossen *et al.*, 2005: 568-569; Kohansal *et al.*, 2021: 2), además de permitir un diseño experimental interpretable y computacionalmente manejable (Tian, 2013: 413 y 415).

VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL (VIS) EN TIJUANA

De acuerdo con el SNIIV, con datos del RUV, al corte de noviembre de 2025 el inventario de vivienda registrada en Tijuana en los segmentos asociados a VIS (Popular y Tradicional) ascendió a 2 445 viviendas. Al tratarse de vivienda con estatus vigente en una ventana de 24 meses, este dato se interpreta como oferta formal reciente y no como el total del parque habitacional (SEDATU, 2025).

En Tijuana, la habitabilidad de la VIS suele verse comprometida por el desempeño térmico de la envolvente, asociado a decisiones constructivas que no siempre responden al clima local (Camacho-Ixta *et al.*, 2017: 40). En el norte del país se ha documentado una alta dependencia del aire acondicionado (48.1% de los hogares), atribuida en parte a factores de diseño y envolvente, lo que incrementa la necesidad de climatización y el consumo de energía (Rodríguez-Miranda *et al.*, 2021: 2, 13).

Aunque existen recomendaciones y normativa, su incorporación en VIS se complica por la producción en serie y por cierres de diseño en fases iniciales, que limitan la adopción de medidas pasivas una vez definido el proyecto (Rodríguez-Miranda *et al.*, 2021: 2; Ouldja *et al.*, 2024: 2). En consecuencia, resulta pertinente evaluar, bajo un enfoque comparativo, el potencial de estrategias puntuales de orientación, control solar y aislamiento en el desempeño térmico anual de este tipo de vivienda.

Datos climáticos de Tijuana

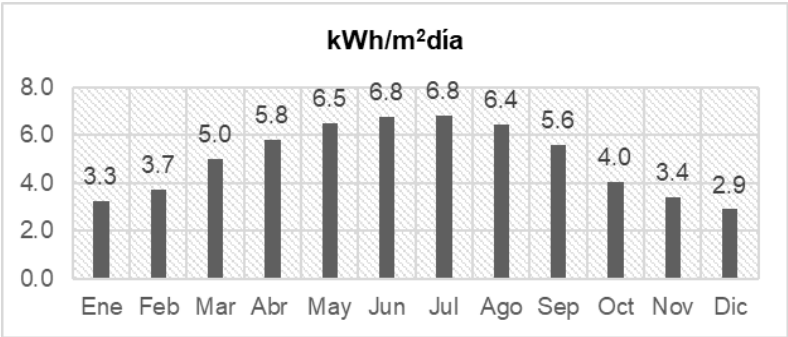
Según el sistema de Köppen (1936: 42), Tijuana se encuentra en la clasificación BSs y presenta un clima semi-seco o estepario con lluvias en invierno. La tabla 1 presenta las normales climatológicas para Tijuana con datos del periodo 1981-2010.

TABLA 1. NORMALES CLIMATOLÓGICAS DE TIJUANA PARA LOS AÑOS 1981-2010

Indicador	Valoración	Descripción
Nivel de afectación	Menor	Fisuras, desprendimiento de aplanados y desplazamiento de tejas
	Medía	Grietas y desplazamiento de morillos
	Mayor	Colapso o peligro de colapso por grietas o desaplomes
Tipo de intervención	Autónoma	Reparaciones gestionadas por los habitantes
	Ninguna	No se realizó intervención
	PNR	Intervención a cargo de asistente técnico en el marco del Programa Nacional de Reconstrucción (SEDATU y CONAVI 2019).
	Sustitución por VC	Se reemplazó construcción tradicional por construcción a base de concreto
Tipo de uso	Habitacional	
	Bodega	Almacenaje de bienes familiares, como ropa, utensilios de cocina y mobiliario.
	Mixto	Se combinan los dos anteriores

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE LA ESTACIÓN PRESA RODRÍGUEZ DEL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (SMN).

La radiación diaria promedio mensual máxima es de 6.8 kWh/m²día en los meses de junio y julio; la mínima es de 2.9 kWh/m² día en diciembre, con un promedio anual de 5.0 kWh/m² día (gráfica 1).



GRÁFICA 1. VALORES DE RADIACIÓN SOLAR POR MES PARA TIJUANA.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN NASA (2020).

METODOLOGÍA

Mediante simulaciones en EnergyPlus se evaluaron las tres estrategias bioclimáticas descritas. El caso de estudio es una vivienda existente del fraccionamiento Real de San Francisco, en Tijuana, Baja California, con 65.00 m² de área construida. La fachada principal (acceso) está orientada al suroeste; el norte se indica en la figura 2. Se trata de una vivienda adosada (intermedia) dentro de un módulo de cinco

unidades espejeadas; al ser la vivienda central, únicamente quedan expuestas la fachada principal (suroeste) y la posterior (noreste/patio de servicio). El programa arquitectónico consta de dos niveles: la planta baja alberga sala, comedor, cocina, medio baño, patio de servicio, una recámara y estacionamiento; mientras que la planta alta integra dos recámaras y un baño completo (figura 1).

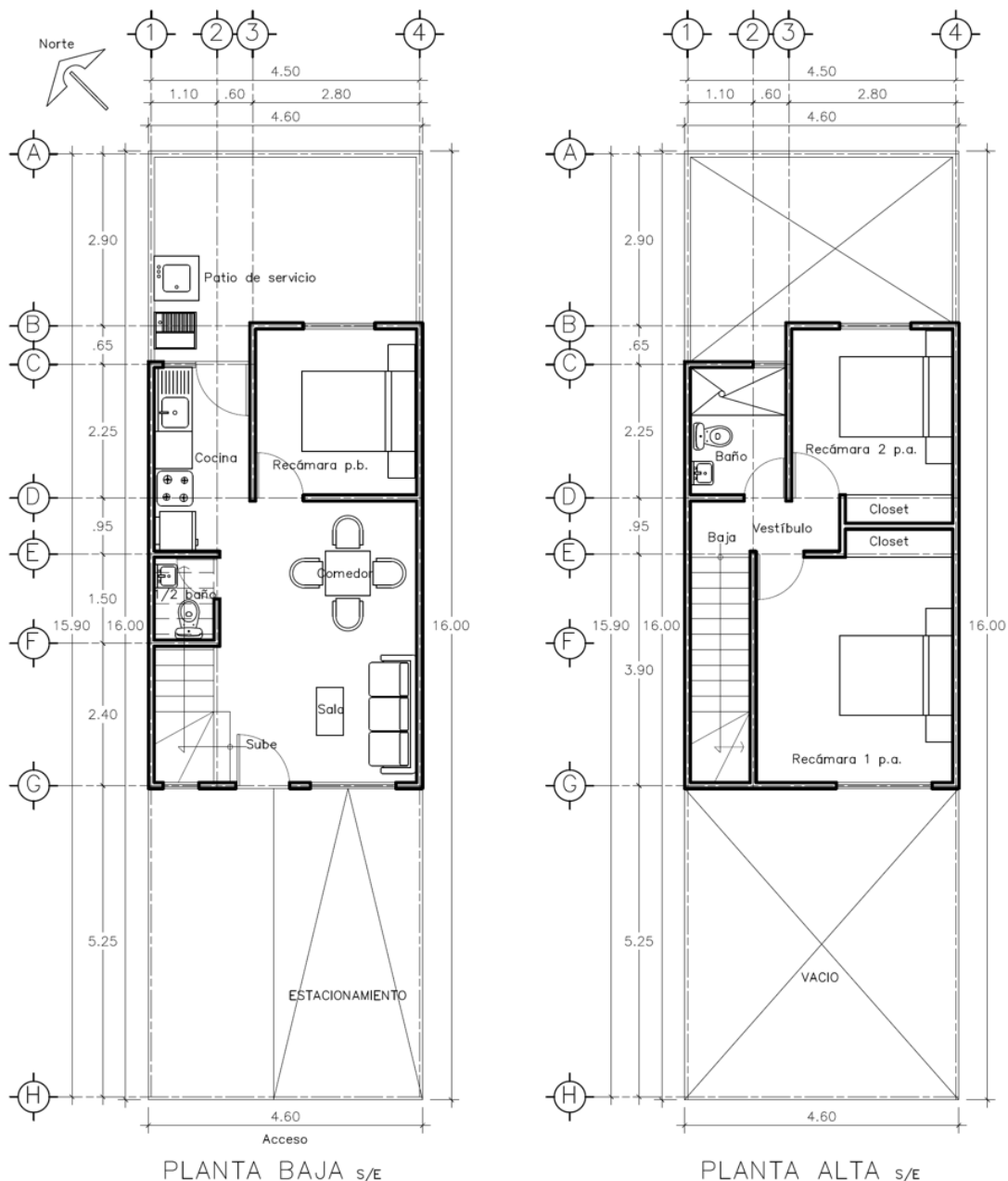


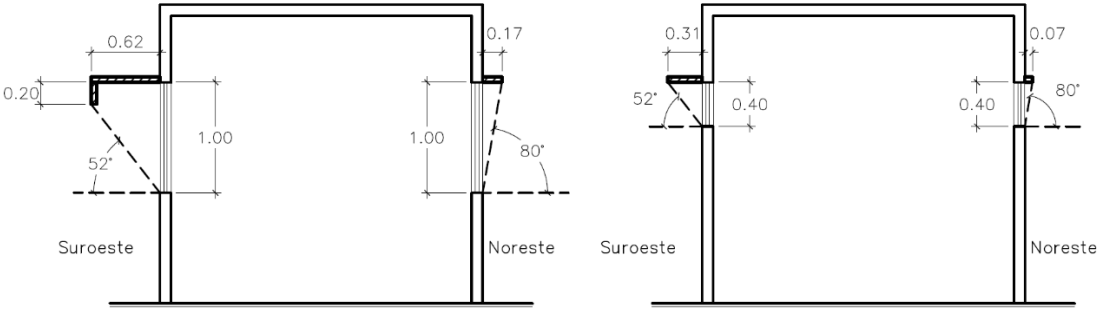
FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA DE LA VIVIENDA DE REFERENCIA.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

La primera estrategia consistió en reorientar la fachada principal del suroeste al sur. La segunda fue incorporar aislamiento térmico con poliestireno expandido (EPS) de 2.5 cm; en los muros de las fachadas principal y posterior se modeló colocado al exterior (sistema tipo EIFS) y, en la cubierta, al interior, por facilidad de implementación y para reducir el riesgo de deterioro. En el modelo no se consideraron los puentes térmicos (p. ej., anclajes, encuentros estructurales o marcos), por lo que el efecto del aislamiento corresponde a una envolvente idealizada.

La tercera estrategia fue la colocación de aleros en ventanas, con una saliente calculada según el modelo de Morillón y Ceballos-Ochoa (2015: 64). La vivienda cuenta con tres ventanas en la fachada principal y cuatro en la posterior; sus alturas son de 1.00 m y 0.40 m, según su ubicación. La figura 2 muestra la extensión de los aleros para las dos orientaciones evaluadas en las simulaciones: fachada principal al suroeste (vivienda de referencia) y al sur.

Orientación de fachada principal al suroeste



Orientación de fachada principal al sur

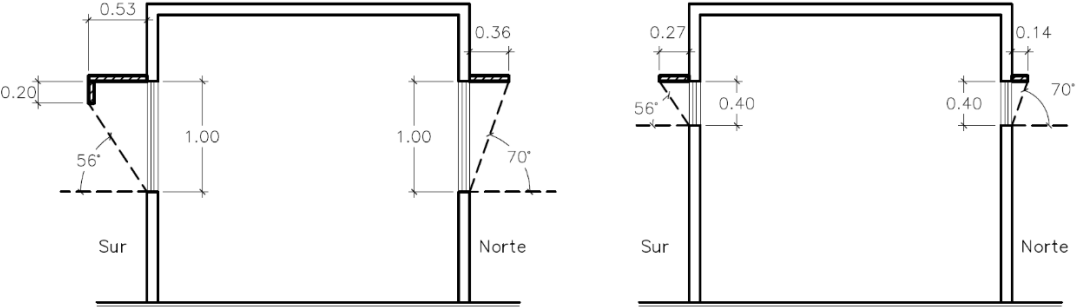


FIGURA 2. EXTENSIÓN DE ALEROS PARA LAS ORIENTACIONES SUROESTE Y SUR.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

La disposición de las capas de los materiales usados en muros y techos de exterior a interior se observan en la tabla 2. El Muro R y Techo R corresponden a la vivienda de referencia, mientras que el Muro A y Techo A pertenecen a la vivienda con aislante térmico.

TABLA 2. DISPOSICIÓN DE LAS CAPAS DE MATERIALES USADOS EN MUROS Y TECHOS DE LA VIVIENDA

Componente	Material	Espesor (mm)	Conductividad térmica (W/m·K)
Muro R	Estuco	0.015	0.69
	Concreto armado	0.1	2.0
	Yeso	0.015	0.16
Techo R	Impermeabilizante	0.0015	0.16
	Mortero cemento arena	0.04	1.35
	Concreto armado	0.1	2.0
Muro A	Mortero cemento arena	0.015	1.35
	Estuco	0.015	0.69
	EPS	0.025	0.04
Techo A	Concreto armado	0.1	2.0
	Yeso	0.015	0.16
	Impermeabilizante	0.0015	0.16
Techo A	Mortero cemento arena	0.04	1.35
	Concreto armado	0.1	2.0
	EPS	0.025	0.04
Techo A	Mortero cemento arena	0.015	1.35
	Concreto armado	0.1	2.0
	EPS	0.025	0.04

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En la tabla 3 se presentan las propiedades térmicas de los materiales para muros y techos, así como la rugosidad (*roughness*) y el espesor de cada uno.

TABLA 3. PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS MATERIALES USADOS

Material	Conductividad térmica (W/m·K)	Densidad (kg/m3)	Calor específico (J/kg·K)	Roughness (m)	Thermal Absorptance	Visible Absorptance	Solar Absorptance	Thickness (m)
Mortero cemento arena	1.35	1800	1000	MediumRough	0.90	0.30	0.30	0.015
Concreto armado	2.00	2400	1000	Rough	0.90	0.85	0.85	0.10
EPS	0.04	15	1400	MediumRough	0.90	0.50	0.50	0.025
Yeso	0.16	784	830	MediumRough	0.90	0.60	0.60	0.025
Estuco	0.69	1858	837	Smooth	0.90	0.30	0.30	0.015
Impermeabilizante	0.16	1121	1460	Rough	0.90	0.50	0.50	0.005

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE ENERHABITAT (VO.9.0) DEL INSTITUTO DE ENERGÍAS RENOVABLES, UNAM (IER, 2021).

Las tres estrategias bioclimáticas fueron evaluadas, primero individualmente, y después en conjunto, en el orden que se observa en la tabla 4. Con el fin de explorar distintas posibilidades de diseño, se optó por incluir tres simulaciones usando EPS únicamente en planta alta (p.a.).

TABLA 4. ESTRATEGIAS UTILIZADAS EN LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA

1	Cambio de orientación al sur
2	EPS en muros norte y sur y techo
3	EPS en muros norte y sur (p.a.) y techo
4	Aleros en ventanas
5	Cambio de orientación al sur y EPS en muros norte y sur y techo
6	Cambio de orientación al sur y EPS en muros norte y sur (p.a.) y techo
7	Cambio de orientación al sur y aleros en ventanas
8	Cambio de orientación al sur, EPS en muros norte y sur y techo y aleros en ventanas
9	Cambio de orientación al sur, EPS en muros norte y sur (p.a.) y techo y aleros en ventanas

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

SIMULACIONES ENERGÉTICAS EN ENERGYPLUS

Se modeló la vivienda en Sketchup Make 2017 y en OpenStudio 2.9.1, se definieron nueve zonas térmicas (tabla 5) y se agregaron grupos de superficies de sombreado.

TABLA 5. ZONAS TÉRMICAS DE LA VIVIENDA

Nomenclatura	Espacio
Sal	Sala
Coc	Cocina
RecPB	Recámara planta baja
Esc	Escaleras
Vest	Vestíbulo
BaPA	Baño planta alta
Rec1PA	Recámara 1 planta alta
Rec2PA	Recámara 2 planta alta
CIPA	Closet planta alta

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Antes de establecer parámetros de funcionamiento de termostatos o equipos eléctricos se fijaron horarios de ocupación de los distintos espacios, después de analizar el comportamiento de la familia que ocupa la vivienda de referencia. La tabla 6 muestra los horarios de ocupación de la vivienda en días hábiles de las nueve zonas térmicas y si se les asignó o no termostatos de calefacción o refrigeración. Las horas del día se dividieron en secciones de 15 minutos.

TABLA 6. HORARIOS DE OCUPACIÓN DE LA VIVIENDA EN DÍAS HÁBILES (LUNES A VIERNES)

Zona térmica	Hora del día																							
	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Sal																								
Coc																								
RecPB																								
Esc																								
Vest																								
BaPA																								
Rec1PA																								
Rec2PA																								
CIPA																								

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Se definieron los horarios de ocupación de los espacios para los fines de semana, ya que el comportamiento es diferente. Con el fin de simplificar el modelo, no se incluyeron días festivos ni vacacionales (tabla 7).

TABLA 7. HORARIOS DE OCUPACIÓN DE LA VIVIENDA EN FINES DE SEMANA

Zona térmica	Hora del día																							
	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Sal																								
Coc																								
RecPB																								
Esc																								
Vest																								
BaPA																								
Rec1PA																								
Rec2PA																								
CIPA																								

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Como se observa en la tabla 8, se establecieron los valores de los termostatos de calentamiento y enfriamiento ajustando el perfil del periodo de ejecución según el *Termopreferendum* ($T_p = 0.31 T_m + 17.6$). Este fue calculado mediante la fórmula de Auliciems y Szokolay (2007: 63).

TABLA 8. TERMOPREFERENDUM (TP) PARA TIJUANA

Mes	Temperatura exterior media (°C)	Amplitud de zona de confort (°C)		
		-2.5	Tp	+2.5
Enero	14.0	19.4	21.9	24.4
Febrero	14.2	19.5	22.0	24.5
Marzo	15.0	19.8	22.3	24.8
Abril	16.7	20.3	22.8	25.3
Mayo	18.6	20.9	23.4	25.9
Junio	20.5	21.5	24.0	26.5
Julio	22.9	22.2	24.7	27.2
Agosto	23.6	22.4	24.9	27.4
Septiembre	22.6	22.1	24.6	27.1
Octubre	19.9	21.3	23.8	26.3
Noviembre	16.5	20.2	22.7	25.2
Diciembre	13.7	19.3	21.8	24.3

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA MEDIANTE LA FÓRMULA DE AULICIEMS Y SZOKOLAY (2007).

Asimismo, para el acondicionamiento térmico se empleó un sistema Ideal Loads Air System (carga ideal), es decir, un sistema de calefacción y enfriamiento “ideal” con capacidad ilimitada que permite mantener la temperatura del espacio cuando esta se sale del rango de confort, asumiendo una eficiencia del 100%. Este sistema se asignó a las cuatro zonas térmicas principales (Rec1PA, Rec2PB, RecPB y Sal), correspondientes a las dos recámaras de planta alta, la recámara de planta baja y la estancia (sala), respectivamente.

Se definieron los materiales y sus propiedades térmicas; posteriormente se conformaron los ensambles y se asignaron a cada zona térmica junto con sus horarios. También se incorporaron cargas internas por ocupación, iluminación y equipo eléctrico. Con el fin de

comparar el potencial relativo de las estrategias bajo condiciones controladas, el piso y los muros de colindancia se modelaron como adiabáticos y no se incluyeron ventilación natural ni infiltración. El efecto de esta simplificación se discute como limitación del estudio y se incluyen recomendaciones para incorporar estos fenómenos en análisis futuros.

RESULTADOS

La tabla 9 contiene el consumo de energía anual para calentamiento y enfriamiento en kWh/año de cada una de las combinaciones de estrategias analizadas, así como la reducción del consumo energético con relación a la vivienda de referencia.

TABLA 9. CONSUMO DE ENERGÍA ANUAL PARA CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO Y REDUCCIÓN CON RELACIÓN A LA VIVIENDA DE REFERENCIA

No.	Estrategias utilizadas	Consumo (kWh/año)	Reducción
0	Vivienda de referencia	4,904	0%
1	Cambio de orientación al sur	4,454	9%
2	EPS en muros norte y sur y techo	4,317	12%
3	EPS en muros norte y sur (p.a.) y techo	4,395	10%
4	Aleros en ventanas	4,762	3%
5	Cambio de orientación al sur y EPS en muros norte y sur y techo	3,842	22%
6	Cambio de orientación al sur y EPS en muros norte y sur (solo p.a.) y techo	3,971	19%
7	Cambio de orientación al sur y aleros en ventanas	4,372	11%
8	Cambio de orientación al sur, EPS en muros norte y sur y techo y aleros en ventanas	3,643	26%
9	Cambio de orientación al sur, EPS en muros norte y sur (p.a.) y techo y aleros en ventanas	3,675	25%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La combinación de estrategias produce efectos sinérgicos: al reducirse las cargas por conducción mediante EPS, el control solar y la orientación contribuyen a disminuir aún más la demanda sensible. En términos de aplicación, la orientación es una medida de ‘costo cero’, pero depende de la traza urbana. El EPS es especialmente pertinente para rehabilitación por su efecto directo sobre la envolvente; mientras que los aleros pueden optimizarse ajustando su geometría y priorizando orientaciones con mayor asoleamiento.

Los resultados muestran que el aislamiento térmico (EPS) es la estrategia con mayor impacto individual, al reducir pérdidas y ganancias por conducción en muros y cubierta. El cambio de orientación aporta reducciones relevantes al disminuir la exposición de la fachada principal a radiación de baja altura (tarde) y facilitar el control solar estacional. En contraste, los aleros limitados al tamaño del vano generan beneficios menores, lo cual es consistente con su efectividad principal en orientaciones sur y con salientes suficientes para sombrear en verano.

CONCLUSIONES

El estudio confirma el potencial de estrategias pasivas para reducir la demanda de calefacción y enfriamiento en vivienda de interés social en Tijuana. En el caso analizado, la combinación de orientación sur, aleros en ventanas y aislamiento térmico con EPS en muros y cubierta disminuyó la demanda anual en 1,261 kWh/año (26%) respecto al escenario base.

Desde una perspectiva de implementación, el aislamiento térmico es la medida con mayor efecto directo sobre la envolvente y es aplicable tanto en obra nueva como en rehabilitación. Por su parte, la orientación requiere decisiones urbanas tempranas; mientras que los aleros deben dimensionarse y priorizarse según la orientación y el asoleamiento. La reducción energética estimada conlleva una disminución proporcional de emisiones asociadas a la electricidad; por lo tanto, estas medidas contribuyen a las metas de mitigación climática al aplicarse a gran escala.

Las principales limitaciones se relacionan con la simplificación del modelo (sistema ideal, ausencia de ventilación e infiltración, y cargas internas representativas), así como con el tipo de caso de estudio (vivienda intermedia) y el hecho de no modelar puentes térmicos. Para trabajos futuros, se recomienda validar el modelo con mediciones en campo, incorporar configuraciones más críticas (viviendas en esquina u orientaciones este-oeste) y complementar el estudio con evaluaciones económicas y de aceptación social, con el fin de que los resultados apoyen mejor la toma de decisiones en políticas y proyectos de vis.

FUENTES DE CONSULTA

Auliciems, A., & Szokolay, S. V. (2007). Thermal Comfort (PLEA Notes, Note 3; 2nd revised edition), Passive and Low Energy Architecture International (PLEA) / Department of Architecture, The University of Queensland, Brisbane. Disponible en <https://www.plea-arch.org/wp-content/uploads/PLEA-NOTE-3-THERMAL-COMFORT.pdf>, consultado el 19 febrero de 2026.

Camacho-Ixta, A. I., Delgado-Rendón, R., Bojórquez-Morales, G., & Villanueva-Vega, E. (2017). Efectos en el ambiente térmico por aplicación de recubrimientos en vivienda de interés social. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 3(9), 39-45. Disponible en https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol3num9/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V3_N9_5.pdf, consultado el 19 de febrero de 2026.

Hernández, G., Cetina-Quinones, A. J., Bassam, A., & Carrillo, J. G. (2024). Passive strategies towards energy efficient social housing: A parametric case study and decision-making framework in the Mexican tropical climate. *Journal of Building Engineering*, (82), 108282. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.108282>.

Instituto de Energías Renovables (IER). Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (2021). EnerHabitat (versión 0.9.0) [herramienta web], México, UNAM. Disponible en <https://www.enerhabitat.unam.mx/>, consultado el 15 de julio de 2021.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157926>.

Ivanova, D., Barrett, J., Wiedenhofer, D., Macura, B., Callaghan, M., & Creutzig, F. (2020). Quantifying the potential for climate change mitigation of consumption options. *Environmental Research Letters*, 15(9), 093001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab8589>.

Jiménez Torres, M., Bienvenido-Huertas, D., May Tzuc, O., Bassam, A., Ricalde Castellanos, L. J., & Flota-Bañuelos, M. (2023). Assessment of climate change's impact on energy demand in Mexican buildings: Projection in single-family houses based on Representative Concentration Pathways. *Energy for Sustainable Development*, (72), 185-201. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2022.12.012>.

Kohansal, M. E., Akaf, H. R., Gholami, J., & Moshari, S. (2021). Investigating the simultaneous effects of building orientation and thermal insulation on heating and cooling loads in different climate zones. *Architectural Engineering and Design Management*, 18(4), 410-433. <https://doi.org/10.1080/17452007.2021.1901220>.

Köppen, W. (1936). *Das geographische System der Klimate, en Handbuch der Klimatologie*. Berlin: De Gruyter.

Li, Z., Tian, M., Zhu, X., Xie, S., & He, X. (2022). A Review of Integrated Design Process for Building Climate Responsiveness. *Energies*, 15(19), 7133. <https://doi.org/10.3390/en15197133>.

Morillón Gálvez, D., & Ceballos-Ochoa, F. J. (2015). *Metodología para la sustentabilidad energética en los edificios. Vivienda Net Zero Energy*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en <http://datosabiertos.unam.mx/IINGEN:RUSI:SID690>, consultado el 19 febrero de 2026.

National Aeronautics and Space Administration (NASA). Langley Research Center (2020), Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER) Project: Data Access Viewer (DAV) [visor de datos de radiación solar y meteorología]. Disponible en <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>, consultado el 19 de febrero de 2020.

Oropeza-Perez, I., & Petzold-Rodriguez, A. H. (2018). Analysis of the Energy Use in the Mexican Residential Sector by Using Two Approaches Regarding the Behavior of the Occupants. *Applied Sciences*, 8(11), 2136. <https://doi.org/10.3390/app8112136>.

Ossen, D. R., Ahmad, M. H., & Madros, N. H. (2005). Optimum Overhang Geometry for Building Energy Saving in Tropical Climates. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 4(2), 563-570. <https://doi.org/10.3130/jaabe.4.563>.

Ouldja, S. A., Demian, P., & Eftekhari, M. (2024). The Impact of Architects' Reasoning on Early Design Decision-Making for Energy-Efficient Buildings. *Sustainability*, 16(18), 8220. <https://doi.org/10.3390/su16188220>.

Rodríguez-Miranda, S., Martínez-Álvarez, O., & González-Nava, C. (2021). Evaluación por simulación dinámica del comportamiento térmico en una casa interés social con la incorporación de estrategias de arquitectura bioclimática en Guanajuato, México. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 22(1), 1-13. <https://doi.org/10.22201/ii.25940732e.2021.22.1.004>.

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) (2025). *Sistema Nacional de Información e Indicadores de Vivienda (SNIIV): Inventario de vivienda (corte noviembre 2025, municipio de Tijuana, Baja California)*. México: SEDATU. Disponible en <https://sniiv.sedatu.gob.mx/api/CuboAPI/GetInventario/2025,11/02/004/segmento>, consultado el 15 de febrero de 2026.

Tian, W. (2013). A review of sensitivity analysis methods in building energy analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (20), 411-419. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.014>