



Diagnóstico energético computacional en edificios públicos: uso de software libre para evaluar confort y consumo

Computational energy diagnosis in public buildings: use of free software to assess comfort and consumption

Ignacio M. Luna Medina¹, Germán Escalante Notario^{1,*}, Mauricio I. Huchin Miss¹

¹ Universidad Autónoma de Campeche, Posgrado de la Facultad de Ingeniería, Campus V.

* Autor de correspondencia: gescalan@uacam.mx

Fecha de Recepción: 03 de agosto del 2025.

Fecha de Revisión: 04 de septiembre del 2025.

Fecha de Publicación: 19 de diciembre del 2025.

ISSN: 3061-838X.

DOI: 10.82580/revateh.v1i1.15

Citación: Ignacio M. Luna Medina, Germán Escalante Notario, Mauricio I. Huchin Miss. Diagnóstico energético computacional en edificios públicos: uso de software libre para evaluar confort y consumo. Revista en Ciencia y Tecnología del Valle de Tehuacán, 2025, 1, 72-82.

Copyright: © 2025 por los autores. Enviado para posible publicación en acceso abierto bajo los términos y condiciones de la Ley de Creatividad.

Resumen

Los edificios públicos presentan altos consumos energéticos y retos de confort térmico en climas cálido-húmedos, lo que exige estrategias accesibles de diagnóstico y eficiencia. Este artículo tiene como objetivo evaluar computacionalmente el desempeño energético de un edificio público mediante herramientas digitales de libre acceso. Se emplearon Climate Consultant, para analizar el clima local e identificar estrategias pasivas de confort térmico, y la herramienta de la CONUEE, que califica el desempeño energético comparado a nivel nacional. La metodología integró ambas plataformas con un diagnóstico físico previo, permitiendo proyectar medidas de ahorro realistas hacia 2023 y evitando sesgos de los años de pandemia. Los resultados evidencian que los sistemas de climatización constituyen el principal uso significativo de energía (USEn). En consecuencia, se propusieron acciones de bajo costo (ajustes operativos y apagado programado de equipos) y medidas de inversión moderada a alta (rediseño de la envolvente y modernización de sistemas HVAC). El análisis identificó un potencial de ahorro global de 22.9% y una eficiencia moderada (<60%), generando una hoja de ruta energética escalonada para implementar un Sistema de Gestión de la Energía (SGEn). Asimismo, se subrayó la relevancia de las buenas prácticas del personal operativo como componente clave en la mejora continua. Este enfoque demuestra que es posible avanzar hacia edificios públicos más eficientes con metodologías reproducibles y sin depender exclusivamente de infraestructura costosa o sofisticada.

Palabras clave: Simulación climática, eficiencia energética, confort térmico.



Abstract

Public buildings exhibit high energy consumption and face thermal comfort challenges in hot-humid climates, which calls for accessible strategies for diagnosis and efficiency. This article aims to computationally evaluate the energy performance of a public building using open-access digital tools. Climate Consultant was applied to analyse local climate data and identify passive thermal comfort strategies, while the CONUEE tool was used to benchmark energy performance at the national level. The methodology integrated both platforms with a prior physical diagnosis, allowing for realistic projections of energy-saving measures for 2023 and avoiding biases from pandemic years. Results indicate that air-conditioning and HVAC systems constitute the main significant energy use (SEU). Consequently, low-cost actions (operational adjustments and scheduled shutdowns) and moderate-to-high investment measures (building envelope redesign and HVAC modernization) were proposed. The analysis identified an overall saving potential of 22.9% and a moderate efficiency rating (<60%), leading to a stepwise energy roadmap for the implementation of an Energy Management System (EMS). Additionally, the relevance of good operational practices was emphasized as a key component of continuous improvement. This approach demonstrates that it is possible to advance toward more efficient public buildings with reproducible methodologies, without relying exclusively on costly or sophisticated infrastructure.

Keywords: Climate simulation, energy efficiency, thermal comfort.

1. Introducción

En la actualidad, los edificios públicos representan una parte significativa del consumo energético mundial. Se estima que el sector de la edificación es responsable de aproximadamente el 40% del uso final de la energía a nivel global y cerca del 36% de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) relacionadas con la energía (European Union, 2010). Esta situación ha impulsado la búsqueda de estrategias para mejorar el desempeño energético de los edificios existentes, especialmente en el sector gubernamental, donde la reducción del gasto público y el compromiso con políticas ambientales sostenibles son prioritarios.

Uno de los enfoques más relevantes y accesibles para avanzar hacia la eficiencia energética es el diagnóstico energético computacional, es la evaluación del consumo de energía y el confort térmico mediante herramientas informáticas. Esta metodología permite, sin la necesidad de inversiones elevadas en equipos, analizar el comportamiento energético de un edificio y proponer estrategias de ahorro con base en datos climáticos, parámetros arquitectónicos y hábitos de uso. Así, el presente trabajo se enfoca en la aplicación de software libre para diagnosticar y mejorar el desempeño

energético de edificios públicos, utilizando como caso ejemplar el análisis computacional aplicado al Palacio de Gobierno del Estado de Campeche.

El propósito del estudio es demostrar cómo herramientas digitales, como Climate Consultant y la plataforma de evaluación energética de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), permiten obtener indicadores clave —como el consumo por persona y por metro cuadrado—, así como sugerencias de medidas pasivas y activas que incrementen el confort y reduzcan el consumo eléctrico. Este enfoque no sólo complementa los métodos tradicionales basados en mediciones físicas, sino que también aporta una visión prospectiva y adaptable a otras edificaciones del sector público.

La relevancia de este trabajo radica en su capacidad para acercar a gobiernos estatales y municipales a los principios del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), enmarcado en la norma internacional ISO 50001:2018 (International Organization for Standardization, 2018). Esta normativa establece los requisitos que deben cumplir las organizaciones para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema que permita una gestión sistemática del uso de energía, con el fin de aumentar la



eficiencia energética, reducir costos operativos y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía [CONUEE], 2018b).

Entre las teorías y enfoques conceptuales que fundamentan este estudio destacan: la gestión energética basada en el ciclo de mejora continua PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar) (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía [CONUEE], 2018b); el uso de cartas psicométricas para analizar el confort térmico en función del clima local (Climate Consultant, 2021); y la aplicación de indicadores de desempeño energético (IDEn), que permiten cuantificar de forma objetiva el progreso hacia metas de ahorro y eficiencia (Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica [FIDE], 1993). Además, el trabajo se vincula con teorías contemporáneas sobre arquitectura bioclimática, análisis del ciclo de vida energético (Cabeza et al., 2014) y estrategias de adaptación al cambio climático en entornos urbanos (Santamouris, 2013).

Existen antecedentes importantes sobre diagnósticos energéticos aplicados a edificios institucionales. Por ejemplo, (Turner & Frankel, 2008) analizaron el desempeño energético de edificios LEED en Estados Unidos, encontrando que la implementación de estrategias de eficiencia permite alcanzar ahorros promedio del 25%. En Europa, (Kolokotsa et al., 2011) plantearon una hoja de ruta para edificios de energía casi nula, mientras que en América Latina han proliferado iniciativas de eficiencia energética lideradas por instituciones como el FIDE (Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica [FIDE], 1993) y la CONUEE (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía [CONUEE], 2018b).

En el caso específico del Palacio de Gobierno del Estado de Campeche, el diagnóstico computacional complementa un estudio previo basado en inspección física y levantamientos eléctricos (Escalante Notario et al., 2023). Este trabajo pretende motivar la replicación de estudios similares en otros edificios del sector público, promoviendo

una cultura de gestión energética informada, accesible y sustentable. La integración de herramientas informáticas de libre acceso representa una oportunidad estratégica para instituciones con recursos limitados que buscan cumplir sus objetivos ambientales sin comprometer el confort de sus ocupantes.

2. Metodología

Este estudio se enmarca en un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo-aplicado, con el objetivo de evaluar el desempeño energético y las condiciones de confort térmico en edificios públicos utilizando herramientas informáticas de libre acceso. Se utilizaron dos estrategias metodológicas principales: análisis climático con Climate Consultant (Climate Consultant, 2021) y evaluación comparativa con la herramienta de desempeño energético de edificios de la CONUEE.

En primer lugar, se definió el clima local mediante archivos meteorológicos en formato EPW (EnergyPlus Weather File), descargados desde la base de datos del U.S. Department of Energy (U.S. Department of Energy, 2020). Estos archivos se importaron al software Climate Consultant, el cual traduce los datos climáticos en representaciones gráficas, incluida la carta psicrométrica de Givoni (Givoni, 1992). Esta herramienta permitió identificar las horas de confort térmico anual y seleccionar estrategias pasivas óptimas, como ventilación natural, sombreados y deshumidificación. Simultáneamente, se aplicó la herramienta de evaluación energética de la CONUEE (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía [CONUEE], 2018b), que compara el edificio con otros inmuebles públicos similares a nivel nacional. Se ingresaron variables como superficie construida, número de ocupantes y cantidad de equipos. El sistema devuelve una calificación del 1 al 100 y sugiere medidas de eficiencia energética clasificadas por costo e impacto.

Ambas herramientas fueron utilizadas bajo criterios éticos y metodológicos claramente definidos. En el caso de Climate Consultant,



los parámetros seleccionados provinieron de archivos climáticos estandarizados en formato EPW, emitidos por el (U.S. Department of Energy, 2020), lo que garantizó la representatividad de las condiciones locales de San Francisco de Campeche. El software fue elegido por su capacidad para traducir datos meteorológicos en indicadores psicrométricos y proponer estrategias pasivas de confort adaptadas al clima cálido-húmedo. Por su parte, la herramienta de la CONUEE fue seleccionada debido a su carácter oficial y validado a nivel nacional, que permite comparar el desempeño energético del inmueble con una base de datos de edificios públicos similares, bajo criterios de superficie construida, número de ocupantes y usos significativos de energía. Esta selección metodológica asegura, por un lado, la objetividad y replicabilidad de los resultados y, por otro, la pertinencia de las recomendaciones emitidas, ya que ambas plataformas responden a criterios normativos y técnicos de aceptación institucional.

3. Resultados y discusión

El análisis computacional realizado permitió complementar un estudio físico previo aplicado al edificio público del Palacio de Gobierno del Estado de Campeche durante los años 2018 y 2019, cuyos resultados formaron parte de un diagnóstico energético convencional (Escalante Notario et al., 2023). Debido a que los años 2020 a 2022 presentaron condiciones operativas atípicas derivadas de la pandemia por COVID-19, se optó por proyectar el comportamiento energético hacia el año 2023. Esta proyección estableció metas de reducción del consumo energético del 6% con respecto a los valores históricos, tomando como referencia indicadores clave como el consumo mensual por persona y por metro cuadrado de superficie. Para estimar los porcentajes de ahorro energético, se utilizó la metodología comparativa integrada en la herramienta de la CONUEE, que calcula indicadores como el Índice de Consumo Energético Específico ($\text{kWh}/\text{m}^2\text{-año}$) y las emisiones equivalentes

de CO_2 a partir de los datos de superficie, número de ocupantes y equipos instalados. Los porcentajes de potencial de ahorro corresponden a la diferencia entre el consumo base reportado y las proyecciones de consumo con medidas de eficiencia energética propuestas en cada rubro (iluminación, aire acondicionado, equipos misceláneos). El margen de error se estimó en $\pm 5\%$, considerando la variabilidad en los perfiles de ocupación y el redondeo de datos climáticos horarios integrados en Climate Consultant. Esta aproximación coincide con estudios previos de eficiencia energética en edificios institucionales en climas cálido-húmedos. A partir del análisis de los resultados, se identificó que los sistemas de aire acondicionado y climatización representan el principal uso significativo de energía (USEn) y son los mayores contribuyentes al alto consumo energético del edificio. En respuesta a esta problemática, se emplearon dos herramientas informáticas —Climate Consultant y la plataforma de evaluación energética de la CONUEE— para proponer estrategias de mejora de bajo o nulo costo, orientadas a optimizar el desempeño energético dentro del marco del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn). Para reforzar el análisis del desempeño térmico, se utilizó el software Climate Consultant, cuya función principal es facilitar el dimensionamiento de estrategias pasivas y de climatización a partir de las condiciones locales (ver Figura 1). Como punto de partida, se ingresaron los valores climáticos característicos de la región —obtenidos directamente desde la base de datos meteorológica integrada al programa— mediante su interfaz gráfica. En particular, se consideró el rango de temperatura de confort comprendido entre 25.1°C y 30.1°C , junto con una humedad relativa del 90%, correspondiente a las condiciones típicas de la ciudad de San Francisco de Campeche. Con estos parámetros, el software generó representaciones gráficas que permiten comprender el comportamiento térmico ambiental y su relación con las condiciones de confort interior. La Figura 2 presenta los

rangos de temperatura promedio mensual, evidenciando una clara variabilidad estacional que influye directamente en las demandas de acondicionamiento térmico del edificio. Esta variación es especialmente relevante en regiones de clima cálido-húmedo como la evaluada, donde la temperatura ambiente, junto con la

humedad relativa, constituye un parámetro clave en el análisis psicrométrico. Dichas condiciones no solo afectan la percepción térmica de los ocupantes, sino que también inciden en el rendimiento y la eficiencia operativa de los sistemas de climatización.

1. COMFORT: (using California Energy Code Model)	7. NATURAL VENTILATION COOLING ZONE:
25.1 Comfort Low - Min. Comfort Dry Bulb Temp (°C)	2.0 Terrain Category to modify Wind Speed (2=suburban)
30.1 Comfort High - Max. Comfort Dry Bulb Temp, up to 50% RH (°C)	0.2 Min. Indoor Velocity to Effect Indoor Comfort (m/s)
79.9 Max. Relative Humidity (measured at Min. Comfort Temp) (%)	1.5 Max. Comfortable Velocity (per ASHRAE Std. 55) (m/s)
22.5 Max. Wet Bulb Temperature (°C)	3.6 Max. Perceived Temperature Reduction (°C)
12.0 Min. Dew Point Temperature (°C)	90.0 Max. Relative Humidity (%)
	22.8 Max. Wet Bulb Temperature (°C)
2. SUN SHADING ZONE: (Defaults to Comfort Low)	8. FAN-FORCED VENTILATION COOLING ZONE:
25.1 Min. Dry Bulb Temperature when Need for Shading Begins (°C)	5.0 Max. Mechanical Ventilation Velocity (m/s)
361.0 Min. Global Horiz. Radiation when Need for Shading Begins (Wh/sq.m)	6.9 Max. Perceived Temperature Reduction (°C)
3. HIGH THERMAL MASS ZONE:	(Min Vel, Max RH, Max WB match Natural Ventilation)
9.9 Max. Outdoor Temperature Difference above Comfort High (°C)	9. INTERNAL HEAT GAIN ZONE (lights, people, equipment):
4.1 Min. Nighttime Temperature Difference below Comfort High (°C)	12.8 Balance Point Temperature below which Heating is Needed (°C)
4. HIGH THERMAL MASS WITH NIGHT FLUSHING ZONE:	10. PASSIVE SOLAR DIRECT GAIN LOW MASS ZONE:
16.7 Max. Outdoor Temperature Difference above Comfort High (°C)	157.7 Min. South Window Radiation for 5.56°C Temperature Rise (Wh/sq.m)
4.7 Min. Nighttime Temperature Difference below Comfort High (°C)	3.0 Thermal Time Lag for Low Mass Buildings (hours)
5. DIRECT EVAPORATIVE COOLING ZONE: (Defined by Comfort Zone)	11. PASSIVE SOLAR DIRECT GAIN HIGH MASS ZONE:
22.5 Max. Wet Bulb set by Max. Comfort Zone Wet Bulb (°C)	157.7 Min. South Window Radiation for 5.56°C Temperature Rise (Wh/sq.m)
16.9 Min. Wet Bulb set by Min. Comfort Zone Wet Bulb (°C)	12.0 Thermal Time Lag for High Mass Buildings (hours)
6. TWO-STAGE EVAPORATIVE COOLING ZONE:	12. WIND PROTECTION OF OUTDOOR SPACES:
50.0 % Efficiency of Indirect Stage	8.5 Velocity above which Wind Protection is Desirable (m/s)
	11.1 Dry Bulb Temperature Above or Below Comfort Zone (°C)
	13. HUMIDIFICATION ZONE: (defined by and below Comfort Zone)
	14. DEHUMIDIFICATION ZONE: (defined by and above Comfort Zone)

Figura 1. Criterios de evaluación para Climate Consultant.

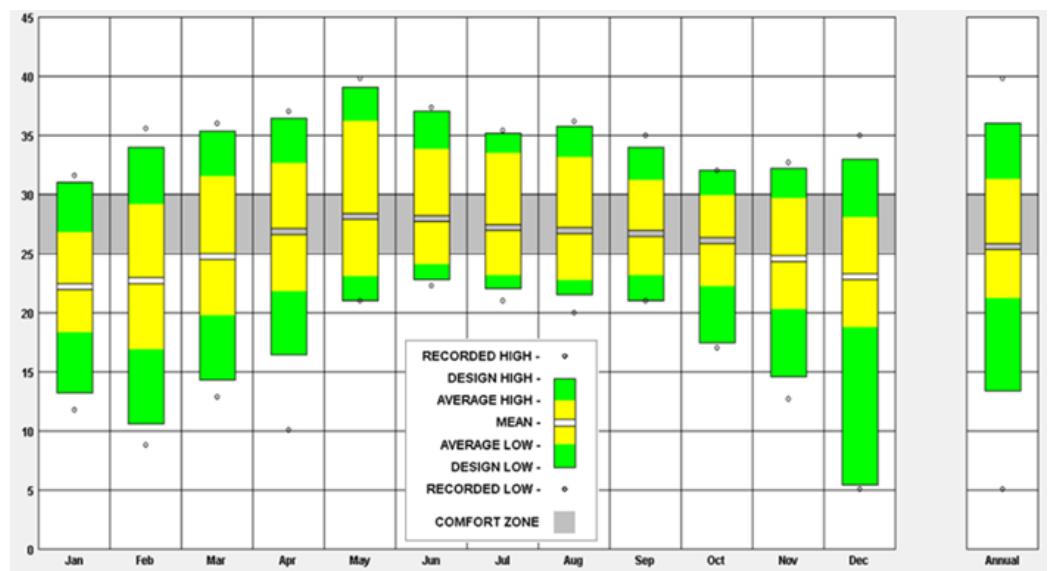


Figura 2. Rango de temperatura promedio mensual en la ciudad de San Francisco de Campeche, obtenido con Climate Consultant.

La Figura 3 muestra los promedios diurnos mensuales, resaltando la franja de confort mediante una zona sombreada en color gris. Esta representación permite identificar en

qué meses y horarios el ambiente natural podría mantenerse dentro de condiciones confortables sin necesidad de climatización activa.

Una de las funcionalidades más relevantes de este software es la generación de la carta psicométrica de Givoni, herramienta que integra datos climáticos con estrategias pasivas sugeridas, tales como ventilación natural, deshumidificación o aislamiento térmico. Esta carta constituye una guía valiosa para tomar decisiones informadas en el diseño bioclimático y en la operación eficiente del edificio, ya que facilita la

selección de medidas adaptadas a las condiciones locales y promueve una climatización más sostenible. Además, el hecho de contar con visualizaciones comprensibles hace que esta herramienta sea útil no solo para especialistas, sino también para gestores energéticos o responsables técnicos de edificios públicos.

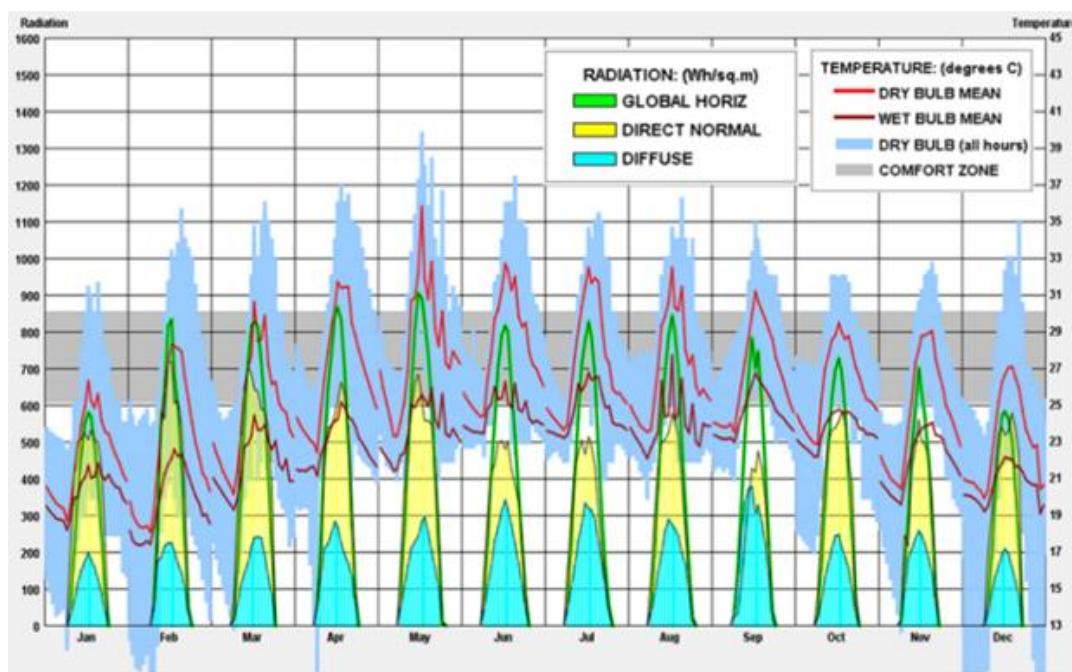


Figura 3. Comportamiento diurno promedio mensual de temperatura y su correspondencia con la zona de confort en clima cálido-húmedo.

La **Figura 4** muestra el comportamiento de la carta psicométrica de Givoni con valores correspondientes a un año completo (todos los días del año, las 24 horas diarias), obteniendo una lista de medidas y estrategias de diseño eficiente, las cuales estiman un 99.6% de confort al evaluar 8,727 horas de las 8,760 horas totales anuales.

Con base en la carta psicométrica de Givoni, se identificó que el 99.6% del tiempo anual puede mantenerse dentro de una zona de confort aplicando estrategias de diseño pasivo como sombreado en ventanas (25.1%), enfriamiento por ventilación natural (9.5%), enfriamiento por ventilación forzada (9.7%), ganancia de calor interna (49.2%) y deshumidificación (32.4%), lo cual está en consonancia con estudios previos sobre eficiencia pasiva en climas cálido-

húmedos (Givoni, 1992), (Santamouris, 2013). Durante el análisis específico del periodo de mayor demanda térmica, comprendido entre los meses de marzo a septiembre y el horario de 08:00 a 16:00 horas (ver **Figura 5**), se observó que las condiciones de confort térmico se mantuvieron en un 87.5% del tiempo evaluado. Este resultado refleja un alto potencial para optimizar el desempeño energético mediante estrategias pasivas bien aplicadas. Entre las medidas más efectivas destacan el sombreado de ventanas y fachadas, la ventilación natural o forzada, y el control de la humedad relativa, las cuales fueron identificadas como prioritarias por el software Climate Consultant a partir del análisis psicométrico. Estas estrategias no solo tienen un impacto directo en la

percepción térmica de los ocupantes, sino que también permiten reducir significativamente la carga térmica interna del edificio, disminuyendo así la dependencia de sistemas mecánicos de climatización. Los hallazgos confirman la importancia de diseñar espacios adaptados al clima local, especialmente en zonas cálido-húmedas, donde el sobreuso de sistemas de aire acondicionado se traduce en altos consumos energéticos y mayor generación de gases de efecto invernadero. Adaptar la arquitectura pasiva a las condiciones climáticas no solo mejora el confort, sino que representa una estrategia clave en la transición hacia edificios públicos más sostenibles (Climate Consultant, 2021). Complementando el análisis climático, se utilizó la herramienta informática de calificación del desempeño energético de edificios desarrollada por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE). Esta plataforma permite comparar el desempeño energético de un inmueble con una base de datos nacional de edificios públicos de características similares, y proporciona un listado de medidas de eficiencia energética clasificadas por su nivel de inversión: nulo, bajo o alto. Estas recomendaciones se centran en los

usos significativos de energía (USEn), como iluminación, climatización, equipos de cómputo y sistemas auxiliares. Una vez introducidos los datos básicos del edificio —incluyendo superficie construida, número de usuarios, cantidad de equipos electrónicos, tipo de uso y ubicación climática—, la herramienta arrojó una puntuación inferior al 60%, lo cual indica una eficiencia moderada y la existencia de amplias oportunidades de mejora. El Índice de Consumo Energético Específico (ICEE) fue de 134.73 kWh/m²-año, y se estimó una emisión anual de gases de efecto invernadero (GEI) de 496.14 tCO₂, valores similares a los reportados en inmuebles de oficinas públicas en regiones cálidas de México (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía [CONUEE], 2018a). El potencial de ahorro energético estimado mediante esta herramienta fue de 22.9%, especialmente en los rubros de iluminación (16.3%) y aire acondicionado (2.9%). Esto es consistente con investigaciones similares que muestran que, en edificios institucionales, el reemplazo de luminarias obsoletas y la optimización de los sistemas HVAC representan las intervenciones más costo-eficientes (Cabeza et al., 2014).

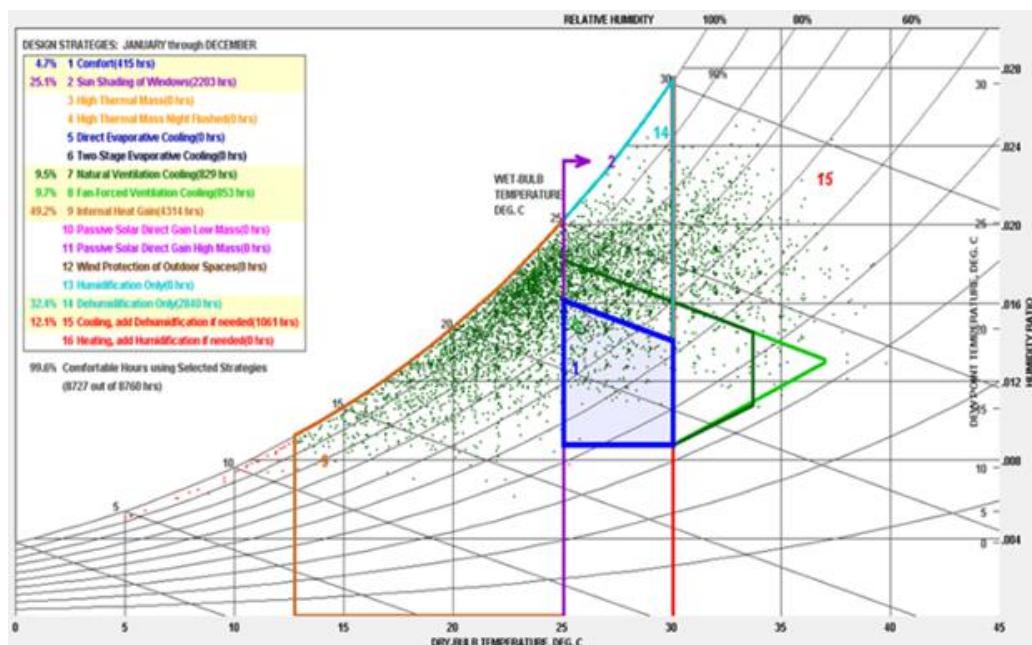


Figura 4. Carta psicométrica anual (todas las horas) con estrategias pasivas sugeridas para el confort térmico en clima cálido-húmedo.

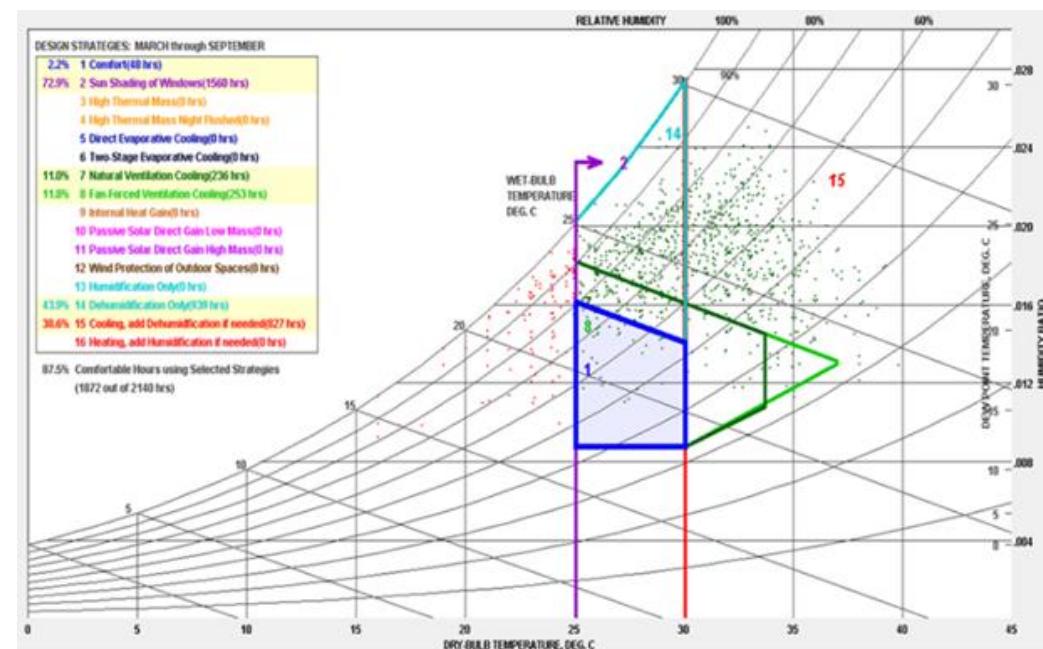


Figura 5. Carta psicométrica durante la temporada cálida y horas laborales (08:00–16:00 h), con recomendaciones pasivas para mantener el confort en interiores.

Finalmente, la integración de los resultados obtenidos mediante Climate Consultant y la herramienta de evaluación energética de la CONUEE permitió realizar una comparación sistemática entre las estrategias de confort térmico pasivo y las medidas de eficiencia energética aplicables al inmueble. A partir de esta sinergia metodológica, se generó un conjunto de

recomendaciones (ver la **Tabla 1**), las cuales fueron organizadas como parte de una hoja de ruta energética, la cual puede servir como base para la implementación de un Sistema de Gestión de la Energía (SGen) contextualizado a las condiciones climáticas y operativas del edificio, y replicable en otros inmuebles públicos del país.

Tabla 1. estrategias comparativas de eficiencia energética y confort térmico obtenidas con Climate Consultant y la herramienta de evaluación energética de la CONUEE.

Rubro	Categoría final	Climate consultant non-residential guidelines	Calificación del desempeño energético de edificios para uso de oficinas y bancos	Potencial de ahorro estimado por uso significativo (%)
Calificación del desempeño energético			57 puntos de 100	
Meta de ahorro de consumo energético global			22.9%	
Buenas prácticas	Iluminación	Aproveche la luz natural del día siempre que sea posible.	Implementación de programa operativo ahorro de energía en iluminación	3



	Equipo en general	Buscar oportunidades para apagar equipos durante tiempos de baja o nula ocupación o uso reducido del edificio	Administración del movimiento de elevadores para reducir su uso en horarios no estratégicos.	3.6
Medidas de inversión de bajo costo	Iluminación	Actualizar su equipo a modelos más eficientes	Sustitución de equipos fluorescentes T-12 y balastro electromagnético, por T-5 y balastro electrónico.	15.3
	Equipos misceláneos	Actualizar su equipo a modelos más eficientes		
	Infraestructura	Las renovaciones en la envolvente del edificio y las configuraciones del espacio interno son buenas oportunidades para mejorar el sistema de iluminación y ventilación	Disminución de la carga térmica de un edificio utilizando por la implementación de parasoles	25.6
Medidas de inversión de mediano y alto costo	Aire acondicionado		Reemplazo de equipos de aire acondicionado ineficientes por eficientes	18.9
	Aire acondicionado		Sustitución de equipos <i>Chillers</i> convencionales por alta eficiencia tipo <i>Scroll</i>	11.8
	Motores o bomba de agua		Sustitución de motores de eficiencia estándar por eficientes premium	2.2

Nota. Las celdas en blanco indican que la herramienta o software no contempla ese rubro específico en su análisis.

Datos adaptados de Climate Consultant (2021) y CONUEE (2018a, 2018b).

4. Reflexiones finales y/o conclusiones

A partir del análisis integrado de herramientas informáticas como Climate Consultant y la plataforma de evaluación energética de la CONUEE, se logró identificar áreas críticas de consumo energético en un edificio público, destacando los sistemas de climatización como principal uso significativo de energía. El estudio permitió generar una hoja de ruta con recomendaciones escalonadas —desde buenas prácticas operativas y medidas de bajo costo hasta propuestas de inversión moderada a alta— orientadas a mejorar el confort térmico y la eficiencia energética del

inmueble. Además, se reconoció la importancia de fomentar una cultura institucional de sostenibilidad, mediante la concientización del personal sobre el uso adecuado de equipos e instalaciones, contribuyendo así al cumplimiento de los objetivos y metas del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn). En conjunto, esta metodología no solo ofrece una solución técnica viable y replicable en edificios públicos de contextos similares, sino que también aporta como contribución original la integración sistemática de un diagnóstico físico con herramientas digitales de libre acceso, lo cual fortalece la validez de los resultados y permite generar indicadores



energéticos más precisos y contextualizados. Asimismo, su carácter metodológico adaptable brinda un alto potencial de transferencia a otros contextos institucionales con limitaciones presupuestarias, donde el acceso a infraestructura tecnológica avanzada resulta restringido. De esta forma, el estudio no solo responde a una problemática local, sino que plantea un modelo práctico y escalonado de gestión energética aplicable a edificios gubernamentales de distinta escala y localización climática, contribuyendo a la consolidación de políticas de eficiencia energética en el sector público.

Contribución de los autores: Conceptualización, metodología e investigación, G.E.N., I.M.L.M.; software, I.M.L.M.; análisis formal, G.E.N., I.M.L.M., M.I.H.M; redacción: preparación del borrador original, G.E.N., I.M.L.M.; redacción: revisión y edición, G.E.N., I.M.L.M. Todos los autores han leído y están de acuerdo con la versión publicada del manuscrito.

Financiamiento: Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Agradecimientos: Los autores expresan su agradecimiento al personal del Palacio de Gobierno del Estado de Campeche por las facilidades otorgadas para la realización de las mediciones físicas en dicho inmueble. Los datos obtenidos en esa etapa preliminar resultaron esenciales para establecer los lineamientos metodológicos y analíticos que dieron origen al presente estudio.

Referencias

Cabeza, L. F., Rincón, L., Vilariño, V., Pérez, G., & Castell, A. (2014). Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 394–416. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.037>

Climate Consultant. (2021). Energy-Design Tools. <https://energy-design-tools.sbsse.org/>

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía [CONUEE]. (2018a). Herramienta de evaluación del desempeño energético de edificios.

<https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/herramienta-de-calificacion-del-desempeno-energetico-de-edificios-para-el-uso-de-oficinas-y-bancos-31399>

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía [CONUEE]. (2018b). Manual para la implementación de un Sistema de Gestión de la Energía (SGEn). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/119159/Manual_SGEn_Conuee_2da_Edicion.compressed.pdf

Escalante Notario, G., Luna Medina, I. M., Martínez Ruiz, M. J., & Huchin Miss, M. I. (2023). Diagnóstico energético aplicado al edificio de Palacio de Gobierno del Estado de Campeche. *Journal of Energy, Engineering Optimization and Sustainability*, 7(3), 215–228. <https://doi.org/10.19136/jeeos.a7n3.5626>

European Union. (2010). Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings. Official Journal of the European Union. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/31/oj/eng>

Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica [FIDE]. (1993). ¿Qué es un diagnóstico energético? https://www.fide.org.mx/?page_id=39580

Givoni, B. (1992). Comfort, climate analysis and building design guidelines. *Energy and Buildings*, 18(1), 11–23. [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(92\)90047-K](https://doi.org/10.1016/0378-7788(92)90047-K)

International Organization for Standardization. (2018). ISO 50001:2018 – Energy management systems – Requirements with guidance for use. <https://www.iso.org/standard/69426.html>

Kolokotsa, D., Rovas, D., Kosmatopoulos, E., & Kalaitzakis, K. (2011). A roadmap towards



intelligent net zero- and positive-energy buildings. *Solar Energy*, 85(12), 3067–3084.
<https://doi.org/10.1016/j.solener.2010.09.001>

Santamouris, M. (2013). Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island—A review of the actual developments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, 224–240.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.047>

Turner, C., & Frankel, M. (2008). Energy performance of LEED for new construction buildings. New Buildings Institute.

U.S. Department of Energy. (2020). EnergyPlus Weather Data.
<https://energyplus.net/weather>