Revista Legado de Arquitectura y Diseño
ISSN: 2007-3615
ISSN: 2448-749X
legado_fad@yahoo.com.mx
Universidad Autónoma del Estado de México
México

SIMULACIONES ENERGÉTICAS: HERRAMIENTAS DIAGNÓSTICO-PRONÓSTICO PARA LA EVALUACIÓN DE EDIFICACIONES

Mercado-Colín, Berenice; Romero-Guzmán, Liliana

SIMULACIONES ENERGÉTICAS: HERRAMIENTAS DIAGNÓSTICO-PRONÓSTICO PARA LA EVALUACIÓN DE EDIFICACIONES
Revista Legado de Arquitectura y Diseño, vol. 17, núm. 31, 2022
Universidad Autónoma del Estado de México, México
Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=477970601013

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

SIMULACIONES ENERGÉTICAS: HERRAMIENTAS DIAGNÓSTICO-PRONÓSTICO PARA LA EVALUACIÓN DE EDIFICACIONES

ENERGY SIMULATIONS: DIAGNOSTIC-PRONOSTIC TOOLS FOR THE EVALUATION IN BUILDINGS

Berenice Mercado-Colín beremercadoc@gmail.com
Universidad Autónoma del Estado de México, México
Liliana Romero-Guzmán lromerog@uaemex.mx
Universidad Autónoma del Estado de México, México

Revista Legado de Arquitectura y Diseño, vol. 17, núm. 31, 2022

Universidad Autónoma del Estado de México, México

Recepción: 26 Octubre 2021
Aprobación: 17 Diciembre 2021

Redalyc: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=477970601013

Resumen: El presente artículo tiene como objetivo determinar los aspectos relevantes de la simulación energética de edificaciones que la han posicionado como uno de los factores de diagnóstico y pronóstico para el diseño y construcción de edificación sustentable a nivel mundial. Por un lado, se realiza una revisión de algunas opciones disponibles de software computacional y otras herramientas de simulación energética de mayor empleo en términos actuales, sin olvidar destacar algunos aspectos y condiciones relevantes para su aplicación, así como algunas limitantes. Por otro, una vez analizados los criterios para su aplicación, se resalta la oportunidad que brindan las simulaciones energéticas para su implementación como coadyuvante en estrategias de diseño bioclimático en edificaciones para contribuir en el ahorro energético de las edificaciones y coadyuvar los impactos negativos del cambio climático.

Palabras clave: diseño bioclimático, herramienta pronóstico-diagnóstico, simulación energética.

Abstract: *The aim of this article is to determine the relevant aspects of the energy simulation of buildings that have positioned it as one of the diagnostic and prognostic factors for the design and construction of sustainable buildings worldwide. On the one hand, a review of some available options of computer software and other tolos of energy simulation of greater use in current terms is carried out, without forgetting to highlight some relevant aspects and conditions for its application, as well as some limitations. On the other hand, once the criteria for its application have been analyzed, the opportunity offered by energy simulations for its implementation as an adjunct in bioclimatic design strategies in buildings to contribute to the energy savings of buildings and contribute to the negative impacts of climate change is highlighted.*

Keywords: bioclimatic design, prognostic-diagnostic tool, energy simulation.

INTRODUCCIÓN

La arquitectura en relación con la situación actual de deterioro ambiental enfrenta un gran reto. La construcción sustentable es cada vez más demandada por sus repercusiones ecológicas y económicas, principalmente. La inexistencia de un análisis profundo en estrategias de solución sustentable durante la etapa de diseño hace lejana la incorporación de criterios de rendimiento y optimización de recursos

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

en la fase proyectual y, en consecuencia, en la etapa de construcción y operación de las edificaciones.

Se vuelve entonces necesaria la búsqueda de formas en que la arquitectura se responsabiliza, en términos ambientales, a través de la práctica constructiva coherente y en correspondencia con las condiciones climáticas y naturales de determinado lugar usadas a favor del propio proyecto, seguido del óptimo aprovechamiento de los recursos disponibles de una manera razonable garantizando así la preservación de ecosistemas presentes y evitando su deterioro.

Por lo tanto, la intervención por medio de evaluaciones, tanto de la configuración del espacio en términos de forma y emplazamiento, además de los medios o instalaciones y equipos que le proporcionan un funcionamiento habitable, son factores que pueden determinar la posibilidad de diagnosticar o detectar oportunamente las deficiencias proyectuales y dar pie a intervenciones adecuadas con el objetivo de reducir el consumo energético en la etapa de diseño, y por consecuencia en la etapa de operación, uso o mantenimiento. Dichas intervenciones se encuentran implícitas en las características del diseño bioclimático, el cual tiene como objetivo, además de los factores enunciados, ofrecer a los habitantes el confort que necesitan.

Este confort está asociado con la habitabilidad en la edificación, ésta a su vez, representa una demanda estrechamente ligada al consumo de energía que se vincula, en términos de eficiencia energética, con el desempeño edilicio.

Cabe mencionar que los estudios sobre habitabilidad humana se han posicionado en la actualidad como fenómenos frecuentemente más analizados en México, inclinándose principalmente hacia aspectos como la sustentabilidad y eficiencia energética (Sifuentes Solís, 2013).

Adicionalmente, el uso de energía y las emisiones relacionadas pueden duplicarse o incluso triplicarse para mediados de siglo XXI, según distintas tendencias. Por ejemplo, en el consumo de energía para usos térmicos en el periodo 2010-2050 en los edificios comerciales y residenciales en los países desarrollados, tiende a crecer poco, sin embargo, en los países en desarrollo la tendencia es hacia un incremento considerable. La construcción de nuevos edificios en los países en desarrollo representa un riesgo, pero también es una excelente oportunidad desde una perspectiva de la arquitectura sustentable (Filippín *et al.*, 2017).

Para tales condiciones, la reducción del consumo, aunado al empleo de fuentes de energía sustentables y la implementación de estrategias de diseño bioclimático conducentes a lograr eficiencia energética a través de la envolvente del edificio, hace evidente la necesidad de procedimientos prácticos de análisis.

La evolución del conocimiento bioclimático y su divulgación se hicieron notables con los estudios de Olgyay (1998), Givoni (1969), Mazria (1979) o Fanger (1970). Cada uno de estos autores planteó un método de desarrollo para el análisis de estrategias conforme los principios del diseño bioclimático, sin embargo, con el afán de realizar pronósticos reales de manera inmediata en la fase de diseño que posibilitara la

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

adecuación o corrección oportuna se han desarrollado distintas opciones tecnológicas actuales para la configuración de la arquitectura sustentable. Por lo tanto, los procedimientos de valoración energética por medio de simulaciones energéticas son una herramienta potencial para la producción sustentable del hábitat social.

METODOLOGÍA

Los procedimientos de cálculo energético de las edificaciones emergieron a partir de la crisis del petróleo en los años 70, y en las últimas décadas se han implementado en diversos sistemas computacionales, aprovechando sus capacidades de procesamiento matemático y representación gráfica. Considerando este último punto, se ha realizado la revisión literaria y visión al respecto de un experto en el uso de estos programas computacionales, en los cuales se enuncian los procedimientos automatizados que permitan una gran cantidad de opciones para seleccionar la más adecuada y anticipar los consumos estimados y comportamiento edilicio en términos térmicos.

Como ya se mencionó, una de estas opciones es el uso de programas de simulación térmica/energética en estado transitorio o en estado estacionario, en el primer caso busca calcular cargas térmicas en edificaciones, es decir, se calculan internamente sus transferencias térmicas, en el segundo caso se puede caracterizar el nivel de aislamiento de las edificaciones, dado que solo se considera el cálculo de la resistencia o la transmitancia térmicas, las cuales van en función de espesor y conductividad térmica del material. Todo lo antedicho, dada la existencia de software computacional, que ayuda a simplificar cálculos, por lo que este factor facilita y provoca su empleo frecuente (Filippín *et al.*, 2017).

Es importante mencionar que estas herramientas de análisis deben considerar una variedad de características de los edificios, las cuales generan resultados particulares que se exponen de diferentes maneras, tales como las condiciones climáticas del lugar, forma (largo, ancho y alto) de los espacios, materiales que lo conforman, dimensiones de ventanas o huecos, equipos instalados, entorno del edificio, y finalmente, patrones de ocupación. Actualmente se disponen de una diversidad de programas gratuitos o comerciales diseñados específicamente para simulación energética de una edificación.

En los últimos tiempos ha surgido una variedad de este tipo de programas, resultado de legislaciones o certificaciones específicas, como LIDER en España, CCTE en Chile, CEPE en California y el PHPP para el estándar Casa Pasiva de Alemania (García Alvarado, 2014). En cuanto a los programas empleados para la certificación de edificaciones españolas se mencionan los siguientes: Herramienta Unificada Líder-Calener (HULC), CE 3, CE 3 X, CERMA, SG-SAVE, CYPETHERM HE PLUS, *Energy Plus*, por citar algunos.

Según Fumo (2014), existen otros métodos que permiten probar, diagnosticar y validar las capacidades de construcción de programas de simulación energética, como lo es el BESTEST-EX, que es un procedimiento

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

que permite a los desarrolladores de software evaluar el desempeño de sus herramientas en el modelado del uso de energía y ahorros en casas existentes.

En México, el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT) con apoyo de GIZ y la Embajada Británica, promueven el uso del Sistema de Evaluación de la Vivienda Verde (SISEVIVE), que es una herramienta diseñada para informar sobre la eficiencia energética y desempeño medioambiental de la vivienda nueva.

Desde 2015, la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI), como parte de las Acciones Nacionalmente Apropiadas de Mitigación de Vivienda Sustentable (NAMA, por sus siglas en inglés), requiere que los prototipos de viviendas que apliquen a subsidio priorizado cumplan con el 20% de reducción de emisiones de CO_2. Los cálculos del desempeño energético deben ser realizados con la herramienta DEEVi (Diseño Energéticamente Eficiente de la Vivienda).

Cabe mencionar que la proximidad en los resultados de estos procedimientos depende del adecuado manejo de las condiciones climáticas, de la elección atinada en los algoritmos de transmisión de calor, de parámetros de confort asociados a las demandas particulares del tipo de usuario, así como de la mejor caracterización de los sistemas constructivos en la edificación de análisis (Tendero, 2019). En revisiones de un mismo prototipo utilizando diferente software se ha obtenido hasta un 30% de disparidad en los resultados a partir de los indicadores, atribuidos a ciertas consideraciones técnicas y situaciones locales, también se han identificado antecedentes de modelación y materialidad, y en especial de la ocupación y clima, que deben estar cabalmente definidos para una simulación adecuada (García Alvarado *et al.*, 2014).

Varios de estos programas pueden vincularse entre sí, permitiendo realizar la modelación con un programa, luego el cálculo en otro, y la revisión de datos por separado. Promoviendo la transferencia de archivos y la utilización encadenada de programas, pero generando un panorama diverso de herramientas posibles. Tal es el caso de la herramienta computacional *Energy-Plus* (originalmente denominado DOE), utilizado como motor de cálculo, el cual trata de una colección estructurada de módulos analíticos que evalúan los diferentes fenómenos asociados con la operación de un inmueble y se encuentra validado por las normas ISO 13790:2008 *Energy Performance of Buildings-Calculation of energy use for space heating and cooling* y ASRHAE 90.1-2019 *Energy efficiency for buildings*. Actualmente, es considerado como el procedimiento de mayor precisión en el mercado para llevar a cabo una correcta calificación energética, siempre que se utilice con una modelización adecuada.

Desde la visión de M. Sc. Mauro Pavel Contreras, Scrum Máster Certificado LEED AP BD + C, experto en simulaciones energéticas, se describe de forma general el proceso de desarrollo de modelos energéticos de edificios, empleando la vinculación a través del software *Open Studio* con el motor de cálculo *Energy Plus*, donde es posible tomar datos de entrada provenientes de una descripción altamente detallada del edificio y

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

generar una serie de datos que indican las condiciones térmicas esperadas en el edificio y sus inmediaciones.

Energy Plus, integra dos tipos de simulaciones: 1. Simulaciones de Balance de Masa y Calor, las cuales evalúan las condiciones resultantes en las zonas térmicas de la edificación, lo cual permite anticipar las posibles temperaturas, así como los flujos energéticos presentados en la envolvente y el exterior e intercambios de energía entre los propios elementos de la edificación como el suelo (sumideros energéticos). Todo esto determina un perfil de demanda para los sistemas de ventilación, calefacción y aire acondicionado. Con este último, *Energy Plus* lleva a cabo el número 2. Simulaciones de Sistemas del Edificio, con las cuales se calcula el consumo de energía necesario para satisfacer la demanda de las zonas por medio de los sistemas, así como sus efectos térmicos sobre el balance térmico y energéticos dentro de las zonas.

Cabe destacar, que *Energy Plus* requiere del apoyo de interfaces de usuario y de aplicaciones desarrolladas por terceros para crear un modelo energético detallado y completo.

Otro software especializado para realizar simulación y análisis del comportamiento térmico de las edificaciones es el denominado SIMEDIF. Este programa calcula la temperatura horaria del aire dentro de los espacios de un edificio, la temperatura superficial horaria de las paredes y la energía auxiliar de calentamiento/enfriamiento que se necesita para mantener los espacios a una temperatura determinada por un termostato que puede definirse hora por hora para el año completo. El modelo de cálculo se encuentra descrito en el trabajo de Flores Larsen y Lesino (Mendoza, 2020).

Este programa es muy útil en estimaciones sobre el comportamiento térmico de una edificación considerando, adicionalmente a las características geo climáticas, renovaciones de aire y las ganancias internas por número de personas en el lugar, iluminación y equipos eléctricos y refrigeración.

Otra alternativa se encuentra en el *Building Information Modeling*, (BIM, por sus siglas en inglés), la cual representa una metodología que parte de un proceso de modelado tridimensional a lo largo de su ciclo de vida; bajo este enfoque, logran digitalizarse las características físicas y funcionales de una edificación, con lo cual se crea un recurso de conocimiento compartido que respalda métodos de diseño, creación y mantenimiento del entorno construido. Según Álvarez *et al.*, 2020, constituye una base confiable para la toma decisiones, desde la concepción del proyecto hasta su demolición.

En relación con la literatura existente respecto al uso de herramientas BIM, destaca un componente denominado BEM (*Building Energy Modeling*), el cual se refiere al término Modelo de Energía de la Construcción o de la edificación. Este es una herramienta de simulación para el cálculo de la carga térmica y la utilización de energía en edificios residenciales y comerciales, se utiliza normalmente en el diseño de nuevos edificios y en la renovación de edificios existentes con el objetivo de predecir el uso de energía basada en la arquitectura y los sistemas de

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

ventilación, calefacción y aire acondicionado. Para ello, los programas actuales tienen la capacidad de realizar simulaciones basadas en las características de los materiales de construcción utilizadas y los sistemas de ventilación, calefacción y aire acondicionado. Además, cuentan con la posibilidad de modelar métodos para la conservación de energía, como el uso de energía renovable (Jiménez *et al.*, 2017).

Aunado a lo anterior, se destacan cuatro proveedores principales dedicados al desarrollo de herramientas BIM, estos son: Autodesk Revit, Graphisoft ARCHICAD, Nemetscheck Allplan y AECOSIM Bentley. No obstante, las herramientas de este tipo más comúnmente usadas por los profesionales de la construcción son REVIT y ARCHICAD (Álvarez *et al.*, 2020).

Existen también, métodos de comprobación "*in situ*" del desempeño bioclimático. Aquí se lleva un registro de valores significativos para comprobar las prestaciones de las estrategias bioclimáticas implantadas. La forma de realizar los registros se ha inclinado por soluciones inalámbricas que permiten reducir las reticencias de los usuarios y facilitar la implantación de los sistemas de registro (figura 1).

Figura 1.
Sistema de toma de datos, envío y registro.
Fuente: Tendero Caballero (2019).

Estos datos son accesibles a través del servidor, donde se almacenan y permiten su consulta en línea y el acceso a los archivos de registros históricos ordenados por localización y fecha. Los datos registrados deben incluir las condiciones climáticas exteriores, las condiciones higrotérmicas y de confort interiores y las condiciones de uso.

En este sentido, se ha mostrado especialmente significativa la calidad del aire interior. Actualmente, los estándares internacionales como la ASTM Standard D-6245-98 *Using Indoor Carbon Dioxide Concentrations to Evaluate Indoor Air Quality and Ventilation* consideran a la concentración de CO_2 como un buen indicador de la correcta renovación del aire en edificación evitando concentración de contaminantes interiores, lo cual podría ser tomado como referencia para evaluaciones

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

de seguridad sanitaria en pandemia por COVID-19. También la toma de datos puede dar cabida a procedimientos más sofisticados como la toma de imágenes termográficas (Tendero, 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La estimación del consumo de energía de los edificios se ha convertido en un enfoque clave para lograr los objetivos de reducción en el consumo de energía y reducción de emisiones.

En este artículo se establece que existe una diversidad amplia de herramientas de apoyo para la realización de evaluaciones sobre el comportamiento energético en las edificaciones encontradas en la revisión de la literatura. La elección de una u otra está en función de las necesidades específicas detectadas por el comportamiento de la edificación, de la disponibilidad de los programas en el ámbito profesional y de la habilidad del simulador para configurar y manejar las interfaces de usuario y aplicaciones necesarias que integren un modelo energético de análisis.

Sin embargo, uno de los principales problemas que enfrentan los usuarios potenciales de las simulaciones energéticas es la disponibilidad de datos meteorológicos por hora para un sitio determinado, por lo que se necesita trabajo adicional para implementarse directamente en los códigos de simulación de energía.

Otro factor que se detectó es que la mayoría de los programas de simulaciones energéticas se enfocan en el análisis de edificios nuevos en fase de proyecto, esperando que el edificio ya en funcionamiento presente una eficiencia energética.

Ante ello se destaca la importancia de promover la innovación en el diseño medioambiental de edificios, además de conocer herramientas que permitan evaluar el desempeño energético de edificaciones y valorar la oportuna intervención mediante estrategias bioclimáticas que permitan reducir consumos de energía durante la fase de uso y operación. Otro aspecto relevante es reconocer que el desempeño energético del edificio depende de múltiples variables asociadas a las características del edificio, equipos y sistemas, clima, ocupantes y estilo de vida y la congruencia de los resultados está en función de la calidad y validez de los datos de entrada y de la manera en que estos fueron capturados.

CONCLUSIONES

En los últimos años se ha centrado la atención en el rendimiento energético de los edificios ante el impacto ambiental que generan las construcciones. En primera instancia, el desarrollo del análisis bioclimático y su positiva integración a los procedimientos con los que se anticipa y controla la respuesta edilicia ante el clima tiene una gran relevancia por los posibles aportes para colaborar en la recuperación de

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

condiciones ambientales que aseguren la satisfacción de necesidades en las futuras generaciones.

En un segundo momento, se resalta la conveniencia de explotar nuevas herramientas que permitan visualizar las potencialidades y beneficios del uso de estrategias bioclimáticas a través de una anticipada valoración del edificio y maximicen la eficacia de este con el fin de tomar decisiones acertadas en la fase de diseño que respondan también a una perspectiva de ciclo de vida, es decir, en las etapas seguidas de la fase de diseño como lo son la fase de construcción, de uso y operación, de mantenimiento, o de recuperación y rehabilitación. Por lo tanto, las simulaciones energéticas toman un papel aceptable para la evaluación del consumo de energía.

En definitiva, se concluye que es pertinente aprovechar los avances conseguidos desde las nuevas aplicaciones tecnológicas para mejorar el rendimiento de la edificación, ya que permiten obtener resultados en tiempo real que implican determinaciones de aspectos tecnológicos-constructivos desde inicios de la proyección arquitectónica y la retroalimentación con base en estándares de sustentabilidad afines a la obtención de una mejor habitabilidad con un menor consumo de recursos. Por todo lo anterior, se mira conveniente comenzar a formar profesionales que manejen este tipo de tecnologías.

Adicionalmente, la utilización aún reducida en el ámbito profesional, especialmente en los países en desarrollo, debido a que recién se están incorporando conceptos de comportamiento energético en la formación académica, y en los procesos públicos o privados de diseño de edificios los consideran parcialmente, sin embargo, son herramientas que se emplean de manera creciente para ampliar acciones de mejoramiento ambiental de la construcción.

FUENTES DE CONSULTA

Álvarez, A., Ripoll, V., Campos, L., Ortega, A. (2020), "Lineamientos para la implementación BIM en la evaluación ambiental de la Vivienda Social", *Estoa*. Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca, vol.9, núm. 18.

Filippín, C., Marek, L., Flores Larsen, S. (2017), "Integración del proceso de diseño y construcción de un edificio bioclimático para el Inta-Guatraché. Monitoreo, performance energética y relocalización", Energías Renovables y Medio Ambiente, vol. 40, pp. 65-75.

Fumo, N. (2014), "A review of the basics of building energy estimation", Renewable and Sustainable Energy Reviews, núm. 31. pp. 53-60.

García-Alvarado, R., González, A., Bustamante, W., Bobadilla, A., Muñoz, C. (2014), "Características relevantes de la simulación energética de viviendas unifamiliares", Informes de la Construcción, 66(533): e005, doi: http://dx.doi.org/10.3989/ic.12.108. Chile.

Jiménez-Roberto, Y., Sarmiento, J., Gómez-Cabrera, A. y Leal-del-Castillo, G. (2017), "Análisis de sostenibilidad ambiental de edificaciones empleando metodología BIM (Building Information Modeling)", Ingeniería y Competitividad, vol.19, núm.1, pp. 230-240. doi: 10.25100/iyc.v19i1.2147.

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Mendoza Vela, D., Castro Mendoza, C., Mendoza Vela, P. (2020), "Simulación y análisis del comportamiento térmico de una sala informática en una zona cálido-húmeda", *Tecnia*. 2020, vol. 30, núm. 1, pp.12-21. ISSN 0375-7765. http://dx.doi.org/10.21754/tecnia.v30i1.857. Perú.

Sifuentes Solís, M. A. (2013), La ciencia de los ámbitos antrópicos. Trabajo, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Doctorado en Ciencias de los Ámbitos Antrópicos, Aguascalientes, México.

Tendero Caballero, R. (2019), "Aplicación del análisis bioclimático a la prescripción arquitectónica", REVISTARQUIS, vol. 9, núm. 1, pp. 47-69.

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto