

SISTEMA DE INTEGRACIÓN DE NORMATIVA PARA EL CONTROL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA EN SOFTWARE DE MODELADO BIM

García-Dópido, Inmaculada^a; Chorro-Domínguez, Francisco Javier^a; Marín-Miranda, María José^a y Martín-Castizo, Manuel^a;

^aInstituto Tecnológico de Rocas Ornamentales y Materiales de Construcción (Intromac) – Departamento de tecnologías y construcción sostenible, Cáceres (España), inmaculadadopido@unex.es.

Abstract

Currently, the reduction of energy consumption has become one of the main goals in building design. For this purpose, Spanish Technical Building Code establishes the Basic Document HE1 in which a building must be in the limited values proposed in order to obtain minimum quality values in the field of energy saving.

The main Building Information Modeling (BIM) programs offer energy simulation tools with several integration levels, nevertheless, the workflow for energy testing requires an exchange of information between different platforms. Unfortunately, this process is unable to maintain the information consequently it generates losses and incompatibility at this time.

In this work, it has been development a new system for ascertainment integrated in the BIM Revit software. For this purpose, it has been used a set of Python algoritms which provide a simulation of the thermal properties into the building envelope in comparison to limited official values.

This application allows real-time execution from the early stages of design, offering an user-friendly and intuitive interface. In its decision making, the results achieved provide an efficient tool for the initial analysis of the project.

Keywords: BIM, energy efficiency, CTE, Python, Revit.

Resumen

En la actualidad la reducción del consumo energético se ha convertido en uno de los objetivos principales en el diseño de edificios. Para ello, el Código Técnico de la Edificación en su Documento Básico DB HE1 establece los valores límite que debe cumplir una edificación a efectos de obtener unos valores mínimos de calidad en el campo de ahorro energético.

Los principales programas de modelado BIM ofrecen herramientas de simulación energética con distintos niveles de integración, no obstante, el flujo de trabajo para la comprobación energética actualmente precisa un intercambio de información entre distintas plataformas generando pérdidas de información e incompatibilidad entre procesos.

En este trabajo se ha desarrollado un nuevo sistema de comprobación de normativa integrado en el software BIM Revit. Mediante el uso de algoritmos desarrollados en Python se realiza una simulación de las propiedades térmicas de la envolvente del edificio comparándose con la normativa vigente. Esta aplicación permite la ejecución a tiempo a real desde las fases iniciales de diseño, ofreciendo una interfaz gráfica intuitiva y de fácil manejo. Los resultados obtenidos proporcionan una herramienta eficiente para el análisis inicial del proyecto con el fin ayudar en la toma de decisiones.

Palabras clave: BIM, demanda energética, normativa, CTE, Python, Revit.

Introducción

El sector residencial en España, con un parque superior a 17 millones de viviendas permanentemente habitadas, supone un 17% del consumo final de energía y un 25% de la demanda de consumo eléctrico, cifras que han ido incrementando en los últimos años debido al aumento tanto del número de viviendas como a cambios en las demandas frente a la tendencia a la baja del sector industrial (De Arriba Segurado & García Barquero, 2018).

Analizando el reparto de consumos en función de los usos, los sistemas de calefacción suponen más de un 40% de la demanda de energía por parte de la vivienda, valores que superan el 60% de media en la unión europea. Esta demanda de energía está relacionada con las condiciones térmicas de la envolvente del edificio, por lo que una mejora de las mismas afecta de forma directa al consumo de energía de la edificación (De Arriba Segurado & García Barquero, 2018).

Por ello, con el fin de controlar la demanda energética de los edificios, tanto de nueva construcción como para los casos de intervenciones en edificios existentes, el Código Técnico de la Edificación establece en uno de sus documentos básicos las condiciones que deberá tener la envolvente térmica en función de la zona climática en la que se encuentre la edificación (Código Técnico de la Edificación, 2006).

Con el fin de determinar las condiciones de la envolvente y comprobar la demanda respecto a los valores máximos o límite que establece la normativa, los técnicos disponen de distintos software reconocidos oficialmente que permiten realizar simulaciones energéticas de los edificios a partir de los datos geométricos y constructivos.

En las últimas décadas, el desarrollo de la metodología BIM (Building Information Modeling) en la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción (AEC) representa una nueva forma de diseñar y gestionar los proyectos (Azuar, 2011). Esta metodología abarca todo el ciclo de vida del edificio, permitiendo incorporar distintos tipos de información al modelo virtual, desde información geométrica (3D), de tiempos (4D), de costes (5D), de sostenibilidad (6D) y de mantenimiento (7D) (Sánchez Ortega, 2016).

La sexta dimensión (6D) se basa en la realización de simulaciones energéticas, con el fin de estudiar todas las posibles alternativas hasta lograr una solución óptima. Actualmente, los principales software de modelado integran herramientas BIM para la simulación energética, permitiendo comprobar la demanda de los edificios durante el proceso de diseño. En el caso del software de modelado Autodesk Revit, integra en su entorno la herramienta Green Building Studio que, si bien permite realizar dichas verificaciones, no se adapta a la legislación estatal española siendo necesario el intercambio de información entre distintos software para realizar comprobaciones.

Para facilitar el intercambio de información entre distintas plataformas BIM, en el año 1994 se crea el estándar IFC, que permite la interoperabilidad entre sistemas (Alcides Jacoski & Machado Hoffmeister, 2018). Sin embargo, este proceso genera pérdidas de información e incompatibilidades con las herramientas de simulación no integradas en el entorno del software de modelado que, en la mayoría de las ocasiones, se traducen en un incremento del tiempo de desarrollo del proyecto.

Esta investigación ofrece un nuevo sistema de integración de normativa dentro del software de modelado BIM teniendo en cuenta la complejidad actual en los procesos de intercambio de información. En consecuencia, se propone una herramienta de comprobación integrada en el entorno de Autodesk Revit y adaptada a la legislación estatal que permite controlar los parámetros energéticos desde las primeras fases del diseño arquitectónico.

1. Metodología

La metodología utilizada permite integrar, desde la fase de diseño arquitectónico, la comprobación de los parámetros energéticos de la envolvente de los edificios respecto los valores de referencia de la normativa a través de una herramienta integrada en el software de modelado BIM Autodesk Revit.

Dado que el cálculo de la demanda energética supone la realización de simulaciones en unas condiciones operacionales definidas y dichas operaciones no son integrables en fases iniciales, el objeto de esta

herramienta es permitir la comparación de los parámetros de la envolvente desde las primeras fases entre el edificio objeto de estudio y los valores de referencia.

Este sistema permite la utilización tanto de los parámetros arquitectónicos como constructivos de la envolvente térmica desde las fases iniciales del proyecto obteniendo un modelo optimizado antes de proceder a su intercambio con los programas oficiales de certificación, en los cuáles se podrá certificar si el edificio cumple con las demandas de energía establecidas.

1.1. Normativa

Para controlar la demanda energética de los edificios, la normativa (Código Técnico de la Edificación, 2006) establece unos valores límite de los parámetros de las envolventes que varían en función del uso de los edificios y de la zona climática en la que se ubiquen. Para los casos de edificios de uso residencial privado, establece unos valores límite de demanda energética tanto de calefacción como de refrigeración que varían en función de la zona climática y de la superficie útil y, para los casos de edificios de otros usos, establece el porcentaje de ahorro de la demanda energética respecto a un edificio de referencia.

Para que el edificio se adapte a los límites de demanda establecidos, la normativa aporta unos valores orientativos de los parámetros característicos de la envolvente que, si bien no garantizan el cumplimiento de la exigencia, permiten que las soluciones constructivas del proyecto se aproximen al cumplimiento de la demanda.

De esta manera establece, tanto para edificios de uso residencial como para edificios de otros usos, unos valores característicos de transmitancias que dependen de la zona climática y, en el caso de los huecos de la orientación.

1.2. Nuevo sistema de integración de normativa

El sistema desarrollado permite comparar los valores de transmitancia de los distintos elementos de la envolvente respecto a los valores de referencia que establece la normativa, obteniéndose como resultado el porcentaje de desviación respecto a los valores establecidos para el edificio de referencia (Apéndice D, Documento Básico HE 1, 2020) y para las soluciones constructivas en uso residencial (Apéndice E Documento Básico HE 1, 2019).

Tanto el cálculo de los valores de transmitancia de los distintos elementos como el porcentaje de desviación respecto a los valores límite forma parte del nuevo sistema desarrollado utilizando algoritmos en Python, a partir de los valores de referencia del catálogo de elementos constructivos y de los criterios establecidos en el Código Técnico.

1.2.1. Transmitancia de muros

El Código Técnico de la Edificación establece la transmitancia térmica de los muros a partir de la resistencia térmica total del elemento constructivo, la cual viene dada por el sumatorio de los valores de resistencia térmica de las distintas capas del elemento y las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior. Dichos valores de resistencia dependen del espesor de la capa y de la conductividad térmica del material que la compone, excepto para las cámaras de aire, cuyos valores dependen del espesor y el tipo de ventilación (Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía, 2019)

La transmitancia es calculada con los valores y procedimientos indicados, utilizando los parámetros pertinentes dentro de los algoritmos de programación desarrollados, tal y como se muestra en el pseudocódigo de la tabla 1.

La comparación de los valores de cálculo respecto a la transmitancia límite permite comprobar si la solución constructiva adoptada se aproxima a la solución para el cumplimiento de la demanda. Dado que los valores de transmitancia límite establecidos son valores orientativos para el pre-dimensionado constructivo, la

herramienta nos permite comprobar el porcentaje de desviación de la transmitancia del elemento respecto al límite.

En consecuencia, se realizan tres comprobaciones con un parámetro asociado a cada uno de ellos: desviación con respecto al edificio de referencia (Apéndice D, Documento Básico HE 1, 2020) desviación con respecto a los valores orientativos de los parámetros característicos de la envolvente para los casos de soluciones constructivas en uso residencial (Apéndice E Documento Básico HE 1, 2019) y cumplimiento de la limitación por descompensación (Código Técnico de la Edificación, 2006)

Para el cálculo de desviación con respecto al edificio de referencia se parte de los valores definidos en la normativa recogidos en el Apéndice D del Código Técnico, asociados en el caso de los muros de fachada a la zona climática en la que está ubicado el edificio. Esta comprobación se realiza como se muestra en los puntos 3 y 6 del pseudocódigo.

Para determinar la desviación respecto a los valores orientativos de los parámetros característicos de la envolvente para soluciones constructivas en uso residencial, el apéndice E no establece unos valores límite, sino unos valores recomendados para obtener un edificio eficiente adaptado a la normativa, que serán de nuevo determinados a partir de la zona climática. A partir de estos valores puede calcularse la desviación respecto a los valores orientativos como se indica en los puntos 4 y 6 del pseudocódigo.

Por otro lado, para los casos de edificios de uso residencial privado, la normativa establece un valor límite de descompensación de los distintos elementos de la envolvente, por lo que en este caso comprobamos directamente si los valores de transmitancia de la solución constructiva cumplen o no la limitación de descompensación establecida, tal y como se describe en los apartados 5 y 6 del pseudocódigo.

Estos datos se han incluido como parámetros generales del proyecto, de modo que con una herramienta programada en lenguaje Python mediante la extensión Dynamo se comprueba tanto numéricamente la desviación respecto a los valores límite.

Tanto el cálculo de los valores de transmitancia de los distintos elementos como el porcentaje de desviación respecto a los valores límite forman parte del nuevo sistema desarrollado utilizando algoritmos en Python, a partir de los valores de referencia del catálogo de elementos constructivos y de los criterios establecidos en el Código Técnico.

Tabla 1. Pseudocódigo del nuevo sistema de comprobación de muros. Fuente: Elaboración propia (2020)

```

1. Entradas: ZonaClimatica,Envolvente[1...n],Resistenciatermica(R) [1...n]
2. Cálculo de transmitancia:
   for i in elementos_muros[1...n]:
       Transmitanciacalculada_CTE[i] =1/(Resistenciatermica(R)[i]
       [1...n]+Rse(0.13)+Rsi(0.04))
3. Cálculo Transmitancia límite edificio de referencia:
   Transmitancialimite_ER = tablas_normativa (ZonaClimatica)
4. Cálculo Tansmitancia límite del apéndice E:
   Transmitancialimite_AE = tablas_normativa (ZonaClimatica)
5. Cálculo limitación por descompensación
   Limitaciondescompensación= tablas_normativa(ZonaClimatica)
6. if Envlovente[1...n]='S'
   Desviaciónrespecto_ER[1...n]=
       Transmitanciacalculada_CTE[1...n]/Transmitancialimite_ER
   Desviaciónvalores_orientativos[1...n]=
       Transmitanciacalculada_CTE[1...n]/Transmitancialimite_AE

   if Transmitanciacalculada_CTE[1...n]< Limitaciondescompensación
       Limitación_descompensación = 'Cumple'
   else
       Limitación_descompensación = 'No cumple'
7. Salida: Desviación respecto_ER[1...n],
   Desviaciónvalores_orientativos[1...n], Limitación_descompensación[1...n],
   Transmitanciacalculada_CTE[1...n].
    
```

1.2.2. Transmitancia de huecos

En los huecos es preciso comprobar respecto a los valores límite tanto la transmitancia como el factor solar modificado.

La transmitancia viene determinada por el valor de la parte opaca y de la zona acristalada, la cual se obtiene con los parámetros introducidos en el modelo como se indica en el pseudocódigo de la tabla 2.

En este caso, para la comparación de estos valores calculados respecto a los valores límite es necesario determinar la zona climática, la orientación de cada uno de los huecos, el tanto por ciento de huecos en cada orientación y el porcentaje de huecos respecto a la superficie útil, puesto que los valores límite se establecen en base a estos criterios en la normativa. Puesto que el software permite orientar los edificios, mediante programación se asigna de forma automática dicha orientación a cada uno de los elementos del modelo, es decir, tanto a huecos como a muros como puede observarse en el punto 2 y 3 de la tabla 2.

A través del desarrollo de los nuevos algoritmos se integran en el modelo los valores límite establecidos en el Anejo D, obtenidos a partir de la orientación y el porcentaje de huecos respecto a la parte ciega. Estos aspectos pueden observarse en los puntos 6 y 7 de la tabla 2.

En el caso de los valores de referencia del Apéndice E, además de la orientación, se tiene en cuenta el porcentaje de huecos con respecto a la superficie útil de la vivienda, dato que se obtiene a partir de la creación de planos de área. Los valores a aplicar se definen entre unos rangos del 10% al 15% de porcentaje de huecos, por lo que se realiza una interpolación entre los datos de proyecto y los establecidos en las tablas del documento, tal como se describen en el punto 5 de la tabla 2.

En este caso, no se ha integrado la comprobación del factor solar modificado de los huecos puesto que para ello, es preciso definir los niveles de carga interna. Siendo una comprobación de los valores a nivel indicativo para integrar en las fases previas de proyecto, la inclusión de esta información, que supone un cálculo de la densidad de las fuentes internas en W/m², quedaría fuera del objeto de este estudio.

Tabla 2. Pseudocódigo del nuevo sistema de comprobación de huecos. Fuente: Elaboración propia (2020)

```

1. Entradas: ZonaClimatica,Envolvente[1...n],Transmitancia Vidrio(TV) [1...n], Area
vidrio (AV) [1...n], Tranmitancia marco (TM) [1...n], Area del marco (AM) [1...n],
2. Cálculo de orientacion:
  for i in elementos_ventanas[1...n]:
    orientacion[i]=rotacion(ángulo a norte real, punto base del modelo)
  for i in elementos_muros[1...n]:
    orientacion[i]=rotacion(ángulo a norte real, punto base del modelo)
3. Cálculo del porcentaje de huecos:
  for j i in [N,NE,E,SE,S,SW,W,NW]
    porcentaje_huecos [j] =
AreaVentanas(orientacionj)/(Area_ventanas(orientacionj)+Area_muros(orientacionj)
4. Cálculo de transmitancia:
  for i in elementos_ventanas[1...n]:
    Transmitanciacalculada_CTE[i] =(AV[i] *TV[i] +AM[i] *TM[i])/(AV[i] +TM[i])
5. Cálculo Transmitancia límite edificio de referencia:
  Transmitancialimite_ER = tablas_normativa (ZonaClimatica, porcentaje_huecos)
6. Cálculo Transmitancia límite del apéndice E:
  Transmitancialimite_AE = tablas_normativa (ZonaClimatica)
7. Cálculo limitación por descompensación
  Limitaciondescompensación= tablas_normativa(ZonaClimatica)
8. if Envolvente [1...n]=Sí
  Desviaciónrespecto_ER[1...n]=
    Transmitanciacalculada_CTE[1...n]/Transmitancialimite_ER
  Desviaciónvalores_orientativos[1...n]=
    Transmitanciacalculada_CTE[1...n]/Transmitancialimite_AE
  if Transmitanciacalculada_CTE[1...n]< Limitaciondescompensación
    Limitación_descompensación = 'Cumple'
  else
    Limitación_descompensación = 'No cumple'
9. Salida: Desviación respecto_ER[1...n], Desviaciónvalores_orientativos[1...n],
Limitación_descompensación[1...n], Transmitanciacalculada_CTE[1...n].

```

2. Resultados

Con el fin de realizar una comprobación del nuevo sistema desarrollado se ha propuesto como caso de estudio una vivienda unifamiliar de una planta con sistemas constructivos tradicionales. Los cerramientos verticales están compuestos por fábrica de ladrillo con cámara y aislamiento de poliestireno extruido de diferentes grosores y las carpinterías empleadas son de aluminio con distintas composiciones de vidrio y marco.

En dicho sistema se ha optado por la utilización de valores de conductividad y transmitancia heterogéneos en el modelo, asociados a distintos niveles de aislamiento, para poder comprobar los resultados. Mediante la herramienta de cálculo se visualizan dentro del propio programa, utilizando tablas de planificación y plantillas de visualización con codificación cromática, los resultados obtenidos de forma rápida y precisa.

La tabla de comprobación de transmitancia de muros, representada en la figura 1, ofrece los valores de transmitancia calculada según las indicaciones de la normativa, así como los valores de desviación respecto a los valores límite establecidos asociados a cada elemento del modelo. Se han codificado cromáticamente las celdas, apareciendo en color verde los valores que cumplen, en color naranja aquellos parámetros que no son de obligatorio cumplimiento y nos aportan un valor informativo de desviación y finalmente, en color rojo aquellos elementos que no cumplen con alguna limitación normativa.

A	B	C	D	E	F	G
Familia y tipo	Función	Envoltante	Transmitancia CTE	Desviación respecto ER	Desviación valores orientativo	Limitación descompensación
Planta Baja						
Muro básico: Cerramiento	Exterior	<input checked="" type="checkbox"/>	0.285	39%	79%	CUMPLE
Muro básico: Cerramiento	Exterior	<input checked="" type="checkbox"/>	0.833	114%	231%	NO CUMPLE
Muro básico: Cerramiento	Exterior	<input checked="" type="checkbox"/>	0.285	39%	79%	CUMPLE
Muro básico: Cerramiento	Exterior	<input checked="" type="checkbox"/>	0.285	39%	79%	CUMPLE
Muro básico: Cerramiento	Exterior	<input checked="" type="checkbox"/>	0.285	39%	79%	CUMPLE
Muro básico: Cerramiento	Exterior	<input checked="" type="checkbox"/>	0.285	39%	79%	CUMPLE
Muro básico: Cerramiento	Exterior	<input checked="" type="checkbox"/>	0.285	39%	79%	CUMPLE
Muro básico: Cerramiento	Exterior	<input checked="" type="checkbox"/>	0.285	39%	79%	CUMPLE
Muro básico: Cerramiento	Exterior	<input checked="" type="checkbox"/>	0.285	39%	79%	CUMPLE

Fig. 1 Tabla de planificación de resultados de transmitancia de muros. Fuente: Elaboración propia (2020)

Para la comprobación de los valores asociados a los huecos, la figura 2 representa gráficamente la tabla de planificación donde se muestran los resultados de estos elementos. Al igual que el caso anterior, este sistema proporciona una codificación por colores para determinar los elementos que se encuentran fuera de rango.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Tipo	Modelo	Envoltante	Persiana	U marco	U vidrio	Permeabilidad	U hueco	Edificio referencia	Valores límite	Lim. descompensación	Lim. permeabilidad
Planta Baja											
1500 x 3150mm	V03	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.4	5.7	32	5.012	147%	418%	NO CUMPLE	NO CUMPLE
1500 x 3150mm	V03	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.4	5.7	32	5.012	114%	264%	NO CUMPLE	NO CUMPLE
2500 x 3150mm	V01	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.7	2.1	12.5	2.073	71%	109%	CUMPLE	CUMPLE
2500 x 3150mm	V01	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.7	2.1	12.5	2.073	71%	109%	CUMPLE	CUMPLE
2500 x 3150mm	V01	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.7	2.1	12.5	2.073	71%	109%	CUMPLE	CUMPLE
2500 x 3150mm	V01	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.7	2.1	12.5	2.073	71%	173%	CUMPLE	CUMPLE
3150 x 2500mm	V02	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5.7	4.5	12.5	4.585	158%	241%	NO CUMPLE	CUMPLE
3150 x 2500mm	V02	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5.7	4.5	12.5	4.585	158%	241%	NO CUMPLE	CUMPLE
3150 x 2500mm	V02	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5.7	4.5	12.5	4.585	158%	241%	NO CUMPLE	CUMPLE
3150 x 2500mm	V02	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5.7	4.5	12.5	4.585	158%	241%	NO CUMPLE	CUMPLE
1250 x 800mm	V05	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.2	2.8	9	2.429	71%	202%	CUMPLE	CUMPLE
2400 x 800mm	V04	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.2	2.8	9	2.492	73%	208%	CUMPLE	CUMPLE

Fig. 2 Tabla de planificación de resultados de transmitancia de huecos. Fuente: Elaboración propia (2020)

Adicionalmente a las tablas de planificación que ofrecen toda la información numérica, el sistema utiliza vistas 3D para proporcionar los resultados. Estas vistas ofrecen un sistema potente de análisis en el cual se han aplicado los mismos sistemas de codificación visual por color que en las tablas de planificación. La figura 3 muestra los resultados utilizando este sistema.

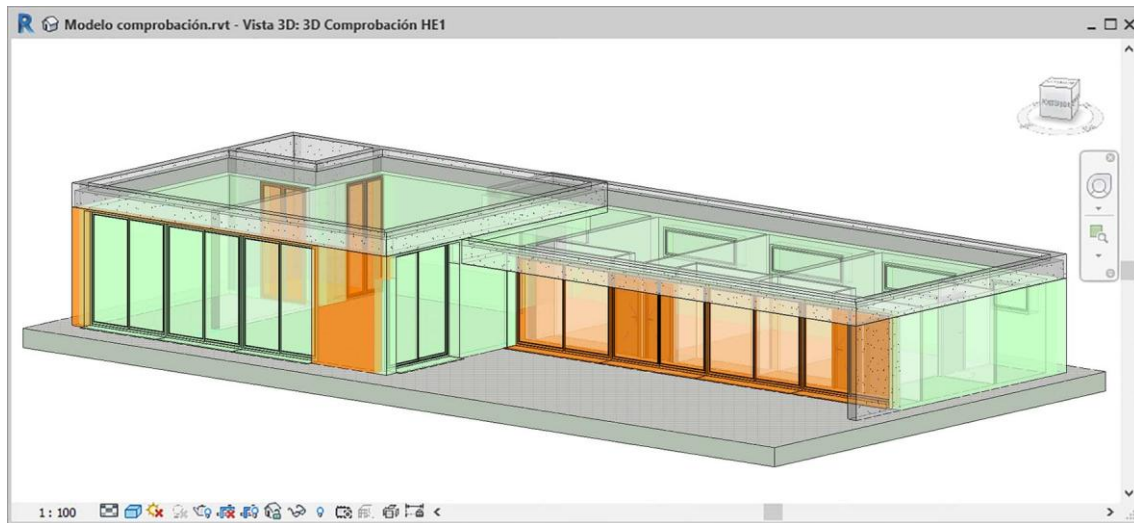


Fig. 3 Representación visual de los resultados sobre vista 3D. Fuente: Elaboración propia (2020)

3. Conclusiones y líneas futuras

En este trabajo se ha desarrollado un nuevo sistema de integración de normativa para el control de la demanda energética en software de modelado BIM. La incorporación de esta herramienta en el propio software de modelado BIM permite la realización de comprobaciones durante las fases de diseño, optimizando las prestaciones térmicas de los elementos que conforman la envolvente del edificio de una forma rápida y sencilla. Estos procesos han sido desarrollados utilizando algoritmos de programación adaptados a la normativa donde el alto nivel de personalización ofrece una gran versatilidad de adaptación a las necesidades tanto del proyecto como de cumplimiento normativo.

Como línea futura de trabajo se propone el desarrollo de herramientas que complementen el sistema enfocadas la comprobación de otros elementos de la envolvente, como suelos y cubiertas, de forma que se pueda realizar una evaluación completa del modelo, así como la integración de los algoritmos desarrollados en un complemento cargable en el software de modelado al cual pueda accederse a través de un repositorio.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido cofinanciado por el fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y por la Junta de Extremadura en el marco del proyecto VI Plan Regional del Investigación concedido al Instituto Tecnológico de Rocas Ornamentales y Materiales de Construcción (Intromac) a través del proyecto BIMEx "Herramientas para el desarrollo y mantenimiento de construcciones con metodología BIM en Extremadura con referencia IB 18094.

Referencias

- ALCIDES JACOSKI, C., & MACHADO HOFFMEISTER, L. (2018). "Potential use of bim for automated updating" en *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 35-43.
- AZUAR, S. (2011). "Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry" en *Leadership and Management in Engineering*.

DE ARRIBA SEGURADO, P., & GARCÍA BARQUERO, C. (2018). *Tendencias y Políticas de Eficiencia Energética en España*. Madrid: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

España. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo de 2006, Código Técnico de la Edificación. BOE 28 de marzo 2006.

España. Código Técnico de Edificación, Documento Básico HE 1, apéndice D. 29 de junio de 2018.

España. Código Técnico de la Edificación, Documento Básico HE 1, Apéndice E. 29 de junio de 2018.

España. Código Técnico de Edificación, Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía. Febrero 2015.

SÁNCHEZ ORTEGA, A. *EspacioBIM*. <<https://www.espaciobim.com/bim-3d-4d-5d-6d-7d>> [Consulta: 3 de febrero 2020]