

05-019

ENERGY AND BIM CERTIFICATION. CASE STUDY HOSPITAL UNIVERSITARIO DE JAÉN

Montiel Santiago, Francisco Javier ⁽¹⁾; Hermoso Orzáez, Manuel Jesús ⁽²⁾; Ureña Marín, José Ramón ⁽²⁾; Terrados Cepeda, Julio ⁽²⁾

⁽¹⁾ Servicio Andaluz de Salud / Universidad de Jaén, ⁽²⁾ Universidad de Jaén

The relative requirements on energy certification of buildings established in Directive 2002/91 / EC, replaced by Directive 2010/31 / EU, and recently amended by Directive (EU) 2018/844, were transposed into Spanish legislation through Royal Decree 47/2007, which was consolidated by Royal Decree 235/2013, which states that buildings occupied by a public authority must obtain an energy efficiency certificate, when their total useful area exceeds 250 m². On the other hand, Directive 2014/24 / EU, on public contracting, transposed to Spanish legislation through Law 9/2017, on Public Sector Contracts, establishes that, for public contracts for works, services and project competitions, contracting bodies may require the use of specific electronic tools, such as digital information modeling tools for construction (BIM). BIM is a collaborative work methodology for the management of building projects through a digital model, which allows these projects, throughout their life cycle, to be more efficient and sustainable. In this work, the interoperability between the official energy certification tools and the BIM is studied for a hospital building.

Keywords: energy simulation; energetic certification; BIM 6D; energy efficiency; decarbonization; sustainability

CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA Y BIM. CASO DE ESTUDIO HOSPITAL UNIVERSITARIO DE JAÉN

Las exigencias relativas sobre certificación energética de edificios establecidas en la Directiva 2002/91/CE, sustituida por la Directiva 2010/31/UE, y modificada recientemente por la Directiva (UE) 2018/844, se transpusieron a la legislación española a través del Real Decreto 47/2007, que fue refundido por el Real Decreto 235/2013, en el que se establece, que los edificios ocupados por una autoridad pública, deberán obtener un certificado de eficiencia energética, cuando su superficie útil total sea superior a 250 m². Por otra parte, la Directiva 2014/24/UE, sobre contratación pública, traspuesta a la legislación española a través de Ley 9/2017, de Contratos del Sector Público, establece que, para contratos públicos de obras, de servicios y concursos de proyectos, los órganos de contratación podrán exigir el uso de herramientas electrónicas específicas, tales como herramientas de modelado digital de la información de la construcción (BIM). BIM es una metodología de trabajo colaborativa para la gestión de proyectos de edificación a través de una maqueta digital, que permite que dichos proyectos, a lo largo de su ciclo de vida, sean más eficientes y sostenibles. En este trabajo, se estudia la interoperabilidad existente entre las herramientas oficiales de certificación energética y el BIM, para un edificio hospitalario.

Palabras clave: simulación energética; certificación energética; BIM 6D; eficiencia energética; descarbonización; sostenibilidad;

Correspondencia: Francisco Javier Montiel Santiago javier.montiel@coiiaor.es



©2020 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

Para mantener el nivel de vida y confort de nuestra sociedad actual, se necesita un elevado consumo energético, lo que llevado al sector de la edificación en Europa, supone en torno al 40% del consumo de la energía final en la Unión Europea (UE), tal y como se manifiesta en la Directiva 2012/27/UE (UE, 2012). Además, la creciente preocupación por la conservación del medioambiente y en particular, por el cambio climático, ha llevado a la Unión Europea, a la búsqueda de soluciones capaces de corregir dicho efecto. Para ello, y en aras de conseguir un uso racional de la energía y la descarbonización del sector edificatorio, la UE ha establecido exigencias relativas a la eficiencia energética de los edificios, cada vez más restrictivas, desde la Directiva 2002/91/CE (UE, 2002), que fue sustituida por la Directiva 2010/31/UE (UE, 2010), y modificada recientemente a su vez, por la Directiva (UE) 2018/844 (UE, 2018), y que se han traspuesto a la normativa española principalmente, en el (CTE-DB-HE) documento básico de ahorro de energía (Ministerio de Fomento, 2019), enmarcado dentro del Código Técnico de la Edificación (CTE) publicado como Real Decreto (Ministerio de la Vivienda, 2006). Las exigencias relativas sobre certificación energética de edificios establecidas en las mencionadas Directivas, se transpusieron a la legislación española a través del Real Decreto 47/2007 (Ministerio de la Presidencia, 2007) mediante el que se aprobó un Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción, que fue refundido por el Real Decreto 235/2013 (Ministerio de la Presidencia, 2013) por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, en el que se establece, que los edificios o unidades de edificios existentes ocupados por una autoridad pública, deberán obtener un certificado de eficiencia energética, cuando su superficie útil total sea superior a 250 m², y sean frecuentados habitualmente por el público. Del mismo modo también establece, el Procedimiento básico que debe cumplir la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética, considerando aquellos factores que más incidencia tienen en su consumo energético, así como las condiciones técnicas y administrativas para las certificaciones de eficiencia energética de los edificios. Para ello desde el Ministerio competente se promovieron tres programas informáticos, uno correspondiente a la opción general (herramienta unificada LIDER-CALENER “HULC”) y otros dos correspondientes a la opción simplificada (procedimientos simplificados CE3 y CE3X), que permiten realizar la calificación energética de edificios atendiendo a tres tipologías de edificios (residencial, terciario pequeño y mediano, y gran terciario) que van incrementando los requisitos de la certificación energética del edificio en función de la tipología del mismo. En los últimos años han ido apareciendo nuevos programas de certificación energética tal como CYPETERM HE Plus, SG SAVE o CERMA (viviendas), que son documentos reconocidos por los Ministerios competentes para la certificación de eficiencia energética de edificios en España, tanto para edificios nuevos como existentes.

Por otra parte, BIM es una metodología de trabajo colaborativa para la gestión de proyectos de edificación a través de una maqueta digital, que permite que dichos proyectos, a lo largo de su ciclo de vida, sean más eficientes y sostenibles (Boton & Kubicki, 2015). Uno de los aspectos que menos se conocen dicha metodología es la capacidad de obtener el modelo energético del edificio y lo que realizar el análisis energético desde la etapa concepción del diseño del edificio, lo que se conoce como la sexta dimensión del BIM (Yung, 2014) o BIM6D (figura 1), donde se aprovecha la información de las dimensiones anteriores Charef & Emmitt, 2018), principalmente la definición de la geometría, materiales de construcción y equipamientos. Mediante dicho modelo energético se puede simular el comportamiento real del edificio, lo permite ayudar en la toma de decisiones de diseño y de operación del edificio, no sólo para edificios de nueva construcción que deben ser, según legislación vigente (CTE-DB-HE), edificios de consumo de energía casi nulo, sino también para la rehabilitación de

los edificios existentes, dado que permite analizar de forma integral el impacto de dicha rehabilitación, orientándola a una mejora de la eficiencia energética, que a su vez proporcione una mayor calidad y confortabilidad en el uso del edificio. Si bien, es cierto, que es en la fase de diseño de nuevos edificios, donde mayor énfasis se puede hacer sobre el futuro edificio a construir en torno a la sostenibilidad y eficiencia energética, puesto que es en la fase en la se decide la geometría, orientación, compacidad, envolvente, etc., no deja de ser interesante usar esta metodología para estudiar la posibilidades de mejora de la eficiencia energética para la rehabilitación de edificios existentes, dado que tal y como se ha comentado anteriormente, BIM mejora la sostenibilidad a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio (Lu et al., 2019). Una vez que se obtiene el modelo energético del edificio, se pueden estudiar e identificar las posibles alternativas de mejora de la eficiencia energética, al igual que sucede con los programas de certificación energética de edificios, así como analizar las posibilidades de incorporación de energías renovables, que permitan la descarbonización de edificios de gran consumo energético, como por ejemplo, son los hospitalarios.

Figura 1: Dimensiones del BIM



Nota: Actualmente se empieza a hablar del 8D (Silva et al.,209): Seguridad y salud, P.R.L.

Finalmente, la Directiva 2014/24/UE (UE, 2014), sobre contratación pública, traspuesta a la legislación española a través de Ley 9/2017 (Jefatura del Estado, 2017), de Contratos del Sector Público, establece que, para contratos públicos de obras, de servicios y concursos de proyectos, los órganos de contratación podrán exigir el uso de herramientas electrónicas específicas, tales como herramientas de modelado digital de la información de la construcción (BIM). Dicha Ley en su artículo 1.3º expone que, en toda contratación pública se incorporarán de manera transversal y preceptiva criterios sociales y medioambientales siempre que guarde relación con el objeto del contrato, en la convicción de que su inclusión proporciona una mejor calidad-precio en la prestación contractual, así como una mayor y mejor eficiencia en la utilización de los fondos públicos.

Teniendo en cuenta lo expuesto no cabe duda de que la metodología BIM y más concretamente su correspondiente modelo energético, encaja perfectamente en la filosofía de la Ley 9/2019, dado que permite que los proyectos de construcción, a lo largo de su ciclo de vida, sean más eficientes y sostenibles, al mismo tiempo que aporta criterios cuantificables y objetivos para la adjudicación de contratos en el sector público (Fuentes,

2017), si bien es cierto, que en la actualidad existe un problema de interoperabilidad entre las herramientas de modelado BIM, y más concretamente con las herramientas reconocidas de certificación energética en España.

2. Objetivos

El presente documento sobre aplicación de la metodología BIM (Building Information Modeling) a la sostenibilidad y eficiencia energética (BIM6D), se realiza sobre un edificio del Hospital Universitario de Jaén, perteneciente al Servicio Andaluz de Salud. Para ello, este trabajo de investigación, se llevará a cabo utilizando uno de los aspectos que menos se conocen del BIM, como es la capacidad de obtener el modelo energético del edificio, lo que dentro de la metodología BIM se conoce como la sexta dimensión o BIM6D. Disponer de este modelo digital de información, para simular el comportamiento real del edificio permite ayudar en la toma de decisiones de diseño y de operación del edificio, no sólo para edificios de nueva construcción que deben ser, según legislación vigente, edificios de consumo de energía casi nulo, sino también para la rehabilitación de los edificios existentes.

Dicha simulación energética permitirá comprobar el estado energético actual del edificio, así como estudiar posibles alternativas de mejora de la eficiencia energética, optimizando la demanda energética, reduciendo las emisiones de CO₂ y el consumo de energía del edificio. Dichas medidas de mejora permitirán establecer criterios cuantitativos para la adjudicación de contratos en las Administraciones Públicas.

Finalmente, se analizará la interoperabilidad existente entre las herramientas reconocidas de certificación energética en España y el modelo BIM del edificio hospitalario.

3. Metodología

En primer lugar, se realiza el modelado arquitectónico del edificio y para ello se utiliza el software BIM REVIT® (AUTODESK®). Con dicho software también, se obtiene el modelo energético, con el que posteriormente se realiza la simulación y análisis energético con el plug-in para REVIT®, AUTODESK® INSIGHT 360® (INSIGHT 360®, 2020). Este software realiza la simulación energética en la nube, utilizando como motores de simulación DOE 2.2 (DOE 2.2, 2020) y EnergyPlus (EnergyPlus, 2020), líderes en el sector, de confianza y ampliamente establecidos, siendo DOE 2.2 el motor de cálculo de la Herramienta Unificada LIDER CALENER (HULC), opción general, para realizar las certificaciones energéticas de edificios en España. Una vez realizada la simulación energética, en la plataforma AUTODESK® INSIGHT 360® se visualizará e interactúa con los resultados obtenidos, a través de diagramas y esquemas de rendimiento directamente en modelo virtual, lo que permitirá estudiar tanto el estado actual del edificio, así como las posibles mejoras energéticas sobre el edificio.

Posteriormente, se analiza la interoperabilidad existente entre el modelo energético BIM, obtenido con INSIGHT 360®, y las herramientas reconocidas para la certificación energética de edificios terciarios (HULC, CYPETHERM HE Plus y SG SAVE). En este estudio se descarta del análisis, los procedimientos simplificados de certificación energética (CE3 y CE3X), ya que estudios recientes (Montiel, 2019) indican que estas herramientas no son apropiadas para la certificación energética de edificios de la tipología gran terciario.

4. Caso de estudio

El Centro de Diagnóstico y Tratamiento del Hospital Universitario de Jaén, es un centro sanitario del Servicio Andaluz de Salud, que pertenece a la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía, ubicado en Jaén, que atiende a la tipología de edificio gran terciario (GT) y

corresponde a la zona climática C4, según Código Técnico de la Edificación (CTE). La construcción del edificio data de 1972, como centro de atención especializada. El edificio, tiene como actividad principal la atención de las consultas externas del Hospital Universitario de Jaén. Como actividad complementaria en el edificio se encuentran los despachos de inspección médica (U.M.V.I.), salud mental comunitaria y archivos en el sótano del edificio.

4.1 Descripción del edificio

El Centro de Diagnóstico y Tratamiento del Hospital Universitario de Jaén (H.U.J.), se encuentra ubicado en un edificio de 1.000 m² de planta rectangular muy alargado y tiene 4 plantas construidas sobre la rasante, más semisótano y sótano. La superficie total construida es de 6.200 m² aproximadamente. Las 6 plantas en las que se divide el edificio son: Sótano, Semisótano, Baja, Primera hasta tercera. El edificio está realizado en estructura de hormigón armado y los muros del cerramiento exterior son fábrica de ladrillo cara vista, disponen de cámara de medio pie y un segundo tabique de fábrica de ladrillo enfoscado. También existen otros tipos de muros de cerramiento que contienen tierras que son de hormigón en masa de 250. Los forjados del edificio también son de hormigón armado. La carpintería exterior es de aluminio con vidrio simple de 6 mm sin rotura de puente térmico. La distribución interior está realizada con tabiques de fábrica de ladrillo enfoscado y, enlucidos. La cubierta principal del edificio es de teja curva, a dos aguas, no transitable. Los pavimentos son principalmente de terrazo. Los revestimientos son de aplacados cerámicos en aseos, enlucido de yeso y pintado (figura 2).

Figura 2: Vista general del Centro de Diagnóstico y Tratamiento del H.U.J



4.2 Descripción de las instalaciones del edificio

La producción de frío para climatización se realiza mediante dos enfriadoras por planta de expansión directa con conductos. Respecto a la generación de calor, con el fin de suministrar agua caliente para climatización, se realiza mediante calderas alimentadas con gas natural, ubicadas en la central térmica del Hospital Universitario de Jaén, que abastecen una serie de radiadores de agua situados en todas las zonas perimetrales del edificio.

La producción de agua caliente sanitaria (ACS), se realiza con las calderas de agua caliente alimentadas con gas natural, ubicadas en la central térmica del H.U.J.

Las luminarias del edificio son de tipo fluorescente en su mayoría, y no disponen de dispositivos de automáticos de control.

4.3 Definición del edificio en BIM para la simulación energética

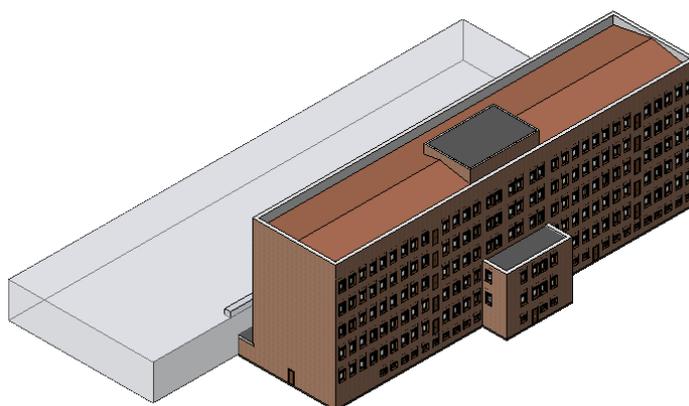
En este apartado es necesario definir todos los datos necesarios para realizar la simulación energética del centro sanitario con AUTODESK® INSIGHT 360®. Dichos datos son los referentes a la geometría, espacios, epidermis (Pérez, 2013), clima y características operacionales y ocupacionales, así como definición de los sistemas del edificio y la asignación de dichos sistemas a los espacios correspondientes.

En primer lugar, se partió de los planos del edificio en formato “dxf”, que sirvieron como plantilla para la construcción de la geometría y arquitectura BIM del Edificio mediante el programa REVIT®. Obtenido el modelo arquitectónico, se configuran los materiales de la envolvente térmica del edificio, las características operacionales y ocupacionales de todos los espacios para obtener el modelo energético, también con el software REVIT®.

4.4 Modelo arquitectónico del edificio

En la figura 3 se muestra el modelo arquitectónico en BIM del centro de sanitario, que consta de 226 espacios, con 354 ventanas y 242 puertas.

Figura 3: Modelo arquitectónico del edificio en REVIT®.



4.5 Modelo energético del edificio

Con el modelo arquitectónico y utilizando también el software REVIT® (AUTODESK®), se obtiene el modelo energético del edificio (figura 4 y 5), donde se define el sistema de climatización y se realiza la configuración energética del edificio y se asignan las características ocupacionales del mismo, para posteriormente realizar la simulación y análisis energético con el plug-in para REVIT®, AUTODESK® INSIGHT 360® en la nube. Finalmente, en dicha plataforma AUTODESK® INSIGHT 360® se visualizará e interactúa con los resultados obtenidos, a través de diagramas y esquemas de rendimiento directamente en modelo virtual. En el caso de un nuevo edificio, tendría sentido seleccionar una gama de posibilidades sobre los diferentes factores a analizar, hasta encontrar la solución más sostenible antes de construir el edificio. Pero en nuestro caso, dado que es un edificio existente, los factores de análisis se ajustarán a los reales del edificio, es decir, a los definidos en el modelo BIM del edificio, que coincide con la situación del triángulo en los diagramas de rendimiento (figura 9), que muestra AUTODESK® INSIGHT 360®.

Figura 4: Modelo energético del edificio en REVIT®.

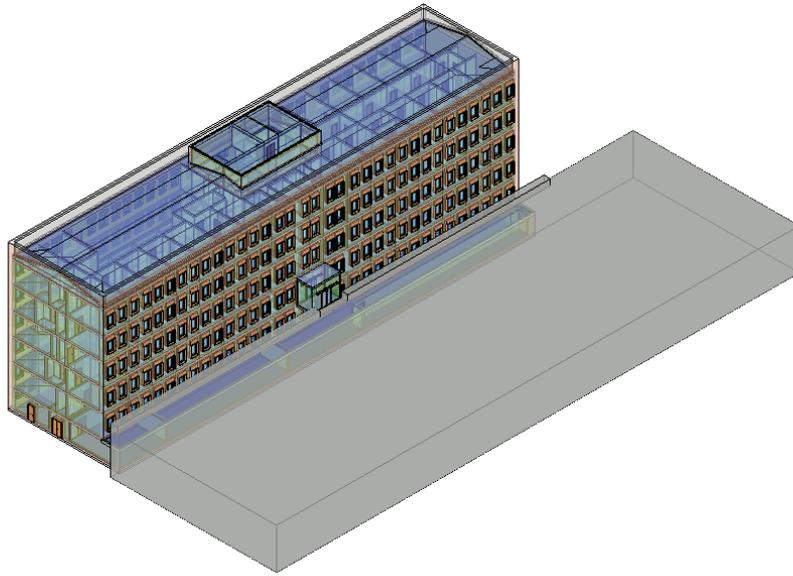
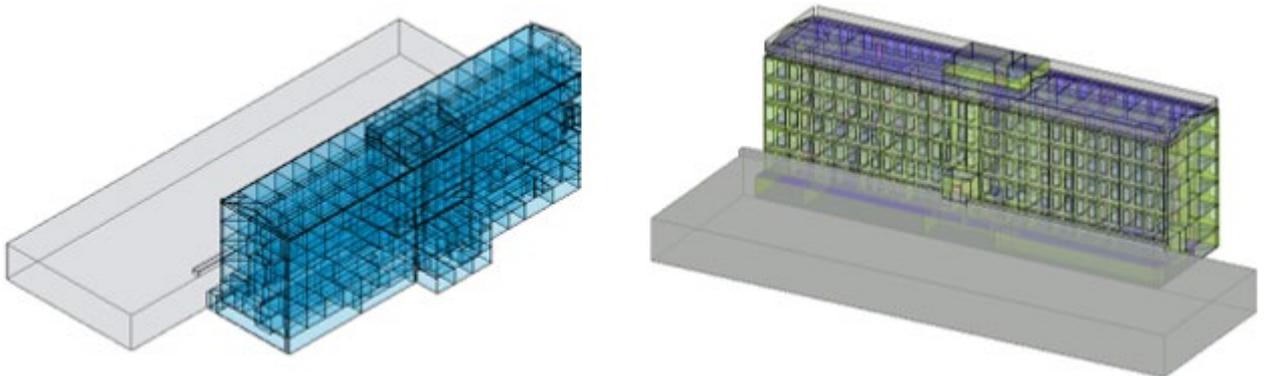


Figura 5: Vista en REVIT® espacios analíticos (izq.) y superficies analíticas (dcha.) del edificio.



5. Resultados

En primer lugar, se presentan los resultados obtenidos de la simulación energética del Centro Hospitalario con la herramienta AUTODESK® INSIGHT 360®.

Posteriormente se muestran los resultados de optimización energética y medioambiental obtenidos desde la plataforma AUTODESK® INSIGHT 360®, tras el estudio de las distintas alternativas de mejora posibles para el edificio hospitalario.

Finalmente se exponen los resultados de interoperabilidad del modelo energético BIM con las herramientas reconocidas de certificación energética propuestas.

5.1 Resultado obtenido en la simulación energética del edificio

En este punto, conviene indicar que AUTODESK® INSIGHT 360®, con los datos de nuestro edificio, realiza la simulación analizando cientos de casos posibles, y finalmente muestra los resultados identificando tres situaciones: la peor posible, la situación promedio y la mejor

posible. Como se puede observar en las figuras 6 y 7, de los casos analizados para nuestro edificio tendríamos:

- Consumo máximo: 482 kWh/m²/año.
- Consumo medio: 236 kWh/m²/año.
- Consumo mínimo: 107 kWh/m²/año

Figura 6: Vista del edificio y resultado obtenido en la plataforma INSIGHT 360®.

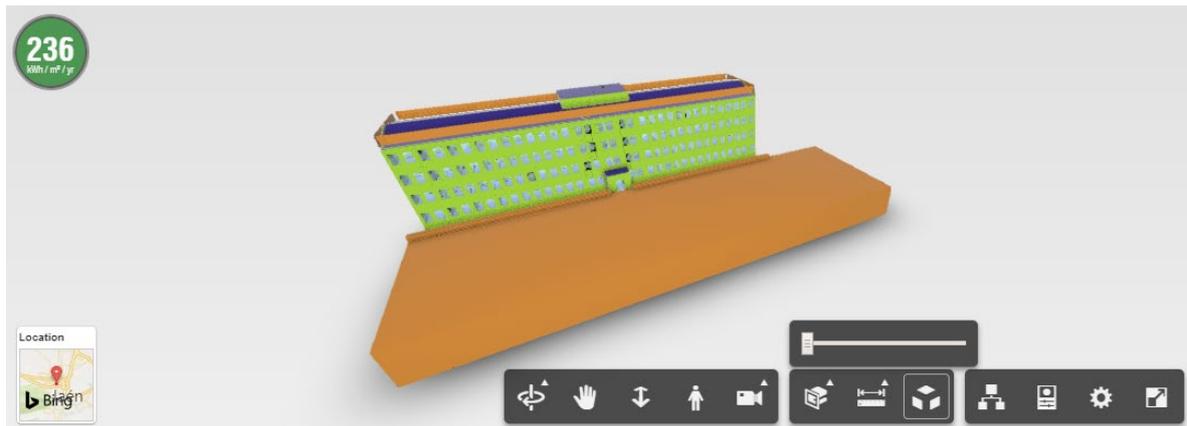
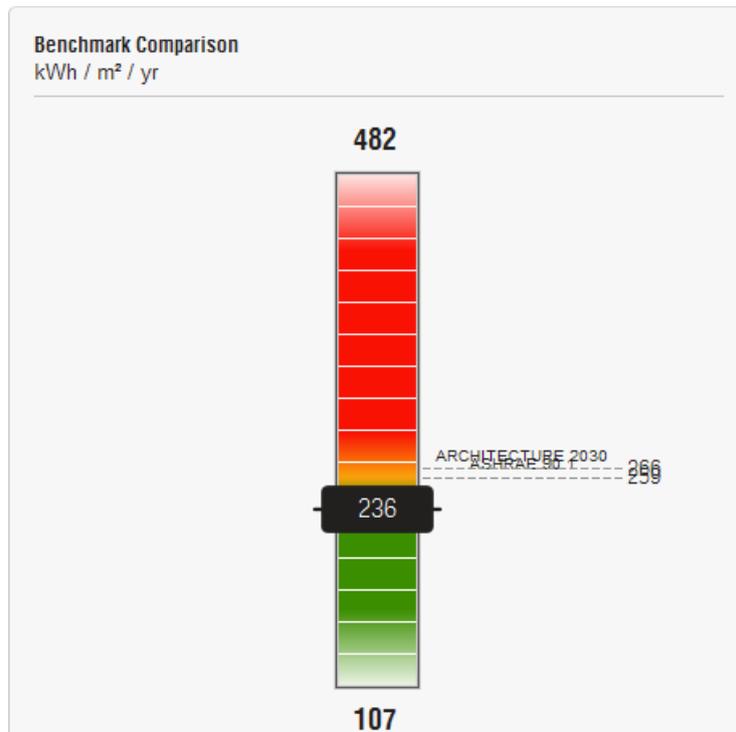


Figura 7: Resultado obtenido en la simulación energética en la plataforma INSIGHT 360®



En la plataforma AUTODESK® INSIGHT 360® se visualiza e interactúa con los resultados obtenidos, a través de diagramas y esquemas de rendimiento directamente en modelo virtual. Los factores a analizados en la simulación energética son los siguientes:

- Eficiencia de los sistemas de climatización.
- Eficiencia energética de la iluminación.
- Potencia eléctrica del resto equipos instalados en el edificio.
- Propiedades térmicas de la ventanas y Sombras en ventanas (N-S-E-O).
- Propiedades térmicas de los materiales que componen la fachada.
- Propiedades térmicas de los materiales que forman la cubierta.
- Infiltración.
- Control de la iluminación (presencia e iluminación natural).
- Planificación de la ocupación y operación del edificio.
- Energía Solar Fotovoltaica (superficie cubierta, retorno inversión, eficiencia energética de los paneles).
- Orientación del edificio y ratio de ventana respecto al muro (N-S-E-O).

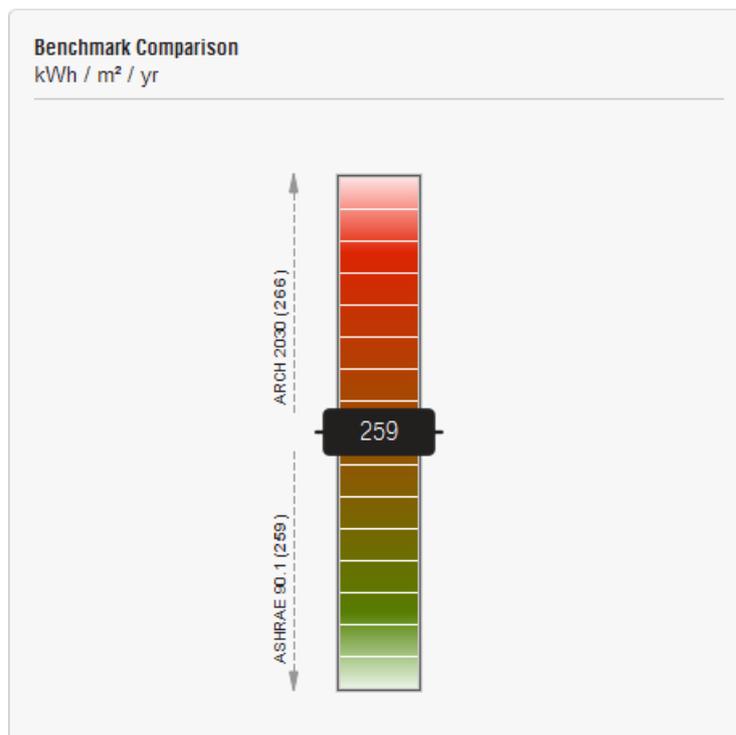
5.2 Resultado ajustado al modelo BIM del edificio estudiado.

Ajustando los factores de estudio a nuestro caso, es decir, al modelo BIM del edificio, obtendríamos un consumo de:

- 259.11 kWh/m²/año (figura 8).

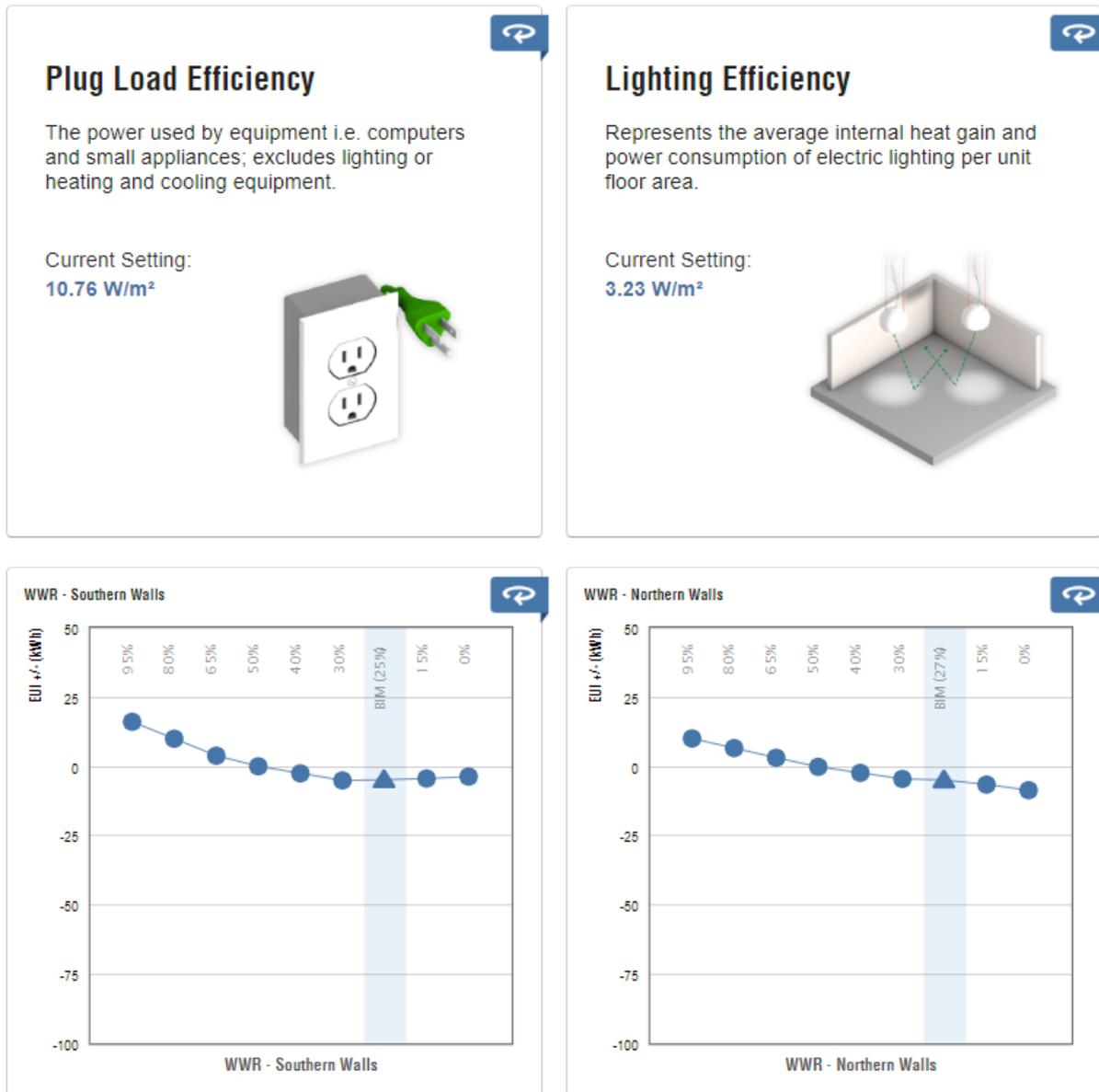
Para ello se han ajustado los diagramas y esquemas de rendimiento de factores analizados en INSIGHT 360® (figura 9), a nuestro modelo, es decir, al edificio actual.

Figura 8: Resultado obtenido en la simulación energética en la plataforma INSIGHT 360®



Sobre este caso vamos a estudiar las distintas alternativas de mejora (Aranda, 2010) (Rey, 2018). Para ello, actuamos nuevamente, sobre los factores de análisis de la simulación energética, en la plataforma AUTODESK® INSIGHT 360®, donde podemos visualizar e interactuar con los resultados obtenidos, a través de diagramas y esquemas de rendimiento (figura 9), directamente en modelo virtual, los que nos permitirá estudiar las posibles mejoras energéticas sobre el edificio actual.

Figura 9: Diagramas y esquemas de rendimiento del modelo virtual en INSIGHT 360®



5.3 Resultado de las distintas alternativas de mejora de eficiencia energética analizadas sobre la situación inicial (tabla 1)

1. Mejora del sistema de climatización del edificio.

Esta mejora consiste en sustituir los actuales sistemas de climatización del edificio por un nuevo sistema basado en bombas de calor de alta eficiencia energética.

2. Mejora del sistema de iluminación del edificio.

Esta mejora consiste en sustituir las luminarias actuales tipo fluorescentes por otras de tecnología LED.

3. Mejora en la calidad de los huecos de la envolvente del edificio.

Esta mejora consiste en sustituir las ventanas actuales de vidrio simple por otras de vidrio doble bajo emisivo.

4. Mejora en control de iluminación del edificio.

Esta mejora consiste en la instalación de un sistema de control de presencia y aprovechamiento de luz natural para la iluminación del edificio.

5. Mejora en potencia eléctrica instalada de equipos en el edificio.

Esta mejora consiste en la instalación de equipos más eficientes que los actualmente instalados en el edificio (ascensores, equipamiento electromédico (RX), equipos ofimáticos, etc.).

6. Mejora de generación de energía eléctrica.

Esta mejora consiste en la instalación de paneles fotovoltaicos de alto rendimiento en el 75% de la cubierta del edificio.

7. Mejora global de alternativas propuestas

En este apartado se unen todas las mejores estudiadas anteriormente desde la nº 1 hasta la nº 6, para obtener la mejora global en su conjunto.

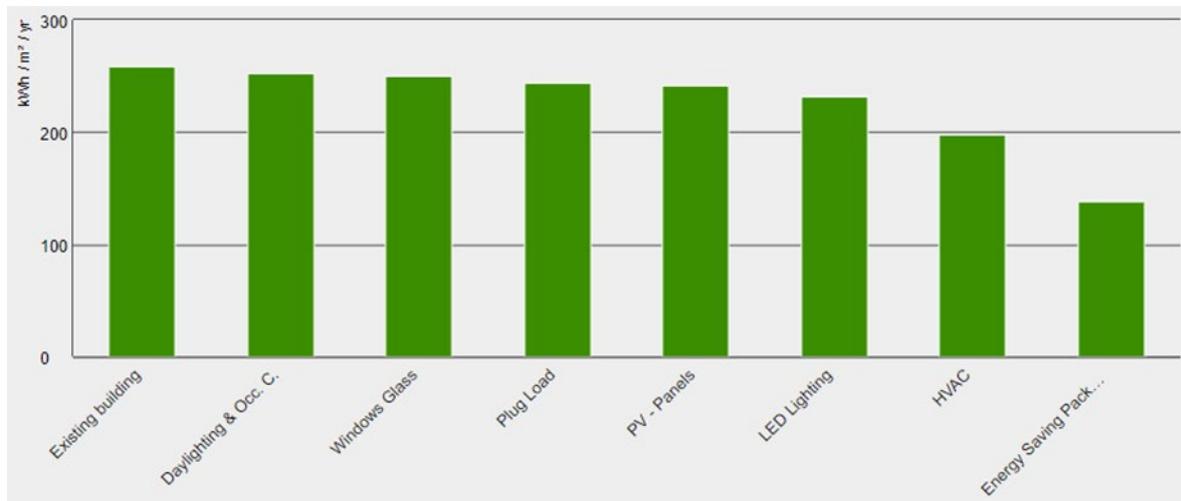
Los resultados obtenidos tras la aplicación de las mejoras en la simulación energética se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Resultado obtenido en las alternativas estudiadas sobre la simulación del edificio

Mejora Número	Denominación escenario	Consumo energético (kWh/m2/año)	Ahorro energético (kWh/m2/año)
Sit. inicial	Existing building	259.11	--
1	HVAC	198.02	61.09
2	LED Lighting	232.31	26.8
3	Window Glass		
4	Daylighting & Occ.C.	250.45	8.66
5	Plug Load	252.16	6.95
6	PV - Panels	244.57	14.54
7	Energy Saving Package	138.17	120.94

Con las mejoras propuestas se consigue un **ahorro energético total del 47% sobre la situación actual** del Centro Hospitalario.

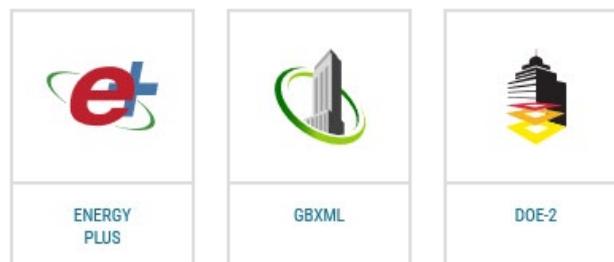
Figura 10: Diagramas y esquemas de rendimiento del modelo virtual en INSIGHT 360®



5.4 Interoperabilidad existente entre las herramientas oficiales de certificación energética y el BIM

En este punto se analiza la interoperabilidad existente entre el modelo energético BIM, obtenido con INSIGHT 360®, y las herramientas reconocidas para la certificación energética de edificios terciarios, concretamente HULC (IDAE 2016), CYPETHERM HE Plus (Cypeingenieros, 2018) y SG SAVE (Efinovatic, 2018). En este estudio se descarta del análisis, los procedimientos simplificados de certificación energética (CE3 y CE3X), ya que estudios recientes (Montiel, 2019) indican que estas herramientas no son apropiadas para la certificación energética de edificios de la tipología gran terciario. En la siguiente figura 11 se muestran las posibilidades de exportación que ofrece AUTODESK® INSIGHT 360®.

Figura 11: Posibilidades de exportación del modelo virtual en INSIGHT 360®



Los resultados del análisis de interoperabilidad entre el modelo de INSIGHT 360® y las herramientas de calificación energética reconocidas en España se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Análisis de interoperabilidad del modelo virtual de INSIGHT 360® y las herramientas de certificación energética de edificios en España

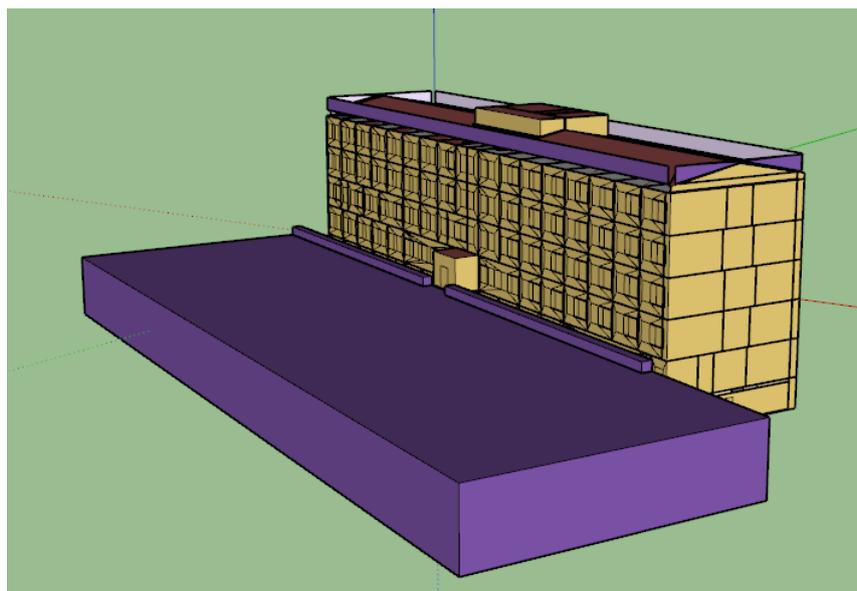
	Geometría edificio	Características envolvente edificatoria	Características operativas y ocupacionales	Sistemas Iluminación	Sistemas climatización y ACS
HULC (2019)	No ¹	No	No	No	No
CYPETHERM HE Plus ²	No ³	No ³	No ³	No ³	No ³
SG SAVE ²	Sí	No	No	No	No

Nota²: La única forma de importar la geometría del modelo sería previo paso por otros programas como SG SAVE o CYPECAD MEP.

Nota²: Actualmente (abril 2020) CYPETHERM HE Plus y SG SAVE están adaptando sus programas al nuevo CTE-DB-HE 2019. Cuando actualicen sus versiones se revisará la tabla por si existen cambios.

Nota³: CYPETHERM HE Plus permite importar datos en formato IFC, pero el modelo INSIGHT 360° no se exporta a IFC, por lo que solo podrá exportarse el modelo energético desde REVIT

Figura 12: Geometría del edificio importada a SG SAVE desde INSIGHT 360®.



En ningún caso, ni desde el mismo INSIGHT 360®, es posible incorporar las mejoras realizadas en eficiencia energética, al modelo original como elementos del modelo de BIM, únicamente se podría incorporar como archivos de resultados.

Teniendo en cuenta lo expuesto, la gestión energética en BIM 6D y los programas de certificación energética en España, están lejos de poder complementarse, por lo que el potencial de esta línea de trabajo es enorme. Posiblemente la solución pasa porque la certificación energética debería ser más abierta y no limitada a una serie de programas, que como en el caso de HULC, se introducen unos datos, y sin que el usuario conozca su funcionamiento real, y el programa arroja unos resultados. En opinión de los autores, con la certificación energética en España debería suceder algo similar a lo ocurrido con la limitación de la demanda energética en CTE-DB-HE de 2019, donde se ha eliminado el uso

del programa LIDER, y queda en manos del proyectista asegurar que se cumplan las limitaciones de demanda energética, según unos límites fijados. Un criterio similar podría ser una solución para no romper el flujo de trabajo BIM a lo largo del ciclo de vida del edificio, dado que por ejemplo el software utilizado en este estudio utiliza los mismos motores de cálculo (DOE 2.2 Y Energy plus) que HULC, CYPETHERM HE Plus y SG SAVE, por lo que el resultado podría ser válido si se estableciera otro mecanismo de certificación energética más abierto.

6. Conclusiones

Con la información facilitada en este trabajo, se puede observar, como el análisis energético del modelo BIM del edificio, permite identificar las medidas más destacadas desde el punto de vista del ahorro energético, así como descartar otras medidas a priori interesantes, lo que se traduce en una herramienta de ayuda en la toma de decisiones, y muy a tener en cuenta a la hora de rehabilitar y modernizar un edificio, además de posibilitar criterios cuantificables de valoración en la contratación administrativa, para la adjudicación de proyectos (edificios nuevos y rehabilitación).

Finalmente podemos indicar que, tras el análisis de la simulación energética del edificio, y llevando a cabo las medidas de ahorro energético analizadas en INSIGHT 360®, se consigue un ahorro energético del 47% sobre el estado actual, en un centro hospitalario de 50 años de antigüedad, con la consiguiente reducción de emisiones de CO₂, lo que se traduce en un edificio más sostenible, a parte del ahorro económico por la reducción de consumo energético, todo esto desde el modelo BIM, o lo que es lo mismo en la etapa inicial del proyecto.

Por último, hay que destacar las posibilidades de gestión energética del BIM 6D, dado que el modelo de edificio hospitalario, realizado con AUTODESK® INSIGHT 360® es exportable a diversos formatos, donde se puede realizar un análisis energético aún más detallado, sin embargo la interoperabilidad con las herramientas de certificación energética de edificios reconocidas en España, es prácticamente inexistente, por lo que todo el flujo de trabajo BIM, que abarca todas la etapas de vida del proyecto, se pierde, dado que estas herramientas, no permiten importar todas las características del modelo BIM de AUTODESK® INSIGHT 360®. Tampoco es posible exportar los cambios propuestos, para mejorar el resultado de la calificación energética, por lo que hay que volver a introducir la mayor parte de los datos del edificio, perdiéndose el flujo de trabajo BIM. Todavía esto resulta más relevante, si tenemos en cuenta que debe realizarse, tanto la calificación energética del edificio proyectado, como del edificio terminado, motivo por el que debería mejorar esta interoperabilidad entre el modelo energético BIM y los programas de certificación energética de edificios en España. Por otra parte, esta pérdida de interoperabilidad, complica las posibilidades de utilizar estos criterios cuantificables de mejora de la sostenibilidad de los edificios, en la adjudicación de contratos públicos, tal y como requiere la Directiva 2014/24/UE (UE, 2014), sobre contratación pública, traspuesta a la legislación española a través de Ley 9/2017 (Jefatura del Estado, 2017), de Contratos del Sector Público.

Agradecimientos

Al Hospital Universitario de Jaén perteneciente al Servicio Andaluz de Salud por el acceso a los datos del edificio y sus instalaciones.

Referencias

- Aranda Usón A., "Eficiencia energética en instalaciones y equipamiento de edificios. Zaragoza Prensas Universitarias de Zaragoza, 2010.
- Boton C., Kubicki S., G.H. The challenge of level of development in 4D/BIM simulation across AEC project lifecycle. A case study. In Proceedings of the Procedia Engineering; 2015; Vol. 123, pp. 59-67. DOI:10.1016/j.proeng.2015.10.058.
- Charef, R.; Emmitt, S. Beyond the third dimension of BIM : A systematic review of literature and assessment of professional views. Journal of Building Engineering 2018, 19, 242-257.
- Cypeingenieros. CYPETHERM HE Plus – Manual de usuario. Alicante. 2018
- DOE2.2, Obtenido el 1 de mayo, desde <http://doe2.com/doe2/>.
- Efinovatic. "SG-SAVE Manual de usuario". Madrid .2018
- EnergyPlus, Copyright (c) 1996-2019, L.J. de S. de la U. de I. EnergyPlus 2020, Obtenido el 1 de mayo, desde <https://energyplus.net/>.
- Fuentes-Bargues, J.L., González-Cruz M.C., González-Gaya C. Environmental Criteria in the Spanish Public Works Procurement Process. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2017-02 DOI: 10.3390/ijerph14020204
- INSIGHT 360®, Obtenido el 1 de mayo, desde <https://insight360.autodesk.com/oneenergy/257>. DOI:10.1016/j.jobe.2018.04.028.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE). Ministerio de Industria y Energía. "Manual de usuario de la Herramienta Unificada LIDER-CALENER". Madrid, IDAE, 2017.
- Jefatura del Estado. Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014. BOE
- Lu, K.; Jiang, X.; Tam, V.W.Y.; Li, M.; Wang, H.; Xia, B.; Chen, Q. Development of a Carbon Emissions Analysis Framework Using Building Information Modeling and Life Cycle Assessment for the Construction of Hospital Projects. Sustainability 2019, 11, 6274. DOI:<https://doi.org/10.3390/su11226274>.
- Ministerio de Vivienda (2006). Código Técnico de la Edificación (CTE). Real Decreto 314/2006. Madrid. Boletín Oficial del Estado (BOE).
- Ministerio de Fomento (2019). CTE-Documento básico HE - Ahorro de Energía (CTE-DB-HE). Real Decreto 732/2019. Madrid. Boletín Oficial del Estado (BOE).
- Ministerio de Vivienda. Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción. Boletín Oficial del Estado (BOE).
- Ministerio de la Presidencia. Real Decreto 235/2013, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios". Publicado el 5 de abril de 2013. Boletín Oficial del Estado (BOE).
- Montiel-S., F.J.; MJ, H.-O.; Julio, T.; Paulo, B. Analysis and Energy Certification of an Andalusian Public Health Center. Comparative between the General Option and Simplified Procedures. In Proceedings of the Proceedings. Presented at the 5th Ibero-American Congress on Entrepreneurship, Energy, Environment and Technology—CIEEMAT, Portalegre, Portugal, 11–13 September 2019.; MDPI, Ed.; 2019; p. 38(1) Page 3. DOI: <https://doi.org/10.3390/proceedings2019038003>
- Pérez Cobos S., "Certificación energética de edificios existentes. Criterios para la identificación de la envolvente térmica. Barcelona, Marcombo, 2013.
- Rey Martínez F. J., "Eficiencia energética de los edificios. Certificación energética". Madrid, Paraninfo, 2018.
- Silva, T.; Manta, R.; Teti, B.; Melhado, S.; Barkocebas-Junior, B.; Lafayette, K. BIM (8D) AS A MANAGEMENT TOOL IN OCCUPATIONAL SAFETY: PERSPECTIVES FOR USE. In Proceedings of the SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 2019, Uberlândia.; Uberlândia: PPGAU/FAUeD/UFU, Ed.; VI SBQP-Uberlândia: Brasilia (Brasil), 2019; pp. 636-646. DOI <https://doi.org/10.14393/sbqp19059>.

Unión Europea (UE). Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios. DOUE

Unión Europea (UE). Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios. DOUE

Unión Europea (UE). Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE. DOUE

Unión Europea (UE). Directiva (UE) 2018/844 del parlamento europeo y del consejo de 26 de febrero de 2014 sobre contratación pública y por la que se deroga la Directiva 2004/18/CE. DOUE

Unión Europea (UE). Directiva 2014/24/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética. DOUE

Yung P., X.W. A 6D CAD model for the automatic assessment of building sustainability. International Journal of Advanced Robotic Systems 2014, 11, 531-540.DOI:10.5772/58446.

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

