

02-001

REVIEW OF BIM SOFTWARE FOR INTERIOR LIGHTING. MODELING AND CALCULATIONS APPLIED TO UNIVERSITY OF JAEN SPORTS CENTER'S OFFICE.

Hermoso-Orzáez, Manuel Jesús ⁽¹⁾; Santiago Martínez, M^a Ángeles ⁽²⁾; Montiel-Santiago, Francisco Javier ⁽³⁾; Ogayar Fernández, Blas ⁽²⁾; Gago-Calderón, Alfonso ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Universidad de Jaén. Departamento Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos, ⁽²⁾ Universidad de Jaén, ⁽³⁾ Mantenimiento Hospital de Jaén, ⁽⁴⁾ Universidad de Málaga

Currently, in the construction sector in general and Lighting Installations in particular, there is an increasing demand for greater interoperability and constant flow of information, in a collaborative way, between the different agents involved in the projects. This has led to errors or misunderstandings among the various participants. Even incurring cost overruns and loss of information and time in the project. Since not always all work on updated data and some of the information can be lost or transferred in a defective way. With the emergence of BIM (Building Information Modeling) technology, it is intended to change this trend, allowing the project to be managed more efficiently, with the consequent saving in the investment of time and resources. In this work, the aim is to analyze this new BIM methodology, applied in particular to indoor lighting projects. Carrying out an updated review of the different software, widely used commercially, for Lighting with BIM methodology. Studying the interoperability between them, as well as the exchange and information flows of the exchange models. Analyzing its precision, advantages, and disadvantages, as well as possible problems or defects detected in the interconnection and information transfer processes.

Keywords: Building Information Modeling; BIM: indoor lighting; lighting software; light efficiency.

REVISION DEL DESARROLLO SOFTWARE BIM PARA ILUMINACIÓN INTERIOR. MODELADO Y CÁLCULOS APLICADO A LAS OFICINAS DEL POLIDEPORTIVO UNIVERSIDAD DE JAEN.

Actualmente en el sector de la construcción en general y de las Instalaciones de Iluminación en particular, se demanda cada vez más, una mayor interoperatividad y flujo de información constante, de forma colaborativa, entre los distintos agentes involucrados en los proyectos. Esto ha provocado que surjan errores o malentendidos entre los distintos participantes. Incurriendo incluso en sobrecostes y pérdida de información y tiempo en el proyecto. Ya que no siempre todos trabajan sobre datos actualizados y parte de la información puede perderse o transferirse de forma defectuosa. Con la irrupción de la tecnología BIM (Building Information Modeling) se pretende cambiar esta tendencia, permitiendo gestionar de una manera más eficiente el proyecto, con el consecuente ahorro en la inversión de tiempo y recursos. En este trabajo, se pretende analizar esta nueva metodología BIM, aplicada en particular a los proyectos de iluminación indoor. Realizando una revisión actualizada de los distintos softwares, de uso comercial generalizado, para Iluminación con metodología BIM. Estudiando la interoperatividad entre ellos, así como el intercambio y flujos de información de los modelos de intercambio. Analizando, su precisión, ventajas e inconvenientes, así como los posibles problemas o defectos detectados en los procesos de interconexión y transferencia de información.

Palabras claves: Building Information Modelling; BIM: iluminación indoor; software para iluminación; eficiencia lumínica.

Correspondencia: Manuel Jesús Hermoso-Orzáez mhorzaez@ujaen.es



1. Introducción

1.1. Revisión de la tecnología BIM

El uso en proyectos de ingeniería de la metodología BIM (Building Information Modeling), que se basa en la creación o construcción de un modelo central o base de datos compartida y colaborativa, en la que los agentes que intervienen en el proyecto crean y acceden fácilmente a la información, reduciendo el número de intercambios entre ellos y evitando pérdidas o duplicados (*¿Qué Es BIM? - BuildingSMART Spanish Chapter*, n.d.), es hoy día, una realidad imparable. Son tantas las ventajas que presenta, que cada año las búsquedas del término “BIM” en internet y las publicaciones relacionadas, han ido aumentando progresivamente (González, 2015). De hecho, se ha evaluado esta metodología no solo a nivel individual, sino mediante su conexión con otros sistemas como GIS (Geographic Information System) (Bravo, Abarca & Zamorano, 2016). La interoperatividad, no obstante, no está del todo conseguida, debido a la incompatibilidad en los estándares utilizados (Arcuri et al., 2020), pero lograda la interacción, se podrá aplicar en áreas como el control de costes o la planificación, (Irizarry & Karan, 2012). La integración de BIM es fundamental, porque hasta el momento solo se podía representar la geometría de los proyectos mediante nubes de puntos sin ninguna información adicional (López, 2018). La metodología BIM está revolucionando la construcción a nivel global (Troncoso et al., 2019) (Lu et al., 2017). En Estados Unidos, pionero en el desarrollo de documentación BIM, se estableció en 2013 un programa nacional para integrar BIM en la industria de la construcción (Martin, Gonzalez de Chaves & Roldan, 2014). En Reino Unido, desde 2016, se exige que todos los proyectos públicos se realicen mediante BIM (Panteli et al., 2020) y bajo los estándares de su normativa PAS1192-2:2013, de modo que los stakeholders que no lo hagan, no obtendrán ningún proyecto (*Contexto Internacional y Regional BIM - Estudio ESE*, 2020). En la Unión Europea, la directiva Directiva 2014/24/UE (Unión Europea, 2014) instaba a sus miembros a actualizar las normas relativas a las licitaciones y contrataciones públicas, para emplear nuevas tecnologías (BIM) mejorando y agilizando los procesos (EIGP, 2019). Así, el Gobierno de España estableció la Comisión BIM, cuya misión es incrementar el nivel de madurez de esta tecnología, así como posicionar a España como referente mundial y promover el uso de BIM en el ámbito profesional y docente (Ministerio de la Presidencia, 2019).

En el ámbito docente, diversas tesis doctorales estudian cómo la introducción de asignaturas que utilicen BIM en los grados de ingeniería industrial o arquitectura, impacta en los alumnos y en su inclusión en el mundo laboral (Prieto, 2017). Incluso, el 80% de los alumnos encuestados, creen que incluir BIM en la asignatura Proyectos hace que se acerque a la realidad profesional. Por lo que es conveniente implantarlo en asignaturas de grado (Blanco, 2016), y no ofrecerlo como un complemento (Oliver, 2015), ya que, ante un mundo laboral tan tecnológico, es necesario que los graduados tengan unos conocimientos mínimos sobre BIM para poder desarrollar su labor profesional completamente. Labores profesionales que están cambiando, como la del Project Manager, que está siendo sustituida poco a poco por la del BIM Manager, ya que según (Álvarez & Bouzas, 2015, p. 38): “BIM solo es valioso si para su desarrollo se aplican procedimientos de Project Management”. Y es que un BIM Manager, además de coordinar el modelaje y los recursos del proyecto, colaborando con todos los agentes involucrados, se encarga de la correcta implantación y uso de la metodología BIM. (Rahman et al., 2016).

Para gestionar un proyecto de manera eficiente a través de BIM, es necesaria la correcta coordinación de toda la información que proviene de los agentes. Sin embargo, como cada uno utiliza su propio software de diseño, las características del modelo son diferentes, lo que conlleva problemas de interoperabilidad. Para resolverlo, en 1994 la asociación BuildingSMART (inicialmente conocida como Industry Alliance for Interoperability) comenzó a desarrollar IFC (Industry Foundation Classes), que es un estándar de código abierto (Open

BIM) que permite la descripción, compartición e intercambio de información de un proyecto durante todo su ciclo de vida, independientemente del software utilizado, garantizando así la interoperabilidad (buildingSMART, 2020). Este estándar, a día de hoy sigue presentando problemas entre los diferentes softwares, como son la falta de información o su inconsistencia. De hecho, se están implementando sistemas que, a través del análisis de información IFC intercambiada entre el propietario de un modelo estructural y uno arquitectónico, establecen unos métodos, que ayudan a subsanar o mitigar los problemas entre ambos (Ren & Zhang, 2021). Además, existen otros que mejoran la gestión de calidad en la construcción, definiendo una nueva base de datos basada en IFC, donde sí se tiene en cuenta la información referente a la calidad de un proyecto que, tradicionalmente, no estaba integrada en un único modelo, (Xu et al., 2018). Además, también es necesario que una construcción sea, a lo largo de todo su ciclo de vida, funcional, eficiente y sostenible (Boton, Kubicki & Halin, 2015). Estos aspectos son menos conocidos, y se consiguen, mediante el correcto dimensionado de las instalaciones como por ejemplo las de iluminación interior (Santiago et al., 2020). Sin embargo, en relación a la interoperabilidad de la instalación de iluminación, existen pocos estudios en los que se analice cómo interoperan los diferentes programas que trabajan con la metodología BIM, por ello se hace necesario este trabajo de revisión.

1.2. Objetivos

En el presente trabajo, pretende a través del modelado y cálculo de una instalación de iluminación interior, como caso de estudio, analizar como interoperan los diferentes softwares de iluminación, que utilizan entornos colaborativos BIM, desde el punto de vista constructivo y lumínico. Con el objetivo de conocer en qué punto de desarrollo se encuentra esta nueva metodología y hacia dónde debe de seguir evolucionando. Se abordará en primer lugar el grado de interconexión que se produce a nivel constructivo, evaluando a través de la conservación o no de los diferentes elementos estructurales que componen el edificio, y con qué nivel de detalle es capaz de reproducirse el modelo en el destino. Y en segundo lugar, se tratará de valorar la calidad de los resultados luminotécnicos que se obtienen con los diferentes programas comercialmente utilizados, así como la capacidad de exportación de la instalación de iluminación y sus cálculos asociados. Una vez concluidos ambos análisis, se discutirá en base a sus resultados, el potencial que posee o que es capaz de proporcionar cada uno de los softwares empleados, evaluando así cuál de ellos es el que ofrece unas mayores prestaciones cuando se lleva a cabo un proyecto de iluminación bajo la metodología BIM.

2. Metodología

La metodología de este trabajo, la apoyaremos a partir de un caso práctico, consistente en el modelado y cálculo luminotécnico de una oficina. En él se emplean diferentes softwares que integran esta metodología, comprobando el grado de compatibilidad entre ellos, mediante sucesivas pruebas de importación y exportación de ficheros IFC, siguiendo el flujo que se detalla en el diagrama de la figura 1

A tal efecto, los programas utilizados son Revit 2019, los módulos pertenecientes a CYPE 2020 (CYPECAD MEP, CYPELUX CTE e IFC Builder), y Dialux Evo 9.0, software especializado en el cálculo de instalaciones de iluminación. Dichas herramientas han sido elegidas por ser completamente accesibles mediante la licencia universitaria y tener un elevado nivel de uso dentro tanto del sector de la iluminación como de la construcción.

Por último, se desarrolla la fase de análisis en la que se incluyen los resultados obtenidos en el estudio de interoperabilidad. Para ello, se analiza de forma pormenorizada cuáles son los datos que llegan correctamente al programa destino y cuáles no han sido posible transferir.

Figura 1. Diagrama de flujo

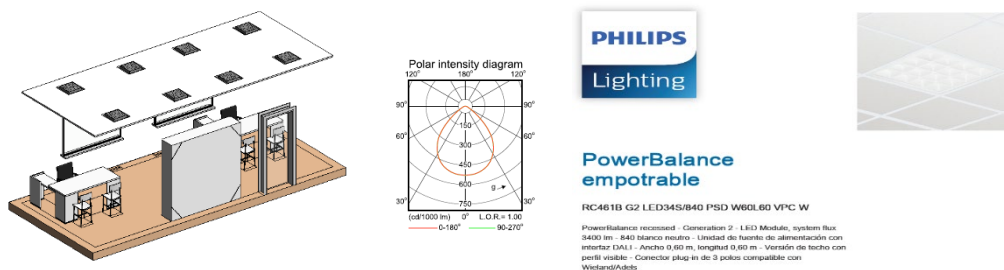


3. Caso de estudio

La construcción objeto de este análisis de interoperabilidad es una oficina extraída de un edificio de pública concurrencia, concretamente de un polideportivo con piscina cubierta situado en Jaén que fue diseñado con anterioridad en un Trabajo Fin de Grado de la Universidad de Jaén (Santiago, 2018). Se ha escogido solamente una oficina y no el edificio completo ya que, en términos de diseño estructural, mobiliario y luminotécnico, se disminuye considerablemente el tiempo de cálculo y el tamaño (bytes) que ocupa la información generada por las diferentes aplicaciones. Además, esta incluye todos los elementos necesarios para obtener conclusiones lo suficientemente completas sobre la interoperabilidad. La oficina se encuentra en la planta baja del polideportivo, compuesto por tres alturas de 3 m cada una. Las dimensiones son 8,64 x 3,55 x 3 metros. Al tratarse la oficina como un edificio aislado, los muros se tratan como fachada de 26,5 cm de espesor, compuestos de una capa de ladrillo de 12,5 cm de espesor, cámara de aire de 6 cm con panel de poliestireno expandido y lámina de aluminio de 3 cm para garantizar el aislamiento térmico, recubierto de enlucido blanco. El suelo está formado por un forjado sanitario de bovedillas de hormigón de 18 cm de espesor con un acabado de parqué. La cubierta escogida, en lugar de forjado entre pisos, es plana transitable de 40 cm de espesor compuesta por una losa de hormigón, una capa de arcilla expandida con su regularización en mortero de cemento, para garantizar la impermeabilización, y un acabado en azulejo cerámico. La instalación de iluminación se alberga en un falso techo continuo suspendido, constituido por una cámara de aire sin ventilar y placas de yeso laminado de 3,5 cm de espesor situado a una distancia de 2,9 metros desde el suelo. Los coeficientes de reflexión de las superficies del techo, paredes y suelo son 70%, 50% y 20%, respectivamente (figura 2). Dentro de la oficina se incluyen unos elementos que afectan al cálculo luminotécnico. Los cuales son una puerta abatible de aluminio 1000 x 2100 mm con vidriera de una sola hoja y dos ventanas fijas de aluminio 2100 x 1500 mm con doble acristalamiento, situadas en la fachada de la oficina orientada hacia el noreste. Además del mobiliario representativo de una oficina y las luminarias de tipo empotrado de la marca Philips y modelo RC461B G2 LED34S/840 PSD W60L60 VPC W, con flujo lumínico de 3400 lm y potencia de 24 W. Los elementos exteriores, que puedan tener una repercusión en el cálculo

luminotécnico en forma de sombras, como árboles o edificios colindantes, no han sido tenidos en cuenta al no encontrarse dichos elementos en las inmediaciones del polideportivo.

Figura 2. Vistas del interior de la oficina en Revit (izq.) y tipología de las luminarias



4. Resultados

Para la obtención de los resultados desde ambos puntos de vista, construcción e iluminación, se analizan las interoperabilidades de los diferentes programas por parejas, con la premisa de realizar siempre la transmisión de información en ambos sentidos.

4.1. Resultados obtenidos del análisis constructivo

Los resultados de tipo constructivo obtenidos del análisis de compatibilidad entre los diferentes softwares que utilizan metodología BIM, son los que se muestran en la tabla 1, donde a través de la conservación o no de 14 conceptos, se muestra de forma sintetizada las distintas posibilidades de interconexión. Una vez mostrados los resultados de las diferentes interconexiones de forma esquemática, se procede a desarrollarlos en profundidad.

Interoperabilidad de Revit

Los resultados de la interoperabilidad desde Revit hacia los diferentes programas son muy similares. Los niveles, las dimensiones, el suelo, los muros, la puerta y las ventanas son correctamente interpretados por los softwares destino, excepto en CYPELUX CTE, que al solo trabajar con recintos no necesita la introducción de ningún tipo de elemento constructivo. Otro aspecto es la ubicación del edificio, que en IFC Builder y CYPELUX CTE al no ser necesaria no se importa, pero tanto en Dialux Evo como CYPECAD MEP, es imprescindible para realizar los cálculos luminotécnicos, por lo que hay que redefinirla.

En cuanto a la cubierta y al falso techo, solo presentan problemas en IFC Builder y CYPECAD MEP. En el caso de la cubierta, pese a detectarla, no es reconocida como un tejado sino como una azotea, lo que produce que en la representación 3D, los muros se alarguen para contenerla en lugar de representar ambos elementos de forma independiente. Además, tras varias pruebas se concluyó que siempre que sea una cubierta plana, va a ser detectada como azotea, mientras que si es cubierta inclinada o a dos aguas va a ser tratada como un tejado. Respecto al falso techo, este ni siquiera se detecta al no permitir dichos módulos estancias con doble altura.

En relación al mobiliario, solo se transfiere a Dialux Evo ya que los módulos de CYPE no permiten la introducción de objetos. Por último, en cuanto a materiales se refiere, el comportamiento es diferente en cada programa destino. En IFC Builder solo se establecen como simples referencias, mientras que en CYPECAD MEP hay que redefinirlos. En CYPELUX CTE, aunque solo se necesitan los coeficientes de reflexión, estos ni siquiera se traspasan, por lo que hay que establecerlos de forma manual.

En Dialux Evo los materiales sí que se traspasan, pero con unas características diferentes de las establecidas en Revit. Para intentar encontrar la causa, se llevan a cabo una infinidad de modificaciones sobre los materiales del edificio en Revit, pero en Dialux Evo seguían sin

transferirse de forma correcta. Por lo que se decidió analizar elemento a elemento. Primero se empezó con los muros, y se fue añadiendo de forma progresiva el suelo, la cubierta, y así hasta completar el resto de elementos del edificio. obteniéndose los siguientes resultados:

- Dialux Evo no puede trabajar con elementos que se compongan de varias capas de material y, si lo hace, solamente importará uno de los acabados.
- Dialux Evo no es capaz de representar materiales cuyas tonalidades superen el valor 230 en cualquiera de las componentes RGB, es decir, tonalidades cercanas al blanco.
- Dialux Evo sí que es capaz de representar tonalidades oscuras, por lo que no presenta ningún tipo de limitación en los valores más bajos del código RGB.
- Si dos materiales diferentes comparten tonalidad de color, no existe un patrón lógico que ayude a establecer cuál es la causa de la prevalencia de un material sobre otro, Dialux Evo interpreta uno u otro de manera aleatoria.

Interoperabilidad de Dialux Evo

Para realizar la interoperabilidad desde Dialux Evo, se parte del edificio traspasado a Dialux Evo desde Revit en pruebas anteriores y se ejecutan los cálculos luminotécnicos con el alumbrado escogido. Una vez calculado, se procede a realizar la transferencia a los diferentes softwares destino mediante el archivo IFC, hecho que no fue posible, debido a que Dialux Evo no permite exportar en dicho formato, solo en formato DWG, DXF y DXB. Para analizar la transferencia con este tipo de archivos, se escoge el archivo DWG y se importa a Revit, obteniendo así un modelo tridimensionalmente exacto del edificio, en el cual sus elementos no se pueden modificar, al no ser tratados como elementos nativos de Revit. Por tanto, dicho modelo solo se utiliza como guía visual para realizar el verdadero edificio en Revit. En el resto de softwares destino solo se obtiene una representación 2D del modelo.

Interoperabilidad de IFC Builder

Los resultados de la interoperabilidad desde IFC Builder a los diferentes softwares son muy similares, excepto en Dialux Evo, en el cual no se puede realizar el intercambio de información, ya que este no permite la importación de archivos IFC cuya versión sea distinta de IFC 2x3, en cambio, IFC Builder solo exporta archivos con una versión IFC 4. Los materiales, el mobiliario y el falso techo, al no poder establecerse en IFC Builder, no se transfieren al programa destino. Sin embargo, el recinto, que sí se puede crear, presenta problemas. En Revit solo se traspasa con la apertura directa del archivo IFC y es detectado como no cerrado, al incluir una puerta en el modelo y tratarla como si fuera una discontinuidad en los muros. En CYPECAD MEP no es capaz de representarse y en CYPELUX CTE es necesaria la correcta definición de sus características. En cuanto a los niveles, el tratamiento de los elementos constructivos y la representación 3D, solo presentan problemas en Revit dependiendo del tipo de transferencia realizada.

Interoperabilidad de CYPECAD MEP

Los resultados de la interoperabilidad desde CYPECAD MEP son semejantes a los obtenidos desde IFC Builder, las diferencias son la posibilidad de establecer conexión con Dialux Evo y de introducir tanto los materiales como el falso techo en el modelo de CYPECAD MEP. En cuanto a los materiales, en el caso de Revit son detectados como no definidos, en Dialux Evo son establecidos por defecto y, no son transferidos en IFC Builder y CYPELUX CTE, al no permitir ambos la introducción de materiales. En relación al falso techo, es importante destacar que, pese a poder incorporarse en CYPECAD MEP, no es transferido a ningún software, bien por no ser un elemento independiente en el caso de Revit y Dialux Evo, bien por no permitir estancias con doble altura en los módulos de CYPE.

Tabla 1. Resultados del análisis de interoperabilidad entre los diferentes softwares

	DESTINO											
CONCEPTOS	Revit				Dialux Evo		IFC Builder		CYPECAD MEP		CYPELUX CTE	
	Apertura IFC		Proyecto OpenBIM									
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
Niveles	3,4,5	2	Solo 3D (3,4)	2,5	1,4	3,5	1,4,5	2	1,3,5	2	1,3,4	2
Dimensiones	3,4	2,5	3,4	2,5	1,4	3,5	1,4	2,5	1,3	2,5	Del recinto (1,3,4)	2
Ubicación del edificio	--	2,3,4,5	--	2,3,4,5	Aprox. (1,4)	3,5	No necesita (1,4,5)	2	Redefinir (1,3)	2,5	No necesita (1,3,4)	2
Recinto	Avisos (3,4)	2,5	--	2,3,4,5	Cambia uso (1,4)	3,5	--	1,2,4,5	--	1,2,3,5	Avisos (1,3,4)	2
El. constructivos	Nativos (3,4)	2,5	Independientes (3,4)	2,5	1,4	3,5	1,4	2,5	1,3	2,5	--	1,2,3,4
Suelo	--	2,3,4,5	3,4	2,5	1	3,4 crea nuevo,5	1,4	2,5	1,3	2,5	--	1,2,3,4
Cubierta	--	2,3,4,5	3,4	2,5	1,4	3,5	1 azotea,4	2,5	1 azotea,3	2,5	--	1,2,3,4
Muros	3,4	2,5	3,4	2,5	1,4	3,5	1,4	2,5	1,3	2,5	--	1,2,3,4
Falso techo	--	2,3,4 no indepen., 5	--	2,3,4 no indepen., 5	1	3,4,5	--	2,5 / No permite doble altura (1,4)	--	2,3,5 / No permite doble altura (1)	--	1,2,3,4
Puerta	3,4	2,5	Maciza (3,4)	2,5	1,4	3,5	1,4	2,5	1,3	2,5	--	1,2,3,4
Ventanas	3,4	2,5	Macizas (3,4)	2,5	1,4	3,5	1,4	2,5	1,3	2,5	Avisos (1,3,4)	2
Mobiliario	--	2,3,4,5	--	2,3,4,5	1	3,4,5	--	1,2,4,5	--	1,2,3,5	--	1,2,3,4
Materiales	--	2,3,4,5	No definidos (3,4)	2,5	1 limit. tonalidad	3,4 por defecto,5	--	1,2,4 referenci a,5	Redefinir (1,3)	2,5	Redefinir coef.reflex. (1,3,4)	2
3D	Depende fase (3,4)	2,5	3,4 vínculo,5 solo inst. ilum.	2	1,4	3,5	1 alarga muros,4	2,5	1 alarga muros, 3	2,5	1,3,4	2

Nota: Software Origen: **1 Revit, 2 Dialux Evo, 3 IFC BUILDER, 4 CYPECAD MEP, 5 CYPELUX CTE**

Interoperabilidad de CYPELUX CTE

Los resultados de la interoperabilidad desde CYPELUX CTE hacia los diferentes softwares son escasos. Hacia Dialux Evo no se puede realizar el intercambio de información, ya que este no permite la importación de archivos IFC cuya versión sea distinta de IFC 2x3, y CYPELUX CTE solo exporta archivos con una versión IFC 4. IFC Builder, CYPECAD MEP y Revit no son capaces de representar nada, puesto que en CYPELUX CTE solo es posible la creación de un recinto en el cual se diseña y calcula la instalación de iluminación, pero no permite la introducción de elementos constructivos.

4.2. Resultados obtenidos del análisis lumínico

Los resultados obtenidos del análisis lumínico se pueden abordar, a su vez, desde dos vertientes: por un lado, la capacidad de exportación tanto de la instalación de iluminación como de sus cálculos asociados y, por otro, la calidad de los resultados luminotécnicos de cada uno de los softwares de iluminación.

4.2.1. Capacidad de exportación

Este análisis consiste en comprobar si la instalación de iluminación diseñada en el software origen y sus cálculos asociados son capaces de transferirse al software destino.

Interoperabilidad entre Revit y Dialux Evo

En Revit, ante la imposibilidad de realizar cálculos luminotécnicos, solo se añaden las luminarias al modelo mediante un archivo RFA suministrado por el fabricante. Este tipo de archivo pertenece a la categoría de familia dentro de Revit y, aunque a simple vista parece un objeto más del modelo, contiene toda la información relevante de la luminaria, como son sus dimensiones, modelo, tensión asignada, flujo lumínico y temperatura, entre otras. Al efectuar el traspaso a Dialux Evo, lo único que se obtiene es la creación de los huecos donde se deberían incorporar las luminarias en el falso techo, pero sin rastro de estas. Cuando se intercambié ese alumbrado por luminarias nativas de Revit, como apliques o plafones rectangulares, se produjo el mismo resultado. Por lo que se puede deducir que el traspaso de la instalación de iluminación desde Revit hacia Dialux Evo aún no está del todo conseguido. En cuanto a la transmisión de información en sentido inverso, desde Dialux Evo a Revit, como Dialux Evo no permite la exportación de archivos IFC, solo se pudo traspasar la instalación de iluminación diseñada, pero no sus cálculos. Esto se hizo con la ayuda de Dynamo, un complemento de Revit que, a través de programación visual en nodos, permite crear algoritmos sin necesidad de aplicar líneas de código. Hay que destacar que las luminarias empleadas no son las originales del fabricante, porque al estar basadas en un anfitrión no se importan correctamente en Revit. Por tanto, se crea una nueva familia de luminarias independiente, a partir de las características del fabricante, para poder incluirlas en el modelo.

Interoperabilidad entre Revit y los módulos de CYPE

Desde Revit a los diferentes módulos de CYPE, no se obtuvieron resultados, puesto que la instalación de iluminación diseñada en Revit no se transfirió a ninguno de los módulos. Hay que destacar que CYPELUX CTE, pese a ser un software dedicado exclusivamente al cálculo de instalaciones de iluminación, tampoco pudo importarla al modelo. Para corroborarlo, se realizaron diferentes tipos de pruebas en las que se calcula y añade la instalación de iluminación en el modelo de CYPELUX CTE, se transfiere a Revit y se vuelve a traspasar a CYPELUX CTE. Al no incluir el nuevo modelo transferido las luminarias definidas originalmente en CYPELUX CTE, se concluyó que independientemente de la procedencia de las luminarias, CYPELUX CTE no es capaz de importarlas en su modelo. En sentido inverso,

no se obtienen resultados desde IFC Builder hacia Revit ya que, en IFC Builder no se pueden adicionar instalaciones. Con CYPECAD MEP la instalación solo logra transferirse a Revit cuando el modelo es vinculado a un proyecto OpenBIM, y no de la forma correcta, ya que en Revit se muestran unas luminarias cilíndricas en lugar de las cuadradas originales y, además no se incluyen sus parámetros. Del mismo modo, con CYPELUX CTE se consigue traspasar la instalación a Revit, siempre y cuándo se vincule a un proyecto OpenBIM creado previamente fuera de CYPELUX CTE. Concretamente, se ha añadido a los edificios creados en IFC Builder y en Revit y, en ambos casos, dicha instalación se transfiere tanto con la forma establecida por el fabricante como en su lugar correspondiente, aunque no se incluyen sus características lumínicas.

Interoperabilidad entre Dialux Evo y los módulos de CYPE

Como Dialux Evo no permite exportar archivos IFC, no se pudo traspasar la instalación de iluminación a los módulos de CYPE. En sentido inverso, solo se pudieron obtener resultados en Dialux Evo cuando se transfería la instalación desde CYPECAD MEP. Al contrario de lo que ocurría en casos anteriores, en los que solo detectaba los huecos donde iban alojadas las luminarias, en esta ocasión, todas eran incluidas en el modelo de Dialux Evo, incluso la de emergencia. En contrapartida, pese a que las luminarias eran las suministradas por el fabricante, no conservaban sus propiedades geométricas, se importaban con aspecto cilíndrico en lugar de rectangular y, además, no eran tratadas como luminarias, sino como simples objetos con los que se no se puede realizar ningún tipo de cálculo lumínico.

Interoperabilidad entre los módulos de CYPE

Del intercambio de información lumínica que se produce entre los diferentes módulos de CYPE no se pudieron obtener resultados, ya que ni la instalación de iluminación ni los cálculos asociados en el módulo origen eran capaces de interpretarse en los respectivos módulos destino, pese a pertenecer todos al mismo fabricante.

4.2.2. Calidad de los resultados luminotécnicos

Los criterios que verdaderamente definen la calidad de una instalación de iluminación vienen determinados por los valores obtenidos de iluminancia, uniformidades y deslumbramientos. Para analizar la calidad de los resultados, se realizó previamente el cálculo luminotécnico de manera manual a través del denominado “Método de los lúmenes” y haciendo uso de la norma UNE-EN 12464-1 (AENOR, 2012), obteniéndose los siguientes valores:

- Número de luminarias: 8
- Nivel de iluminación (E): 639,97 lux
- Eficiencia energética (VEEI): 0,98 W/m² por cada 100 lux
- Potencia máxima instalada: 6,26 W/m²

A continuación, en la tabla 2 se muestran los valores de los parámetros lumínicos obtenidos con cada uno de los softwares de iluminación.

Tabla 2. Valores de los parámetros lumínicos obtenidos con los diferentes softwares de iluminación

Parámetros lumínicos	Dialux Evo		CYPECAD MEP	CYPELUX CTE	NORMA UNE EN 12464 - 1
	Diurna	Nocturna			
Nivel de iluminación (E _m) (lux)	1284	574	721,95	708,07	500

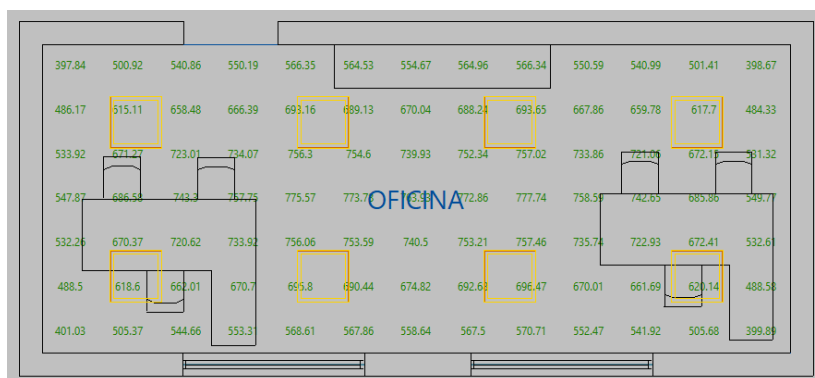
Eficiencia energética (VEEI) (W/m ² por cada 100 lux)	0,49	1,09	0,80	0,85	3
Potencia máxima instalada (W/m ²)	6,26	6,26	6,24	5,98	12
Factor de uniformidad (%)	31	29	90,46	86,87	80
Índice de deslumbramiento (UGR)	16,4	16,4	12	15	19

Según la tabla 2, todos los niveles de iluminación se encuentran por encima de 500 lux, nivel de iluminación mínimo establecido en la norma UNE – EN 12464 – 1 (AENOR, 2012). Los niveles de iluminación media horizontal que más se asemejan al calculado manualmente son los obtenidos con CYPECAD MEP y CYPELUX CTE. Al pertenecer ambos módulos al mismo fabricante, se esperaba que sus resultados fueran prácticamente idénticos, pero esto no es así al diferir en el establecimiento de la altura del plano de trabajo, que es donde se calcula la iluminancia. Tanto de manera manual como en CYPELUX CTE, este se ha establecido a 0,75 metros por encima del nivel del suelo, al tratarse de una oficina y saber que las personas normalmente estarán trabajando sentadas en sus respectivas mesas, donde debe haber la correcta iluminación para trabajar con suficiente confort visual. Sin embargo, en CYPECAD MEP, la altura de este plano es establecida por defecto a un metro por encima del nivel del suelo y no es posible su modificación. Si se traslada este valor al método de los lúmenes, obtenemos que el valor del índice del local aumenta, lo que conlleva un incremento del valor del coeficiente de utilización y, por tanto, un aumento del nivel de iluminación media horizontal en el plano de trabajo.

En Dialux Evo, el nivel de iluminación se distancia de todos los anteriores, al tener en cuenta la iluminación natural a la que está sometida la oficina. Es decir, el nivel de iluminación es la suma de las aportaciones de la iluminación producida por las luminarias escogidas y la introducida a través de las ventanas. Esto es llamado en Dialux Evo escena de luz diurna. Si se considera únicamente la escena de luz nocturna, es decir, aquella en la que solamente se tiene en cuenta la aportación de las luminarias, se puede observar cómo este nivel de iluminación disminuye considerablemente y se acerca más al obtenido manualmente.

Las posibilidades de representación de este nivel de iluminación son diferentes en función del software de iluminación que se utilice. En el caso de Dialux Evo y CYPELUX CTE, son capaces de generar, además de un diagrama de isolíneas, un diagrama numérico en el que se visualiza cuál es el nivel de iluminación punto por punto en el plano útil. Con este nivel de detalle, se puede encontrar dónde están situados los puntos con mayor y menor nivel de iluminación, como se muestra en la figura 3.

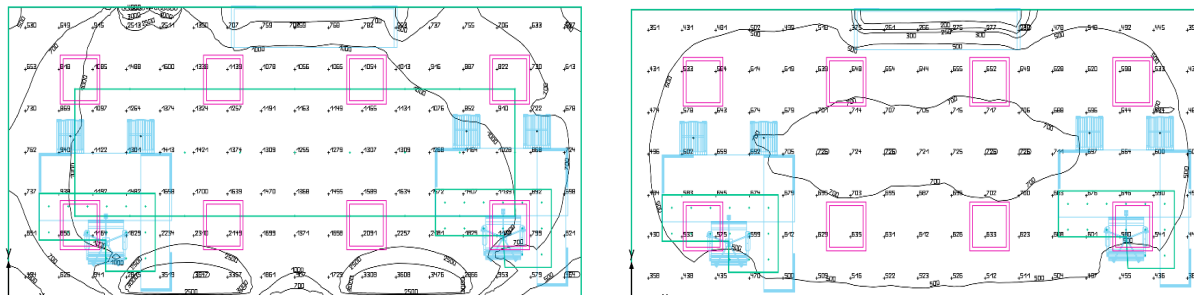
Figura 3. Gráfico numérico del nivel de iluminación de la oficina en CYPELUX CTE



Además, Dialux Evo, en comparación con CYPELUX CTE, permite distinguir y mostrar ese diagrama de isolíneas para cada una de las escenas de luz, diurna y nocturna, donde se

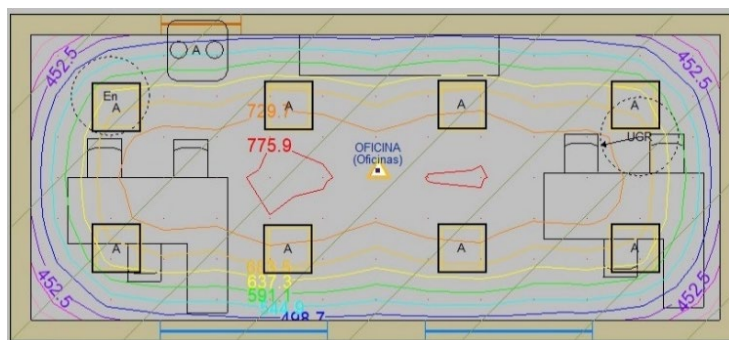
aprecia claramente que, en los alrededores de las ventanas, aparece la contribución de la iluminación natural en la oficina, como se muestra en figura 4.

Figura 4. Gráfico numérico de los valores de iluminación en el plano útil en la escena diurna (izq.) y en la escena nocturna (dcha.) en Dialux Evo



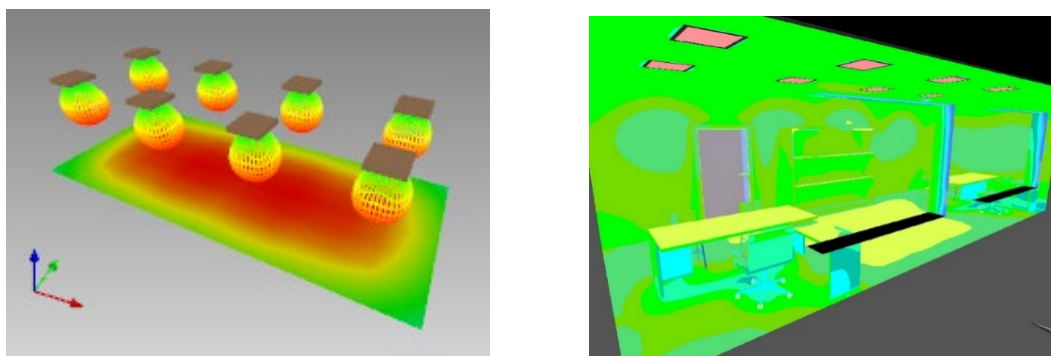
Sin embargo, CYPECAD MEP no es capaz de mostrar el nivel de iluminación de este modo y solo permite mostrarlo mediante un gráfico de isolíneas, como el de la figura 5.

Figura 5. Gráfico de isolíneas obtenido con CYPECAD MEP



Con respecto a la visualización 3D de los valores del nivel de iluminación, en CYPECAD MEP no se obtiene nada, puesto que solo permite la representación 2D de los resultados. CYPELUX CTE es capaz de mostrar mediante diferentes colores el nivel de iluminación en el plano útil y la curva fotométrica de las luminarias, como se muestra en la figura 6. Dialux Evo además tiene la posibilidad de mostrar el nivel de iluminación en cualquier parte de la oficina, es decir, no solo en el plano útil sino en techos, paredes o incluso en el mobiliario, como se muestra en figura 6.

Figura 6. Vistas 3D de los valores del nivel de iluminancia en CYPELUX CTE (izq.) y en Dialux Evo (dcha.)



Retomando los resultados de la tabla 2, el valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI) siempre está situado por debajo de 3 W/m² por cada 100 lux, límite máximo establecido

en DB HE 3 (Ministerio de Fomento, 2019b) al tratarse de una zona administrativa. Se puede ver que hay ciertas diferencias en función del software utilizado, esto es debido a diversos factores. En primer lugar, a la potencia de las luminarias, que a diferencia de Dialux Evo y CYPECAD MEP, CYPELUX CTE la considera de 23W y no de 24W. En segundo lugar y más influyente, al nivel de iluminación media horizontal obtenido, que como se ha indicado anteriormente, depende tanto del coeficiente de utilización empleado, dependiente a su vez de la altura a la que se haya establecido el plano de trabajo, como de si se tiene en cuenta o no la iluminación natural a la que se somete la oficina. En relación con la potencia máxima instalada, los valores obtenidos en todos los softwares, son muy similares al calculado manualmente y no superan los 12 W/m², límite máximo establecido en DB HE 3 (Ministerio de Fomento, 2019b). El único programa que se distancia un poco del resto es CYPELUX CTE, debido a la disminución de un watio en la potencia de las luminarias.

En cuanto al factor de uniformidad o uniformidad lumínica, característica por la que, a lo largo de toda la superficie de iluminación, esta se mantiene conforme y/o con semejante intensidad, según el CTE DB SUA 4 (Ministerio de Fomento, 2007), este debe estar por encima del 40%. En CYPECAD MEP y CYPELUX CTE se sitúan en torno al 90% mientras que, en Dialux Evo, tanto en la escena diurna como nocturna, no es capaz de superar ese 40%. Esto es debido a que no se ha establecido en el programa una zona marginal en el perímetro de la oficina. Si se hubiera definido, Dialux Evo habría omitido el cálculo de dicha zona y el valor de uniformidad hubiera sido más elevado. Además, en Dialux Evo no es necesario cumplir con ese valor de uniformidad, es decir, no verifica que el valor de uniformidad obtenido mediante los cálculos sea superior al establecido en el CTE. En base a esto, es importante destacar que, en cuanto a normativa se refiere, Dialux Evo solo se basa en la norma UNE-EN 12464-1 (AENOR, 2012) para verificar sus cálculos luminotécnicos. Sin embargo, CYPELUX CTE es capaz de comprobar, además de dicha norma, las exigencias contempladas en los documentos básicos del CTE (DB - HE 3 y DB - SUA 4) (Ministerio de Fomento, 2007) (Ministerio de Fomento, 2019b). Con respecto a las instalaciones calculadas mediante CYPECAD MEP, este solo aplica las comprobaciones establecidas en el CTE..

5. Conclusiones

De forma aislada, cada software por separado presenta un grado de interconexión diferente en función del programa al que le transmita la información. Revit presenta una mayor interoperabilidad con Dialux Evo 9.0, es decir, Dialux Evo es el software que es capaz de mostrar correctamente el mayor número de elementos que componen el modelo creado en Revit, pese a estar todavía en fase beta y presentar problemas de cierto calado como son, la discrepancia en las tonalidades cercanas al blanco y la no importación de las luminarias al completo. Con respecto a Dialux Evo 9.0, al no permitir la exportación en formato IFC, no se puede importar el modelo en ninguna de las herramientas restantes, con lo que se puede afirmar que no permite el flujo de trabajo BIM. Pese a ello, el cálculo luminotécnico que es capaz de realizar es mucho más detallado que en los demás, aunque no tiene en cuenta las exigencias recogidas en el CTE. Analizando IFC Builder, era de esperar que con la aplicación que presenta una mayor interoperabilidad es CYPECAD MEP, al tratarse de dos módulos del mismo proveedor de software y compartir la misma estructura de elementos en la creación del modelo. Al ser básicamente un visualizador, ya que solo permite la creación de algunos elementos constructivos del modelo, no es capaz de generar ningún tipo de documentación, mientras que el resto de módulos de CYPE sí. En relación a CYPECAD MEP, podría ser a la inversa, es decir, con IFC Builder podría presentar la mejor interoperabilidad, pero como este no permite la entrada de objetos, no es capaz de representar la instalación de iluminación incluida en el modelo original de CYPECAD MEP y, por tanto, no es la aplicación con la que presenta una mayor interconexión. Es con Revit y Dialux Evo con las que presenta un mayor grado de interoperabilidad, al permitir la introducción de la instalación de iluminación, aunque

como Revit es capaz de incorporar información adicional asociada a los parámetros lumínicos, es con la que se obtiene la mejor interconexión. Por último, CYPELUX CTE al no permitir la inclusión de elementos constructivos, solo es capaz de añadir al archivo IFC la instalación de iluminación creada, y el único software que es capaz de interpretar dichos datos es Revit. Por tanto, es con el único que puede transferir información mediante un flujo de trabajo OpenBIM. Con respecto a la documentación generada, tanto CYPECAD MEP como CYPELUX CTE son capaces de proporcionar los resultados de los cálculos luminotécnicos realizados, aunque CYPECAD MEP además muestra información adicional acerca de los materiales que componen el modelo y el presupuesto asociado.

De esta forma, queda demostrado que, mediante el flujo de trabajo OpenBIM, Revit es la aplicación estudiada que es capaz de interpretar más elementos del modelo, incluyendo información adicional proveniente de otros softwares (dimensiones, materiales, atributos específicos como potencia, flujo lumínico, precio, etc.). Sin embargo, no permite realizar el cálculo de la instalación de iluminación diseñada en el modelo, característica que los módulos de CYPE sí permiten hacer.

A través de la información obtenida de este trabajo, se puede afirmar que a la metodología BIM aún le queda un largo camino por recorrer, ya que todavía hay numerosas incompatibilidades entre los diferentes softwares que la utilizan. De hecho, durante el transcurso de este trabajo han salido al mercado nuevas versiones de los programas analizados. Un ejemplo de ello es el software CYPE, que con el lanzamiento de la versión 2021.a, los módulos dedicados al cálculo de instalaciones luminotécnicas verifican la última modificación del CTE DB - HE 3 Condiciones de las instalaciones de iluminación, aprobada por el R.D. 732/2019 y publicada en el BOE el 27 de diciembre de 2019 (Ministerio de Fomento, 2019a). Otro ejemplo es Revit, que ha sufrido dos actualizaciones, cuya novedad más destacable es la incorporación al modelo de una nueva disciplina denominada "Infraestructura", que permite clasificar y configurar gráficamente los elementos de las 26 categorías de modelo nuevas, mejorando su versatilidad e incluyendo un grado más en su integración con la metodología BIM. Son tales sus posibilidades de integración que, el consorcio de expertos de la ODA (Open Design Alliance) está desarrollando una mejora en el formato de Revit para permitir el intercambio y la modificación de información sin recurrir al archivo IFC, sino que piensan emplear el formato nativo de Revit (RVT) e incorporarlo como estándar de la metodología BIM. También se está pensando en integrar la metodología BIM con la filosofía de BlockChain, en la que todos los usuarios intervinientes en un proyecto, tendrían una copia donde se registrarían todas las transacciones y modificaciones que se realizasen, no pudiendo realizar ningún cambio en el proyecto de forma unilateral sin el permiso del BIM Manager

Referencias

- ¿Qué es BIM? - *BuildingSMART Spanish Chapter*. (n.d.). Retrieved March 21, 2020, from <https://www.buildingsmart.es/bim/>
- AECMAGAZINE. (2016). *NEWS: BIM tools to get direct access to Revit data*. <https://aecmag.com/news/news-oda-announces-revit-translation-toolkit/>
- AENOR. (2012). *UNE EN 12464-1:2012 Iluminación e los lugares de trabajo*. 54.
- Alonso Madrid, J. (2014). Nivel de desarrollo LOD. Definiciones, innovaciones y adaptación a España. *Spanish Journal of Building Information Modeling*, ISSN-e 2386-5784, N.º. 15, 1, 2015, Págs. 40-56, 15, 40–56. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5496892&info=resumen&idioma=SPA>
- Álvarez Pérez, M. Á., & Bouzas Cavada, M. (2015). La conexión entre el Project Management y el BIM. *Spanish Journal of Building Information Modeling*, ISSN-e 2386-5784, N.º. 15, 1, 2015, Págs. 30-38, 15, 30–38.

- Arcuri, N., De Ruggiero, M., Salvo, F., & Zinno, R. (2020). Automated Valuation Methods through the Cost Approach in a BIM and GIS Integration Framework for Smart City Appraisals. *Sustainability*, 12(18), 7546. <https://doi.org/10.3390/su12187546>
- Benavides López, J. A. (2017). *Nuevas tecnologías en la documentación del patrimonio: La alcazaba de Guadix - El castillo de Píñar* (Vol. 1) [Universidad de Granada]. <http://hdl.handle.net/10481/47477>
- Blanco Caballero, M. (2016). Analisis de la Incorporacion de Metodologias Colaborativas en Materiales Projectuales en las Enseñanzas de Ingenieria Industrial [Universidad de Valladolid]. In *Universidad de Valladolid*. <https://doi.org/10.35376/10324/18816>
- Boton, C., Kubicki, S., & Halin, G. (2015). The Challenge of Level of Development in 4D/BIM Simulation Across AEC Project Lifecycle. A Case Study. *Procedia Engineering*, 123, 59–67. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.058>
- Bravo García, R., Abarca Álvarez, F. J., & Zamorano Salvador, A. B. (2016). *El BIM (Building Information Modeling) en el urbanismo y su interacción con el GIS*.
- buildingSMART. (2020). *Industry Foundation Classes (IFC) - buildingSMART Technical*. <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc>
- Contexto internacional y regional BIM - Estudio ESE. (2020). <https://estudioese.com.uy/contexto-internacional-y-regional-bim/>
- EIGP. (2019). *BIM es obligatorio en España*. <https://eigp.es/blog/la-obligatoriedad-de-bim-espana/>
- González Pérez, C. (2015). *Building Information Modeling: Metodología, aplicaciones y ventajas. Casos prácticos en gestión de proyectos*. [Universitat Politècnica de València]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/56357>
- Irizarry, J., & Karan, E. P. (2012). Optimizing location of tower cranes on construction sites through GIS and BIM integration. *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 17, 361–366. <http://www.itcon.org/2012/23>
- López, F. J. (2018). *Reconstrucción tridimensional del patrimonio arquitectónico mediante la utilización de los sistemas BIM y HBIM. Validación con dos casos de estudio: la Iglesia Santa María la Real de Mave y el Castillo de los Comuneros de Torrelobatón* [Universidad de Valladolid]. <https://doi.org/10.35376/10324/35347>
- Lu, Y., Wu, Z., Chang, R., & Li, Y. (2017). Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future directions. *Automation in Construction*, 83, 134–148. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.08.024>
- Martin Dorta, N., Gonzalez de Chaves Assef, P., & Roldan Mendez, M. (2014). Building Information Modeling (BIM): una oportunidad para transformar la industria de la construcción. *Spanish Journal of BIM N°14/01*, 14/01(14), 12–18. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5413530&info=resumen&idioma=SPA>
- Ministerio de Fomento. (2007). Documento Básico SUA, Seguridad de utilización y accesibilidad, del Código Técnico de la Edificación (CTE), aprobado por el Real Decreto 314/2006. Sección SUA 4: “Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada”. *Septiembre*, 2013, 1–129.
- Ministerio de Fomento. (2019a). Documento Básico HE, Ahorro de Energía, del Código Técnico de la Edificación (CTE), aprobado por el Real Decreto 732/2019. Sección HE 3: “Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación”. *Código Técnico de La Edificación*, 1–129.
- Ministerio de Fomento. (2019b). Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. *Boletín Oficial Del Estado*, 2014(51, 28 de febrero), 18987–19106.
- Ministerio de la Presidencia. (2019). *Real Decreto 1515/2018, de 28 de diciembre, por el que se crea la Comisión Interministerial para la incorporación de la metodología BIM en la contratación pública. Publicado el 2 de febrero de 2019. Boletín Oficial del Estado (BOE)*.

- Montiel Santiago, F. J., Hermoso Orzáez, M. J., Ureña Marín, J. R., & Terrados Cepeda, J. (2020). *05-019 energy and bim certification. case study hospital universitario de jaén. July*, 1614–1629.
- Oliver Faubel, I. (2015). Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación. Diseño de una propuesta. [Universitat Politècnica de València]. In *Universidad Politécnica de Valencia*. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/61294>
- Panteli, C., Polycarpou, K., Morsink-Georgalli, F. Z., Stasiulienė, L., Pupeikis, D., Jurelionis, A., & Fokaides, P. A. (2020). Overview of BIM integration into the Construction Sector in European Member States and European Union Acquis. *Sustainability in the Built Environment for Climate Change Mitigation (SBE19)*, 410. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/410/1/012073>
- Prieto, A. P. (2017). *Implantación de la tecnología BIM en la asignatura Proyectos de los Grados de Ingenierías Industriales de la Universidad de Extremadura. Estudio de competencias genéricas*. 383. <http://dehesa.unex.es/handle/10662/6142>
- Project Management Institute. (2017). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK) / Project Management Institute. In *Project Management Institute, Inc* (4th ed., Vol. 1).
- Rahman, R. A., Alsafouri, S., Tang, P., & Ayer, S. K. (2016). Comparing Building Information Modeling Skills of Project Managers and BIM Managers Based on Social Media Analysis. *Procedia Engineering*, 145, 812–819. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.106>
- Ren, R., & Zhang, J. (2021). A New Framework to Address BIM Interoperability in the AEC Domain from Technical and Process Dimensions. *Advances in Civil Engineering*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/8824613>
- Santiago Martínez, M. Á. (2018). *Diseño, control y automatización de instalaciones de un polideportivo*. Universidad de Jaén.
- Troncoso Pastoriza, F., Eguía Oller, P., Díaz Redondo, R. P., & Granada Álvarez, E. (2019). Use of BIM data as input and output for improved detection of lighting elements in buildings. *Automation in Construction*, 106, 102852. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102852>
- Unión Europea. (2014). Directiva 2014/24/UE 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. *Diario Oficial de La Unión Europea*, 2014(L 94), 65–242.
- Valero, F. (2018). *Blockchain y BIM - BuildingSMART Spanish Chapter*. <https://www.buildingsmart.es/2018/06/04/blockchain-y-bim/>
- Xu, Z., Huang, T., Li, B., Li, H., & Li, Q. (2018). Developing an IFC-Based Database for Construction Quality Evaluation. *Advances in Civil Engineering*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/3946051>

**Comunicación alineada con los
Objetivos de Desarrollo Sostenible**

