

BIM interoperability with Revit2015 and BPS with Designbuilder. A case study for an existing building

Interoperabilidad entre BIM con Revit2015 y BPS con Designbuilder. Estudio de caso en una edificación existente

LEÓNIDAS FERNÁNDEZ-ANTÓN

Universidad de Alcalá de Henares.
leonidas.ingedif@gmail.com

JESSICA LÓPEZ-PALOMAR

Universidad de Alcalá de Henares.
jessy.lp89@gmail.com

FERNANDO MARTÍN-CONSUEGRA

Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción (Consejo Superior de Investigaciones Científicas). martin-consuegra@ietcc.csic.es

CARMEN ALONSO

Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción (Consejo Superior de Investigaciones Científicas). c.alonso@ietcc.csic.es

IGNACIO OTEIZA

Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción (Consejo Superior de Investigaciones Científicas). ioteiza@ietcc.csic.es

The research focuses on the interoperability of Building Information Modeling (BIM) and Building Performance Simulation (BPS) using Revit2015 software. for BIM and Design Builder software for BPS Information and data exchange between BIM and BPS is explored. The reasons and criteria for the use of each methodology according to the selected project is addressed, explaining the benefits of using each tool. The analysis is presented for a case study of an existing building in Madrid

Building Information Modeling; Energy simulation; Data exchange; Interoperability; Case study.

La investigación se centra en la interoperabilidad de Building Information Modeling (BIM) y Building Performance Simulation (BPS) usando como software para cada caso Revit2015 para BIM y DesignBuilder para BPS. Se analiza el intercambio de datos entre BIM y BPS. Además se exponen las razones y criterios para la utilización de esta metodología según el proyecto seleccionado, y las prestaciones se tiene con la utilización de cada herramienta. El análisis se presenta a través de caso de estudio con una edificación existente de Madrid.

Modelado de información para la edificación; Simulación energética; Intercambio de datos; Interoperabilidad; Caso de estudio.

1. INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción es un gran consumidor de energía y productor de enormes cantidades de residuos. El aumento de la velocidad a la que se consume los recursos energéticos es directamente proporcional al aumento de la importancia de la eficiencia energética. España tiene un 28% de incremento de consumo de energía final por habitante (1996 y 2006) frente al 3% europeo de aumento, o el 125% de intensidad energética primaria con respecto a la media de la Unión Europea. En este escenario, los gobiernos naciones y autonómicos han puesto en marcha diferentes planes en concordancia con las directivas europeas de ahorro y eficiencia energética, como las Smart Cities [1].

En el contexto económico actual es complicado llevar muchas de ellas a cabo, ya que en ocasiones las entidades indicadas

para desarrollar su implantación carecen de recursos inversores para acometerlas y, dado el alto coste de muchas de ellas, no todas las iniciativas privadas disponen de los capitales inversores para realizarlos. Además, la falta y difícil tarea de organización y coordinación entre los profesionales en los tiempos, procedimientos y objetivos, hace más complicado llegar al nivel de calidad que se requiere en estos proyectos.

Pero para que los objetivos marcados por las distintas directivas europeas puedan llegar a cumplirse, ciudades y los edificios públicos deben implementar soluciones de eficiencia.

Como respuesta a estos hechos surge la necesidad de un modelo nuevo de edificación menos agresiva con el planeta y más saludable para sus ocupantes, un modelo sostenible. No obstante, la definición de qué parámetros definen un edificio sostenible resulta complicada, pero aún más definir las

herramientas que permitan medir la sostenibilidad. En España muchos menos proyectos de rehabilitación que de nueva construcción. Aun así, en principio es más favorable ambientalmente rehabilitar un edificio existente que demolerlo y construirlo de nuevo. [2].

Rehabilitar un edificio parece la oportunidad para hacerlo más eficiente y sostenible ahorrando energía y reduciendo las emisiones de CO2. Para conseguirlo se necesita una reducción de la demanda de energía evitando pérdidas energéticas e implementando medidas de ahorro energético, la utilización de fuentes energéticas sostenibles y el uso de fuentes de combustible fósil de forma más eficiente. Así se comenzará a mejorar el edificio energéticamente, consiguiendo reducir el consumo energético del mismo.

1.1 SIMULACIÓN ENERGÉTICA

En la actualidad, para poder llegar a una eficiencia energética en el parque edificatorio en España y para seguir creciendo de manera sostenible, existe la necesidad de crear modelos energéticos de simulación digitales para analizar el comportamiento energético de las edificaciones. Estos modelos lograrán tanto plantear un buen balance entre la eficiencia energética y la facilidad económica, como cumplimentar las distintas normas y certificaciones que rigen el proyecto.

En la actualidad existe un nivel alto de metodologías de simulación del comportamiento del edificio (BPS, Building Performance Simulation) debido a la exactitud de sus cálculos, las mejoras de la interfaz, el uso de amplias bases de datos de materiales, de clima, etc.

Por otro lado, está el diseño y modelado en BIM (Building Information Modeling) de objetos tales como muros, losas, puertas, ventanas, estructuras, equipos, HVAC, etc. de los cuales se hace coordinación interdisciplinaria, tablas de cantidades, planos en 2d, etc.

En este trabajo se comenta la capacidad de asignarles información extra a esos objetos, precisión geométrica, posibilidad de crear áreas y zonas en el proyecto, etc. Se busca poder analizar los resultados en el mismo programa de modelado BIM, como en otro software de simulación energética, ahorrando así el tiempo en el modelado del edificio.

1.2 TRABAJAR CON BIM Y BPS

Durante la última década, la metodología BIM ha sido implantada de forma progresiva en distintos países. Esta metodología está basada en la norma ISO 16739-2013 Industry Foundation Classes (IFC for data sharing in the construction and facility management industries), donde se desarrolla un esquema conceptual de datos y un formato de archivo de intercambio de datos BIM.

El objetivo es optimizar recursos, reducir riesgos y obtener mejores resultados para todos los implicados en el proyecto. Las aplicaciones basadas en la eficiencia energética usan los parámetros de los que obtienen la información del edificio en el modelo volumétrico, incluyendo información paramétrica de tipo construcción, uso, ubicación, etc. [3]

Las aplicaciones proporcionan gráficos e informes, de forma que el usuario pueda ver las deficiencias de su proyecto y le permiten modificar los supuestos del caso base y luego ejecutar un análisis de energía para que pueda calcular el impacto de estas modificaciones en materia de eficiencia energética, ayudando a tomar decisiones importantes de diseño más rápidamente.

La mayor parte de los modelos que se realizan en BIM son para fines no asociados con la eficiencia energética, dado que BIM es todavía una herramienta ligada a ayudar en la coordinación, visualización y planimetría de la construcción de edificaciones, y todavía se está asentando el ligar todos estos aspectos a la sostenibilidad.

El concepto de sostenibilidad se encuentra en la elección de materiales en base a su ciclo de vida, la gestión de procesos, el diseño integrado de edificios, el control del sitio, etc. En algunos de estos ámbitos BIM ya es una herramienta útil. En los aspectos ligados a la eficiencia energética BIM todavía presenta posibilidades de mejora.

El aspecto de la herramienta BIM clave para el intercambio de datos a otros programas es la existencia de comandos de "zonas" o "areas".

Una vez descrita la edificación (muros, techos, suelos de un recinto) hay que insertar un volumen virtual contenido en estos muros. Esto tiene un alto potencial de transformarse en zonas útiles para el cálculo en el software BPS, ahorrando la tarea de modelar de nuevo la edificación del estudio.

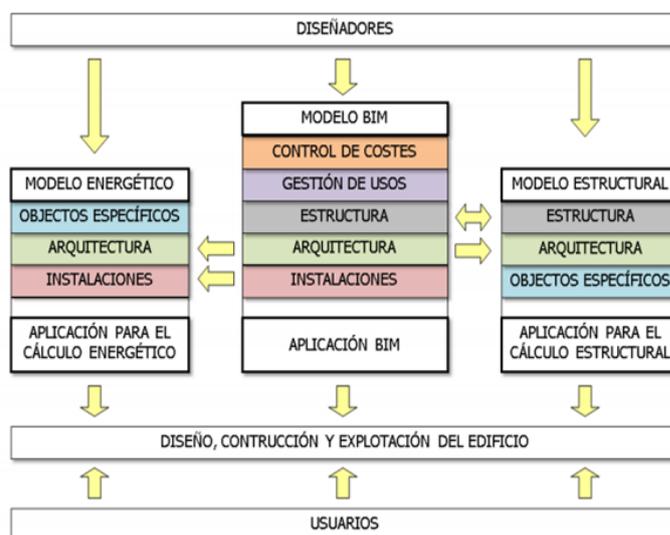


Figura 1: Gráfica Relación de BIM con otras conectables. Fuente: Introducción a la Tecnología BIM, 2013

La figura 1 explica cómo se relaciona una aplicación BIM muy completa y su modelo con aplicaciones conectables. Los objetos que es capaz de manejar la aplicación contienen diversa clase de información, parte de ella es de especial interés para el arquitecto, pero otra lo puede ser para otras profesionales. [4]

DXF	gbXML	ifcXML
Drawing Exchange Format	Green Building extensible markup language	Industry Foundation Classes
-Geometría en 2D y 3D -Capas de materiales	-Tipo de construcción -Orientación y Ubicación -Geometría -Área -Volumen -Ventanas y puertas -Cargas eléctricas, iluminación y ocupación -Tipo de espacios -Condiciones de contorno -HVAC -Aire interior -Materiales	- Toda la geometría en 3D -Localización de objetos y relaciones entre sí. -Parámetros de cada objeto -Análisis estructural, mecánico y de energía -Espacios IFC

Tabla 1: Formatos de archivos de intercambio BIM-BPS. Fuente: Elaboración propia, 2015

Para intercambiar los modelos de BIM a un software BPS se debe usar un formato Drawing Exchange Format (DXF), Green Building XML schema (gbXML) y con extensión ifcXML, y RVT un formato especial de Autodesk Revit. Se muestra el tipo de datos para cada formato en la tabla 1 y los formatos de intercambio con Archicad y Revit en la tabla 2. [5]

BIM	DXF	gbXML	IFCxml
Archicad	DXF		IFC 2x3XML
Revit	DXF	gbXML	

Tabla 2. Formatos de archivos de intercambio en ArchiCad y Revit. Fuente: Elaboración propia, 2015

Por tanto, a grandes rasgos se puede establecer dos tipos de formatos de archivos: los archivos que se basan en una Geometría completa para calcular iluminación, luz, sombras, viento/ventilación, ganancia solar; y aquellos basados en “espacios” que exportan información sobre zonas para cálculos térmicos, transmisión de radiación solar, demanda de energía, índices sustentables, etc [6]. En la figura 2 se muestra el flujo de interoperabilidad propuesto por Autodesk.

Por tanto, la aplicación matriz de BIM gestiona todos los procesos de análisis integrado y los diagnósticos obtenidos representando los datos resultantes en los diferentes formatos gráficos y alfanuméricos necesarios para redactar informes y entender el problema en su conjunto.

Dependiendo del grado de apoyo multidisciplinar de la aplicación BIM en concreto, los distintos perfiles profesionales podrán trabajar en mayor o menor grado directamente sobre el mismo modelo BIM, consiguiendo más eficacia. Aquellos

aspectos más específicos se desarrollarán en aplicaciones concretas que podrán aprovechar la parte de la información del modelo BIM que los interese. Si la comunicación entre las aplicaciones es bidireccional, podrá devolver la información al modelo BIM para que pueda ser usada por otras disciplinas [7].

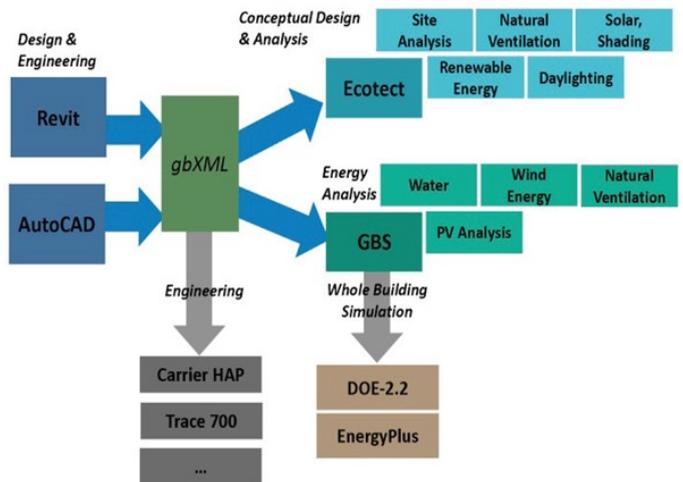


Fig. 2: Flujo de interoperabilidad propuesto por Autodesk basado en formato gbXML Fuente: material académico de Autodesk

2. USO DE BIM EN EDIFICIOS EXISTENTES

La metodología BIM se usa principalmente en edificio de nueva construcción, comenzando el proceso con un levantamiento directamente en tres dimensiones (3D) del diseño inicial y de ahí se deriva a un continuo proceso: estructura, características de los materiales, instalaciones. Así la información se queda retenida y se desarrolla con un único modelo. Esto no se ha utilizado tanto en rehabilitación, ya que la tecnología BIM es algo nuevo, y los datos de trabajo con lo que se ha proyectado y construido hasta ahora no eran BIM, por lo que se parte de un “No modelo BIM”, de un modelo tradicional [8].

Se requiere por tanto mucho más trabajo a la hora de recopilar datos de edificios existentes, ya que hay demasiada información dispersa en gerentes y administraciones. Es una línea de investigación que debe de intensificarse, ya que se tiene que tener especial atención al mantenimiento y las etapas de deconstrucción o rehabilitación de los edificios existentes, porque al igual que se genera consumo de energía, CO₂, y demás residuos de la etapa de construcción, no es menos en estas últimas etapas del ciclo de vida del edificio.

Un posible enfoque en el que se podría trabajar a la hora de hacer más factible la incorporación de BIM a las edificaciones existentes son estos puntos.

- ◆ Automatización de capturas de datos y la creación de un BIM de manera digital (sin preexistente)

- ♦ Actualización y mantenimiento de la información BIM de ese edificio por parte de la Administración.
- ♦ Manipulación y modelado de datos inciertos, objetos y relaciones y usos que ocurren en los edificios existentes en BIM.

2.1 PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS PARÁMETROS DE UN EDIFICIO EXISTENTE

A pesar de que el modelo BIM contiene mucha información de los materiales, la estructura, instalaciones, uso... en ocasiones los datos difieren con los datos de monitorización reales de ese mismo edificio, sobre todo en edificios existentes. Esto se deriva de las simplificaciones y supuestos del modelo que se simula para poder manejar los datos de entrada en las herramientas de análisis energético y simulación energética cuando se está en fase de proyecto, o por la falta de datos o supuestos que no se conocen por reformas, cambios, etc.

En las herramientas de simulación actuales, el cálculo en cerramientos se simplifica, suponiendo que cada elemento de construcción tiene una propiedad térmica constante en toda la superficie. Es probable que los valores de un material de un edificio sean inferiores a los valores declarados en las especificaciones de los materiales o bases de datos estándares (ASHRAE, CTE...) [9].

Si se mide de forma fiable y se asocia con elementos BIM, los modelos de energía a base de BIM y herramientas de simulación, producirán resultados de rendimientos más fiables. Por eso es importante el mejorar la información de los edificios existente a Base BIM.

La medición de las propiedades térmicas reales de los elementos de construcción es uno de los puntos que más tener en cuenta para introducir los datos de un análisis energético. Exactitud en la modelización de las propiedades térmicas, como la resistencia (R) o transmitancia térmica (U) para elementos de construcción, es uno de los factores más influyentes en el cálculo de las cargas térmicas de los materiales genéricos. La mayoría de las veces se obtienen a través de los datos de los materiales genéricos. Aunque existe métodos para saber con mayor exactitud que capa contienen el cerramiento y acercarse más a una R y U más exactas.

Hay dos métodos de medición que se pueden utilizar para cuantificar las propiedades reales. El Método Destructivo que hace que se desmonte la parte de la estructura del cerramiento para saber las capas, lo que lleva a que sea casi imposible y muy difícil, por costo, o por ocupación de inquilinos. El método no destructivo se realiza con aparatos como las cámaras termográficas, pero tienen limitaciones que pueden afectar negativamente a su aplicación a gran escala para la construcción de diagnósticos ya que se necesita un gran número de imágenes térmicas, lo que es un proceso lento y propenso a errores; y debido a la diferentes velocidades

de degradación, los elementos presentan a menudo deterioros no uniformes a sus geometrías.

Por ello, hay necesidad de un método automatizado para hacer coincidir cada medición a los elementos pertinente de BIM y la actualización de las propiedades térmicas reales en las entradas de gbXML correspondientes [10].

3. PROGRAMAS PARA EL PROCESO DE INTEROPERABILIDAD

En este trabajo no se quiere proponer una herramienta única para la metodología BIM de trabajo, ni elegir un programa de análisis energético único. En este trabajo se va realizar un mapeo de interoperabilidad complejo y lo más completo posible entre un programa BIM, Revit de Autodesk, un programa que se usa habitualmente y se tiene un conocimiento avanzado con respecto a su interfaz gráfica y paramétrica; y de la herramienta de análisis energético y simulación energética Design Builder, de la cual se considera completa para señalar aspectos de un análisis energético y que se conoce ampliamente la extensión de capacidad que tiene. De este trabajo se puede derivar líneas paralelas que realicen la misma metodología de investigación, con programas BIM y programas BPS para alcanzar un análisis energético de la eficiencia energética de la edificación fiable, trabajable y de facilidad de uso para los consultores y técnicos.

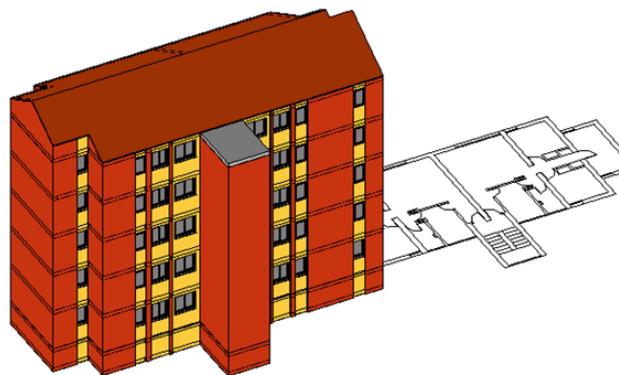


Figura 3: Geometría 3D edificio residencial modelado en Revit. Elaboración propia 2015

3.1. PROGRAMAS BIM

Bentley es una herramienta se nutre del módulo Triforma de diseño paramétrico. Es una aplicación similar a Revit (figura 3) pero tiene un manejo en general mucho menos intuitivo por su interfaz gráfica y paramétrica.

ArchiCAD y Allplan, se comunican eficazmente con varias aplicaciones (Cinema 4D, Presto, Arquímedes, Gesto, CYPE, Tricalc, LIDER, CALENER, Maxoform). Pero en ocasiones se ve asistido por algunas aplicaciones de terceros que ayudan a la creación de objetos paramétricos.

3.2. MOTORES DE SIMULACIÓN Y GUI (INTERFACE GRÁFICA DE USUARIO)

El motor de simulación es el software encargado de desarrollar los cálculos necesarios para establecer los resultados de simulación, es necesario una interfaz gráfica en muchos casos para así tener mayor facilidad de manejo y comprensión de los datos introducidos y sacados. La interfaz y el motor de simulación se desarrollan en muchos casos en distintas compañías. (Tabla 3).

MOTORES DE SIMULACIÓN ENERGÉTICA	GUI	Plugings o interfaz necesarias
Energy Plus	- Design Builder - Simergy - Open Studio - HEVACOMP	Sketch Up (geometría) plugin Runmanager
DOE-2	- Equest - CYPE Building Service - CALENER GT - les ve	Result Viewer
S3PAS	- LIDER - CALENER VYP	
ECOTECT	- ECOTECT	

Tabla 3. Motores y GUI relacionados. Fuente: Elaboración Propia, 2015

Las prestaciones que dan los motores de simulación energética pueden variar entre ellas, por esto hay que tener en cuenta los datos de partida que se introducen en cada programa, los datos que difieren, los datos que se pasan correctamente sin errores, y los que si dan error, los que se cambian, y los que se ponen por defecto de cada uno, además de tener en cuenta el cálculo que difiere entre ellos a la hora de realizar el análisis energético.

Entre las prestaciones que se pueden analizar con ellos está las cargas térmicas, simulación de instalaciones, cargas de instalaciones, intercambio radiante, confort térmico, ventilación por desplazamiento, distribución de aire, sistemas radiantes, ventilación natural, transporte de humedad, uso de agua, energía renovable, cogeneración, luz natural y control, acristalamiento y control de sombreamiento, controles de adaptación a la demanda, iluminación exterior y control, etc.

4. CASO DE ESTUDIO PARA LA INTEROPERABILIDAD DE LOS PROGRAMAS REVIT® Y DESIGN BUILDER®

Para el ejercicio práctico que lleve a cabo la idea y objetivo del trabajo, de conocer y probar la interoperabilidad entre programas BIM y de análisis energético, se propone actuar de manera metodológica según pasos establecidos en un edificio existente.

4.1. EL EDIFICIO OBJETO

El edificio escogido por el grupo de trabajo, es un edificio conocido y en el que se han realizado evaluaciones anteriores por nuestra parte y por parte del IETcc.

En el edificio se ha realizado una auditoría energética para un proyecto de fin de carrera, se ha realizado las

certificaciones energéticas individuales de varios pisos, además de la del bloque global, se ha monitorizado su higrometría y temperatura con termohigrómetros, se ha monitorizado y hallado por método práctico según UNE la transmitancia térmica de sus cerramientos, además de haber realizado varias encuestas para conocer el uso, ocupación y operatividad de las viviendas a sus usuarios.

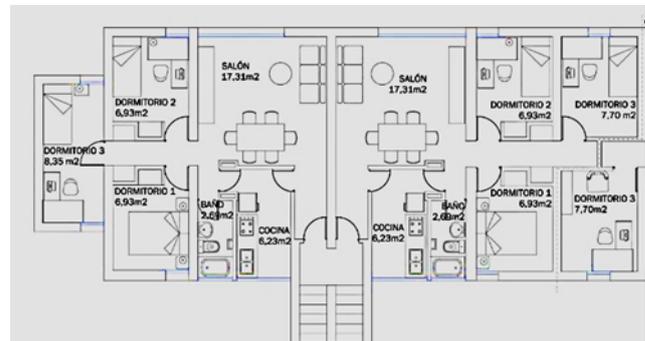


Figura. 4 Distribución de un bloque del edificio objeto. Fuente: Elaboración propia, 2014

Se trata de un edificio situado en Manoteras, un barrio de Madrid, construido en 1960, de uso residencial. (Figura 4).

El bloque posee cinco plantas de igual distribución, dos viviendas simétricas por planta y un núcleo de escaleras donde se localiza la entrada a las viviendas. Cada vivienda tiene unos 70m² de superficie construida.

4.2. PASOS DE LA METODOLOGÍA ESTABLECIDA PARA ESTE PROYECTO

La dinámica con la que se ha desarrollado el proyecto se basa en unos pasos desarrollados de forma ordenada y atendiendo a las solicitudes de cada programa:

1. Introducir en Revit® el edificio objeto, modelizando su geometría y añadiendo sus características de entorno, ubicación, etc.
2. Añadir sus características térmicas a los elementos constructivos que componen el edificio.
3. Realizar el modelo analítico.
4. Exportar un archivo gbXML
5. Añadir parámetros y corregir errores al importarlo a Design Builder®.
6. Correr las simulaciones en cada programa y sacar los informes en cada caso.
7. Analizar y evaluar los resultados de los informes

4.3. PASO I: INTRODUCCIÓN DEL EDIFICIO OBJETO EN REVIT®

Para el levantamiento de un edificio en Revit se debe tener toda la información posible para que el modelo sea lo más completo posible ya que tiene mucha capacidad de almacenaje paramétrico: ubicación, volumetría, orientación, elementos constructivos, etc.

Antes de la modelización del edificio se introducen datos generales del nombre del proyecto. Además de tener en cuenta la volumetría del edificio, hay que orientarlo correctamente según sea su ángulo con respecto al Norte, y analizar las realizar los objetos que puedan arrojar sombra interviniendo en el comportamiento energético del edificio. (Figura 5).



FIGURA. 5 LEVANTAMIENTO EDIFICIO OBJETO DE PRÁCTICA. SE INTRODUCEN: DATOS GENERALES, VOLUMETRÍA, ORIENTACIÓN, Y SOMBRAS QUE SE ARROJAN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2015

Una vez realizado el modelo se deben de concretar las familias y tipos de los elementos constructivos si no se han hecho previamente. Los muros se definen por capas de sus materiales y estos los puedes seleccionar en la biblioteca de Revit Autodesk, o elaborar los tuyos propios si tienes la información necesaria. Los muros también tienen unas propiedades globales a tener en cuenta, como es su uso, su función, sus uniones, sus enlaces con otros elementos, etc.

4.4. PASO II: CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN EL EDIFICIO EN REVIT

Cada material que se ha insertado como capa en los elementos constructivos en el paso anterior, se le puede añadir las propiedades térmicas en la ventana de Explorador de Materiales (figura 6). Estos parámetros son a nivel Material, es decir, por capa según Elemento (ej.: ladrillo). Las propiedades son:

- Conductividad Térmica
- Permeabilidad
- Densidad
- Porosidad
- Calor Específico
- Reflexividad
- Comportamiento
- Resistencia Eléctrica
- Emisividad

Los tres primeros parámetros de la lista indicada se han

modificado según CTE, cogiendo de base un material de la Librería de Revit similar al del proyecto.

El resto de los parámetros se ha dejado según defecto de la Librería de Revit ya que son aspecto que no influyen de sobremanera en el estudio de este trabajo.

A nivel Elemento (ej.: muro), existen otras propiedades analíticas que dependen directamente de las capas que constituyen el elemento. Estas son:

- ◆ Coeficiente de transferencia de calor (U) [W/m²·K]
- ◆ Resistencia Térmica (R) [m²·K/W]
- ◆ Masa Térmica [kJ/K]

La Absortancia y Aspereza se modifican según las características de la capa exterior, se pueden modificar con independencia de las capas que conforman el elemento.

En el caso de los elementos que definen las Ventanas, las propiedades Analíticas no dependen de los niveles de definición expuestos en la figura 6, si no que la composición del vidrio y el marco no determinan sus propiedades térmicas. En vez de esto, el programa da la opción de seleccionar un tipo de ventana con las características preestablecidas.

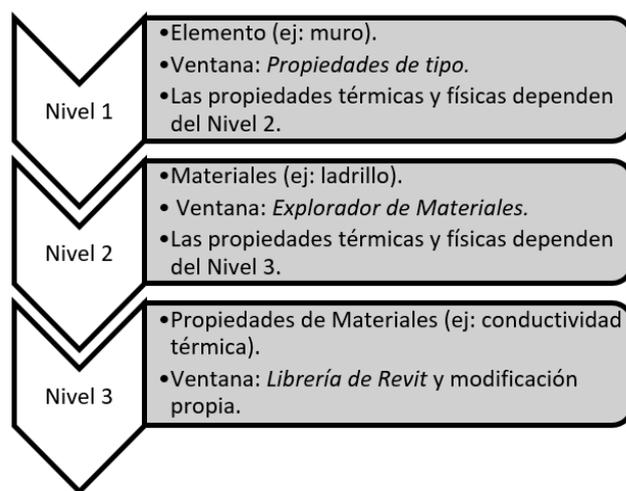


Figura. 6. Esquema de niveles de definición de parámetros. Fuente: Elaboración propia, 2015

En Construcción Analítica se selecciona los parámetros

- ◆ Transmitancia de luz visual
- ◆ Coeficiente de incremento de calor solar
- ◆ Coeficiente de transferencia e Calor (U)
- ◆ Resistencia Térmica (R)

No se ha conseguido saber con exactitud la definición de dicha ventana por defecto en ninguna de las guías que Autodesk Revit da para comprender el programa.

Por lo tanto, en este punto se han definido los parámetros opacos (muros, suelos, cubierta, techos) por material, modificando sus parámetros térmicos, afectando a las capas

de la composición de cada elemento; y la definición de las ventanas se ha realizado seleccionando el elemento de Construcción Analítica que defina las características térmicas de la ventana lo más parecido a las del proyecto.

4.5. PASO III. REALIZACIÓN DEL MODELO ANALÍTICO EN REVIT

Para comenzar con el modelo analítico se necesita crear espacios y zonas. Los espacios sirven para almacenar los valores que se usan en el análisis de carga de calefacción y refrigeración del modelo de construcción. Las zonas son el conjunto de espacios en los que se definen sistemas de control ambiental como sistemas de calefacción, refrigeración y control de humedad.

Se debe puntualizar que hay un concepto similar a los espacios en Revit, que son las habitaciones. Los espacios se usan en Revit MEP y las habitaciones en arquitectura, pero ambos son áreas que guardan información específica para su área. Son múltiples los parámetros que almacena un espacio desde su carga de calefacción calculada, hasta la de diseño, el incremento de calor latente de una persona, las cargas por ocupación, etc.

4.5.1 ESPACIOS

Un espacio se define volumétricamente con unas restricciones como son

- ♦ el Nivel
- ♦ el límite superior y desfases
- ♦ y las paredes de la habitación que se selecciona.

No todos los parámetros que puede almacenar un espacio (y en una zona) se han usado o modificado. Para este trabajo, la parte fundamental de calefacción es suficiente y de gran utilizar para analizar la interoperabilidad del trabajo.

El apartado que influye en esta investigación es el de Análisis Energético dentro de la definición de espacios. En este apartado se indican los aspectos mostrados en la Figura 7.

4.5.2 ZONAS

En la zona, los espacios que la componen se controlan mediante un equipo común que mantiene un entorno común (temperatura, humedad, etc.) al igual que requisitos comunes.

Las zonas también reúnen información de los espacios que la componen y se usan para el análisis de carga de calefacción y refrigeración para determinar las demandas de energía con Revit MEP (extensión del mismo software Revit®).

Al igual que en el apartado de Espacios también el punto de interés es el de Análisis energético, dónde se tienen en cuenta los parámetros que se listan en la Figura 8.

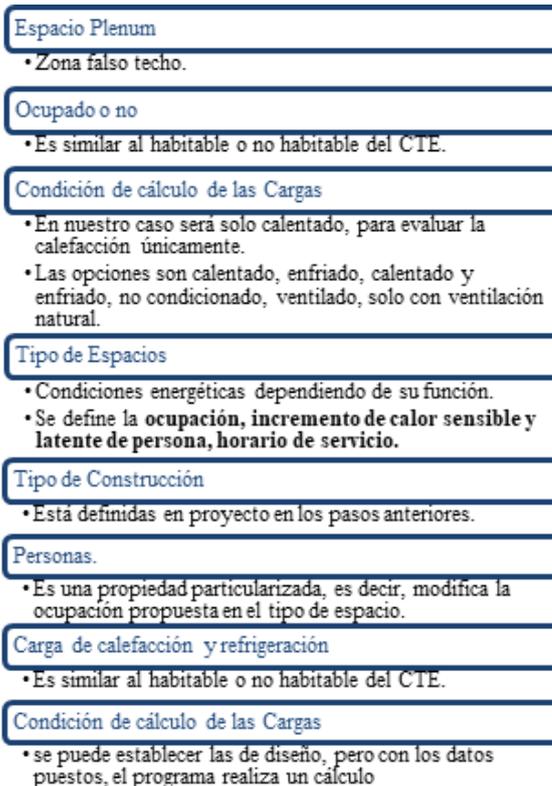


Figura 7. Definición de espacios. Análisis energético.

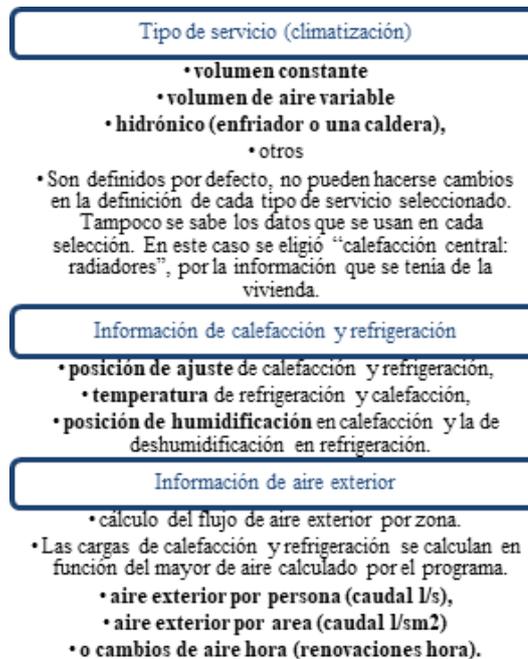


Figura 8. Definición de zonas. Análisis energético.

4.6. PASO IV: EXPORTACIÓN DEL ARCHIVO BIM DE REVIT A UN ARCHIVO GBXML

Una vez configurado el modelo analítico y definida su volumetría, ubicación, objetos exteriores que le afectan, características térmicas de sus elementos se puede realizar la exportación del archivo gbXML para otros programas.

<p>Tipo de espacio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Plurifamiliar, tiene por defecto una serie de parámetros • <i>Área por persona,</i> • <i>incremento de calor sensible y latente por persona,</i> • <i>densidad de carga e iluminación y potencia,</i> • <i>contribución de iluminación de plenum,</i> • <i>tabla de planificación de ocupación, iluminación y potencia,</i> • <i>hora de apertura y de cierre,</i> • <i>posición de ajuste de refrigeración no ocupada</i>
<p>Ubicación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuando se introducen la información general del proyecto se determina la ubicación. • Esta ubicación viene definida por la estación meteorológica correspondiente mediante la opción <i>Servicio de información geográfica via internet.</i> • Determina la cantidad de carbono con relación a la electricidad suministrada.
<p>Plano de suelo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es el nivel de referencia para el objeto. • Categoría de exportación: elegir exportación por espacios o habitaciones.
<p>Complejidad de exportación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • se basa en el detalle suministrado para huecos y si se exporta o no la información de superficie de sombreado. • Envolvente de edificio: Identificar elementos exterior, quiere decir que se usará la proyección de rayos y ver los elementos expuestos.
<p>Instalación del edificio:</p> <ul style="list-style-type: none"> • instalación por defecto para todas las zonas. Se puede modificar yendo a la opción de la zona.
<p>Construcción del edificio:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Importante mantener la definición hecha a lo largo del proceso de elaboración del proyecto y que no se usen datos por defecto como los del análisis de masa.
<p>Clase de infiltración.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Este parámetro no se exporta el gbXML.
<p>Exportar valores por defecto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si no se selecciona solo se exportan los valores definidos por el usuario.
<p>Modelo analítico</p> <ul style="list-style-type: none"> • los datos se han definido en espacios y zonas. Se puede acceder a este cuadro antes o después de sacar el archivo gbXML.
<p>Las instalaciones del edificio:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La tabla de planificación de operaciones, que define las horas de uso, sistema de climatización, que se elige de una lista que ofrece Revit con sistemas definidos por defecto sin poder modificar (<i>ANEXOS. Interoperabilidad entre BIM con Revit y BEM con Design Builder y Green Building Studio</i>) y la información del aire exterior que se ha definido con anterioridad en espacio y zonas.

Figura 9. Parámetros del cuadro de diálogo "configuración de energía" de Revit.

Para llevarlo a cabo Revit examina el volumen de los espacios a analizar del modelo analítico, sus características y errores en el cuadro diálogo Configuración de Energía. Los parámetros que se pueden revisar y modificar en el cuadro diálogo Configuración de energía son los parámetros que se han ido introduciendo a lo largo de la elaboración del modelo energético, tal y como se muestra en la Figura 9.

A continuación se crea el gbXML. Para el caso de este trabajo, este archivo se va a manejar en dos herramientas de análisis de eficiencia energética Design Builder y Green Building Studio.

Green Building Studio está ligado a Autodesk, por lo que a través del programa se puede enviar el archivo directamente a la herramienta, que se cuelga en la web y es ahí donde se puede ver los resultados y modificar. En el caso de Design Builder, el programa, una vez instalado en el PC, se instala en el Revit un complemento donde se puede exportar directamente el gbXML a Design Builder. Los pasos son los mismos desde dentro del Revit que desde dentro de Design Builder.

Antes de acceder a Green Building Studio Web, se debe hacer el análisis energético en Revit del Análisis de Energía que da el programa. Es desde ahí, el cuadro diálogo de los resultados donde se puede acceder directamente con un clic a Green Building Studio.

A continuación, se analizan los inputs que se quedan igualmente definidos y los outputs que se crean y se asemejan en cada uno de los análisis de cada herramienta, Revit, Green Building Studio Autodesk y Design Building.

4.7. PASO V: IMPORTACIÓN DEL ARCHIVOS GBXML A LAS HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN

En el caso del Design Builder, se realiza la importación de las dos maneras señaladas con anterioridad, o a través del plugging o en el mismo Design Builder. (Figura 10)

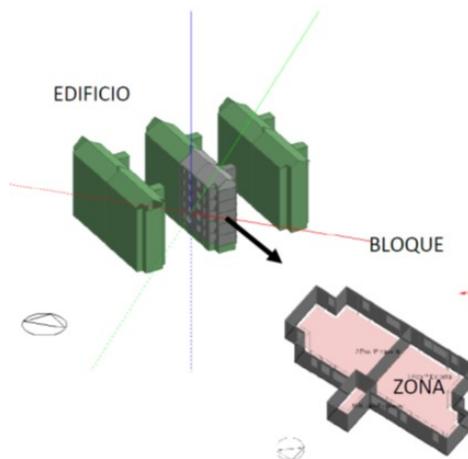


Figura 10. Diferentes elementos geométricos definidos en Design Builder con el modelo importado en la herramienta

La información geométrica contenida en gbXML importa las superficies y volúmenes exteriores e interiores de los espacios, creando paredes, techos, suelos, etc., elementos correspondientes del BIM y también contienen las aberturas de ventanas y puertas.

Las propiedades térmicas importadas se asignan a nivel de superficie en el modelo creado en Design Builder, es decir, no se crean como paredes, suelo, etc. de la plantilla que se usa en el edificio, ni en el bloque, ni en la zona, se crean como partes individuales dentro de cada elemento (último nivel de definición). Cada elementos constructivo (suelo, paredes, techo, particiones, ventanas) está compuesto por las mismas capas definidas en Revit, varía en muy poco el Coeficiente U final del elemento. (Tabla 4).

PARÁMETROS	REVIT	DESIGN BUILDER	
Paramentos opacos			Unidades
Grosor	Igual	Igual	m
Resistencia (R)	Menor	Mayor	m ² K/W
Coeficiente de transferencia de calor (U)	Igual	Igual*	W/m ² K
Masa térmica	Menor	Mayor**	Distintas
Absortancia ⁽¹⁾	Distinta forma	Distinta forma	-
Aspereza ⁽¹⁾	Distinta forma	Distinta forma	-
Conductividad térmica (por capa)	Igual	Igual	W/m·K
Calor específico (por capa)	Igual	Igual	J/(Kg. °C)
Densidad (por capa)	Igual	Igual	Kg/m ³
Emisividad (por capa)	Igual	Igual	-
Permeabilidad		No existe	ng/(PA·s·m ²)
Porosidad ⁽²⁾	Distinto	Distinto	-
Reflexividad		No existe	-
Resistencia Eléctrica		No existe	Ohmios·m

*Design Builder da dos U diferentes, una de ellas, la U de superficie a superficie, es mayor a la otra, la U total del cerramiento, esto explica que la R no sea igual a la que da Revit. Aun así, U de superficie a superficie es la misma en Revit

**Las unidades son distintas KJ/K Revit/ KJ/m² K en Desing Builder

(1) En Revit es por elemento y en Desing Builder se define por capa.

(2) En Revit es un valor de 0,10 y en Desing Builder es un factor de 1.50

Tabla 4 Comparativa de Input de los parámetros de los cerramientos opacos entre Revit y Design Builder. Fuente: Elaboración propia, 2015

En cuanto a las ventanas se habían definido por una selección según su U, sin saber detenidamente los parámetros que conlleva esa elección. En la importación a Design Builder, el parámetro U es el mismo que en Revit y se pueden visualizar los demás que no se mostraban en Revit.

La localización, los datos de definición de escenario de los espacios y zonas, y los sistemas de instalaciones de HVAC no se exportan al Design Builder, por lo que estos elementos son los que se deben de modificar dentro del programa (o en el plugging de Design Builder dentro de Revit). (Tabla5).

REVIT		DESIGN BUILDER	
Orientación	0 (según modelo 3D orientado al noreste)	Orientación	0 (según modelo 3D orientado al noreste)
Ubicación	Servicio de información geográfica vía Internet-	Sitio	Plantilla MADRID/ Barajas RS, España,
Estación Meteorológica	Estación meteorológica 133706_2006 (3,0 km)	Weather Meteoroly	WMO 82210
Zona Climática	3C	Zona climática ASHRAE	3C
Latitud Longitud	40,4764,-3,66	Latitud Longitud	40,45; -3,667
Weather Station	GBS_06M12_02_051056.csv	Datos Climáticos horarios	ESP_Madrid_iwec.epw

Tabla 5 Ubicación y localización. Comparación de datos de Revit y Design Builder. Fuente: Elaboración propia, 2015.

Los datos climáticos son prácticamente iguales, ya que son WMO Organización Meteorológica Mundial y climas ASRHAЕ, la misma base usada en Revit.

En cuanto al Modelo Analítico (parámetros de espacios y zonas), tanto la inserción de datos, como los datos en sí son diferentes de un programa a otro.

Como se observa en la tabla 6, existen varios problemas para poder comparar los resultados posteriormente. Como el hecho de que los parámetros a introducir para las instalaciones de HVAC, que en este caso son sólo para calefacción, no sean iguales, ya que en Revit no se precisan demasiadas características.

También en cuanto a la U de los cerramientos, no se sabe con exactitud cuál de las dos se usa en ellos aunque se determina que al no existir mucha diferencia el resultado por este aspecto no difiere demasiado. También el tener dos motores de simulación distintos puede que los cálculos en el análisis sean diferentes y se tendría que determinar qué aspectos consideran, obvian o añaden cada uno.

	Parámetros en Revit	Parámetro en Design Builder
Motor de cálculo	DOE-2 versión 2015,3,37,232 (DOE-2,2-48r)	Energy Plus versión 8.3.0.001
Espacios		
Zona habitable	Ocupado: Ocupado o no ocupado.	Tipo zona: Standard u otras opciones.
Calcular las condiciones según tipo de climatización	Calentado	No se especifica
Ocupación	M ² /persona	Persona/m ²
Programación	La misma CTE	La misma CTE
Incremento de calor sensible/persona	En W	Tasa metabólica por persona en W/persona
Incremento de calor latente pro persona	En W	No se especifica
Factor de metabolismo	No se especifica	Factor según hombre, mujer o niño.
Tasa de generación de CO ₂	No se especifica	En m ³ /s·W
Tipo de construcción	Por elemento	Según gbXML
Zona		
Tipo de instalación	Calefacción central radiadores*	Caldera convencional **
Posición de ajuste de calefacción	°C	Consigna de temperatura (°C)
Posición de ajuste de refrigeración	°C	Consigna de temperatura (°C)
Temperatura de aire de calefacción	°C	Temperatura max aire de calefc. (°C)
Temperatura de aire de refrigeración	°C	Temperatura max aire de refrig (°C).
Posición de ajuste de humidificación	%	%
Posición de ajuste de deshumidificación	%	%
Aire Exterior por persona	l/s persona	l/s persona
Cambios de aire hora	ren/h	ren/h
Potencia de iluminación media	W/m ²	Densidad de iluminación W/m ²
Combustible	Gas Natural	Combustible HVAC Simple:Gas Natural
Instalación		
Clase de infiltración de edificio	Cfm/sqft	Alta/media/baja
Tabla planificación de operaciones de construcción actividad	24-jul	Es la misma del apartado Programación: CTE
Sistema climatización	Sistema de gas ***	Gas Fired****
Eficiencia Energética	0,9	0,9
Temperatura de salida del agua	No se especifica	°C

Tabla 6. Tabla Comparativa de los Input del modelo analítico entre Revit y Design Builder. Fuente: Elaboración Propia, 2015.

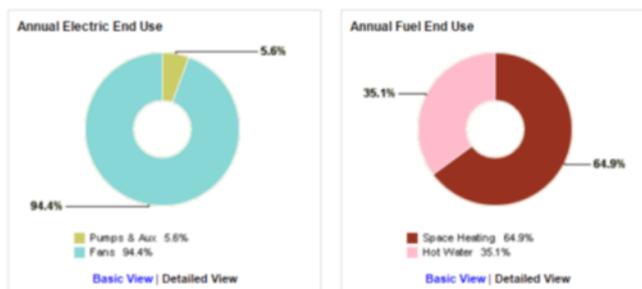


Figura 11. Uso de la energía anual en electricidad y combustible en Green Building Studio con el caso de estudio.

4.8. PASO VI: RESULTADOS DEL ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL EDIFICIO OBJETO.

4.8.1 RESULTADOS EN REVIT ®

Al realizar el Análisis de Energía del edificio objeto en Revit [11], el programa proporciona un informe con los siguientes parámetros de resultados:

Intensidad de uso de Energía (EUI):

- ◆ Costo/uso de energía de ciclo de vida
- ◆ Potencia de energía renovable
- ◆ Emisiones de carbono anuales
- ◆ Uso/Costo de energía anual
- ◆ Uso de energía: Combustible
- ◆ Uso de energía: Electricidad
- ◆ Carga de calefacción mensual
- ◆ Carga de refrigeración mensual
- ◆ Consumo de combustible mensual
- ◆ Consumo de electricidad mensual
- ◆ Demanda máxima mensual

4.8.2 RESULTADOS GREEN BUILDING STUDIO (GBS)

Los resultados mencionados en este apartado y mostrados en la figura 11, se han obtenido con un servicio de análisis de energía basado en la nube con la tecnología de Green Building Studio (figura 8). Además Revit tiene la posibilidad de complementar su análisis energético del edificio bajo la plataforma Green Building Studio [12].

Autodesk Green Building Studio es un análisis energético-web que ayuda a los ingenieros, arquitectos y delineantes a conformar todo el edificio, optimizar la eficiencia energética, y trabajar hacia la emisión CERO de contaminantes en la fase de Diseño. Mediante un sistema rápido, donde se pueden gestionar diferentes propuestas, los arquitectos y diseñadores pueden optimizar la eficiencia en las fases iniciales del proyecto para conseguir mejores construcciones.

Los parámetros que se obtienen en el análisis con el edificio objeto son:

- ◆ Costo de energía anual.
- ◆ Costo de ciclo de vida
- ◆ Las emisiones de CO2 anuales.
- ◆ SUV de equivalencia.
- ◆ Consumo anual de energía eléctrica.
- ◆ La demanda eléctrica pico (kW).
- ◆ Consumo de energía del ciclo de vida.
- ◆ Potencia de suplencia del carbono.
- ◆ Fuentes de energía eléctrica de plantas de su región.
- ◆ LEED Daylight.
- ◆ LEED Water Usage.
- ◆ Análisis Fotovoltaico.
- ◆ Potencial Eólico.
- ◆ Uso de la Energía final.
- ◆ Detalles y suposiciones
- ◆ Datos anuales de energía.

4.8.3 RESULTADOS EN DESIGN BUILDER

Con el análisis energético en Design Builder de manera muy general se obtienen entre otros parámetros [13].

- ◆ Las cargas del sistema.
- ◆ El Consumo Total. (Figura 12)
- ◆ Producción de CO2.
- ◆ Cargas por elementos.
- ◆ Cargas de confort.



Figura 12 Temperatura, ganancias de calor y consumo del análisis en Design Builder del edificio objeto. Fuente: Design Builder con caso de estudio propio, 2015.

Los resultados de cada programa, tal y como se muestran en la tabla 7, son diferentes tanto en el valor final de energía y consumo, como en la lista de resultados y el fin de uso de éstos.

	Revit	Design Builder
Área común del piso (m2)		
Área	593	511,16
Intensidad de uso de energía:	kWh/sm/yr* MJ/m ² /año	-
EUI de electricidad	96*	-
EUI de combustible	800	-
EUI total	1.146	-
Potencial de energía renovable	kWh/año	
Sistema fotovoltaico montado en cubierta (baja eficiencia)	19.406	-
"Sistema fotovoltaico montado en cubierta (eficiencia media)"	38.811	-
Sistema fotovoltaico montado en cubierta (alta eficiencia)	58.217	-
Potencial de turbina eólica simple de 4,5 m	544	-
Costo/Uso de energía de ciclo de vida (30 años)		
Uso de electricidad de ciclo de vida (kWh)	1.258.389	-
Uso de combustible de ciclo de vida (MJ)	10.460.448	-
Costo de energía de ciclo de vida (\$)	126.608	-
Emisiones de carbono anuales	Toneladas /año	Toneladas /año
Consumo de electricidad	3	-
Consumo combustible	17	-
Potencial fotovoltaico cubierta (alta eficiencia)	-4	-
Potencial de turbina eólica simple de 4,5m	0	-
CO2 neto	16	22,6
Uso/Costo de energía	kWh	kWh
Electricidad	41.946	-
Combustible	63.871,90	55.574
Uso de energía: Combustible	MJ	kWh
HVAC	228.114	55.574
Agua caliente doméstica	120.567	-
Total	348.681 (63.871,9 kWh)	55.574

Tabla 7 Output. Resultados de los análisis de cada programa. Comparativa. Fuente: Elaboración propia, 2015 [14].

No existen muchos parámetros equitativos en Design Builder y Revit. El uso de cada uno es para distintas fases de un proyecto y destinado los dos a un análisis energético pero de diferentes aspectos.

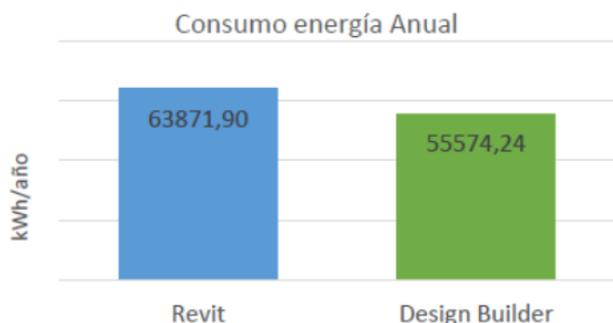


Figura 13. Gráfico de comparativa entre Revit y Design Builder, del consumo de energía. Fuente: Elaboración propia, 2015.

En cuanto al consumo en Revit y Design Builder, se observa que en Revit es mucho mayor que en Design Builder. Esto se puede deber a que las suposiciones y valores por defectos son mayores en Revit que en el otro simulador, en el cual se tiene más control a la hora de insertar los input. (Figuras 13 y 14).

Además del consumo, otros parámetros que determinan los dos análisis son las ganancias y pérdidas por elementos del edificio. Aun así, cada uno tiene su propio criterio a la hora de determinar cada parámetro.

Aunque el consumo es mayor en Revit como se puede ver en el gráfico de la figura 13, las pérdidas son menores. Esto puede deberse a muchos factores como el intervalo de simulación, el rendimiento ambiental, como determine las ganancias solares, los intercambios radiantes, las temperaturas superficiales, etc. (Design Builder deja modificar los resultados y determinar el intervalo y la precisión de estos, pero Revit no tiene esas opciones).

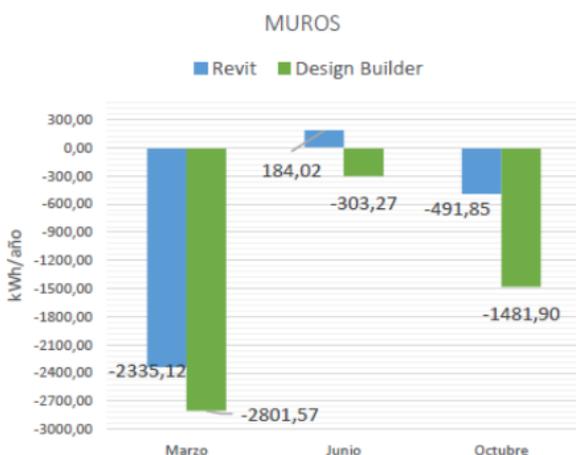


Figura 14. Gráfico de comparativa entre Revit y Design Builder, de las ganancias y pérdidas por muros. Fuente: Elaboración propia, 2015.

5. CONCLUSIONES

Cada programa de modelado establece unas necesidades tanto de datos de entrada como de salida diferentes. No se debe olvidar que Revit no es un programa de simulación energética, aunque sí realiza un análisis de energía del proyecto; es un programa BIM, para proyectar y manejar la información a la hora de tomar decisiones, por lo que es conveniente usar programas externos como Design Builder para completar un análisis energético una vez se haya determinado los aspectos globales que definen el edificio.

El análisis energético que ofrece Revit con el mismo programa o en Green Building Studio de Autodesk no está destinada directamente a un edificio existente, sino que está directamente definida para proyectos de nueva ejecución, y sobre todo en la fase de toma de decisiones de definición del proyecto.

Revit ayuda a los diseñadores a la hora de tomar decisiones en la creación del modelo de la edificación con este análisis energético, se podría decir que no es una herramienta técnica, es una herramienta de diseño y por eso analiza el edificio como un conjunto.

Ayuda a tomar decisiones acertadas y asequibles para mejorar el rendimiento y reducir el impacto ambiental en las primeras fases del proceso de diseño. Mide el uso de energía previsto (combustible y electricidad) en función de la geometría, el clima, el tipo de edificio (uso), las propiedades de la envolvente y sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado, e iluminación. Ayuda a comprender el uso de la energía en el edificio en la fase de diseño.

Green Building Studio es la herramienta de análisis energético central en Autodesk. Está basado en la nube y utiliza el motor de cálculo DOE-2. Aun así hace estudios para la primera etapa de diseño como se ha dicho. No tiene el potencial para estudiar dinámica de fluidos, ni para el consumo y ahorro ya que es muy aproximado a la realidad, no tiene el potencial por las variaciones de cálculo y la cantidad de especificaciones que se introducen, los análisis térmicos no muestran simulaciones, sino análisis energéticos de la edificación de forma global y los resultados gráficos arrojados no se deben considerar como absolutos sino como posibles. En cambio DesignBuilder sí permite estos aspectos.

Con DesignBuilder la simulación energética es más detallada y más controlada. Este programa es una interfaz de EnergyPlus para exclusivamente el análisis energético de una edificación, por lo que complementa a un programa BIM ya que se hacen simulaciones con más control y definición. Si existe una compatibilidad con sus archivos, como es en este caso usando gbXML, el proyecto se beneficia del análisis de esta plataforma.

En el trascurso de este trabajo de investigación se determina que no se puede comparar los resultados de manera minuciosa, y que no se puede determinar si uno es mejor que otro, simplemente se determina que cada uno está destinado a una función.

La terminología de cada programa es diferente y el concepto que engloba cada parámetro del análisis que se realiza en ambas plataformas es distinto o tiene matices de diferencia. Además el motor de cálculo que se ha usado es distinto, en Revit se usa DOE-2 y en DesignBuilder se usa EnergyPlus.

El objetivo no era ese, si no conocer y probar el potencial de interoperabilidad entre estos programas que ayudan a los técnicos a la hora de controlar el edificio, el consumo, la toma de decisiones, gastos, fases, etc.

Se demuestra ese potencial de interoperabilidad entre los programas y distintos formatos en cuanto a análisis de eficiencia energética. La idea de interpolar un mismo modelo de una edificación para detallar aspectos determinados que influyen en todo el proyecto, abre un campo amplio para los técnicos de la edificación.

En este trabajo se muestran los aspectos positivos y negativos que tiene la interoperabilidad entre un programa de referencia BIM como es Revit de Autodesk y un programa de referencia de simulación energética como es Design Builder. En términos generales ahorra tiempos de modelado y asignación de características.

Se aumenta la precisión y la retroalimentación en BIM al utilizar otro software. Cabe esperar que se amplíe la precisión de esta interoperabilidad entre programas en cuanto a la eficiencia energética ya que por ahora está a un nivel parcial. El Design Builder solo lee la definición geométrica y gráfica, y las propiedades de los elementos constructivos que se definen en Revit, aunque el archivo gbXML contenga más información.

Revit tiene la capacidad de mejorar para llegar a poder manejar y controlar mejor los datos que se introducen en el modelo para un análisis energético. En algunos casos no se ha conseguido saber con exactitud definiciones que el programa da por defecto (como ejemplo el caso de las instalaciones climáticas, o los datos energéticos de las ventanas).

Al igual que Design Builder tiene también una muy buena capacidad de leer archivos gbXML por lo que podrá mejorarse para que lea más allá de los datos geométricos, gráficos y que definen las superficies y elementos constructivos, para poder leer datos como instalaciones, escenarios, programaciones de actividad, etc.

También se debe mencionar la imposibilidad que tiene Design Builder en la bidireccionalidad del archivo manejado, es decir, importa el gbXML para poder usarlo en dicho software, pero los cambios que se realizan no se pueden exportar de

nuevo a Revit. Falta compatibilidad entre estos programas en este aspecto. Es un aspecto que se puede derivar por el interés económico de cada compañía, ya que ambos programas requieren una inversión económica para su uso.

Este trabajo, además de servir para comprobar el nivel de interoperabilidad que se tienen entre un programa BIM como es Revit y un programa de simulación y análisis energético como es DesignBuilder, puede derivar en líneas paralelas que realicen la misma metodología de investigación, con otros programas BIM y otros programas específicos, ya sean de simulación energética, análisis estructural, organización y gestión en obra, etc.

De esta forma se alcanzará un proyecto más fiable, trabajable y con mayor facilidad de manejo para el uso que necesiten consultores, arquitectos, ingenieros y técnicos del sector.

Al usar un edificio existente como modelo se destaca que a pesar de que el modelo BIM contiene mucha información de los materiales, estructura, instalaciones, uso, etc. no se debe olvidar que en ocasiones los datos difieren con los monitorizados reales de un edificio existente. Esto se deriva de las simplificaciones y supuestos del modelo que se simula para poder manejar los datos de entrada, o por la falta de datos por reformas, cambios, etc.

Los datos regionales, como el clima, la estación meteorológica, los materiales de la base de datos, las unidades de las propiedades térmicas, son datos que se deben de adaptar de las bases de EEUU y genera bloqueos o inconvenientes que hacen retrasar el avance del proyecto. Son aspectos que se han conseguido asimilar en el proceso de la investigación pero han retrasado a la hora de avanzar con fluidez.

Un posible enfoque en el que se podría trabajar a la hora de hacer más factible la incorporación e BIM a las edificaciones existentes son:

- ◆ La automatización de capturas de datos y la creación de un BIM de manera digital (sin preexistente).
- ◆ La actualización y mantenimiento de la información BIM de ese edificio por parte de la Administración pública (una línea de Catastro).
- ◆ La manipulación y modelado de datos inciertos, objetos y relaciones y usos que ocurren en los edificios existente en BIM.

6. AGRADECIMIENTOS

Financiado con fondos europeos del programa Horizon 2020 de investigación e innovación. (Grant agreement N0. 754016). Proyecto Net-UBIEP. Network for using BIM to increase energy performance. Convocatoria H2020-EE-2016-CSA.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. Olier, «El binomio de moda en España: Eficiencia Energética y las Smart Cities,» *Facility Management Services*, nº 2, pp. 26-28, 10 2014.
- [2] S. A. Ortega, «Herramientas de evaluación de sostenibilidad: La certificación LEED,» *Facility Management Services*, nº 2, pp. 30-33, 2014.
- [3] I. Workshop, «IFC Workshop,» [En línea]. Available: http://www.ifcworkshop.es/secciones/ifc/ifc_BIM.html
- [4] E. Coloma Picó, «Introducción a la Tecnología BIM,» Departamen d'Expressió Gráfica Arquitectónica I Escola Técnica Superior d'Arquitectura de Barcelona, Barcelona, 2008.
- [5] Y. Ham y M. Golparvar-Fard, «Mapping actual thermal properties to building elements in gbXML-based,» *Automation in Construction*, nº 49, pp. 214-224, 2015.
- [6] S. Kota, J. S. Haberl, M. J. Clayton y W. Yan , «Building Information Modeling (BIM)-based daylighting simulationand analysis,» *Energy and Buildings*, nº 81, pp. 391-403, 2014.
- [7] A. Porwal y K. N. Hewage, «Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public,» *Automation in Construction*, vol. 31, pp. 204-214, 2013.
- [8] R. Volk, J. Stengel y F. Schultmann, «Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature,» *Automation in Construction*, vol. 38, pp. 109-127, 2014.
- [9] Jong Bum Kim,WoonSeong Jeong, Mark J. Clayton, y Jeff S. Haberl, Wei Yan, «Developing a physical BIMlibrary for building thermal energy simulation,» *Automation in Construction*, vol. 50, pp. 16-28, 2015.
- [10] g. Org, «gbXML. Open Green Building XML Schema: a Building Information Modeling Solution for Our Green World,» [gbXML.org](http://www.gbxml.org/), 2015. [En línea]. Available: <http://www.gbxml.org/>. [Último acceso: Abril 2015].
- [11] A. K. Network, «Autodesk Revit 2015 Ayuda,» Autodesk, 2014. [En línea]. Available: <http://help.autodesk.com/>. [Último acceso: Abril 2015].
- [12] Autodesk, «Building Performance Analysis,» [En línea]. Available: <https://gbs.autodesk.com/GBS/?redirectUrl=%2FGBS%2FAccount%2FMyProfile>. [Último acceso: 2015].
- [13] A. B. S. S. C. «Building Smart Spanish home of open BIM,» [En línea]. Available: <http://www.buildingsmart.es/>. [Último acceso: 2015].

WHAT DO YOU THINK?

To discuss this paper, please submit up to 500 words to the editor at bm.edificacion@upm.es. Your contribution will be forwarded to the author(s) for a reply and, if considered appropriate by the editorial panel, will be published as a discussion in a future issue of the journal.