



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

El BIM y la simulación energética para el diseño de estrategias de rehabilitación energética de la envolvente opaca.

BIM and energy simulation for the design of refurbishment strategies of the building opaque envelope.

Autor

Lucía Lázaro Sebastián

Directores

Cristina Cabello Matud
Jorge Ruberte Bailo

Ponente

Francesco Oliva

Universidad de Zaragoza/ Escuela de Ingeniería y Arquitectura
2017



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

TRABAJOS DE FIN DE GRADO / FIN DE MÁSTER

D./D^a. LUCÍA LÁZARO SEBASTIÁN,

con nº de DNI 17458350-Q en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)
GRADO, (Título del Trabajo)

EL BIM Y LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA PARA EL DISEÑO DE
ESTRATEGIAS DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE LA
ENVOLVENTE OPACA.

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, 19 de Septiembre

Fdo: _____

El BIM y la simulación energética para el diseño de estrategias de rehabilitación energética de la envolvente opaca.

BIM and energy simulation for the design of refurbishment strategies of the building opaque envelope.

Lucía Lázaro Sebastián

DIRECTORES

Cristina Cabello Matud | Jorge Ruberte Bailo

Escuela de Arquitectura e Ingeniería de Zaragoza | 2017

AUTORA: Lucía Lázaro Sebastián

DIRECTORES: Cristina Cabello Matud y Jorge Ruberte Bailo

PONENTE: Franceso Oliva

COLABORACIONES INTERNAS: Belinda López-Mesa y Almudena Espinosa Fernández

COLABORACIONES EXTERNAS:



Universidad
Zaragoza



AGRADECIMIENTOS

Después de un intenso periodo de nueve meses, hoy es el día en el que finaliza esta labor de investigación. Este proyecto significa tanto en el ámbito personal como profesional la consecución de un periodo de gran importancia en mi vida como estudiante de Grado de Arquitectura. Unos años inolvidables en los cuales he vivido una gran cantidad de experiencias las cuales estarán presentes a lo largo de mi vida. Esta carrera ha significado para mí una manera de vivir y una forma diferente de ver a mi alrededor.

El presente proyecto es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente han participado varias personas colaborando, corrigiendo, dando ánimo y acompañando en los buenos momentos y en los que no lo fueron tanto.

En especial, agradezco a mis Tutores Cristina Cabello Matud y Jorge Ruberte Bailo, a Belinda López-Mesa y a Almudena Espinosa Fernández por su gran colaboración y su valiosa ayuda para que este trabajo saliese adelante.

Agradezco también al Gran Hotel de Jaca por brindarnos la oportunidad de recorrerlo y realizar las investigaciones pertinentes y a la empresa Zeroaplus, colaboradora con el TFG por brindarnos toda la información disponible del Hotel que ellos poseían.

Así sin olvidarme de la persona que me ha acompañado durante todo este proceso y con la cual he pasado la mayor parte de esos nueve meses investigando sobre el Gran Hotel de Jaca, Revit y Design Builder, Irene Lavilla Valiente.

Finalmente agradecer a mis padres, Francisco Lázaro Pérez y Mariola Sebastián Serrano, a mi hermano Antonio Lázaro Sebastián, a mi abuela Pilar Serrano López y a Eduardo Soler Soler, así como al resto de mi familia por haberme apoyado en todo momento, haberme entendido en los peores momentos y haberme hecho las cosas mucho más fáciles ya que sin vosotros esto no habría sido posible. Mis especiales agradecimientos a Alejandro López Sebastián e Irene López Sebastián.

¡Muchas gracias a todos!
Mainar, 15 de Septiembre de 2017.

RESUMEN DEL TRABAJO

La normativa actual y la necesidad de diseñar y construir edificios eficientes desde el punto de vista energético están afectando directamente a los procesos actuales de certificaciones energéticas. La intención de este trabajo es detectar el panorama actual que sufre la interoperabilidad entre programas BIM y BPS. En concreto a través de Revit, un programa en fase de desarrollo e implantación en la sociedad actual el cual ofrece unas prestaciones muy atractivas y Design Builder, un programa destinado a la simulación energética con un potente motor de cálculo, Energy-plus. A través de esta interrelación se pretende detectar un método para conseguir un traspaso más eficiente y fluido de información entre estos dos programas, así como detectar los procesos que no son posibles transferir e investigar sobre nuevas interoperabilidades.

En el proceso final, se realizan una serie de comprobaciones de parámetros que se deben definir en Design Builder directamente para realizar una simulación. Como comprobación del correcto traspaso, se han realizado una serie de simulaciones con propuestas de mejora de los cerramientos opacos. Ya que como se esperaba, los valores ofrecidos corresponden con datos acordes con la realidad en la que se encuentra el edificio su ubicación (Jaca) y su año de construcción. Estas propuestas mayoritariamente se centran en reducir la demanda por calefacción de las habitaciones objeto de estudio a través de unas propuestas en las que se modifican los elementos que componen la fachada.

ABSTRACT

The current legislation, and the current design and building requirements from an energy efficiency point of view, are affecting directly to the current energy certification processes. The goal of this work is to identify the current landscape during the interoperability between both BIM and BPS software. More precisely, through Revit, which is a software in development and implementation in the society, that offers very attractive opportunities. And Design Builder, a software focused on energy simulations with a powerful calculation engine, Energy-plus. Through this interrelation we are trying to detect a method to optimize the information-flow between these two programs, as well as the processes that are not able to be transferred, and to research about new interoperability options.

During the final process, some checking's parameter shave been defined directly in Design Builder to do a simulation. To be able to check the transfer was right, a simulation series were done with some improvements in all the opaque enclosures. As per expected, offered values matches with the real values in the building, the location (Jaca) and the construction year. These proposals are focused on reducing the heating demands at the matter rooms through some proposals where some elements in the façade are modified.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	16
.....	
OBJETIVO Y METODOLOGÍA	23
Objetivo	25
Metodología	27
.....	
RESULTADOS	29
Fase de recopilación y desarrollo de datos de partida.	31
Guía para introducir el edificio “ampliación” en Design Builder	44
.....	
SIMULACIÓN	55
Configuración de parámetros para la simulación	58
Análisis de resultados	60
Mejoras en la envolvente opaca	63
.....	
CONCLUSIONES	71
.....	
BIBLIOGRAFÍA	73
.....	
ANEXOS	75
.....	

ANEXOS

ANEXO 1. Ensayo prueba-error.	79
1.1. Configuración de las propiedades térmicas de los elementos.	79
1.2. Simplificación de los elementos.	81
1.3. Exportación a través del archivo gbXML.	83
1.4. Importación del modelo BIM.	87
1.5. Añadir plantilla sitio.	89
.....	
ANEXO 2. Modelado en Revit a través de archivos vinculados.	91
.....	
ANEXO 3. Opciones de exportación desde Revit a Design Builder.	93
.....	
ANEXO 4. Clasificación de muros, puertas y ventanas.	95
.....	
ANEXO 5. Puentes térmicos de las habitaciones a analizar.	101
.....	
ANEXO 6. Catálogo características técnicas aislamiento perla de poliestireno.	103
.....	
ANEXO 7. Catálogo características técnicas aislamiento SATE.	105
.....	
ANEXO 8. Tablas de referencia del CTE (Código Técnico de la Edificación)	107
.....	
ANEXO 9. Índice de figuras	109
.....	



I.INTRODUCCIÓN

El estado del software Building Performance Simulation (BPS)

EL BIM como método de representación actual

EL BIM en el panorama de la eficiencia energética

La interoperabilidad entre programas BIM y programas BPS

Como análisis previo del panorama de la interoperabilidad entre programas de modelado y de certificación energética, en este trabajo se hará una breve investigación sobre el estado actual de los programas BPS (Building Performance Simulation) y los programas BIM (Building Information Modeling).

I. INTRODUCCIÓN



Una vez conocida la metodología que se debe llevar a cabo para completar exitosamente el traspaso de información, los problemas a solucionar en el proceso se ven reducidos, pero también es cierto que en el estudio se han tenido que tomar decisiones para simplificar el modelo con respecto a la forma y los puentes térmicos, debido a que los programas estaban generando conflictos internos constantemente y algunos de los elementos, como los planos de sombra, han sido imposibles de traspasar. Por lo que no se puede afirmar que se esté produciendo una interoperabilidad perfecta pero sí que es un avance en la investigación que se acerca el resultado final.

Por otro lado, como comprobación del correcto traspaso, se han realizado una serie de simulaciones con propuestas de mejora de los cerramientos opacos. Estos resultados, debido a las simplificaciones realizadas no se corresponden totalmente con la realidad pero sí que nos dan una idea del comportamiento energético del edificio.

Tal y como se esperaba, los valores ofrecidos corresponden con datos aproximados a la realidad en la que se encuentra el edificio, su ubicación (Jaca) y su año de construcción. Estas propuestas, mayoritariamente, se centran en reducir la demanda por calefacción de las habitaciones, objeto de estudio a través de unas situaciones hipotéticas en las que se modificaban los elementos que componen la fachada hasta cumplir las exigencias del código técnico, reduciendo entorno al 18% en lo que a demanda de calefacción se corresponde ya que los muros exteriores suponían el 37% de las pérdidas de esta.

En este estudio, se han demostrado las capacidades que presenta la interrelación entre Revit y Design Builder así como sus limitaciones. Actualmente, se trata de un campo todavía en una fase de desarrollo inicial, la base fundamental de esta interoperabilidad es la eficiencia que presenta en el ahorro de trabajo.

En este caso, esto no ha sido así, ya que el modelo destinado a la simulación se ha tenido que redibujar con respecto a las exigencias que Design Builder estaba requiriendo, y posteriormente, realizarle unas rectificaciones como sería el caso de los puentes térmicos. Esto ha supuesto un doble trabajo en la parte de modelación y análisis, ya que también, se debían de verificar todos los datos en el programa de destino. Aunque la modelación desde Revit ofrece más posibilidades con una interfaz más intuitiva, estos elementos deben de simplificarse para un correcto entendimiento, por tanto, actualmente sería mucho más lógico si el objetivo final es conseguir una certificación, dibujarlos directamente en Design Builder sin ningún tipo de modificación.

El modelado en Design Builder, al igual que en la mayoría de programas de eficiencia energética, es un proceso arduo, por tanto el modelado únicamente en BIM que además ofrece muchas otras prestaciones, es una opción a tener en cuenta, y es por eso, y con el objetivo final de evitar este doble modelado, que se están desarrollando estos programas. Esto permitirá que desde cualquier fase del proyecto modelado en BIM, se puedan realizar simulaciones en las cuales se interprete la información directamente. Como ha sido el caso de este estudio con las propiedades térmicas de los elementos. Un traspaso directo de información supone muchas ventajas en la eficiencia del proyecto, y es ahí donde se encontrará la gran ventaja de estos programas en un futuro.

El BIM: Situación actual

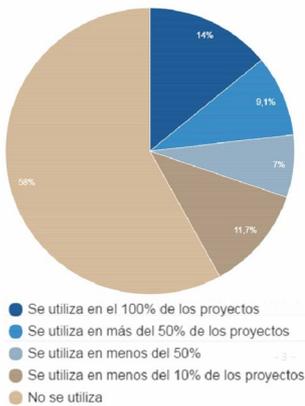
Los programas BIM (*Building Information Modeling*) representan un tema de actualidad dentro del diseño en las oficinas de Arquitectura, Ingeniería y Construcción. Esto se debe a la coordinación entre los elementos que constituyen los edificios y las vistas que se pueden dar de ellos. El BIM no sólo afecta a la fase conceptual sino que incide sobre las diferentes fases del proyecto. Se trata de una “pre-construcción” de una infraestructura, en la cual cada una de las partes está vinculada con el resto del proyecto, por lo que minimiza los errores cometidos cuando los elementos son independientes. Se trata de un modelo de visualización totalmente conectado de 2D-3D que permite maximizar la entrega a todos los agentes vinculados al proyecto.

Esta metodología de trabajo no solo permite modelar el edificio tanto arquitectónicamente como estructuralmente y obtener los planos correspondientes, sino que permite muchas más funciones como podrían ser las relacionadas con la estimación de los costes, revisión y planificación del diseño, diseño de instalaciones, etc.

Por las facilidades que ofrece se trata de un método de representación en fase de evolución. Actualmente, un 40% de los estudios de arquitectura que participaron en la encuesta del CSCAE sobre este tema, tienen implantado el BIM en sus oficinas. “Este porcentaje muestra que el grado de implantación todavía es bajo pero el nivel de satisfacción con los resultados obtenidos gracias a esta metodología es alto, por lo que se considera que se irá incrementando su uso a lo largo del tiempo.”¹ [Figura1]

EL BIM en el panorama de la eficiencia energética

El BIM (*Building Information Modeling*) nos ofrece además la ventaja de asignarles a los diferentes elementos información extra como propiedades térmicas, áreas, zonas de proyecto, ubicación, orientación, etc. Todo esto va íntimamente ligado con la idea de un posible control de la eficiencia energética. Este campo está todavía en fase de desarrollo e investigación, pero actualmente, ya se están desarrollando nuevos programas propios de las mismas compañías enfocados a la realización de unas interoperabilidades mucho más eficientes.



¹ Datos de referencia recogidos en la encuesta realizada por El Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España *Implantación de sistemas BIM*.

² Lorena Silva Castillo, Danny Lobos, Gerth Wandersleben. *Mapeo de Interoperabilidad entre BIM y BPS Software (Simulación energética) para Chile*.

(Estudio realizado cooperado por la Pontificia Universidad Católica de Chile y la Universidad del Bio Bio, Chile 2013).

Autodesk, lanzó Insight, un programa destinado a realizar simulaciones energéticas con una interoperabilidad directa desde Revit. Este programa está previsto que mejore sus prestaciones para llegar a alcanzar unos niveles más reales en la simulación.

Además, algunos programas BIM, como es el caso de Revit, ya incorporan una simulación energética propia que permite realizar un análisis energético del proyecto, estudios de cargas térmicas, instalaciones de climatización, etc. Pero actualmente no se encuentra en una fase suficientemente desarrollada como para conseguir un análisis energético completo y aproximado a la realidad.

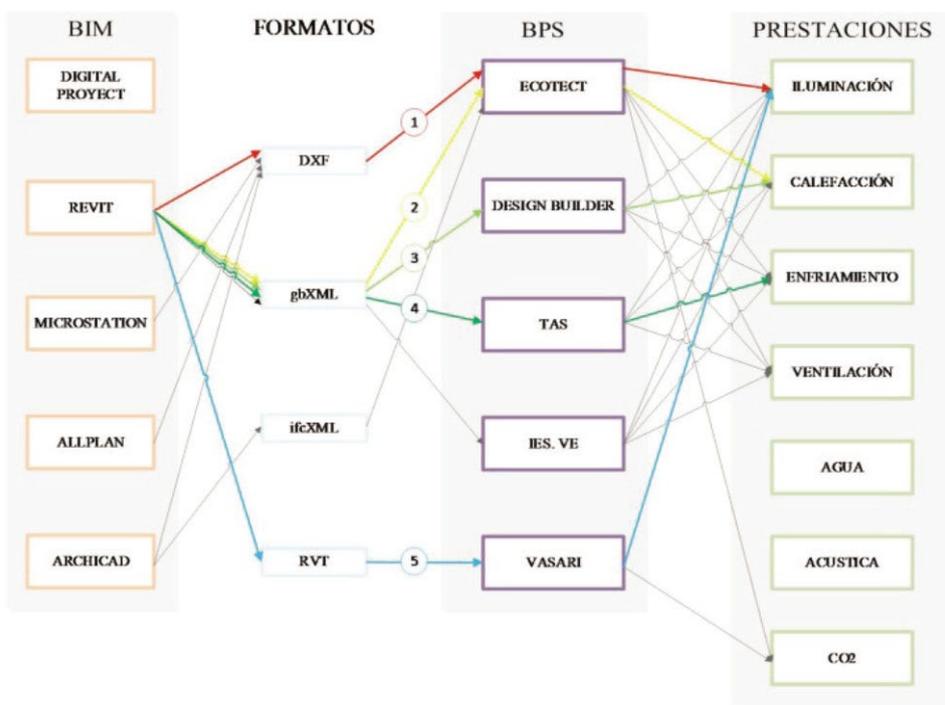
La interoperabilidad entre programas BIM y programas BPS

La posibilidad que nos ofrecen los programas de BIM de aplicarles información extra a los materiales y crear zonas dentro de un espacio cerrado, es aprovechada por los programas BPS (*Building Performance Simulation*) para evitar modelar de nuevo el edificio, lo cual supone un 30% del tiempo empleado para la simulación según un estudio realizado por la universidad de Chile en 2013.²



La interoperabilidad, el flujo y la correcta interpretación de datos de un programa a otro es un hecho y dentro del software BPS, existen varios formatos usados para el intercambio de datos con el BIM: DXF, el gbXML y el ifcXML.

Una clasificación hecha en el estudio *Mapeo de Interoperabilidad entre BIM y BPS Software* por la universidad de Chile nos clasifica, por un lado, el DXF como un formato usado para exportar la geometría del edificio con la intención de realizar cálculos de iluminación, sombras, vientos/ventilaciones y ganancias solares; mientras que los formatos gbXML y ifcXML exportan datos sobre áreas para cálculos térmicos, transmisión y radiación solar, demandas energéticas, etc. Existen varias combinaciones de intercambio de información entre programas BIM y BPS según las necesidades y los datos que se quieran conseguir. Así también, cada uno de los programas utilizados tienen sus limitaciones a la hora de la interoperabilidad y en algunos casos, el procedimiento no te asegura el 100% de la correcta interpretación de la información y en otros, el programa de destino, el BPS, condiciona la forma en la que debes modelar según los criterios de diseño de este. Esto se debe a su fase actual de desarrollo y a las relaciones entre programas que interpretan los datos de diferente manera.³



[Figura 2]

³ Información ampliada en anexo 3. Opciones de exportación desde Revit a Desing Builder.

Figura 2: Mapa de flujos de información entre BIM y BPS según prestación específica.



II.OBJETIVO Y METODOLOGÍA

OBJETIVO.

METODOLOGÍA.

Fase de recopilación y desarrollo de los datos de partida.
Fase de experimentación.
Fase de análisis del modelo.

Como objetivo fundamental del trabajo está el conseguir un método para realizar una comunicación fluida entre los programas de modelado, en este caso Revit, y los programas de simulación energética, Design Builder.

La metodología llevada a cabo se puede dividir en tres fases lineales: recopilación y desarrollo de datos de partida, experimentación entre los dos programas y por último análisis del modelo. En cada una de ellas se van realizando unos pasos complementarios para llegar a la conclusión final y a la comprobación de la simulación.

II.OBJETIVO Y METODOLOGÍA

II.I OBJETIVO GENERAL

Dentro del panorama de la interoperabilidad de programas BIM y BPS resulta muy atractiva la idea del traspaso de información automática de dos programas concretos, Revit y Design Builder debido a sus prestaciones actuales. Revit es actualmente uno de los programas de modelado con mayor potencial y en proceso de desarrollo dentro de la sociedad del BIM. Design Builder, es uno de los mejores programas de simulación energética debido a su interfaz intuitiva y al motor Energy-plus, que acerca a la realidad las simulaciones realizadas.

Estudiando una parte del Gran Hotel de Jaca, el objetivo general del trabajo es determinar la metodología que se debe establecer para un correcto traspaso de información de la forma más directa posible averiguando sus limitaciones. Para ello se realiza un análisis de errores cometidos y valoraciones para comprobar cómo esto afectan a los resultados de la simulación.

Este trabajo está estrechamente relacionado con el trabajo fin de grado de Irene Lavilla Valiente *El BIM y la simulación energética para el diseño de estrategias de rehabilitación energética de la envolvente acristalada*. Debido a la carga de trabajo que suponía realizar la simulación y comprobar la interoperabilidad del edificio completo como se había propuesto desde Zeroaplus. Los dos trabajos parten de una base común en fase de investigación hasta llegar a determinar unos objetivos específicos para cada una de las partes.

II.i Objetivo específico.

El caso de estudio será la ampliación del Gran Hotel de Jaca. Este volumen, orientado Este-Oeste y con una geometría rectangular respondiendo a la alineación de la calle Cervantes. Está compuesto en sus plantas superiores, seis, por habitaciones del hotel mientras que la planta baja y sótano están destinadas a usos públicos.

El objetivo específico del estudio es determinar la relación actual que existe entre Revit y Design Builder y establecer el método según las experiencias vividas que se debe llevar a cabo con respecto a la forma y geometría de los elementos del edificio para un correcto traspaso de información al programa de destino.

Con este estudio se pretende verificar el traspaso que se establece en los elementos opacos y comprobar cómo estas propiedades se transfieren correctamente al modelo energético para así poder realizar propuestas de mejora interpretando los resultados de la simulación.



II.II METODOLOGÍA

La metodología llevada a cabo dentro del Trabajo se puede dividir en tres fases:

Fase de recopilación y desarrollo de datos de partida: Obtención y ordenación de la documentación necesaria para conocer y trabajar sobre el edificio.

Fase de experimentación: A través del ensayo Prueba-Error⁴ se van realizando diferentes intercambios de datos entre los dos programas hasta conseguir una conexión fluida. En este punto, lo más importante es encontrar el método. Para eso se deben analizar los posibles errores cometidos en el traspaso de información desde el programa de origen.

Fase de Análisis del modelo: En esta fase, se deben incluir los parámetros y funciones que no se han podido traspasar de un programa analizando los posibles errores de simulación y llegar hasta la interpretación de los resultados.

II.iii Fase de recopilación y desarrollo de datos de partida

Elección del caso de estudio

El Gobierno de Aragón, a través de la Sociedad Aragonesa de Gestión Ambiental (SARGA), recibió financiación del programa Horizonte 2020 de la Comisión Europea para el proyecto *Abracadabra*, en el cual Zeroaplus participa y desea presentar un estudio piloto de rehabilitación energética y ambiental bajo los estándares de edificios de consumo casi nulo en el sector hotelero.

La empresa Zeroaplus, actual colaboradora con el TFG (Trabajo Fin de Grado), realizó sus investigaciones en el Gran Hotel de Jaca a través del programa de eficiencia energética HULC (Herramienta unificada LIDER-CALENER).

El estudio de interoperabilidad entre varios programas de eficiencia energética y BIM, ya que supondría modelar una única vez, fue un tema en el que ambos estábamos interesados. La empresa colaboradora ya había trabajado sobre el Gran Hotel de Jaca, por lo que nos parecía interesante llegar a investigar si el procedimiento que ellos habían hecho se podría haber ahorrado gracias a la viabilidad o no de la conexión entre programas, y por tanto hacer unos pasos de información mucho más rápida y efectiva. Y a su vez comprobar la relación que se establecía actualmente entre Revit y Design Builder específicamente.

Información disponible

El Gran Hotel de Jaca, obra del arquitecto Lorenzo Monclús Ramirez, se construyó entre los años 1955 a 1958, por lo que la información en planos era escasa. La empresa colaboradora facilitó la documentación original, la cual se tuvo que verificar y contrastar debido a que se realizaron ampliaciones y remodelaciones posteriores.

Información no disponible

Una de las partes más importantes de la información no disponible eran los materiales, tipos de muros y construcciones que se habían realizado en el Hotel, por lo que se recurrió a visitar el lugar de actuación. Realizar visitas con los encargados y los trabajadores del Hotel facilitó información, la cual fue contrastada con una publicación realizada por Fernando Kurtz, Marta Montón y Belinda López-Mesa *Informes de la construcción*⁵ en la que se recogen detalles y materiales constructivos de la época para conocer lo máximo posible las construcciones reales, ya que la realización de catas no era opción viable.

⁴ La expresión *ensayo prueba y error* proviene del método heurístico para la obtención del conocimiento. "Se trata de una técnica exploratoria de resolución de problemas cercana al método empírico de las ciencias fácticas" Consiste en realizar pruebas verificando si funciona. Si las pruebas realizadas funcionan, se tiene una solución. En caso contrario y con un resultado erróneo, se procedería a realizar pruebas alternativas. Aplicado a búsqueda de soluciones, no se trata de encontrar por qué funciona una solución, simplemente el deseo es de conseguirla. Fuente de información ECyT-ar, La enciclopedia de ciencias y tecnologías en Argentina (2017).

Contacto con expertos

Debido a la complicación de la geometría del edificio, se recurrió a un experto en Revit, Jorge Ruberte. El modelado se debía hacer siguiendo unas pautas que más tarde se comentan en la parte III. Resultados. Este modelado se hizo a través de archivos vinculados que ofrecen la posibilidad de trabajar en un archivo separado que posteriormente formará parte de un conjunto.

La toma de contacto y la resolución de problemas posteriores con el programa Design Builder fueron posibles gracias a la ayuda de Almudena Espinosa, experta en este programa. Así como el contacto establecido con el distribuidor oficial de Design Builder en Zaragoza.

Este trabajo, se encuentra en la línea de Investigación del Departamento de Construcción de la Universidad de Zaragoza, por lo que se ha contando también con su colaboración.

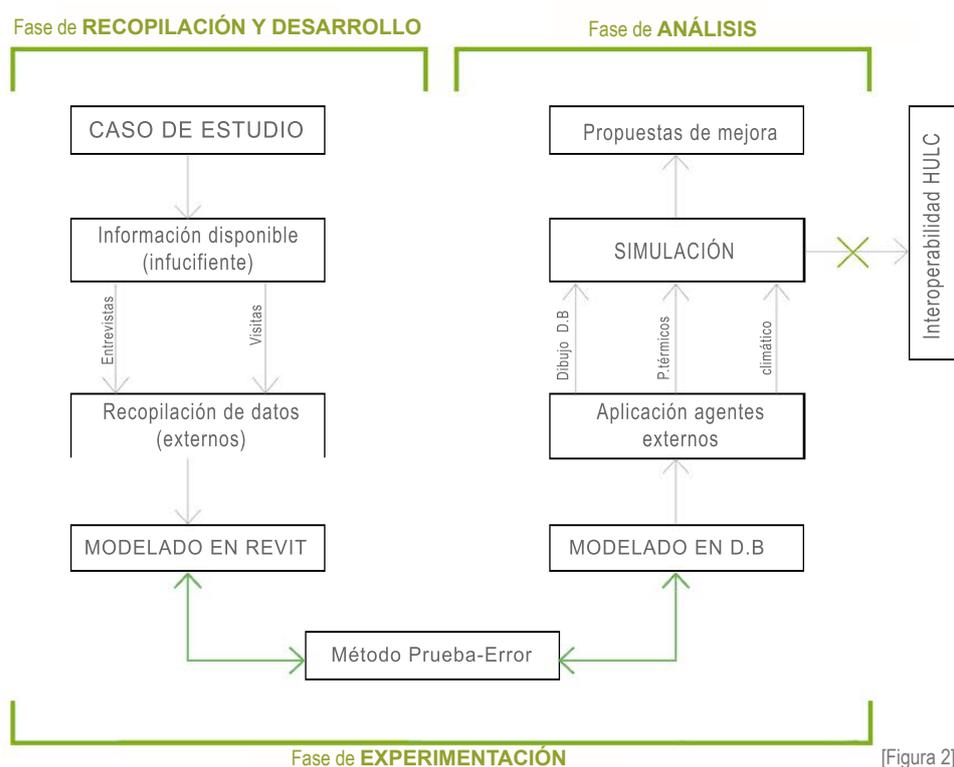
II. iv Fase de experimentación

En este apartado, a través del ensayo de Prueba-Error, se pretende establecer un método para realizar un intercambio de información entre Revit y Design Builder lo más eficiente posible de forma que todos los pasos se establezcan y se conozcan a priori con la intención de evitar posibles errores.

Los esquemas muestran el recorrido que se ha realizado hasta dar con la prueba final a través de la exportación gbXML.⁶

II.v Fase de Análisis del modelo

Una vez establecido el intercambio de Revit a Design Builder, el objetivo es comprobar que todos los datos que han llegado al programa de destino funcionan correctamente y detectar cuales no han sido posibles transferir con la intención de solucionarlos a través de las herramientas propias de Design Builder. Algunos de ellos son los planos de sombra, los puentes térmicos y el archivo climático.



[Figura 2]

⁵ Fernando Kurtz, Marta Montón, Belinda López-Mesa. "Obsolescencia de la envolvente térmica y acústica de la vivienda social de la postguerra española en áreas urbanas vulnerables" Informes de la construcción, (marzo 2015), 67.

⁶ Información ampliada en anexo 3. Opciones de exportación desde Revit a Design Builder.

Figura 3: Mapa de la metodología llevada a cabo en el estudio. Fases de trabajo y relación entre estas.



II.RESULTADOS

FASE DE RECOPIACIÓN Y DESARROLLO DE DATOS DE PARTIDA.

Contexto histórico.

Definiciones constructivas.

Plantas.

Alzados.

Vistas 3D.

Detalles constructivos.

Transmitancias.

GUÍA PARA INTRODUCIR EL EDIFICIO "AMPLIACIÓN" EN DESIGN BUILDER.(FASE DE EXPERIMENTACIÓN)

Simplificación del modelo.

Propiedades térmicas.

Modelo energético en Revit.

Archivo base en Design-Builder.

Dibujo en Design Builder.

En este apartado se recogen los resultados finales de la investigación llevada a cabo a través de la recopilación y desarrollo de datos de partida en forma de plantas, alzados, vistas y detalles constructivos.

Por otro lado, se encuentra el resultado de la fase de experimentación, en el cual, aparece la guía para introducir una de las partes del edificio en Design Builder a través de Revit. Aquí, se analizarán los resultados previos y la configuración de los distintos materiales que componen los elementos constructivos del edificio.

III.RESULTADOS

III.I FASE DE RECOPIACIÓN Y DESARROLLO DE DATOS DE PARTIDA.

III.ii Contexto histórico del Gran Hotel de Jaca (1947-48).

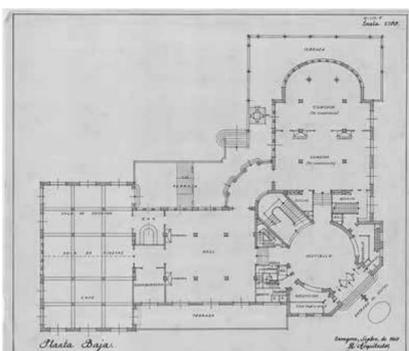
A finales del siglo XIX Jaca comenzó a ser un destino turístico entre la alta sociedad española y francesa. En 1947 se convocó un concurso para elegir un proyecto para un hotel de turismo en Jaca en una parcela recientemente adquirida haciendo esquina entre el Paseo de la Constitución y la avenida Regimiento de Galicia. La actual ubicación del Hotel.

Lorenzo Monclús fue el arquitecto encargado de llevar a cabo el proyecto. Empezó a estudiar arquitectura en Barcelona en 1929 pero la terminó en Madrid en 1935. La relación de este arquitecto con Jaca comenzó en 1939. En esta misma ciudad Lorenzo Monclús realizó más de 150 proyectos, entre los que destacan este mismo Hotel y el Palacio de congresos.

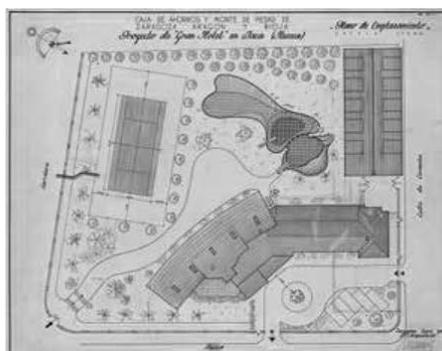
La primera fase de propuesta entre 1947 y 1948 responderá al concurso realizado para construir un Hotel de turismo en Jaca. Entre 1955-1958, se lleva a cabo una segunda propuesta del edificio volviendo a la idea primaria de dos volúmenes en "L" que dejaran la mayor parte del espacio central destinado a un patio orientado al sur. Los cuerpos intermedios varían con los años pero siempre el cuerpo bajo es el que alberga los usos públicos del hotel: accesos, comedores, restaurantes, aseos, núcleo de comunicación, etc. A través del estudio de los dos proyectos se muestra la evolución que sufrió la arquitectura en ese periodo. "Los materiales utilizados en el conjunto son los propios de la zona: piedra gris de la zona, recubrimiento de mortero de cemento pintado de blanco, y carpinterías de pino del Pirineo (las originales)."⁸

Como nueva moda de los años 70, el esquí en el Pirineo Aragonés empezó a ser algo habitual. Apareció un turismo de invierno que no estaba contemplado en el proyecto original, por lo que se construyó una ampliación que albergaría 115 nuevas habitaciones en la parte Oeste del solar cerrando el patio.

Los dos edificios construidos en vertical actuales son los encargados de albergar las habitaciones. Están constituidos por un edificio curvo que adopta esta forma para favorecer la orientación en un clima frío como es el de Jaca y las vistas hacia el paisaje de la Peña Oroel. Este volumen le otorgó distinción al Hotel y se convirtió desde el momento de su construcción en su imagen representativa. Y por el edificio recto, la parte de ampliación, cuya geometría corresponde a la alineación de la calle que se construyó en los años 70 con dos fachadas este-oeste con una misma solución siguiendo los materiales y técnicas de la zona.



[Figura 4]



[Figura 5]

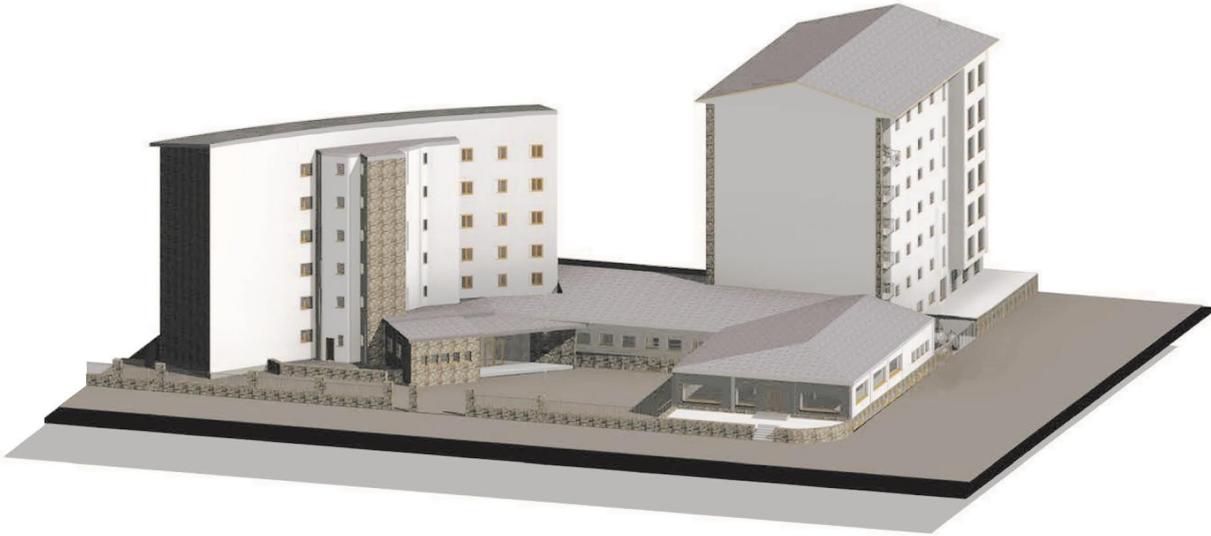


⁸ Raimundo Bambó Naya, "El Gran Hotel de Jaca: una infraestructura para el turismo de montaña", Revista europea de investigación en arquitectura, 2015, 4

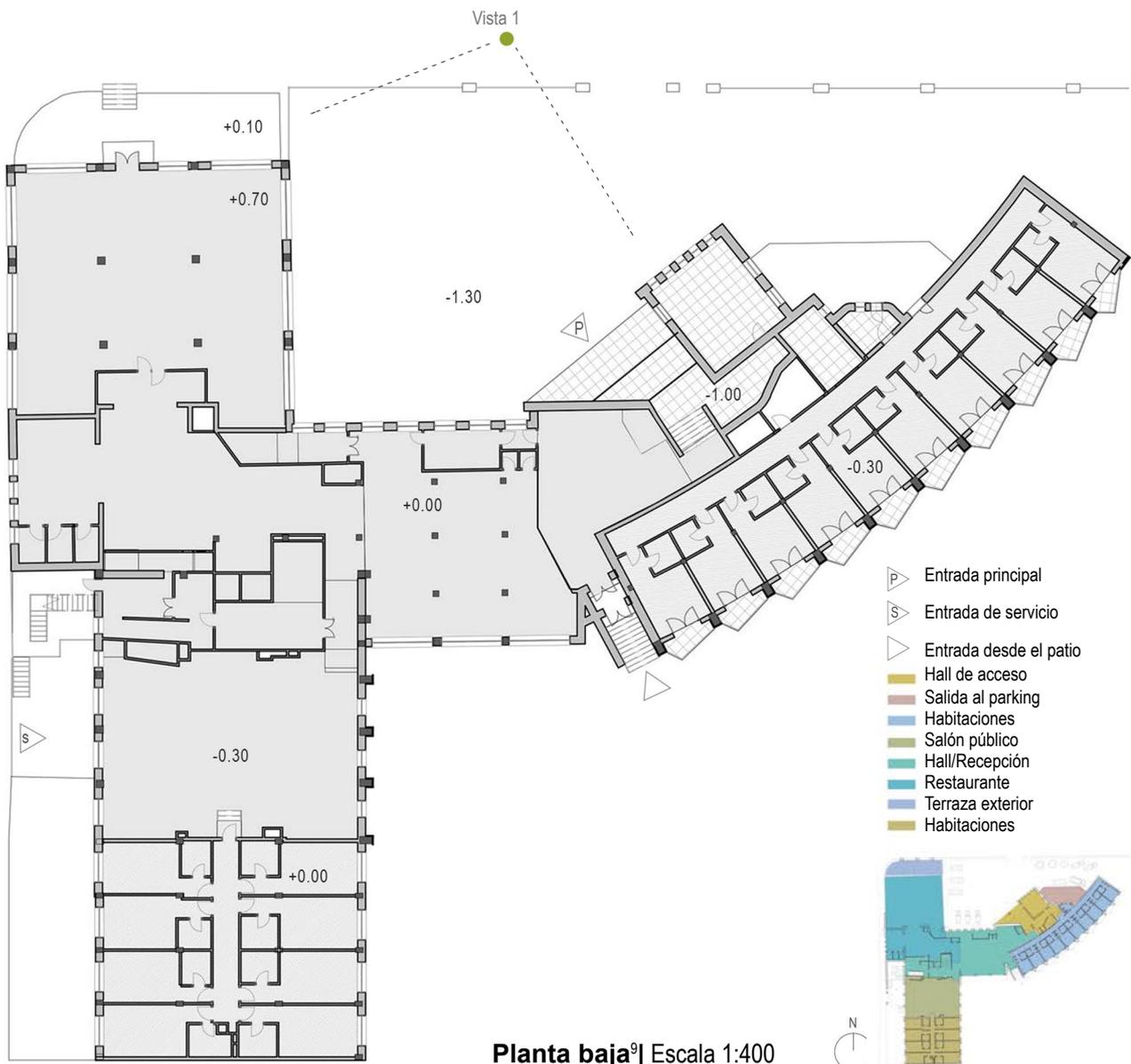
Figura 4: Plano de la planta baja de la propuesta al concurso de 1947.

Figura 5: Plano de cubiertas del proyecto finalizado en 1958.

III.iii Definición constructiva del proyecto. Plantas, alzados y vistas obtenidos a partir de Revit.



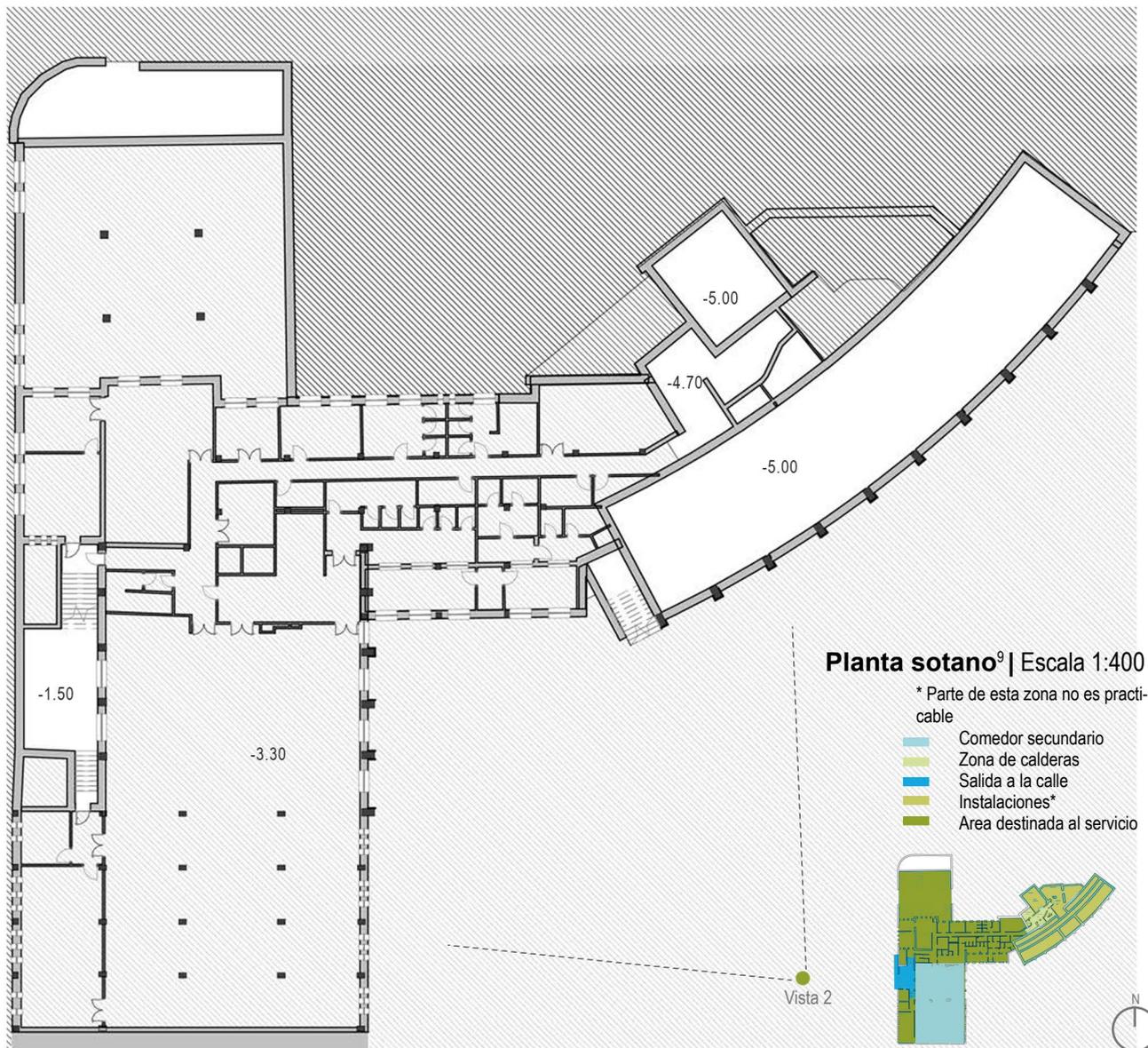
Conjunto 3D exterior⁹ | Vista 1



Planta baja⁹ | Escala 1:400

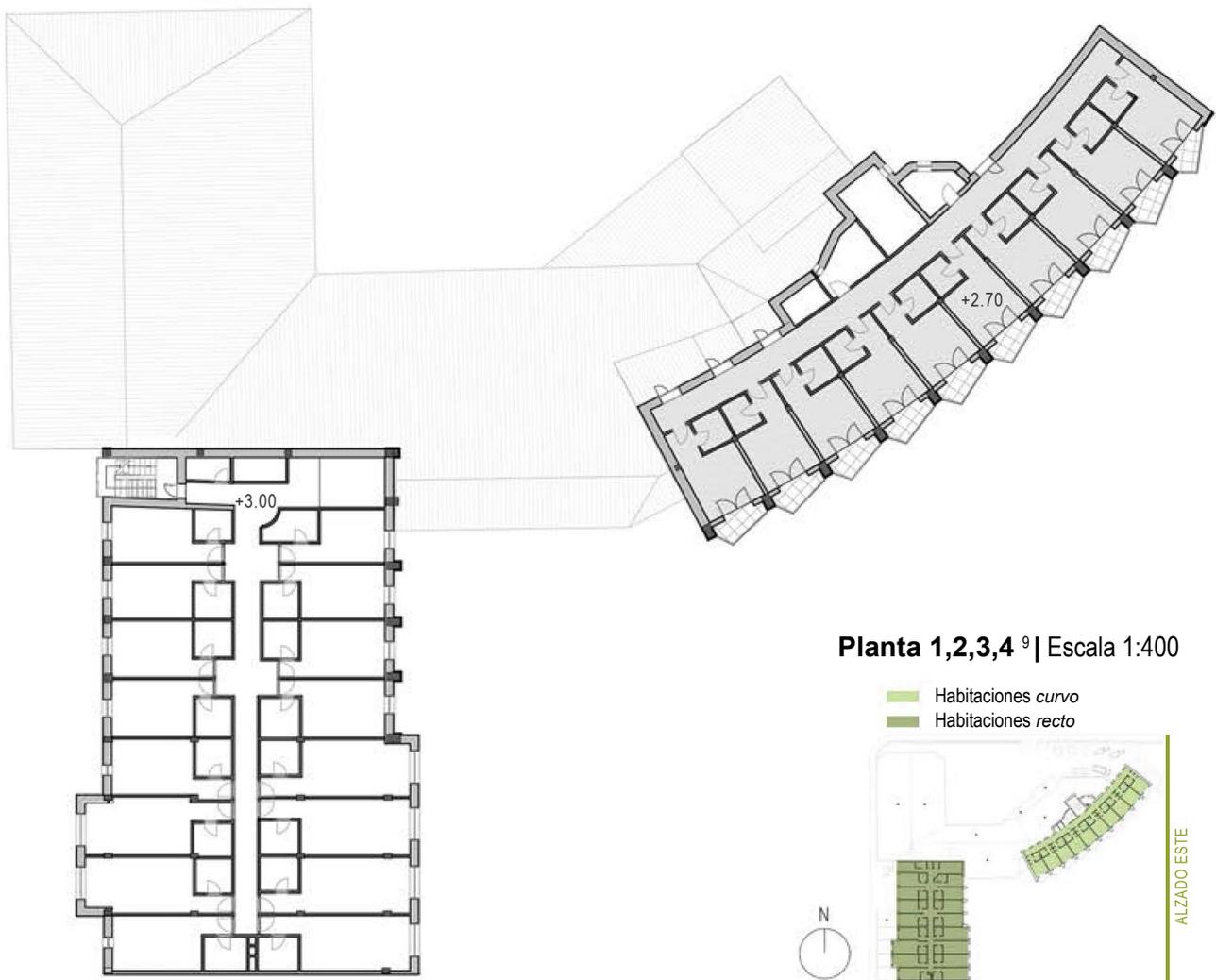


Conjunto 3D exterior⁹ | Vista 2





Alzado Este⁹ | Escala 1:350



Planta 1,2,3,4⁹ | Escala 1:400

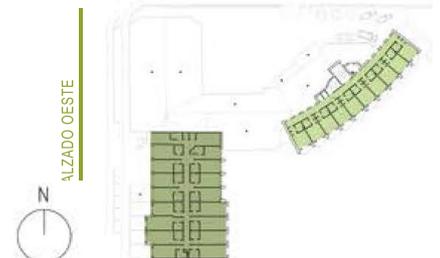


Alzado Oeste^º | Escala 1:350



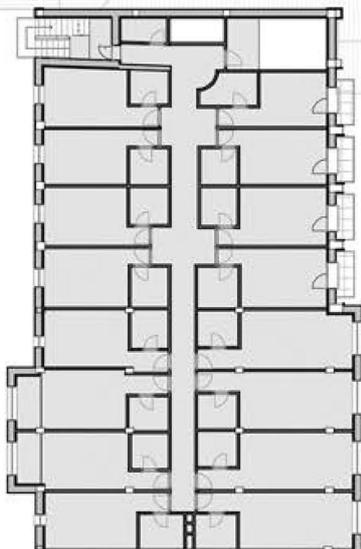
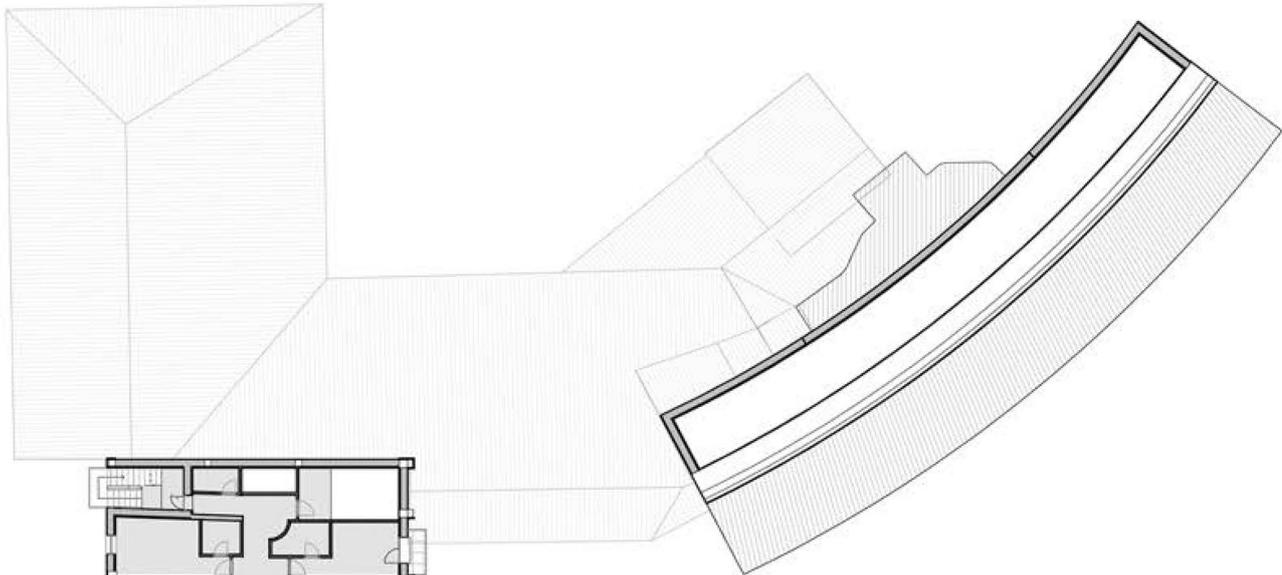
Planta 5^º | Escala 1:400

- Habitaciones curvo
- Habitaciones recto





Alzado Norte⁹ | Escala 1:350



Planta 6⁹ | Escala 1:400

■ Habitaciones *recto*





Alzado Sur⁹ | Escala 1:350



Planta cubiertas⁹ | Escala 1:400





Vista patio interior⁹

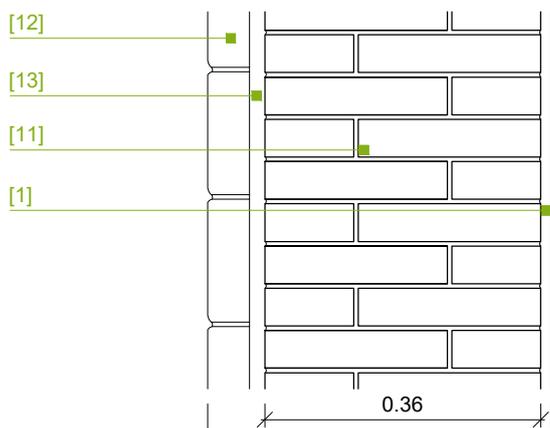
⁹ Vistas, plantas y alzados realizados desde el modelo conjunto de Revit a través de archivos vinculados. Fuente de elaboración propia junto con Irene Lavilla, autora del Tfg citado anteriormente en relación a este mismo proyecto.

Detalles constructivos: Muros

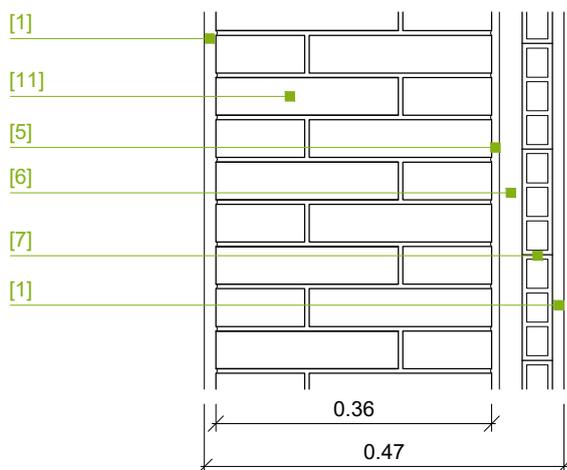
Los planos originales no incluían ningún tipo de detalle, por lo que los detalles constructivos están representados según las técnicas constructivas de la época años 50-70 y los materiales existentes en el edificio que se ha podido investigar. En este apartado se representan todos los detalles constructivos del edificio con respecto a muros y forjados con intención de averiguar sus materiales y transmitancias térmicas.



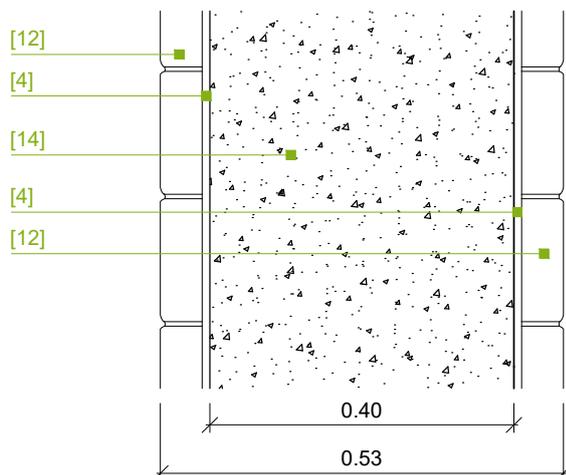
45 Piedra-Yeso



47 Yeso -Yeso

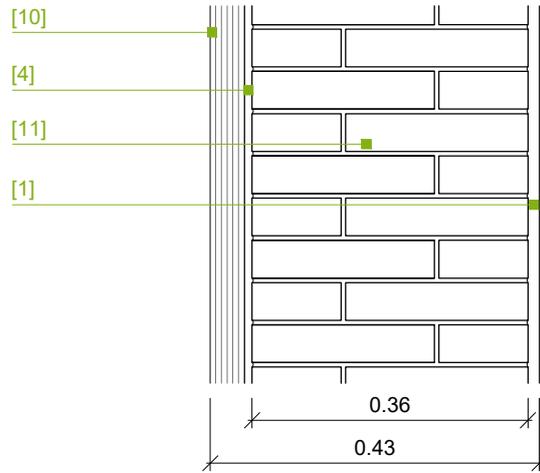


53 Pilar Hormigón

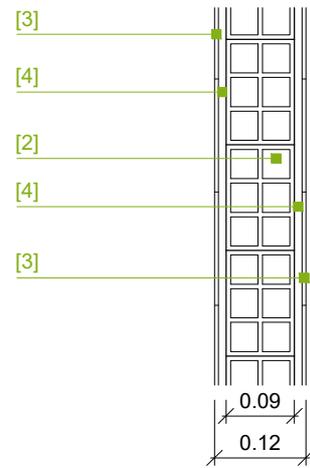


- [1]. Enlucido y guarnecido de yeso 15 mm
- [2]. Tabicón de ladrillo H.D. 90 mm
- [3]. Aplacado cerámico 5mm
- [4]. Mortero de cemento 10mm
- [5]. Ensabanado de mortero de cemento 10mm
- [6]. Cámara de aire sin ventilar 30mm
- [7]. Trasdoso de ladrillo H.S. 40mm
- [8]. Fábrica de ladrillo macizo 1 pie 240mm
- [9]. Revoco exterior de mortero de cemento 15mm
- [10]. Laminado de madera maciza de roble 45mm
- [11]. Fábrica de ladrillo macizo 1+1/2 pie 360mm
- [12]. Acabado de piedra arenisca A.D. 55mm
- [13]. Mortero de cemento 20mm
- [14]. Ensabanado de mortero de cemento 20mm
- [15]. Pilar de hormigón armado 400mm

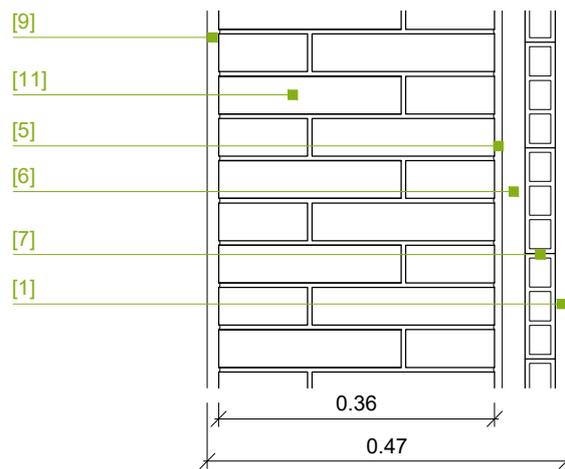
43 Madera-Yeso



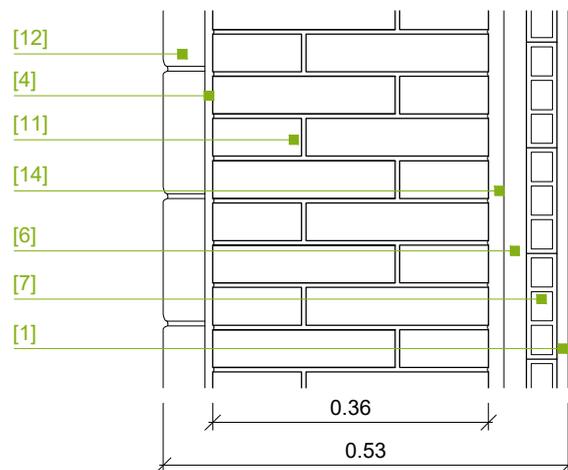
12 Cerámica-Cerámica



47 Mortero-Yeso

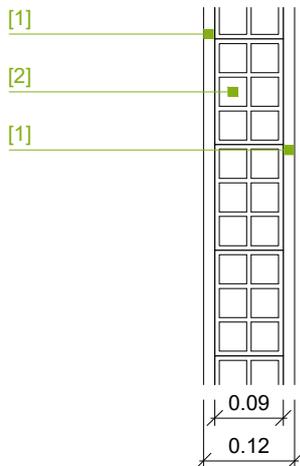


53 Piedra-Yeso

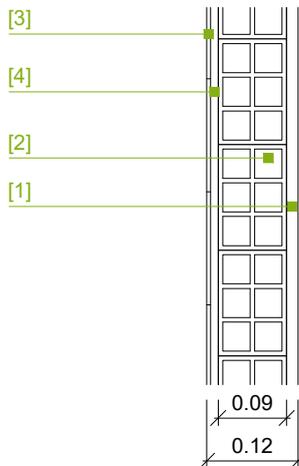




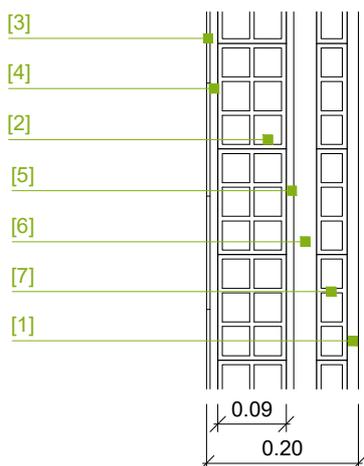
12 Yeso-Yeso



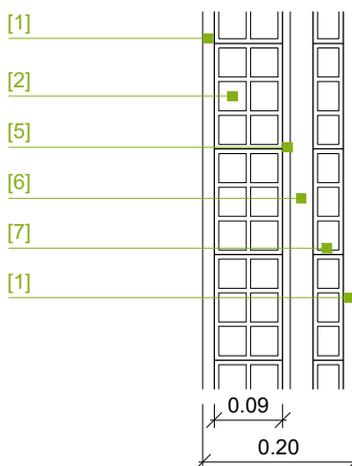
12 Cerámica-Yeso



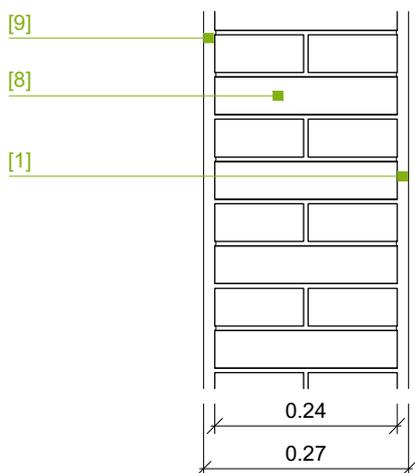
20 Cerámica-Yeso



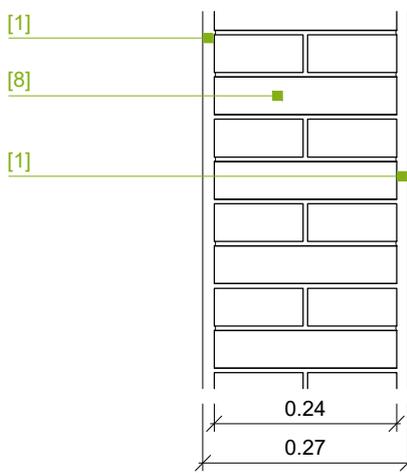
20 Yeso-Yeso



27 Mortero-Yeso

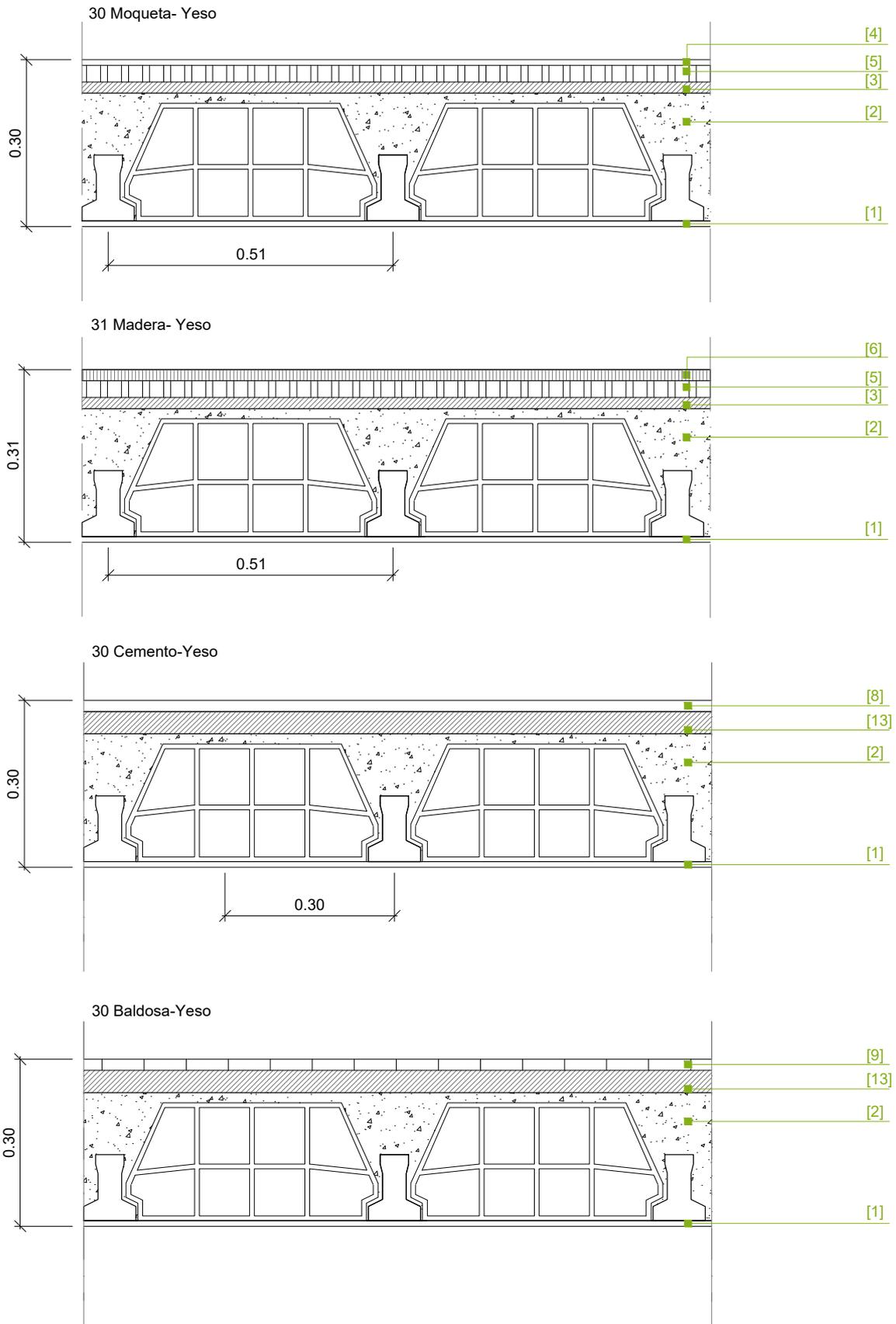


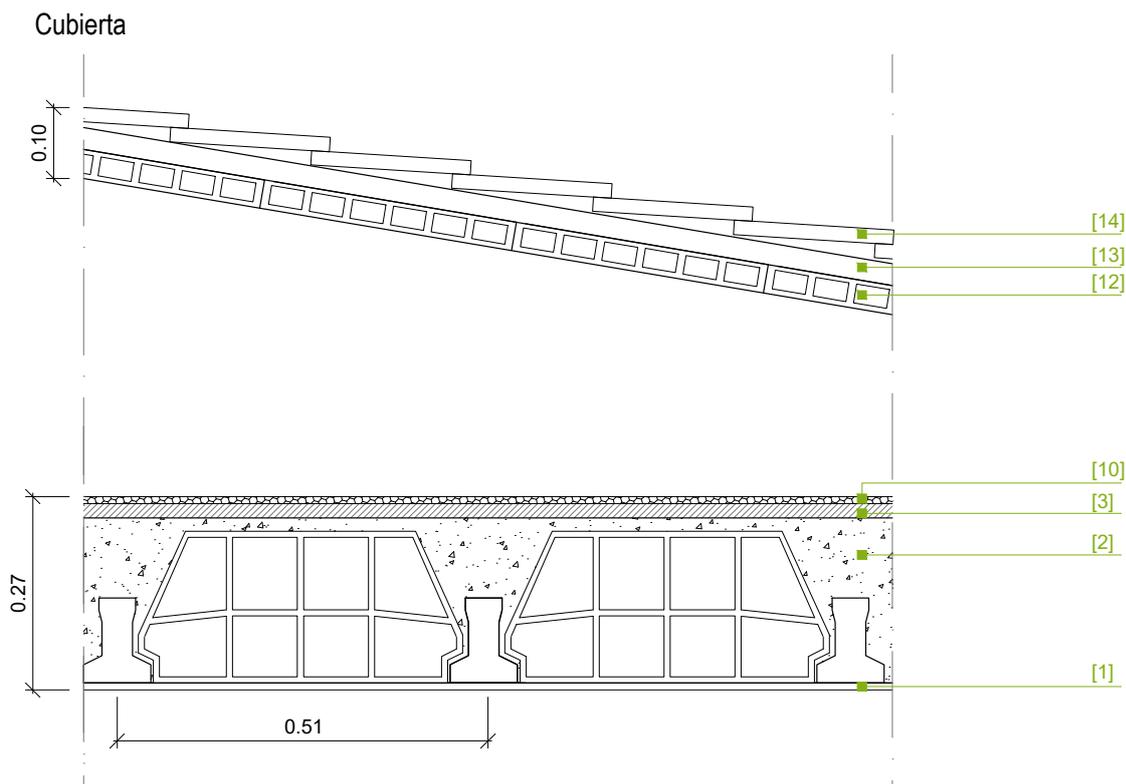
27 Yeso-Yeso



- [1]. Enlucido y guarnecido de yeso 15 mm
- [2]. Tabicón de ladrillo H.D. 90 mm
- [3]. Aplacado cerámico 5mm
- [4]. Mortero de cemento 10mm
- [5]. Ensabanado de mortero de cemento 10mm
- [6]. Cámara de aire sin ventilar 30mm
- [7]. Trasdosado de ladrillo H.S. 40mm
- [8]. Fábrica de ladrillo macizo 1 pie 240mm
- [9]. Revoco exterior de mortero de cemento 15mm
- [10]. Laminado de madera maciza de roble 45mm
- [11]. Fabrica de ladrillo macizo 1+1/2 pie 360mm
- [12]. Acabado de piedra arenisca A.D. 55mm
- [13]. Mortero de cemento 20mm
- [14]. Ensabanado de mortero de cemento 20mm
- [15]. Pilar de hormigón armado 400mm

Detalles constructivos: Forjados.





Transmitancias de los elementos: Tablas resumen

En el trabajo, se han tenido que elaborar tanto los detalles constructivos como el cálculo de las transmitancias de cada uno de los elementos para poder realizar la interoperabilidad y comprobar sus resultados.¹⁰ Como se puede observar todos ellos superan las exigencias límites del CTE para transmitancias térmicas. Esto se debe al año de su construcción.¹¹

MUROS	U W/ m ² ·K	U W/ m ² ·K (max) CTE
1 TIPO : 12 Yeso -Yeso	2,55	0,74
2 TIPO : 12 Cerámica-Yeso	2,65	0,74
3 TIPO : 12 Cerámica- Cerámica	2,88	0,74
4 TIPO : 20 Yeso-Yeso	0,63	0,74
5 TIPO : 20 Cerámica-Yeso	0,63	0,74
6 TIPO : 27 Yeso- Yeso	17,00	0,74
7 TIPO : 27 Mortero-Yeso	19,90	0,55
8 TIPO : 43 Madera-Yeso	3,78	0,55
9 TIPO : 45 Piedra-Yeso	12,78	0,55
10 TIPO : 47 Mortero-Yeso	0,80	0,55
11 TIPO : 47 Yeso-Yeso	0,78	0,55
12 TIPO : 53 Piedra- Yeso	0,78	0,55
13 PILAR HORMIGÓN	3,48	P.T

FORJADOS	U W/ m ² ·K	U W/ m ² ·K (max) CTE
14 TIPO : 30 Moqueta - Yeso	0,97	0,62
15 TIPO : 31 Madera- Yeso	1,16	0,62
16 TIPO : 30 Cemento-Yeso	1,27	0,62
17 TIPO : 30 Baldosa Terraza	1,31	0,62

- [1]. Enlucido y guarnecido de yeso 1mm
- [2]. Forjado de H.A viguetas prefabricadas 230mm
- [3]. Camisa de mortero 20mm
- [4]. Moqueta 10mm
- [5]. Tablero de rasilla 30mm
- [6]. Acabado madera laminada 20 mm
- [7]. Camisa de mortero 40mm
- [8]. Acabado cemento pulido impermeable 20mm
- [9]. Baldosa cerámica 20mm
- [10]. Aislante lana de roca extendido 1mm
- [11]. Cámara de aire (espacio entre forjados)
- [12]. Tablero cerámico machihembrado 40mm
- [13]. Camisa de mortero 30mm
- [14]. Teja piedra lisa pizarra 20mm

¹⁰ Información ampliada en anexo 4. Clasificación de muros, puertas y ventanas.

¹¹ Información ampliada en anexo 8. Tablas de referencia CTE.

Figura 6: Tabla resumen de transmitancias de los elementos.

[Figura 6]

III.II GUÍA PARA INTRODUCIR EL EDIFICIO AMPLIACIÓN EN DESIGN BUILDER. (FASE EXPERIMENTACIÓN)

Este trabajo analiza la forma de realizar un traspaso de información entre Revit y Desing Builder a través de una de las partes del edificio Gran Hotel de Jaca, la parte de *ampliación* cuya geometría responde a un rectángulo en su forma general. [Figura 6]

Al realizar el modelo en Revit de un edificio tan complejo con forme a la realidad de sus encuentros y materiales, lo primero que se detecta son una gran variedad de uniones y quiebros entre sus diferentes elementos.

En principio, no sería un problema meter todos estos datos al programa Design Builder, ya que por su capacidad debería de entenderlos y resolverlos siempre y cuando se dibujen directamente en el programa de destino, ya que este no posee un límite de puntos como sí tienen otros programas usados habitualmente para este tipo de certificaciones. Pero algo a tener en cuenta, que se ha detectado a la hora de realizar el estudio, es que para establecer un intercambio de información entre Revit y Design Builder, la información debe estar lo más claramente representada así como se deben identificar y simplificar los posibles puntos conflictivos que más adelante comentaremos para evitar incoherencias e incompatibilidades entre la lectura de las uniones.

Para realizar la interoperabilidad, se detectaron “dos habitaciones tipo” que serían las encargadas de verificar el traspaso. Una hacia el patio interior del hotel, hacia el Este, y otra hacia el Oeste, hacia la calle exterior. A través del modelado de estos volúmenes se establecerá la metodología. [Figura 8]

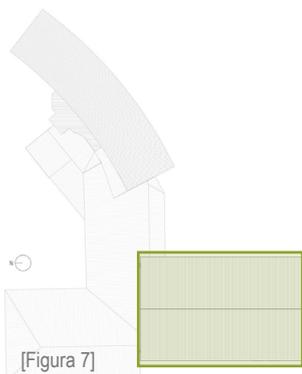


Figura 7: Planta de cubiertas en la que se representa el conjunto de volúmenes del Gran Hotel de Jaca. Destacada la parte ampliación, objeto de estudio de este trabajo.

Figura 8. Mapa de relaciones entre los apartados correspondientes a la fase de experimentación

Pasos a realizar para la correcta interoperabilidad entre programas:

- I. **Simplificación del modelo**
 - a. Plantas
 - b. Espacios adiabáticos
 - c. Muros y uniones con Forjados
- II. **Propiedades térmicas de los materiales**
- III. **Modelo energético generado en Revit**
 - a. Creación del modelo energético en Revit
 - i. Habitaciones
 - b. Exportación a través del gbXML.
 - i. Incluir propiedades térmicas
 - ii. Plano de suelo
 - iii. Superficies de sombra
- IV. **Preparación archivo base en Design Builder**
 - a. Creación de un edificio
 - b. Plantilla de sitio
 - c. Importación del modelo BIM
 - d. Espacios adiabáticos
 - e. Puentes térmicos
- V. **Dibujo en Design Builder**
 - a. Bloque de componente como planos de sombras



[Figura 8]

I.Simplificación del modelo

Simplificación de plantas

En los casos anteriores, y como se puede ver en el ensayo prueba y error 1.2¹², los cálculos y las pruebas realizadas se estaban realizando con dos modelos diferentes para cada una de las habitaciones (Este y Oeste). Este proceso se estaba llevando por separado debido a la sobrecarga de información que se le estaba incorporando al programa. Una vez que se simplificaron las uniones y funcionaron en la exportación correctamente el resultado mostró que no estaba siendo un problema la cantidad de habitaciones si no la incompatibilidad entre las uniones.

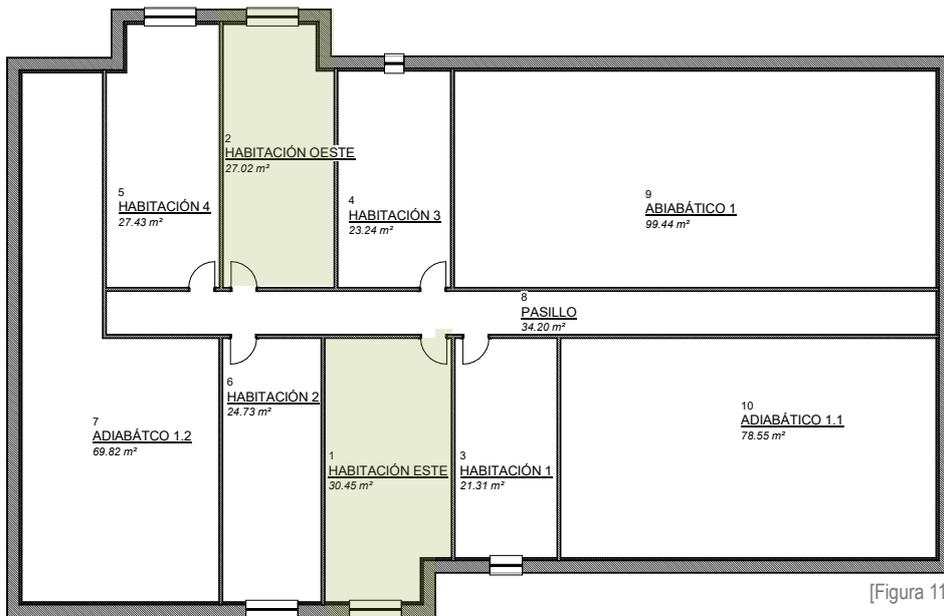
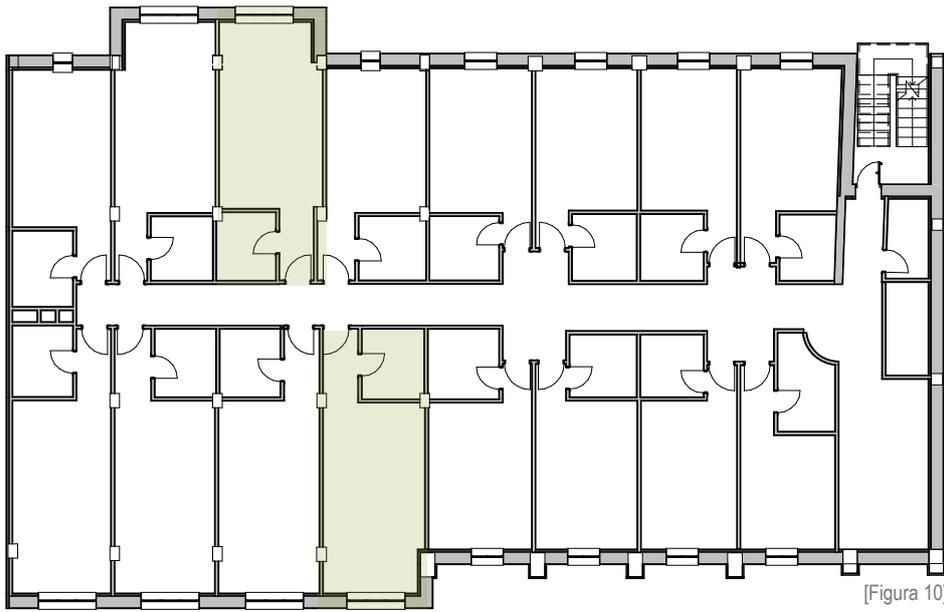
La intención de la simplificación ha sido eliminar quiebros interiores que no aportaban información, uniones de muros y pilares en fachada, y uno de los puntos más conflictivos detectados que serían las uniones entre una esquina exterior y un tabique interior. En este punto, Design Builder generaba un muro sin material que estaba provocando problemas a la hora de ver la interoperabilidad de los programas. A través del ensayo prueba-error del anexo 1¹², una de las pruebas realizadas para solucionarlo fue intentando que el tabique interior no llegase exactamente a la esquina exterior. Desplazando el tabique se consiguió solucionar el problema pero a su vez se estaba modificando la superficie de la habitación mínimamente. La habitación Este y Oeste tenían una superficie de 31.8 m² y 27 m² respectivamente quedando tras la simplificación en 32.3 m² y 28.2 m²

En mi caso se ha podido tomar esta decisión ya que la intención es comprobar la correcta interoperabilidad entre los programas y posteriormente realizar una simulación de comprobación. El objetivo final no es una certificación sino una comprobación por lo que se puede generar este traspaso a través de un modelo simplificado. En las plantas que aparecen a continuación se observan las simplificaciones llevadas a cabo. [Figuras 10 y 11]

Condición de espacio adiabático

Para realizar un análisis centrado en dos habitaciones concretas, las cuales están rodeadas de espacios con las mismas características, y por tanto no cargar al programa con información repetida, se recurre a considerar los espacios colindantes como adiabáticos. Estos espacios generan la forma original del volumen y envuelven a la habitación por los cuatro lados simulando el resto de las habitaciones. La condición de espacio adiabático lo que está garantizando es que no hay transferencia de calor ni humedad con el exterior, cogiendo así las propiedades del espacio a tratar e implantándolas al resto. Para una mayor certeza en la aproximación, se generan las dos habitaciones contiguas obteniendo así una visión más acorde con la realidad. [Figura 12]





¹² Información ampliada en anexo 1. Apartado 1.2, *Simplificación de los elementos*.

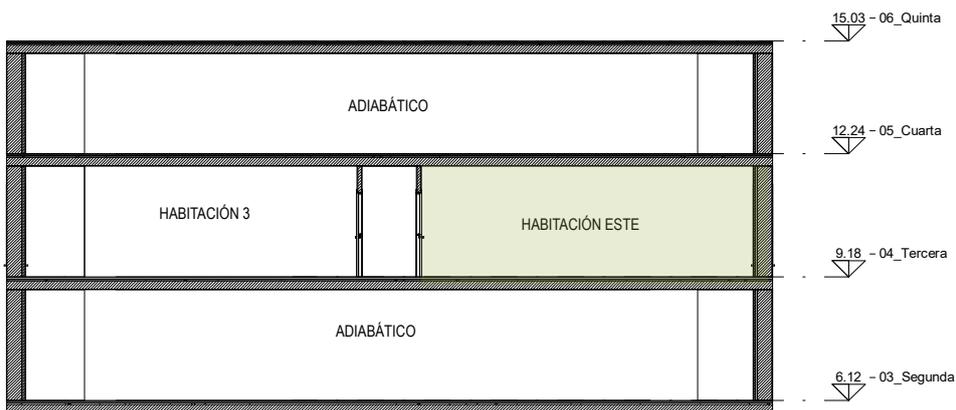


Figura 8: Planta actual mostrando las habitaciones que se van a simplificar. Planta segunda edificio ampliación.

Figura 9: Planta simplificada. Planta segunda edificio ampliación.

Figura 10: Sección en la que se muestran los espacios contiguos y los espacios adiabáticos así como la disposición de los forjados frente a los muros para un buen entendimiento y traspaso de los datos desde Revit a Design Builder.

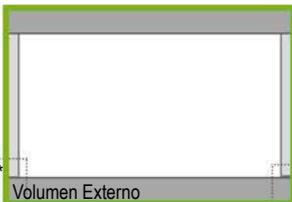
Simplificación de los muros y las uniones entre forjados.

GEOMETRÍA Y ÁREA DE LAS SUPERFICIES

Afecta a pérdidas y ganancias por cerramientos



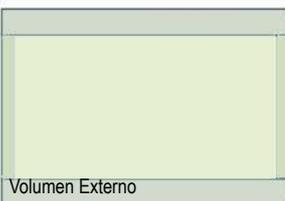
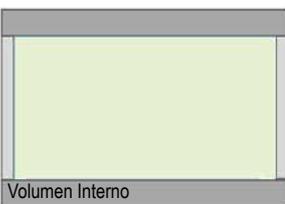
* El espesor del forjado se incluye en el área del muro



[Figura 13]

MÉTODO DE CÁLCULO DE VOLUMEN DE ZONAS

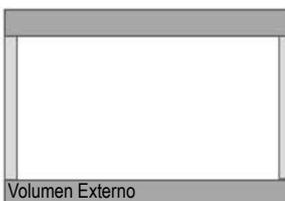
Afecta al cálculo de los caudales de aire



[Figura 14]

MÉTODO DE CÁLCULO DE ÁREA DE SUELO

Afecta al cálculo de las variables que se encuentran definidas en m²



[Figura 15]

Una de las condiciones indispensables para un buen entendimiento entre los programas es la resolución del modelo para que lo interprete como un sólido y no como habitaciones independientes. Para eso, se debe dibujar desde Revit según la configuración de espacio que este asignada en la plantilla de criterios geométricos de DesignBuilder. Esto lo que está definiendo son los parámetros interiores y exteriores que Design Builder está interpretando a la hora de realizar sus cálculos.¹³

Condiciones de contorno exterior /interior. Plantilla de criterios geométricos.

En este apartado aparecen varias opciones disponibles, las cuales dependerán de las medidas interiores o exteriores que se quiera que el programa interprete para el cálculo de las superficies y el aire contenido. La principal característica de esta plantilla es la elección de si debe restar o sumar el espesor de los muros y forjados para realizar los cálculos del volumen. En este punto se puede elegir si el grosor de los elementos es el predeterminado que se le ha asignado desde Revit o también tiene una opción de poner todos los elementos con un grosor definido y aplicarlo automáticamente. No sería nuestra opción a realizar pero si una opción si el programa no interpretase el espesor de los muros correctamente.

German Campos, experto en Design Builder, recomienda desde su canal oficial de youtube de Design Builder el uso de la plantilla de criterios geométricos *External measurements to top of roof*, en la cual vienen predefinidas una serie de características con respecto al cálculo de los parámetros y al volumen externo. El uso de esta plantilla permite tomar decisiones con respecto a la cara exterior/interior que va a interactuar con el medio exterior, y por tanto que afectará de forma diferente a las pérdidas y ganancias en los cerramientos. Es importante tener en cuenta como están contabilizados los puentes térmicos para tomar la decisión. [Figura 13]

El cálculo del volumen externo/ interno hará referencia al cálculo de los caudales de aire, por lo que la opción más real será el cálculo el de volumen interno, sin contabilizar muros y forjados. [Figura 14]

El método de cálculo de área de suelos hace referencia a los suelos y techos de las habitaciones. En Design Builder no se interpretan los techos tal cual, sino que es el suelo de la siguiente planta el que divide las diferentes plantas. Por tanto, la configuración idónea para un cálculo estándar sería la de volumen interno, que corresponde directamente con el suelo de la habitación. [Figura 15]

Conocidas estas condiciones, a la hora de crear el modelo en Revit es importante saber cómo Design Builder diferencia los niveles y cómo los divide. Un único forjado será el responsable de dividir los niveles. El plano horizontal deberá llegar hasta el exterior del modelo y los muros sin solaparse quedarán cerrando el espacio. A la hora de pasar el modelo se debe comprobar cómo el suelo del espacio sí tiene material y en cambio el techo no lo tiene, ya que sería el suelo de la siguiente planta. Si no, esto estaría provocando una duplicidad de materiales y por tanto, interferencias a la hora de intercambiar información entre programas.

II. Propiedades térmicas de los materiales.

Una vez realizado el modelo y viendo los diferentes elementos que lo constituyen, el siguiente paso sería la comprobación de que cada uno de ellos tenga asignadas todas las propiedades analíticas.

Una de las bases fundamentales para que la interoperabilidad se resuelva con éxito es la de poder traspasar las propiedades analíticas entre los dos programas. Esto afecta tanto a cerramientos opacos como vidriados. Será necesario comprobar que todos los elementos posean cada una de las partes de estas propiedades diferentes a 0.00 en Revit a través de la pestaña *Editar>Elemento>Propiedades analíticas*, de lo contrario, se debería rellenar en el programa de destino cada uno de estos datos por lo que no sería eficiente la interoperabilidad.¹⁴

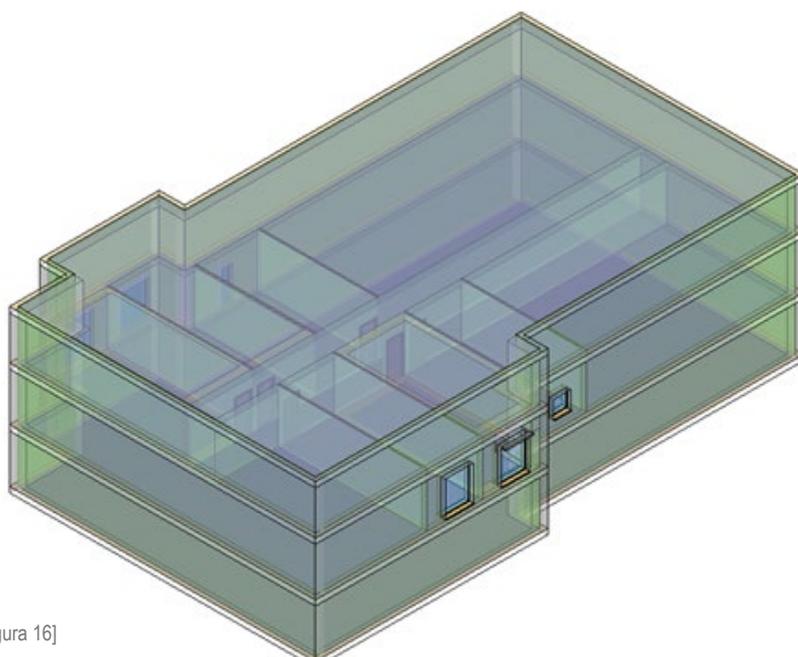
III. Modelo energético generado en Revit

Creación del modelo energético en Revit

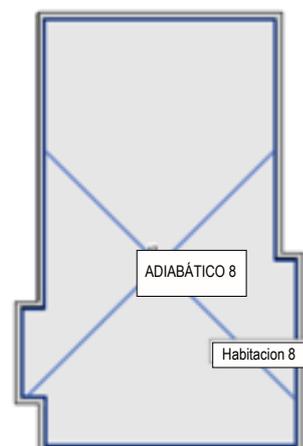
Existen varias opciones para realizar el paso desde Revit a Design Builder, a través de la exportación gbXML y del Plug-in de Revit¹⁵. En este trabajo la opción elegida es a través del archivo gbXML, como se explica en el anexo de referencia, ha sido tomada debido a su correcto funcionamiento a lo largo de las pruebas realizadas desde la versión Revit 2016. Esta versión permite generar un modelo energético interno a través de los siguientes botones  en los cuales se deben configurar unos parámetros para que la exportación sea correcta.¹⁶

Previamente, para generar ese modelo energético, se deben crear unos espacios tridimensionales encerrados en un volumen del propio edificio que será lo que posteriormente Design Builder interprete como la zona a analizar. Estos espacios se generan a través del comando *habitaciones*, las cuales, se deben crear en cada una de las zonas que se deban pasar. Este comando se utiliza para etiquetar los espacios automáticamente si estos están cerrados.

Desde Revit, aparecen dos categorías de exportación a través de Habitaciones o de espacios, pero solamente una de ellas permite incluir las propiedades térmicas: *habitaciones*.¹⁷



[Figura 16]



[Figura 17]

¹³ Información ampliada en anexo 1.2
Simplificación de los elementos.

¹⁴ Información ampliada en anexo 1.1
Configuración de las propiedades térmicas de los elementos.

¹⁵ Información ampliada en anexo 1.3
Exportación a través del archivo gbXML.

¹⁶ Información ampliada en anexo 1.4
Importación del modelo en Desin Builder.

¹⁷ Información ampliada en anexo 1.3
Exportación a través del archivo gbXML. Habitaciones

Figura 16: Modelo energético generado desde Revit 2016.

Figura 17: Ejemplo de creación de habitaciones dentro de un espacio cerrado desde Revit.



Exportación a través de .gbXML

Una vez generado el modelo energético desde Revit, el siguiente paso sería la exportación en formato gbXML a través de *Archivo>Exportar>Guardar proyecto como archivo gbXML*. En este apartado aparecen varias opciones muy importantes que se deben tener en cuenta para la correcta interpretación en el programa de destino:

Plano de suelo

La primera de ellas es el *plano de suelo*, es decir, el plano en el que se ha comenzado a dibujar y por tanto lo que se considera cota +0.00. Si se ha comenzado a dibujar en la planta segunda y se toma de referencia como plano de suelo la planta tercera, se estaría generando un espacio diferente entendido en el programa como sótano, por lo que tendrá características de espacio enterrado con las que no se estaría contando.

Propiedades térmicas

Las propiedades térmicas son uno de los puntos más importantes como se ha comentado en todo momento en cada uno de apartados donde estás propiedades hacen referencia. Ya que son las que determinarán si se deben volver a aplicarle las transmitancias y propiedades a cada uno de los elementos o no.

Planos de sombra

Otra de las opciones que aparecen es la de complejidad de exportación. En una de las habitaciones a analizar hay un pequeño plano de sombra [Figura 18] que se considera importante a la hora de comprobar la eficiencia energética de este mismo espacio ya que sería uno de los pocos elementos de control solar que se pueden incluir en el programa. Por tanto, la opción a marcar sería simple con superficies de sombreado. Pero debido a las limitaciones del programa, con esta opción no está claro que se puedan generar los planos de sombra automáticamente el 100% de las veces¹⁸. Además, de esta forma, Design Builder interpreta algunos encuentros entre forjado y muro como pequeños planos de sombra sin material que se pueden entender como huecos en el modelo que generarían infiltraciones y problemas a la hora de realizar la simulación.

Para el correcto traspaso de los planos de sombra debería parecer a la hora de exportar el archivo gbxml tal como aparece en el modelo energético creado en Revit. La decisión tomada a raíz de las investigaciones fue pasar a dibujar directamente estos planos en Design Builder y pasar el modelo con la opción simple evitando sub-superficies generadas sin material. Un modelo más simplificado y en el cual todos los elementos tienen material definido.



[Figura 18]

Figura 18: Edificio ampliación fachada Este. Ventanas y planos de sombra.

¹⁸ Según un estudio realizado por : Lorena Silva Castillo, Danny Lobos, Gerth Wandersleben. "Mapeo de Interoperabilidad entre BIM y BPS Software (Simulación energética) para Chile" (Estudio realizado cooperado por la Pontificia Universidad Católica de Chile y la Universidad del Bio Bio, Chile 2013). Además, comprobamos a través del Trabajo realizado por Irene Lavilla con relación a este mismo proyecto que si es posible su traspaso en algunas ocasiones.

IV. Preparación archivo base en Design Builder.

La primera pantalla que aparece al abrir D.B es para crear un nuevo archivo en el que se deben aplicar unas condiciones de contorno de la ciudad en la que se va a trabajar. En esta pantalla se debe crear un nuevo edificio sobre el que se va a ir implantando el modelo y al cual se le van a aplicar características específicas del proyecto para poder realizar la simulación.

Añadir plantilla de sitio.

En este caso, la ciudad de Jaca no aparecía entre las opciones disponibles, por lo que se debe añadir una plantilla del sitio nueva, la cual recoge todos los datos climáticos de la zona para así poder realizar las simulaciones correspondientes.



Desde la página de Aurea Consulting (Distribuidor oficial de DesingBuilder) se pueden descargar los archivos climáticos en formato .epw, que son plantillas de sitio preparadas con forme al HE2013, las cuales deben vincularse al archivo de Design Builder¹⁹. Con esta opción se pueden incluir a la biblioteca de plantillas de sitio todas las zonas caracterizadas por el HE2013.

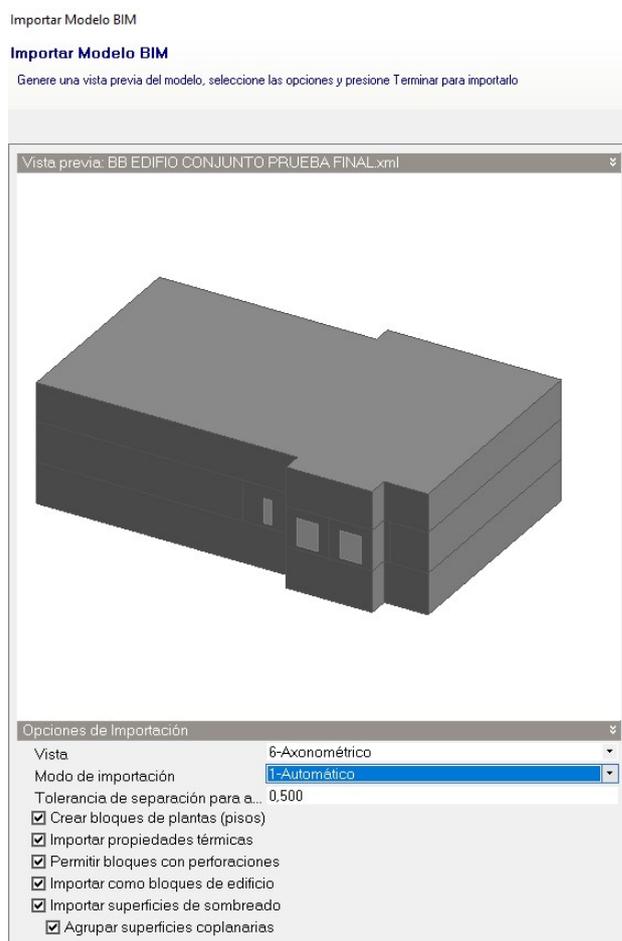
Jaca, la localidad en la que se encuentra ubicado el proyecto, se localiza en la Zona climática E1, situada a una altura topográfica de 820 m según el CTE (Código Técnico de Edificación).²⁰

Importación del modelo BIM

Una vez creado el edificio e incorporado el archivo climático, se debe importar el modelo GBXML desde importar modelo BIM, lo que supone no tener que dibujar de nuevo el edificio y la comprobación de la interoperabilidad entre programas.

En este proceso aparecen unas características de importación similares a las de Revit al generar el modelo energético. Una de las opciones, muy importante a tener en cuenta, es el modo de importación. En este caso, se opta por la opción automática debido a los resultados realizados en los ensayos prueba y error del anexo 1.4 ²¹, de forma que interprete las superficies automáticamente.

También se deben marcar las siguientes pestañas para pasar las propiedades térmicas de los materiales, permitir los bloques con perforaciones ya que el modelo tiene aberturas, crear bloques en plantas para que se ordene según las plantas de Revit e importar como bloques de edificio en el árbol. Las superficies de sombreado no serían necesarias ya que en la exportación de archivo gbXML no se han generado.



[Figura 19]

¹⁹ Información ampliada en anexo 1.5 *Añadir plantilla de sitio.*

²⁰ Información ampliada en anexo 8 *Tablas de referencia del CTE.*

²¹ Información ampliada en anexo 1.4 *Importación del modelo en Desin Builder.*

Figura 19: Captura de pantalla desde programa Design Builder en la que se muestran las diferentes opciones de importación.

Espacios adiabáticos

Anteriormente en el apartado I, para simplificación del análisis, se han comentado los motivos por los que se recurre a la opción de crear espacios Adiabáticos. En este apartado, se generan desde el programa Design Builder, *Espacio>Cerramientos>propiedades de adyacencia de los elementos> Adiabático*.

Esta propiedad permite construir un espacio de características similares a la habitación a analizar y sin intercambio de calor con un modelo que no requiera tanta información y por tanto sus elementos no estén definidos. Así pues, al hacer esta transformación, los materiales de los elementos no necesitan tener propiedades térmicas específicas ya que la condición adiabático les proporciona características con forme a las condiciones de contorno.

Puentes térmicos

Al hacer una simplificación del modelo, los puentes térmicos no están evidenciados por lo que se debe hacer ajuste y colocar unos valores determinados a partir de la opción de *Design Builder> Cerramientos>Puentes térmicos lineales en juntas*. Para aplicar estos datos en función del tipo de Puentes térmicos material y construcción de la época, se recurre al programa CE3X, el cual proporciona unos valores directamente de la conductividad térmica.

El objeto de estudio son las habitaciones a analizar por lo que se calcularán los puentes térmicos que afecten a estos espacios. Ver tabla resumen puentes térmicos y localización.

En este proceso, y en nuestro caso particular, aparecen varias opciones:

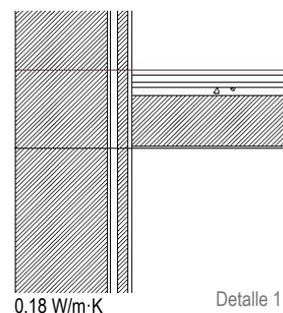
Se pueden aplicar los puentes térmicos directamente al edificio creado en D.B de una forma más general y para todos iguales, o ir aplicando los puentes térmicos de una forma más particular a cada uno de los espacios en los cuales predomina frente a lo general.

Desde cerramientos se accede a la opción de Puentes Térmicos Lineales en Juntas. Ahí se marcará la opción de *especificar valores Psi sin revestimiento metálico* ya que es un edificio con un recubrimiento de hormigón y piedra.

En este apartado, aparece una limitación de Design Builder, ya que no permite diferenciar varios tipos de encuentros entre muros dentro de una misma habitación. Y en este caso concreto, se han detectado dos tipos de Puentes térmicos (Esquinas exteriores [Detalle 2] e interiores [Detalle 1]). Al ser una de ellas un valor mínimo, se descartaría quedándose con el más desfavorable. Por tanto, se podrían aplicar los valores de los puentes térmicos de una forma general.

Algo importante que se debe tener en cuenta en este apartado es que debido a la simplificación realizada del modelado en Revit con forme a las interpretaciones de Design Builder, los planos horizontales están considerados hasta el exterior del muro, por lo que se debe corregir este puente térmico externamente. Este sería en caso del [Detalle 3]

Desde la opción de *Edificio* en el árbol de Design Builder, se deben aplicar los primeros valores de los puentes térmicos analizados previamente comunes a todo el bloque, que serían *el encuentro entre forjado y fachada y el de Intersecciones de muros exteriores con pilar interior*.



Detalle 1

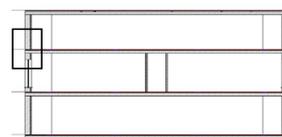
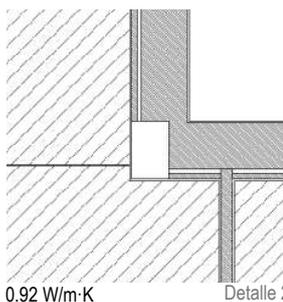
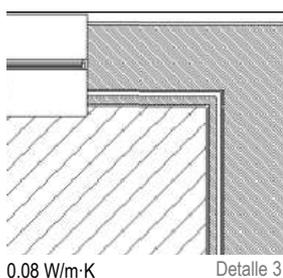


Figura 20



Detalle 2



Detalle 3

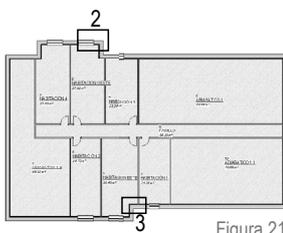


Figura 21

Figura 20: Sección haciendo referencia a la ubicación del detalle 1.

Figura 21: Sección haciendo referencia a la ubicación de los detalles 2 y 3.

V.Dibujo en Design Builder

Los planos de sombra no se han llegado a pasar en ninguna de las pruebas realizadas. Al dibujar los forjados que, posteriormente, servirían como planos de sombra en Revit y generar los modelos energéticos desde este programa, no aparecían en la simulación. Por lo tanto se deben dibujar estos elementos directamente en el programa de destino.

Hay varias posibilidades de dibujar en Design Builder. Una de ellas, en 2D, sería a través de las sub-superficies que generalmente se utilizan para simular los puentes térmicos, ya que se les puede aplicar propiedades térmicas y materiales.

Para dibujar en 3D, existen los bloques de componente y de contorno. Generalmente son objetos abstractos que no afectan al comportamiento térmico y que no representan elementos constructivos. En este apartado se podrían incluir algunos ejemplos como edificios de entorno, terreno, objetos de sombra, etc.²²

Bloques de componente como plano de sombra.

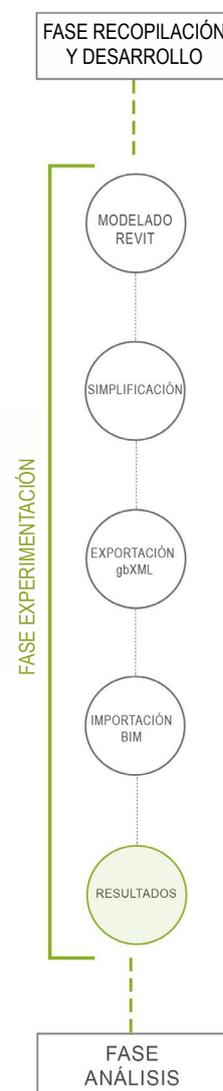
Para conseguir el plano de sombra en la ventana se recurre a dibujarlo directamente en Design Builder desde la opción bloque de componente estándar. Estos bloques, los cuales no contienen zonas térmicas, representan objetos sólidos como podría ser un saliente en la fachada que aportase sombra, por lo tanto, podría afectar de forma indirecta al comportamiento térmico.

El bloque que se están generando se trata de un saliente de 20 cm en la parte superior de la ventana. Este correspondiente a alfeizar de la ventana superior. [Figura 22]

VI.Comprobación de resultados

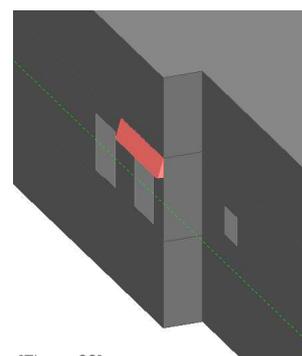
La interoperabilidad entre el BIM y BPS es un campo todavía en fase de desarrollo. Las exportaciones mediante archivos gbXML, son formatos creados para traspasar la geometría del edificio, es decir, información sobre áreas y recintos para realizar cálculos térmicos. La experimentación y el desarrollo de compatibilidades han hecho posible un lenguaje más fluido y la capacidad de los programas de interpretar más datos comunes como pueden ser las propiedades térmicas de los materiales. Algunos de estos "datos", como se ha comprobado por ejemplo con los *planos de sombra*, no se puede asegurar la interoperabilidad el 100% de las veces.

En este estudio, se ha analizado como a través de la simplificación de un modelo y la aplicación de sus materiales tanto la forma como las propiedades de los elementos se pueden transferir. El archivo debe estar preparado conforme a las limitaciones y lenguajes de Design Builder, lo cual supone un doble modelado en el programa de origen. Por tanto, queda mucho trabajo en el campo de investigación ya que más de la mitad del proceso se debe resolver en el programa de destino.



²² Dibujo en 3D y 2D en Design Builder. Fuente de Información: Manual de ayuda Design Builder en español, versión del programa 4, por Arturo Ordóñez García.

Figura 22: Resultado en Design Builder del bloque de componente dibujado directamente en el programa como plano de sombra.



[Figura 22]

IV. SIMULACIÓN

CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS
PARA LA SIMULACIÓN

ANÁLISIS DE RESULTADOS

MEJORAS EN LA ENVOLVENTE
OPACA

Propuesta de mejora 1

Propuesta de mejora 2

Comparación en HULC

En este apartado, se pretenden llevar a cabo todas las configuraciones posteriores a la interoperabilidad que se deben resolver únicamente en Desing Builder y no afectan directamente al modelado del 3D.

Así como analizar las simulaciones obtenidas y proponer unas condiciones de mejora para los elementos opacos de la envolvente con el fin de mejorar su eficiencia energética.

IV.SIMULACIÓN ENERGÉTICA

Los simuladores energéticos como Design Builder, son programas destinados a realizar un cálculo horario del comportamiento energético de un modelo virtual en régimen transitorio, es decir, los distintos parámetros varían con el tiempo. A esto se le denomina simulación dinámica. El programa para la certificación energética habitual en España, HULC, también estaría dentro de esta categoría ya que en sus resultados se pueden ver simulaciones anuales del comportamiento térmico y energético del edificio ²³.

La ventaja que proporcionan las simulaciones dinámicas frente a las estáticas es el detalle con el que se pueden estudiar las evoluciones de cualquier parámetro concreto de una forma mucho más específica como por ejemplo: podría ser la capacidad de almacenaje de energía de los cerramientos.

Design Builder como programa de simulación fue propuesto a través de Zeroapplus, la empresa colaboradora con el Trabajo Fin de Grado, con intención de poder comparar los resultados obtenidos con sus propios resultados obtenidos en HULC a través de otro motor de cálculo y otro simulador. Esta comparativa actualmente con los resultados obtenidos no sería una comparativa real ya que se han realizado importantes simplificaciones a la hora de modelar el edificio en Revit para correcto funcionamiento y a su vez en este trabajo estamos realizando un análisis energético de una de las partes del edificio con unos valores centrados en habitaciones, no en el conjunto del Hotel. Pero si que esta comparativa serviría para conocer el rango en el que se está moviendo la eficiencia que posee el edificio de cara a la certificación y las mejoras propuestas en los cerramientos.



²³ Marcos Herrera Rodríguez. Implantación del BIM en un proyecto de renovación energética- BIM Barcelona. Febrero, 2016.

I. CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS PARA LA SIMULACIÓN

Estos parámetros se deben definir en cada uno de los espacios a analizar.

Plantilla de actividad

Para una correcta realización del análisis, se debe caracterizar a cada uno de los espacios con la actividad a la cual va a estar destinada. En este caso de estudio, en el cual se pretende analizar las habitaciones de un hotel, se asignará al espacio a través de Habitación> Actividad> Plantilla > En suite bedroom. De esta forma, se generan unos parámetros automáticos en relación a la plantilla seleccionada.

Activación HVAC (*Heating, Ventilation and Air Conditioning*)

Este parámetro es importante tenerlo activado ya que muchos de resultados dependen de las superficies y áreas climatizadas. Para calcular la demanda debemos activar al menos el sistema de refrigeración y calefacción ya que si no, no salen reflejados los valores totales.

En este apartado, se pueden hacer configuraciones diferentes según el resultado que se quiera obtener.

Ventilación natural. Para obtener el resultado del funcionamiento pasivo del edificio según sus horas de confort y desconfort los calcularemos sin calefacción ni refrigeración para así tener una visión real del funcionamiento de los elementos. Es importante que la programación quede en ON (24/7) lo que significaría que esta las 24 horas del día los 7 días de la semana activo. Así como en aberturas, debemos comprobar que el funcionamiento está activado: On (24/7), ya que será el lugar por donde ventilen las habitaciones.

Sistema predeterminado. Se debe incluir un sistema HVAC para que calcule las demandas de calefacción y refrigeración. Si se tuviesen los datos del sistema del edificio, se podrían incluir a través de un sistema detallado y configurar los datos propios. En este estudio lo que se va a analizar son las demandas, no el consumo del sistema por lo que no sería necesario realizar un sistema detallado.

En el edificio existe actualmente un sistema de calefacción por radiadores con una caldera mixta y ventilación natural con un sistema de apoyo de refrigeración sectorizado renovado en 2006. Por lo que a la hora de elegir el sistema predeterminado se opta por un lo más parecido posible. *Radiator heating, Boiler HW, Mixed mode Nat Vent and Local comfort cooling.* Dentro de este predeterminado, ya estamos configurando un sistema de calefacción y otro de refrigeración.

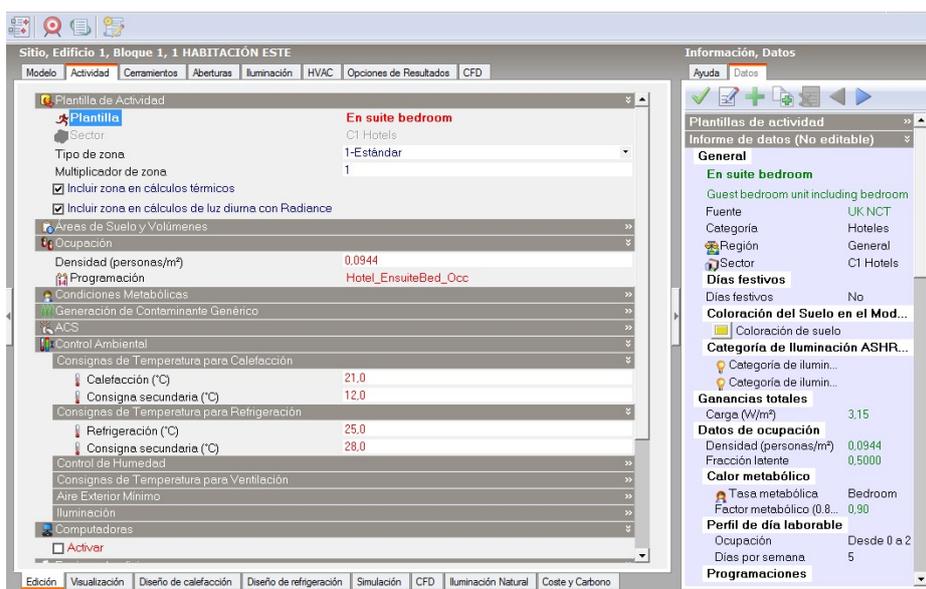
Simulación

En este proceso, se deben tener en cuenta varios parámetros que el usuario debe elegir.

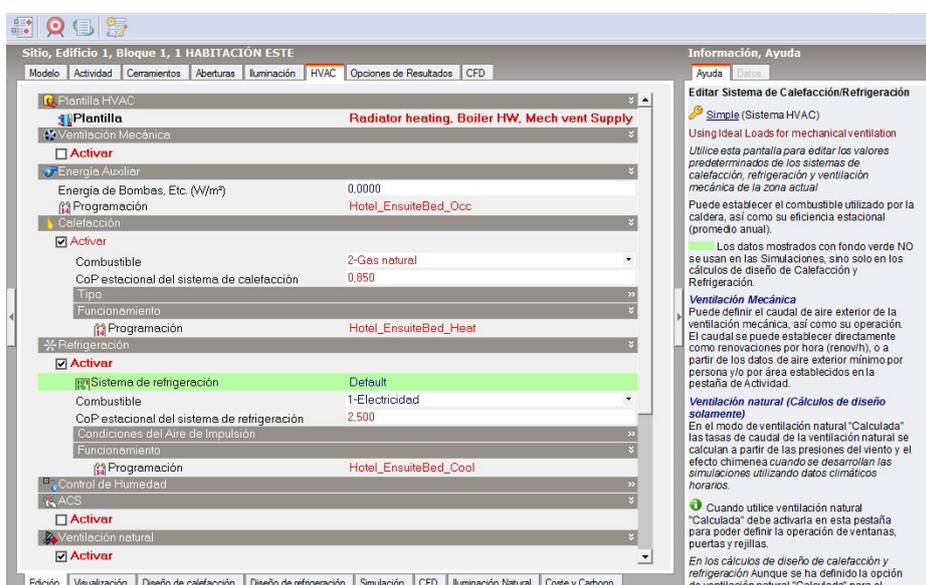
Opciones> Opciones de cálculo> Etapas por hora. Se recomienda calcular a unas 10-12 etapas por hora para una resolución media.

Resultados> Confort y ambiente> Adaptive ASHRAE Standard 55. Se deben marcar para calcular según la norma adaptativa de confort ASHRAE 55.

General> Periodo de simulación. Se debe configurar para el periodo que se quiera calcular. Generalmente 1 año para sí obtener las demandas anuales.



[Figura 23]



[Figura 24]



Figura 23: Pantalla de configuración de la actividad del edificio en Design Builder.

Figura 24: Pantalla de configuración del sistema HVAC y elección de parámetros a calcular en Design Builder.

II. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este apartado analizaremos las demandas tanto de calefacción y refrigeración en una versión actual del proyecto. El sistema elegido para realizar la demanda sería:

Radiadores con caldera central, ACS y sistema mixto de ventilación natural con sistema de frío por habitaciones.

CONDICIONES GENERALES DE ACTIVIDAD

Plantilla de actividad	Habitación con baño
Densidad de ocupación	2 (personas)/ m ²
Nivel mínimo de Iluminancia	100 (lux)
Aire exterior l/s por persona	10,4 ^[37]
Vestimenta en invierno (clo)	1
Vestimenta en Verano (clo)	0,5

CERRAMIENTOS ACTUALES U-Value (incl bridging) (W/m2K)

gbXML Muro básico: 12 Yeso Yeso	1,53 > 0,74 ^[24]
gbXML Muro básico: 47 Mortero Yeso	0,80 > 0,55 ^[24]
gbXML Suelo: 31 Madera Yeso	0,75 > 0,62 ^[24]
gbXML doble vidrio+ madera	3,68 > 2,5 ^[24]

Al ser un edificio construido en los años 70, no cumple las transmitancias térmicas máximas permitidas para sus elementos con respecto al CTE.^[24]

GEOMETRÍA

HABITACIÓN ESTE

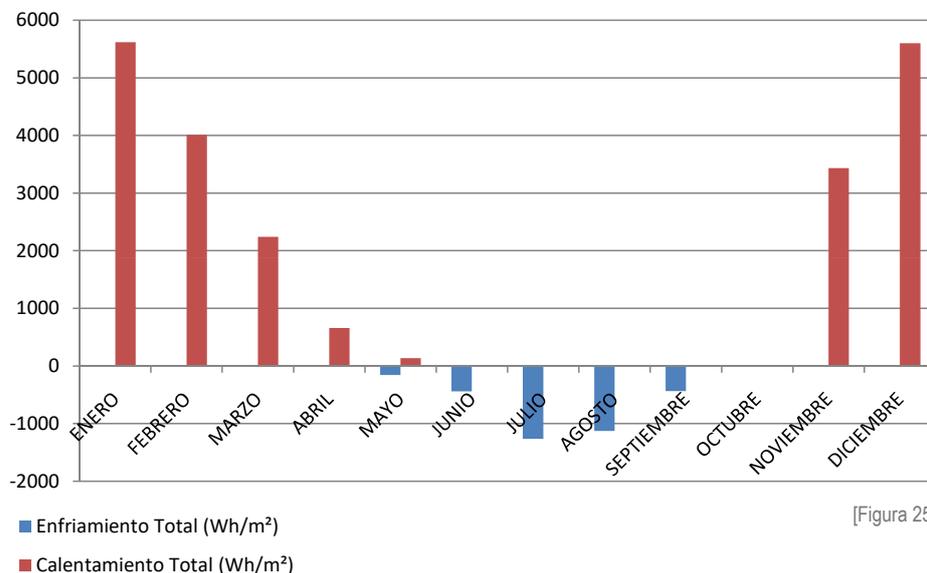
Área (m ²)	32,3
Volumen (m ³)	97,0
Superficie de cerramiento exterior (m ²)	16,1
Superficie ventana exterior (m ²)	4,8
Transmitancia U media (W/m ² ·k)	0,96
Capacidad - área/volumen (m ⁻¹)	0,02

HABITACIÓN OESTE

Área (m ²)	28,8
Volumen (m ³)	86,4
Superficie de cerramiento exterior (m ²)	14,9
Superficie ventana exterior (m ²)	4,5
Transmitancia U media (W/m ² ·k)	0,96
Capacidad - área/volumen (m ⁻¹)	0,02

HABITACIÓN ESTE

DEMANDA ENERGÉTICA TOTAL ANUAL KWh/m ² a	ESTADO ACTUAL
Demanda de calefacción	21,71
Demanda de refrigeración	3,4



Como podemos observar la demanda de calefacción es muy superior a la demanda de refrigeración lo cual resulta lógico ya que la ubicación del proyecto es Jaca, con una zona E1 según el CTE.

La demanda total se calcula conociendo la **carga sensible y latente**. En el siguiente desglose, podemos comprobar cómo afectan cada uno de los elementos a estas demandas.

Carga sensible calefacción total wh/m²a	21.685
Pérdidas acristalamiento	55%
Pérdidas en muros	37%
Pérdidas por suelos	0%
Pérdidas por techos	0%
Infiltraciones	8%
Carga sensible refrigeración total wh/m²a	3.069,81
Ganancias solares ventanas	81%
Ganancias aportaciones internas particiones	19%
Carga latente total wh/m²a	5423.23

Comprobamos que las mayores pérdidas se están produciendo a través de la envolvente. Siendo las pérdidas por superficies acristaladas las mayores ya que superan el 50% del total.

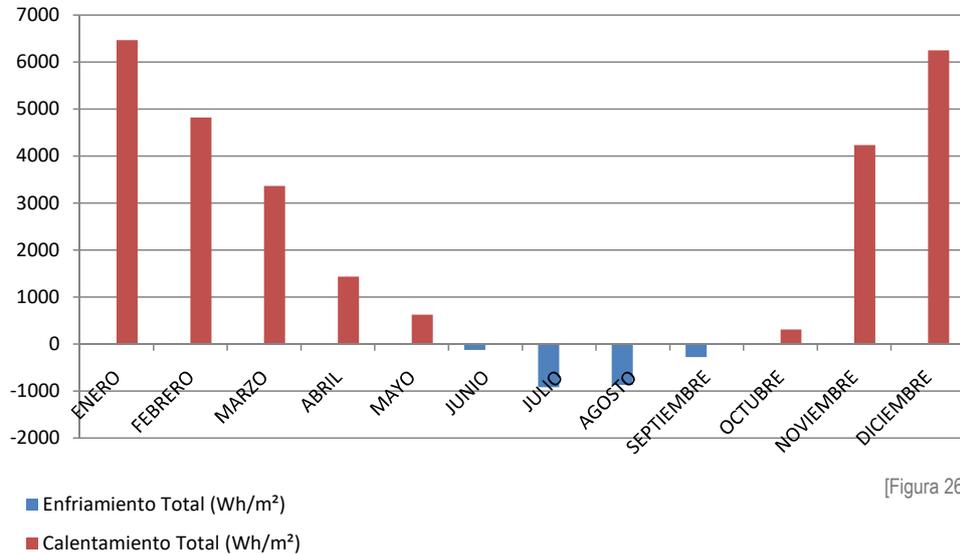
²⁴ Información ampliada en anexo 8. Tablas de referencia CTE. Transmisión máxima de los elementos.

Figura 25: Demanda energética mensual. Situación actual de refrigeración y calefacción.



HABITACIÓN OESTE

DEMANDA ENERGÉTICA TOTAL ANUAL KWh/m ² a	ESTADO ACTUAL
Demanda de calefacción	27,53
Demanda de refrigeración	2,19



Como podemos observar la demanda de calefacción es muy superior a la demanda de refrigeración como sucede en el caso anterior.

La demanda total se calcula conociendo la **carga sensible y latente**.

En el siguiente desglose, podemos comprobar cómo afectan cada uno de los elementos a estas demandas.

Carga sensible calefacción total wh/m²a	27.805,25
Pérdidas acristalamiento	51%
Pérdidas en muros	40%
Pérdidas por suelos	0%
Pérdidas por techos	0%
Infiltraciones	10%

Carga sensible refrigeración total wh/m²a	2.008,58
Ganancias solares ventanas	65%
Ganancias aportaciones internas particiones	35%

Carga latente total wh/m²a	5543.43
--	----------------

Comprobamos que las mayores pérdidas se están produciendo a través de la envolvente. Siendo las pérdidas por superficies acristaladas las mayores ya que superan el 50% del total. En este caso, demanda de refrigeración ha disminuido considerablemente gracias a la orientación, se consigue de esta forma disminuir las ganancias solares por superficie acristalada.

Como vemos en ambos casos, las cargas latentes totales son muy parecidas ya que influyen las infiltraciones y la ocupación. Nos encontramos en dos habitaciones con una superficie equiparable y con ventanas iguales.

III. MEJORAS EN LA ENVOLVENTE OPACA

Estas propuestas se centran en mejorar la demanda de las dos habitaciones a través de unas propuestas de mejora en su envolvente opaca. Como ya hemos visto, estos cerramientos exteriores no cumplen el CTE y suponen entre un 35%-40% de las pérdidas totales.

Los flujos de calor van de lo más caliente a los más frío, es inevitable concluir que en invierno las habitaciones tienden a perder calor de dentro afuera y en verano a ganar calor hacia dentro. Esta pérdida o ganancia de energía lenta o rápida se debe a los materiales de construcción del cerramiento.

En las edificaciones antiguas, se solía construir con espesores elevados para evitar esos flujos de energía. En la actualidad, existen muchos materiales aislantes que evitan esos tamaños excesivos de muros para generar un confort adecuado en el interior de la vivienda. Este recurso es el que vamos a utilizar en las propuestas con la intención de generar una mayor resistencia al traspaso de calor en los muros.

Nos centraremos en mejorar el muro exterior de las dos habitaciones con un espesor actual de 47 cm.



TIPO : 47 Mortero-Yeso²⁵

Materiales	Espesor (cm)	R (m ² ·k)/w	U W/ m ² ·K
Revoco exterior de mortero de cemento	1,5		
Fábrica de ladrillo Macizo 1+1/2 pie	36		
Ensabanado de mortero de cemento	1		
Cámara de aire sin ventilar	3		
Trasdosado de ladrillo H.S.	4		
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
	47	1,24	0,80

LEYENDA:

- 12 Yeso Yeso
- 12 Yeso Cerámica
- 12 Cerámica Cerámica
- 20 Yeso Yeso
- 20 Cerámica Yeso
- 27 Yeso Yeso
- 27 Mortero Yeso
- 43 Madera Yeso
- 45 Piedra Yeso
- 47 Mortero Yeso
- 47 Yeso Yeso
- 53 Piedra Yeso
- Pilar exterior piedra

²⁵ Detalle constructivo del muro en apartado *Resultados, detalles constructivos*.

Figura 26: Demanda energética mensual. Situación actual de refrigeración y calefacción.

III.i Propuesta de mejora 1. Aislamiento inyectado.

Esta primera propuesta se centra en modificar la transmitancia del muro sin modificar su espesor. Para eso se proponen **perlas de poliestireno** con un coeficiente de conductividad de $0.033 \text{ w/m}\cdot\text{k}$, un material aislante que tiene la capacidad de poderse inyectar en diferentes cámaras menores de 5cm con muy buenas prestaciones y a su vez sin tener que hacer excesivas perforaciones en la pared. Presenta capacidades de aislamiento tanto en verano como en invierno lo cual ayudará a reducir la demanda por refrigeración también.²⁶

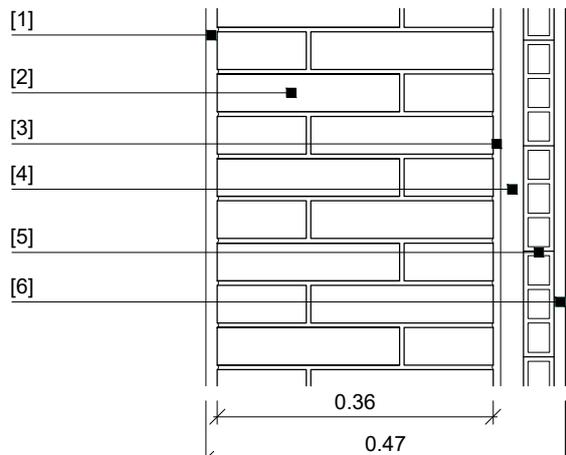
TIPO : 47 Mortero-Yeso

Materiales	Espesor (cm)	R ($\text{m}^2\cdot\text{k}/\text{w}$)	U W/ $\text{m}^2 \cdot \text{K}$
Revoco exterior de mortero de cemento	1,5		
Fábrica de ladrillo Macizo 1+1/2 pie	36		
Ensabanado de mortero de cemento	1		
Aislamiento Perla poliestireno	3		
Trasdosado de ladrillo H.S.	4		
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
	47	1,78	0,56

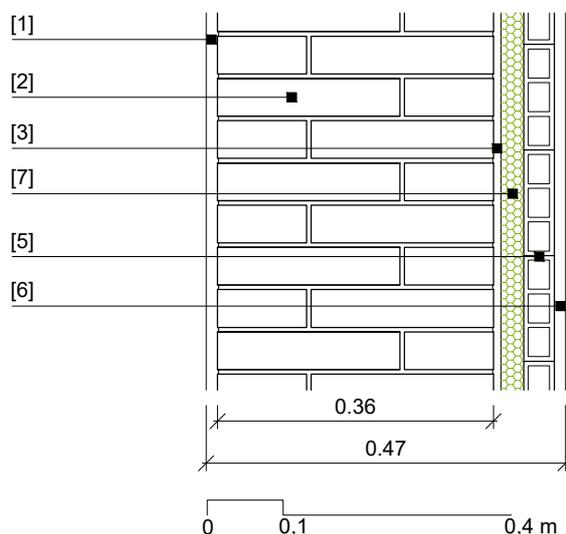
0.56 W/ $\text{m}^2 \cdot \text{K}$ > **0.55** W/ $\text{m}^2 \cdot \text{K}$. En este caso, no cumpliría la transmitancia máxima permitida por el CTE, pero se acerca bastante al límite.²⁴

Muro actual

47 Mortero-Yeso



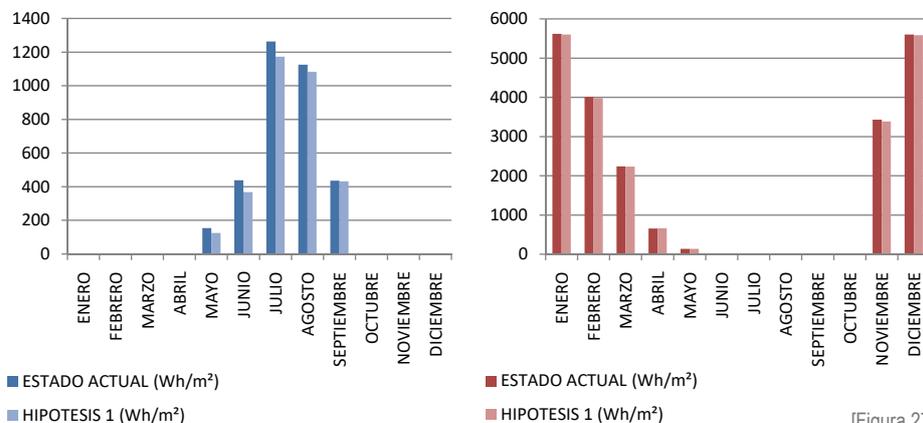
Muro propuesta



- [1]. Revoco exterior de mortero de cemento 15mm
- [2]. Fabrica de ladrillo macizo 1+1/2 pie 360mm
- [3]. Ensabanado de mortero de cemento 10mm
- [4]. Cámara de aire sin ventilar 30mm
- [5]. Trasdosado de ladrillo H.S. 40mm
- [6]. Enlucido y guarnecido de yeso 15 mm
- [7]. Pelas de poliestireno 3cm
- [8]. Poliestireno extruido 3cm

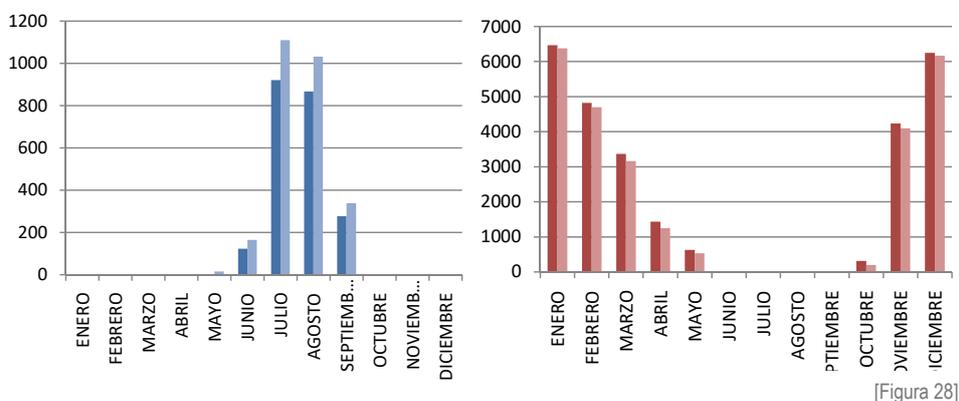
HABITACIÓN ESTE

DEMANDA ENERGÉTICA TOTAL ANUAL KWh/m ² a	ESTADO ACTUAL	HIPOTESIS 1	MEJORAS %
Demanda de calefacción	21,71	21,5	1,0
Demanda de refrigeración	3,4	3,1	8,8



HABITACIÓN OESTE

DEMANDA ENERGÉTICA TOTAL ANUAL KWh/m ² a	ESTADO ACTUAL	HIPOTESIS 1	MEJORAS %
Demanda de calefacción	27,53	26,5	3,7
Demanda de refrigeración	2,19	2,6	-18,7



Como se puede observar, un aislamiento en el interior del muro, nos provoca una menor transmitancia al calor en el conjunto del cerramiento y por tanto reduce las demandas de calefacción considerablemente. Esto, también afecta a la demanda de refrigeración ya que se está aislando térmicamente el muro y afecta a la conservación del calor en el interior. En el caso de la habitación Este, donde la demanda de refrigeración es mucho mayor debido a las ganancias solares a través de la superficie acristalada reduce su demanda al reducir su transmitancia. En cambio, en la habitación Oeste afecta negativamente este material ya que está generando un espacio más estanco que impide salir el calor acumulado.

²⁶ Información ampliada en anexo 6. *Catálogo características técnicas perla de poliestireno.*

Figura 27: Demanda energética mensual. Situación de propuesta de mejora 1 de refrigeración y calefacción. Habitación este.

Figura 28: Demanda energética mensual. Situación de propuesta de mejora 1 de refrigeración y calefacción. Habitación oeste.

III.ii Propuesta de mejora 2. Aislamiento inyectado+ Aislamiento exterior

En esta segunda propuesta, basándonos en los resultados obtenidos de la primera propuesta, se va a intentar disminuir la demanda de calefacción consiguiendo que los valores de transmitancia máxima del muro se sitúen por debajo de $0.55 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$, el valor máximo exigido por el CTE.²⁴

Como se ha podido ver en el apartado de resultados, la demanda de refrigeración está mayoritariamente influida por las ganancias solares. En este estudio, no se analizan las superficies acristaladas pero se debe comentar que esta simulación está hecha partiendo de un estado simplificado de la ventana la cual no tiene ningún tipo de protector solar que si está teniendo en la realidad. Por tanto, el objetivo será disminuir la demanda de calefacción ya que se ve afectada entre un 30-40% por los muros y se considera el valor más desfavorable frente a la demanda por refrigeración.

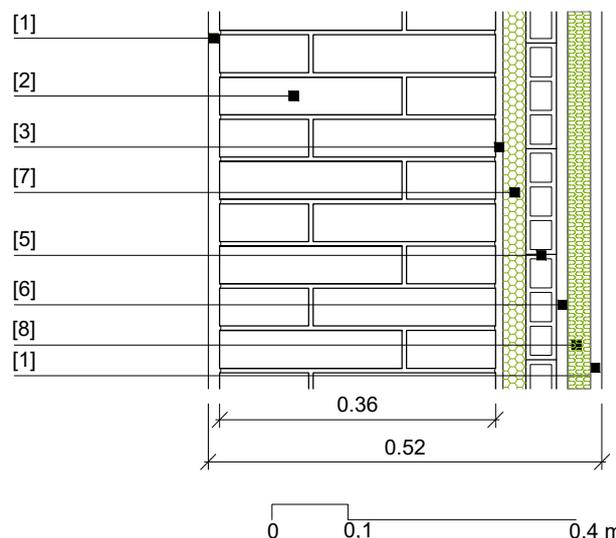
Por tanto, en esta segunda propuesta, se mantienen los materiales de la primera ya que se han conseguido mejoras importantes y se le añade un aislamiento exterior SATE (Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior) gracias a la facilidad que presenta para su acomodación a fachadas existentes. Este aislamiento está formado por **PANELES DE ISOFEX** con un coeficiente de conductividad de $0.036 \text{ w/m}\cdot\text{k}$ y un acabado de mortero de cemento y pintura acrílica reforzados por una malla metálica.²⁷

TIPO : 51,5 Mortero-Yeso

Materiales	Espesor (cm)	R ($\text{m}^2\cdot\text{k}/\text{w}$)	U $\text{W/ m}^2 \cdot \text{K}$
Revoco exterior de mortero de cemento + acrílico	1,5		
Aislamiento Panel ISOFEX	3		
Revoco exterior de mortero de cemento	1,5		
Fábrica de ladrillo Macizo 1+1/2 pie	36		
Ensanado de mortero de cemento	1		
Aislamiento Perla poliestireno	3		
Trasdosado de ladrillo H.S.	4		
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
	51,5	2,81	0,36

0.36 $\text{W/ m}^2 \cdot \text{K} < 0,55 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$ ²⁴

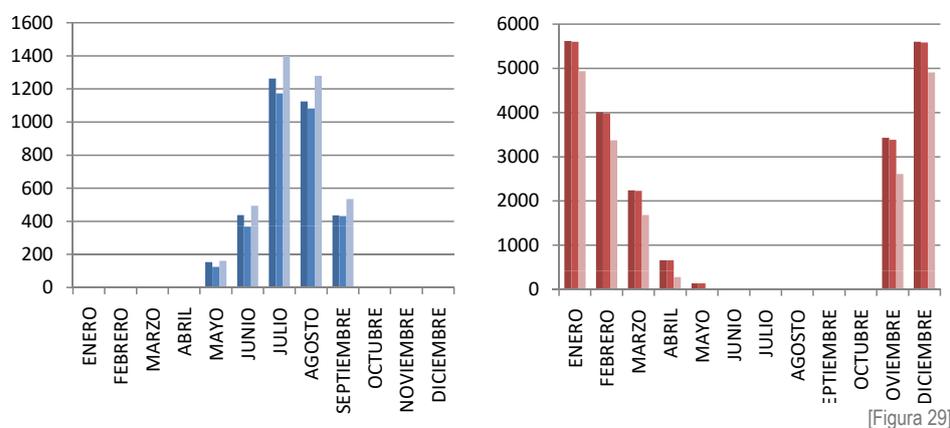
Muro propuesta 2



- [1]. Revoco exterior de mortero de cemento 15mm
- [2]. Fábrica de ladrillo macizo 1+1/2 pie 360mm
- [3]. Ensanado de mortero de cemento 10mm
- [4]. Cámara de aire sin ventilar 30mm
- [5]. Trasdosado de ladrillo H.S. 40mm
- [6]. Enlucido y guarnecido de yeso 15 mm
- [7]. Pelas de poliestireno 3cm
- [8]. Panel ISOFEX 3cm

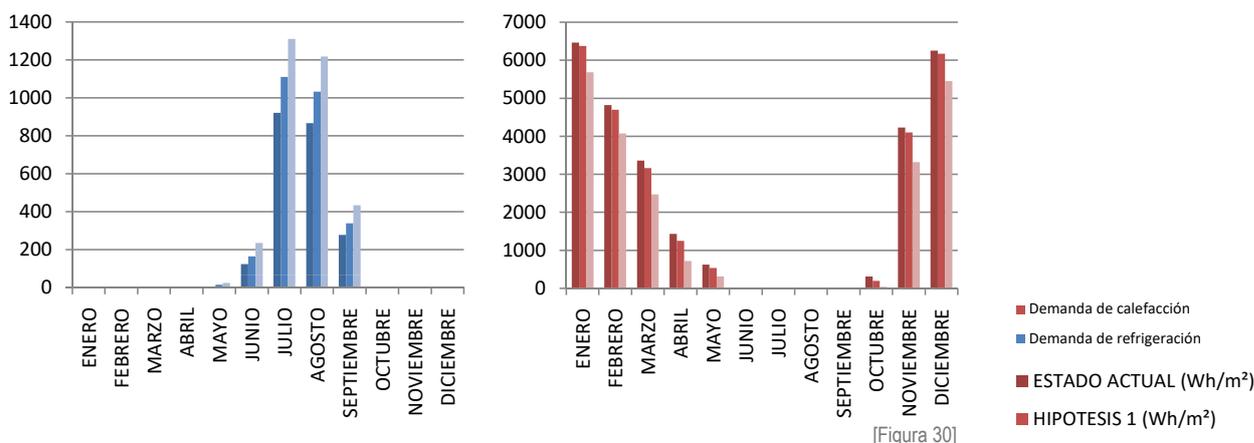
HABITACIÓN ESTE

DEMANDA ENERGÉTICA TOTAL ANUAL KWh/m ² a	ESTADO ACTUAL	HIPOTESIS 1	HIPOTESIS 2	MEJORAS %
Demanda de calefacción	21,71	21,5	17,8	18,01
Demanda de refrigeración	3,4	3,1	3,8	-11,76



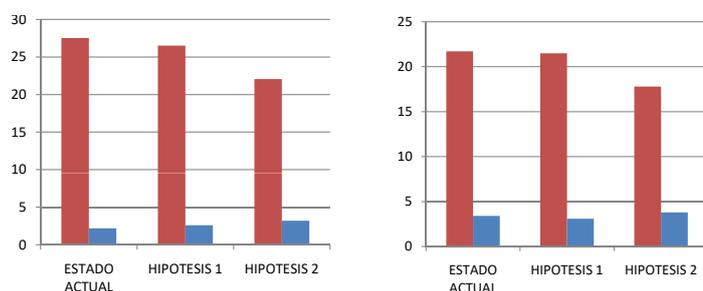
HABITACIÓN OESTE

DEMANDA ENERGÉTICA TOTAL ANUAL KWh/m ² a	ESTADO ACTUAL	HIPOTESIS 1	HIPOTESIS 2	MEJORAS %
Demanda de calefacción	27,53	26,5	22,07	19,83
Demanda de refrigeración	2,19	2,6	3,2	-46,12



Como se puede comprobar, y según la comparativa de los resultados obtenidos en cada una de las propuestas, el uso de materiales aislantes está favoreciendo la disminución de la demanda de calefacción debido a que los muros se están volviendo más estancos. En cambio, esto está provocando el efecto inverso en la demanda de refrigeración aumentando en proporción según lo estanco que se convierta el muro.

Estas mejoras suponen un mayor ahorro en la demanda de calefacción ya que estaría en el orden de 5000-4000 KWh/m²a, en cambio las pérdidas de demanda de refrigeración estaría en un orden muy inferior 1000-400 KWh/m²a.



²⁷ Información ampliada en anexo 7. Catálogo características técnicas SATE

Figura 29: Demanda energética mensual. Situación de propuesta de mejora 2 de refrigeración y calefacción. Habitación este.

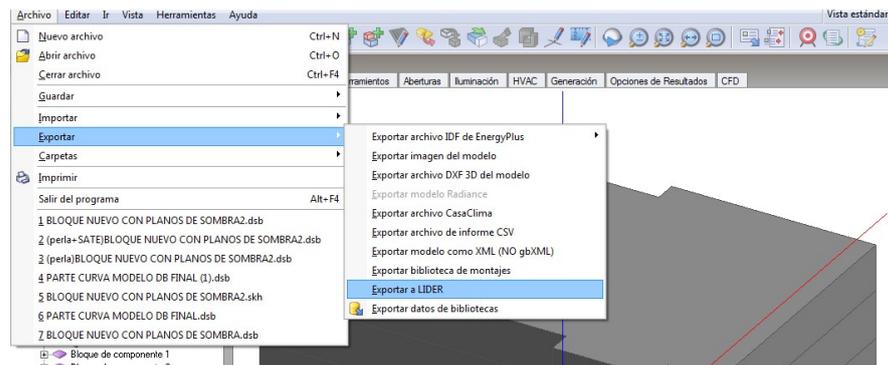
Figura 30: Demanda energética mensual. Situación de propuesta de mejora 2 de refrigeración y calefacción. Habitación oeste.

Figura 31: Comparación de la demanda anual de los tres casos comentados. Actual, propuesta 1 y propuesta 2.

III.iii Comparación en HULC

Como se ha comentado en otros apartados del trabajo, la empresa colaboradora disponía de la información completa del edificio en HULC. Conociendo la posibilidad de ofrecía Design Builder de exportar el modelo a HULC se tomo la iniciativa de generar esta nueva Interoperabilidad y hacer una comparativa de los resultado.

En este proceso, la Interoperabilidad no funcionó correctamente ya que no era posible traspasar la información. Faltaban datos y el proceso daba errores sin generar directamente el archivo. Esto se puede realizar a través de Archivo> Exportar > Exportar a LIDER.



[Figura 32]

Según los datos ofrecidos por Zeroaplus, en los cuales ellos también hacen unas mejoras de propuesta al edificio en su conjunto, la demanda de calefacción en el estado actual del edificio completo sería de 88,36 KWh/m²a con una certificación con letra G mientras que en su propuesta de mejora del edificio la demanda de calefacción se situaría en 11.72 KWh/m²a con una certificación con letra B.²⁸

No se podría realizar una comparativa real puesto que la empresa lo hizo directamente en HULC y realizando otro tipo de simplificaciones y del conjunto completo con respecto a las limitaciones que el programa requería.

Esta comparativa, simplemente demuestra que los datos obtenidos en la simulación de Design Builder quedan dentro de "lo normal" en este edificio de los años 70 ubicado en Jaca, ya que las dos certificaciones actuales salen con valores muy altos, lo que se consideraba desde un primer momento.

²⁸ Zeroaplus. 2016. Acción piloto Gran Hotel de Jaca dentro del proyecto I+D Abracadabra.

Figura 32: Exportación de archivo a HULC.



V. CONCLUSIONES

V. CONCLUSIONES

La tendencia de la normativa y la demanda social están exigiendo conseguir un desarrollo energético en la edificación más próximo hacia el Edificio cero emisiones.

En este sentido, la certificación energética de un edificio juega tanto el papel de comprobar el cumplimiento de la norma como el del marketing para ofrecer, a la hora de captar y vender el producto al cliente, el valor añadido de la imagen social de edificio sostenible y el beneficio económico que trasciende del diseño eficiente.

Establecer la demanda energética de los edificios y su comportamiento térmico en general, supone la constante evolución en los softwares de diseño así como una oferta variada. Algunos programas BIM ya están desarrollando e investigando mecanismos para llegar al control de la eficiencia energética en sus propios programas de diseño e invirtiendo en estudios de flujos de información entre programas de las mismas compañías.

En este trabajo se ha estudiado el panorama actual respecto a la interoperabilidad entre programas BIM y BPS. En concreto a través de Revit, un programa en fase de desarrollo e implantación en la sociedad actual el cual ofrece unas prestaciones muy atractivas, y Design Builder, un programa destinado a la simulación energética con un potente motor de cálculo, Energy-plus. Dos programas con un alto reconocimiento dentro de sus propios campos.

En la práctica, Revit representa el programa de origen en el que se producen todas las modificaciones con respecto a la geometría, materiales y propiedades térmicas mientras que Design Builder, por tanto, representa el programa de destino del edificio modelado. En este último programa es donde se deben aplicar las condiciones y parámetros específicos del edificio para obtener unos resultados acordes con la realidad.

La metodología de traspaso de información de un programa a otro ha sido el objeto principal de estudio del trabajo. Este campo todavía está en fase de desarrollo puesto que la relación establecida actualmente entre este tipo de programas no está completamente resuelta. Como se ha podido comprobar, un correcto traspaso del modelado en BIM al programa de destino supone el ahorro de un 30% del tiempo empleado para la simulación, ya que este modelo no se tendría que volver a dibujar, lo cual crea esperanzas de que estas relaciones se acaben solucionando de manera mucho más eficientes y directas.

Un nuevo caso detectado en este estudio, y que deja evidenciada la transformación e investigación que están sufriendo estos programas, es haber conseguido el correcto traspaso de información tanto de materiales como de propiedades térmicas configuradas desde Revit sin tener que hacer ninguna corrección manual posteriormente en Design Builder, o como se estaba teniendo que realizar, directamente en el programa de destino. Estos avances, están demostrando el acercamiento que por parte de los programas BIM y BPS se está llevando a cabo.

Bajo mi opinión personal, la información y los procedimientos a realizar se convierten en un traspaso laborioso y costoso, debido a la cantidad de parámetros e investigaciones que se deben realizar con respecto a las interpretaciones que el programa de destino debería resolver automáticamente y no lo hace.



Una vez conocida la metodología que se debe llevar a cabo para completar exitosamente el traspaso de información, los problemas a solucionar en el proceso se ven reducidos, pero también es cierto que en el estudio se han tenido que tomar decisiones para simplificar el modelo con respecto a la forma y los puentes térmicos, debido a que los programas estaban generando conflictos internos constantemente y algunos de los elementos, como los planos de sombra, han sido imposibles de traspasar. Por lo que no se puede afirmar que se esté produciendo una interoperabilidad perfecta pero sí que es un avance en la investigación que se acerca el resultado final.

Por otro lado, como comprobación del correcto traspaso, se han realizado una serie de simulaciones con propuestas de mejora de los cerramientos opacos. Estos resultados, debido a las simplificaciones realizadas no se corresponden totalmente con la realidad pero sí que nos dan una idea del comportamiento energético del edificio.

Tal y como se esperaba, los valores ofrecidos corresponden con datos aproximados a la realidad en la que se encuentra el edificio, su ubicación (Jaca) y su año de construcción. Estas propuestas, mayoritariamente, se centran en reducir la demanda por calefacción de las habitaciones, objeto de estudio a través de unas situaciones hipotéticas en las que se modificaban los elementos que componen la fachada hasta cumplir las exigencias del código técnico, reduciendo entorno al 18% en lo que a demanda de calefacción se corresponde ya que los muros exteriores suponían el 37% de las pérdidas de esta.

En este estudio, se han demostrado las capacidades que presenta la interrelación entre Revit y Design Builder así como sus limitaciones. Actualmente, se trata de un campo todavía en una fase de desarrollo inicial, la base fundamental de esta interoperabilidad es la eficiencia que presenta en el ahorro de trabajo.

En este caso, esto no ha sido así, ya que el modelo destinado a la simulación se ha tenido que redibujar con respecto a las exigencias que Design Builder estaba requiriendo, y posteriormente, realizarle unas rectificaciones como por ejemplo los puentes térmicos. Esto ha supuesto un doble trabajo en la parte de modelación y análisis, ya que también, se debían de verificar todos los datos en el programa de destino. Aunque la modelación desde Revit ofrece más posibilidades con una interfaz más intuitiva, estos elementos deben de simplificarse para un correcto entendimiento, por tanto, actualmente sería mucho más lógico si el objetivo final es conseguir una certificación, dibujarlos directamente en Design Builder sin ningún tipo de modificación.

El dibujo en Design Builder, al igual que en la mayoría de programas de eficiencia energética, es un proceso arduo, por tanto el modelarlo únicamente en BIM que además ofrece muchas otras prestaciones, es una opción a tener en cuenta, y es por eso, y con el objetivo final de evitar esta doble tarea, que se están desarrollando estos programas. Esto permitirá que desde cualquier fase del proyecto modelado en BIM, se puedan realizar simulaciones en las cuales se interprete la información directamente. Como ha sido el caso de este estudio con las propiedades térmicas de los elementos. Un traspaso directo de información supone muchas ventajas en la eficiencia del proyecto, y es ahí donde se encontrará la gran ventaja de estos programas en un futuro.

VI. BIBLIOGRAFÍA

Bambó Naya, R. 2015. *El Gran Hotel de Jaca: una infraestructura para el turismo de montaña*. Revista Europea de Investigación En Arquitectura, (4), 37–54.

Código Técnico de la Edificación (CTE).2006. Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE).

Ferrer Rodríguez, J. 2016.TFG: *Evaluación de dos procedimientos de implementación BIM para la estimación de la demanda energética de una vivienda unifamiliar aislada*. Universidad de Zaragoza. Zaragoza

Gosalves López, J. 2016 .*BIM En 8 Puntos*. Todo lo que necesitas saber sobre BIM.

Herrera Rodríguez, Marcos. *Implantación del BIM en un proyecto de renovación energética- BIM Barcelona*.Febrero, 2016.

IDAE. Guía técnica. *Procedimientos y aspectos de la simulación de instalaciones térmicas en edificios*. Ahorro y eficiencia energética en Climatización,13

Kumar, S. 2008. *Interoperability between building information models (Bim) and energy analysis programns*. ProQuest.

Kurtz,F., Monzón,M., López-Mesa,B. 2015. *Obsolescencia de la envolvente térmica y acústica de la vivienda social de la postguerra española en áreas urbanas vulnerables*. El caso de Zaragoza.

Lobos, D., Castillo, L. S., & Wandersleben, G. 2013. *Mapeo de Interoperabilidad entre BIM y BPS Software (Simulación Energética) para Chile*. SIGraDI, 378–382.

Martín Encinas,J. 2017. TFG 672 : *Guía implementación herramientas BIM para la generación de edificios*. Universidad de Valladolid. Valladolid

Monfort, C. 2015. *Impacto del BIM en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura*. 97.

Olmos Gormaz, D. 2013. *Herramientas y técnicas para la predeterminación de comportamiento energético en arquitectura*. Universidad politécnica de Cataluña, Barcelona.

Ordoñez García, A. 2014. *Manual de ayuda Design Builder en español Introducción*, 417.

Picó, E. C., & Por, P. 2008. *Introducción a La Tecnología BIM*.

Tenorio, A., & Torroja, E. 2015. *BIM y la eficiencia energética*.

Zeroaplus. 2016. *Acción piloto Gran Hotel de Jaca dentro del proyecto I+D Abracadabra*.

SITIOS WEB VISITADOS

Catálogo de aislamientos AISLACONTROL

Catálogo online AISLACONTROL <http://aislacontrol.com/es/productos-aislantes>

Guía de montaje para fechadas SATE. ISOVER.

Catálogo online ISOVER https://www.isover.es/sites/isover.es/files/assets/documents/manual_montaje_sate2016.pdf

Presentación ABRACADABRA, 2016. Proyecto I+D Gran Hotel de Jaca.

<http://www.coaragon.es/wp-content/uploads/2016/10/ABRACADABRA.pdf?token=2q31rt3o>.

Sitio web oficial es BIM, implantación del BIM. Encuesta BIM. <http://www.esbim.es/encuesta/> (consultada 28 de agosto de 2017)

Sitio web oficial Germán campos experto en Design Builder.

<https://www.youtube.com/watch?v=wfb1ZiBFIF8> (consultada el 5 de septiembre de 2017)

Sitio web Autodesk Revit 2016 Ayuda.

<http://help.autodesk.com/view/RVT/2016/ESP/> (consultada el 10,11,12 de septiembre de 2017)

Sitio web distribuidor Oficial de DesignBuilder en España.

<https://ecoeiciente.es/designbuilder/> (consultada en julio, agosto y septiembre de 2017)

Sitio web. Instituto Tecnológico del Cantábrico.

<http://itcformacionyconsultoria.com/bim-espana-europa/> (consultada el 5 de 2017)

Sitio Web Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España. Resultados encuesta BIM, 2016. <http://www.cscae.com>. (consultada julio de 2017)

ANEXO 1. ENSAYO PRUEBA-ERROR

- 1.1. Configuración de las propiedades térmicas de los elementos.
- 1.2. Simplificación de los elementos.
- 1.3 Exportación a través del archivo gbXML.
- 1.4 Importación del modelo BIM.
- 1.5 Añadir plantilla sitio.

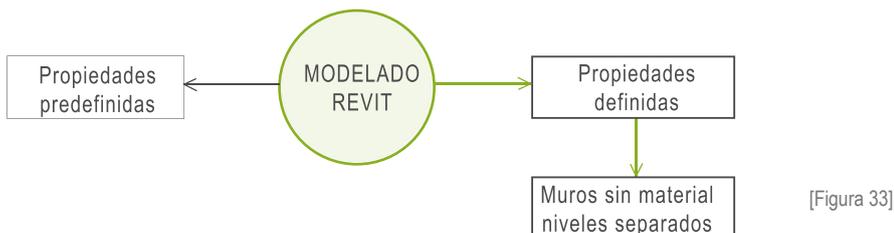
ANEXO 2. MODELADO EN REVIT A TRAVÉS DE ARCHIVOS VINCULADOS**ANEXO 3. OPCIONES DE EXPORTACIÓN DESDE REVIT A DESIGN BUILDER****ANEXO 4. CLASIFICACIÓN DE MUROS, PUERTAS Y VENTANAS. (MATERIALES Y TRANSMITANCIAS)****ANEXO 5. PUENTES TÉRMICOS DE LAS HABITACIONES A ANALIZAR.CE3X****ANEXO 6. CATÁLOGO CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS AISLAMIENTO PERLA DE POLIESTIRENO****ANEXO 7. CATÁLOGO CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS AISLAMIENTO SATE****ANEXO 8. TABLAS DE REFERENCIA DEL CTE (CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN).****ANEXO 9. ÍNDICE DE FIGURAS**

1. ENSAYO PRUEBA Y ERROR

A través del ensayo Prueba-Error se van realizando diferentes intercambios de datos entre los dos programas hasta conseguir una conexión fluida. En este punto, lo más importante es encontrar el método. Para eso se deben analizar los diferentes errores cometidos en el traspaso de información desde el programa de origen hasta el programa de destino.

En este apartado, se tratarán las diferentes pruebas realizadas erróneas y correctas hasta conseguir el método.

1.1 CONFIGURACIÓN DE LAS PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS ELEMENTOS

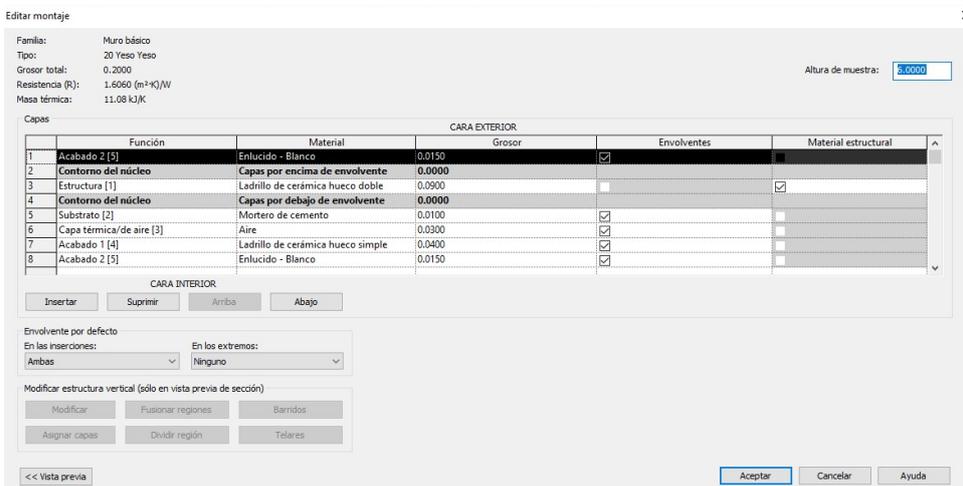


[Figura 33]

PRUEBA INICIAL. (ELEMENTOS CON MATERIAL PREDETERMINADO)

Al general los elementos que conforman el modelo desde Revit, se pueden configurar los materiales de los que está compuesto cada uno de ellos desde *Elemento > Editar tipo > Editar*

En la primera fase, se incluyeron los materiales sin revisar las propiedades térmicas ya que Revit incluye algunas pre-cargadas por defecto.



[Figura 34]

Al exportarlos a Design Builder ni los materiales, ni las propiedades ni el espesor se correspondía con las características que se habían configurado desde Revit.

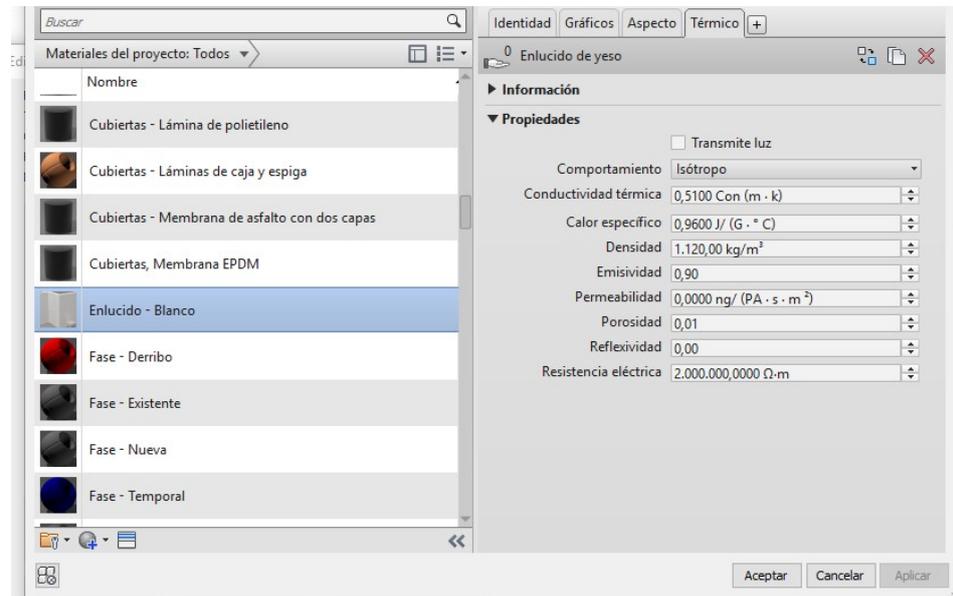
RESULTADO: Sin materiales ni espesores.

Figura 33: Esquema Ensayo prueba y error. Modelado en Revit.

Figura 34: Localización predeterminada de los materiales en Revit.

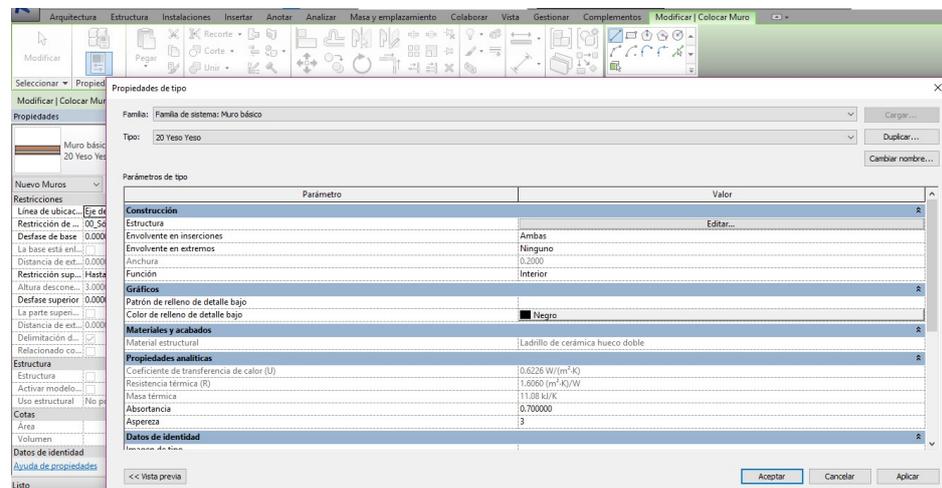
PRUEBA 1. (APORTACIÓN DATOS TÉRMICOS)

Configuración y revisión de las propiedades térmicas de los elementos.
Se debe comprobar en cada uno de los materiales que la pestaña “Térmica” tenga datos.



[Figura 35]

En el cuadro de diálogo Propiedades de tipo, debe aparecer el apartado propiedades térmicas relleno con el coeficiente de transferencia de calor (U), Resistencia térmica (R) y Masa térmica en cada uno de los elementos.

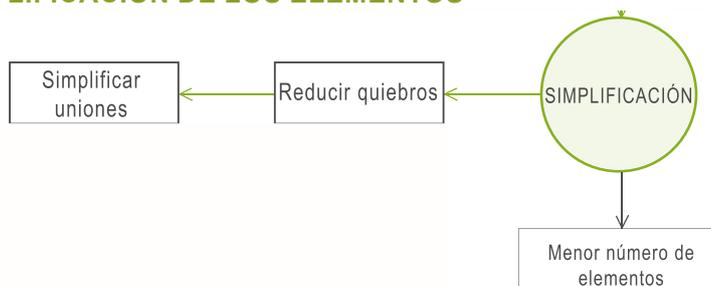


[Figura 36]

Con puertas y ventanas ocurriría lo mismo. Se deben configurar previamente las propiedades para que aparezcan en el modelo exportado.

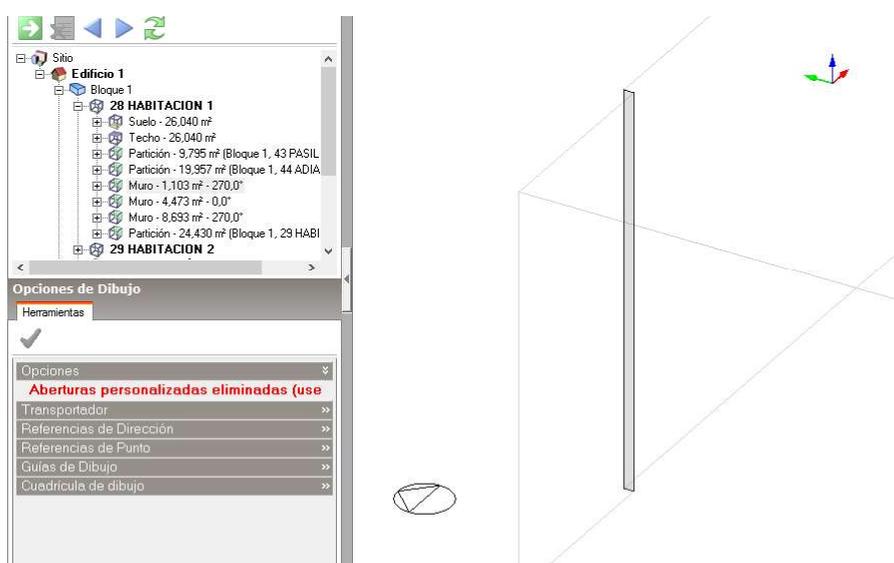
RESULTADOS: Correcta interpretación de materiales y espesores.

1.2 SIMPLIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS



[Figura 37]

Tras comprobar en la fase anterior *Configuración de propiedades térmicas de los elementos* como actualmente algunos de los elementos se pasaban sin material se procedió a realizar una serie de pruebas hasta conseguir que todos los elementos tuviesen su material asignado. Los puntos detectados en los que se generaban muros sin material correspondían a las uniones entre elementos o giros del muro.



VII

PRUEBA 3. (SIN SIMPLIFICACIÓN DEL MODELO)

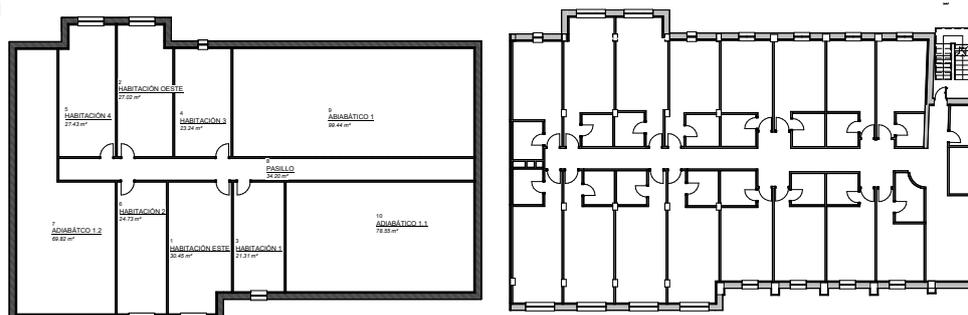
[Figura 38]

Se procedió a realizar una exportación con menor número de elementos, con el fin de conseguir que no hubiese dos tipos diferentes en una unión.

RESULTADO: No existen cambios con respecto a la prueba anterior

PRUEBA 4. (SIMPLIFICACIÓN DEL MODELO)

Se procedió a simplificar la geometría del edificio lo máximo posible con el fin de evitar muchas de las uniones.



[Figura 39]

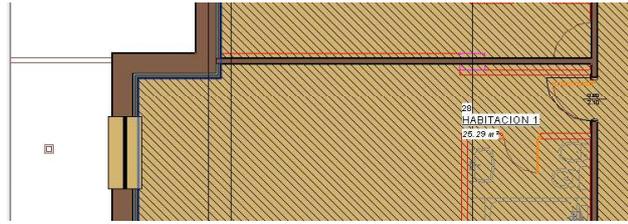
Figura 35: Información técnica de los materiales en Revit.

Figura 36: Esquema Ensayo prueba y error. Simplificación.

Figura 37: Información técnica de los materiales en Revit.

Figura 38: Ejemplo de muro sin material en Design Builder.

Figura 39: Esquema de planta original y simplificada.

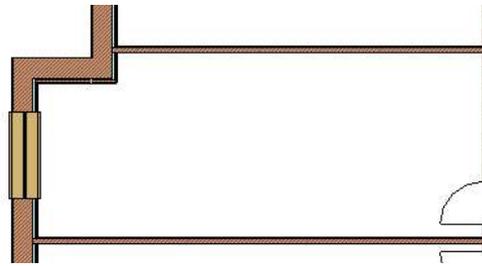


[Figura 40]

RESULTADOS: Con esto se detectó que el principal problema estaban siendo las uniones de muro exterior y tabique si este llegaba a una esquina exterior.

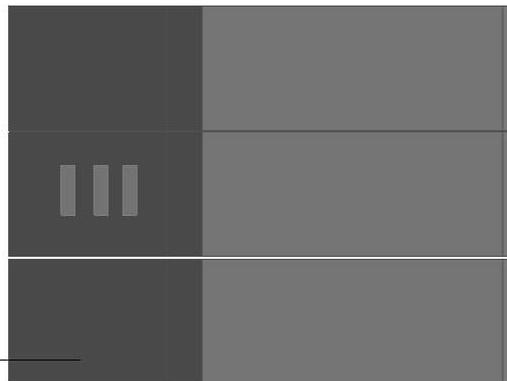
PRUEBA 5. (SIMPLIFICACIÓN ESQUINAS EXTERIORES Y FORJADOS)

Con el fin de evitar que los tabiques llegasen hasta las esquinas de los muros, se tomó la decisión de desplazar el tabique de ese punto, modificando así en la menor medida posible la superficie de la habitación. Pero quedando así todos los muros con material.



[Figura 41]

Otro de los problemas que estaba generando la exportación y el entendimiento entre los elementos eran los diferentes bloques, niveles separados. En Design Builder, los forjados debían de llegar hasta el exterior del muro ya que es el plano horizontal el que separa los niveles por alturas. En Revit en cambio, se estaba modelando según la realidad por lo que los bloques no se están dividiendo correctamente.



[Figura 42]



[Figura 43]

Figura 40: Habitación Oeste. Esquina sin simplificar.

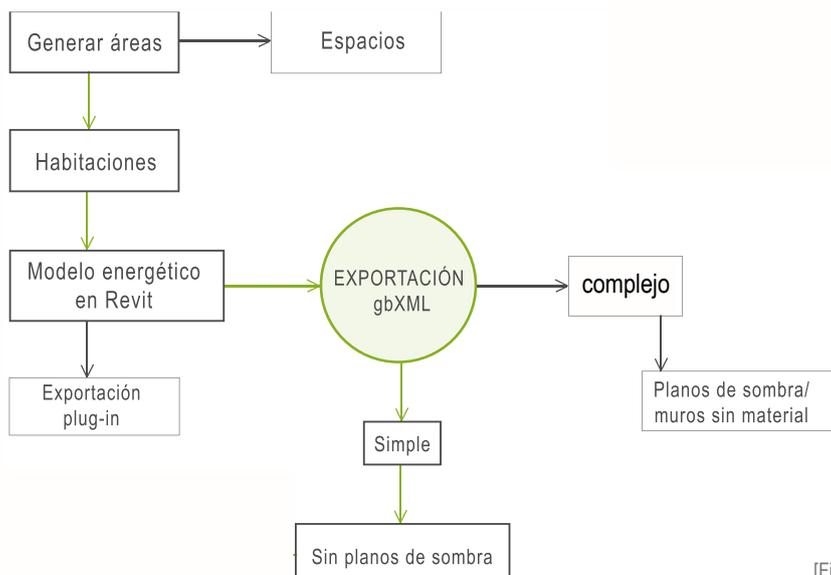
Figura 41: Habitación Oeste. Esquina simplificada.

Figura 42: Separación de los diferentes niveles en Design Builder.

Figura 43: Representación gráfica del encuentro muro/fachada.

RESULTADO: Correcta interpretación de la geometría.

1.3 EXPORTACIÓN A TRAVÉS DEL ARCHIVO GBXML.



[Figura 44]

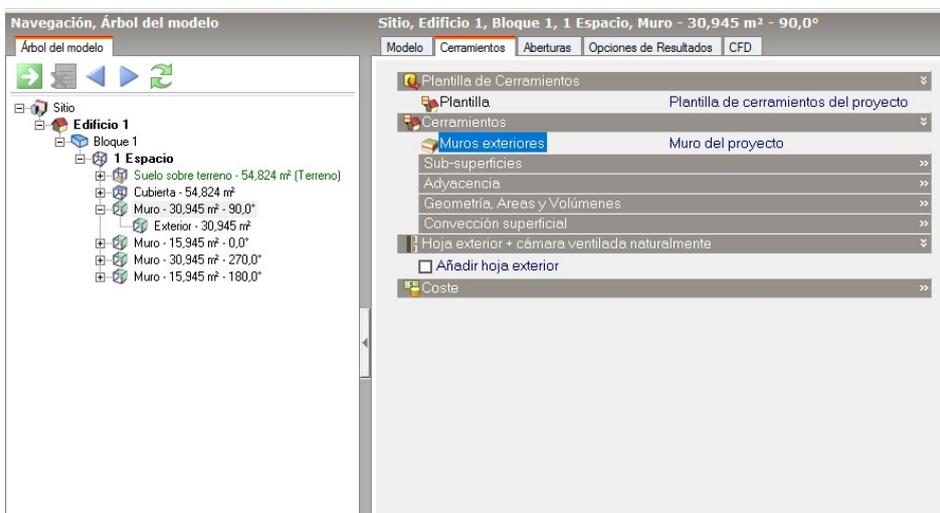


PRUEBA 6. (EXPORTACIÓN A TRAVÉS DE ESPACIOS)

Para general el modelo energético en Revit, se deben crear unas áreas definidas en un volumen cerrado. Existen varias opciones. La primera de ellas, sería a través de de categoría de exportación *espacios*.

En esta opción se definen las siguientes características:[Figura 45]

- PLANO DE SUELO: NIVEL 1
- TIPO DE INFORME: DETALLADO
- EXPORTAR VALORES POR DEFECTO: NO



[Figura 46]

Parámetro	Valor
Común	
Tipo de edificio	Oficina
Ubicación	Madrid, España
Plano de suelo	Nivel 1
Modelo detallado	
Categoría de exportación	Espacios
Complejidad de exportación	Simple con superficies de sombra
Fase de proyecto	Nueva construcción
Tolerancia de espacios estrechos	0.3048
Envoltorio de edificio	Usar parámetro Función
Tamaño de celda de rejilla analítica	0.3144
Instalaciones del edificio	Ventilación/Aire acondicionado - c
Construcción de edificio	<Edificio>
Clase de infiltración de edificio	Ninguno
Exportar valores por defecto	<input type="checkbox"/>
Tipo de informe	Detallado
Modelo energético	
Modo de análisis	Utilizar elementos de edificación
Resolución de espacio analítico	0.4572
Resolución de superficie analítica	0.3048
Estandar de miles	3600.0000

[Figura 45]

Figura 44: Esquema Ensayo prueba y error. Exportación mediante gbXML.

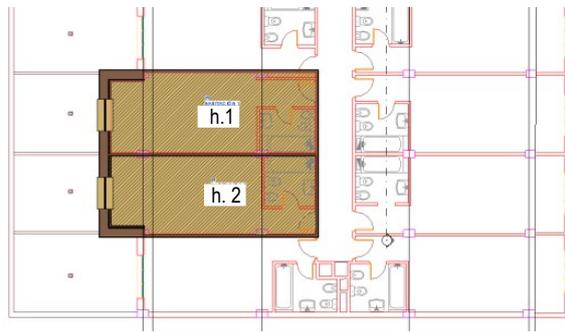
Figura 45: Configuración exportación

Figura 46: Ejemplo interpretación geometría sin determinar.

RESULTADO: Al realizar la exportación a través de espacios y no incluir las propiedades térmicas, Design Builder interpreta la geometría configurando el mismo los materiales y espesores.

PRUEBA 7. (EXPORTACIÓN A TRAVÉS DE HABITACIONES)

Desde Revit, se deben crear unas áreas denominadas habitaciones en cada uno de los volúmenes que se quieran pasar. Aquí se debe comprobar las propiedades térmicas de cada uno de los elementos, ya que si no las tienen asignadas no se pasarán al modelo.



[Figura 47]

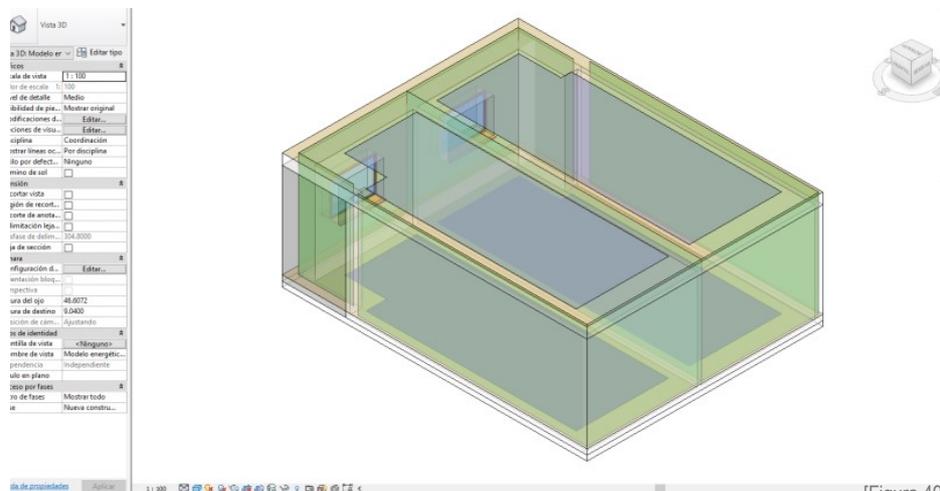
La segunda de las opciones de exportación sería: categoría de exportación *habitaciones*. En esta opción se definen las siguientes características:

PLANO DE SUELO: NIVEL 1
 EXPORTAR VALORES POR DEFECTO: NO
 INCLUIR PROPIEDADES TÉRMICAS :SI

Configuración de energía

Parámetro	Valor
Común	
Tipo de edificio	Hotel
Ubicación	42.5695114135742,-0.5528232455253
Plano de suelo	01_Baja
Modelo detallado	
Categoría de exportación	Habitaciones
Complejidad de exportación	Simple con superficies de sombra
Incluir propiedades térmicas	<input checked="" type="checkbox"/>
Fase de proyecto	Nueva construcción
Tolerancia de espacios estrechos	0.3048
Envolvente de edificio	Identificar elementos exteriores
Tamaño de celda de rejilla analitic	0.9144
Modelo energético	
Modo de análisis	Utilizar elementos de edificación
Resolución de espacio analítico	0.4572
Resolución de superficie analítica	0.3048
Desfase de núcleo	3600.0000
Dividir zonas de perímetro	<input checked="" type="checkbox"/>
Construcciones conceptuales	Editar...
Porcentaje de cristalería de destino	40%
Altura de antenecho de destino	750.0000

[Figura 48]



[Figura 49]

Figura 47: Representación de habitaciones para exportar del modelo.

Figura 48: Captura de pantalla de configuración de energía.

Figura 49: Modelo energético creado desde Revit 2016.

RESULTADO: Al generar el modelo energético, se deben visualizar los dos espacios que se quieran exportar así como todos sus elementos.

PRUEBA 8. (EXPORTACIÓN POR PLUG-IN O ARCHIVO GBXML)

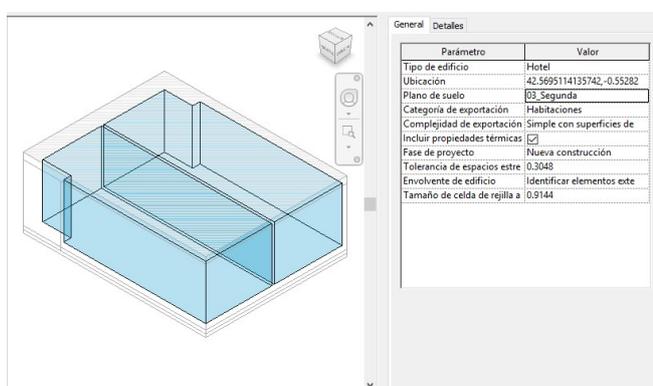
Una vez creado el modelo energético en Revit, se debe generar la exportación del modelo a través de una de las dos opciones existentes. Una de ellas, se comenta en el anexo 3. A través del plug-in no es posible el traspaso del modelado ya que no funciona por problemas ajenos al programa, hay algún tipo de incompatibilidad con el ordenador.
 Prueba fallida.

RESULTADO: El plug-in no funciona.

PRUEBA 9. (EXPORTACIÓN A TRAVÉS DEL ARCHIVO GBXML)

En este punto, es importante configurarlo según las propiedades definidas al generar el modelo energético.

PLANO DE SUELO: NIVEL 1
 EXPORTAR VALORES POR DEFECTO: NO
 INCLUIR PROPIEDADES TÉRMICAS :SI
 COMPLEJIDAD DE EXPORTACIÓN:SIMPLE



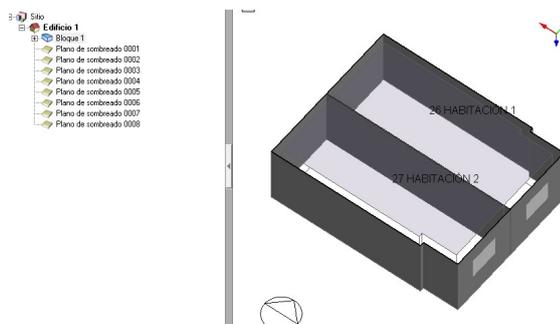
[Figura 50]

RESULTADO: Las propiedades se pasan junto con la geometría correctamente.

PRUEBA 10. (PLANOS DE SOMBRA)

Hasta este punto, se han conseguido pasar tanto la geometría a través de espacios cerrados en 3D como las propiedades térmicas. Uno de los problemas serían los planos de sombra. Se generan unos planos de sombra a través de los elementos forjados en modelo de Revit. A la hora de realizar la exportación se configura:

COMPLEJIDAD DE EXPORTACIÓN: COMPLEJA CON SUPERFICIES DE SOMBRA



[Figura 51]

RESULTADO: Design Builder está generando unos volúmenes diferentes a los que se habían pasado anteriormente y con unos planos de sombra entre los muros.

Figura 50: Configuración de parámetros al exportar en formato gbXML.

Figura 51: Captura de pantalla planos de sombra y quiebros entre muros en Design Builder.

Prueba 11. (OPCIONES DE EXPORTACIÓN)

Se comprueba que con ninguna de las funciones complejidad de exportación, se generan los planos de sombra en el modelo energético.

SIMPLE> Modelo correcto pero sin superficies de sombreado

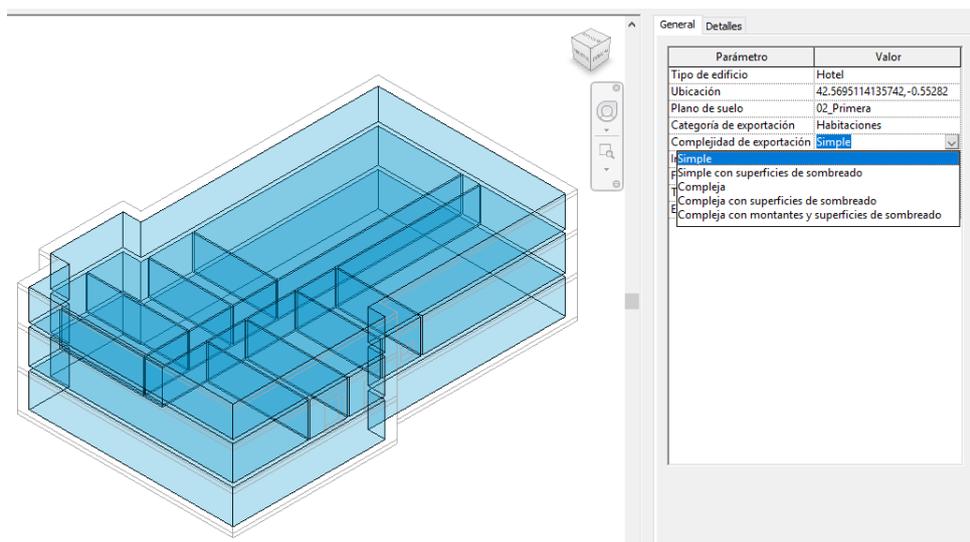
SIMPLE CON SUPERFICIES DE SOMBREADO > Modelo incorrecto, huecos y planos de sombra aleatorios y sin superficies de sombreado

COMPLEJA > Modelo incorrecto, huecos y planos de sombra aleatorios y sin superficies de sombreado

COMPLEJA CON SUPERFICIES DE SOMBREADO > Modelo incorrecto, huecos y planos de sombra aleatorios y sin superficies de sombreado

COMPLEJA CON MONTANTES Y SUPERFICIES DE SOMBREADO > Modelo incorrecto, huecos y planos de sombra aleatorios y sin superficies de sombreado

Resultado para todas ellas:

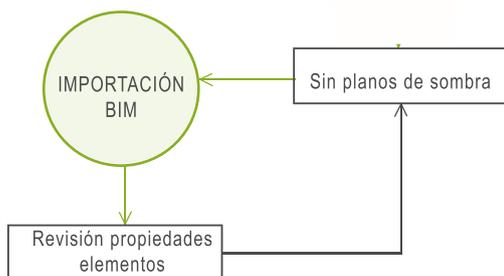


[Figura 52]

RESULTADO: No ha sido posible generar el modelo energético con planos de sombra incluidos.

SOLUCIÓN: Solamente con la opción simple el modelo interpreta la geometría correctamente.

1.4 IMPORTACIÓN DE MODELO BIM.



[Figura 53]

PRUEBA 12. (IMPORTACIÓN MODELO BIM, OPCIONES)

Junto con las diferentes pruebas realizadas para exportar el modelo con planos de sombra, se han generado otras tantas con cada una de las opciones disponibles en el apartado de importación.

METODOLOGÍAS IMPORTACIÓN/EXPORTACION	Automático	Superficies	Espacios
SIMPLE	GEOMETRÍA	GEOMETRÍA	GEOMETRÍA
SIMPLE+ SUPERFCIIES SOMBREADO	X	X	X
COMPLEJA	X	X	X
COMPLEJA+ SUPERFICIES SOMBREADO	X	X	X
COMPLEJA+MONTANTES+SUPERFICIES SOMBREADO	X	X	X



METODOLOGÍAS IMPORTACIÓN/EXPORTACION	Automático	Superficies	Espacios
SIMPLE	P.TÉRMICAS	P.TÉRMICAS	P.TÉRMICAS
SIMPLE+ SUPERFCIIES SOMBREADO	P.TÉRMICAS	P.TÉRMICAS	P.TÉRMICAS
COMPLEJA	P.TÉRMICAS	P.TÉRMICAS	P.TÉRMICAS
COMPLEJA+ SUPERFICIES SOMBREADO	P.TÉRMICAS	P.TÉRMICAS	P.TÉRMICAS
COMPLEJA+MONTANTES+SUPERFICIES SOMBREADO	P.TÉRMICAS	P.TÉRMICAS	P.TÉRMICAS

METODOLOGÍAS IMPORTACIÓN/EXPORTACION	Automático	Superficies	Espacios
SIMPLE	X	X	X
SIMPLE+ SUPERFCIIES SOMBREADO	SUPERFICIES	SUPERFICIES	SUPERFICIES
COMPLEJA	X	X	X
COMPLEJA+ SUPERFICIES SOMBREADO	SUPERFICIES	SUPERFICIES	SUPERFICIES
COMPLEJA+MONTANTES+SUPERFICIES SOMBREADO	SUPERFICIES	SUPERFICIES	SUPERFICIES

RESULTADOS: En ninguna de las pruebas se consiguió que saliesen correctamente todas de las opciones que se debían traspasar: Geometría, propiedades térmicas y planos de sombra.

SOLUCIÓN: Se optó por pasarlo a través de un modelo de exportación simple/automático, ya que se conseguía una geometría interpretada correctamente y era el paso fundamental la geometría y a su vez las propiedades térmicas.

Figura 52: Esquema Ensayo prueba y error. Importación modelo BIM.

Figura 53: Captura de pantalla planos de sombra y quiebros entre muros en Design Builder.

1.5 AÑADIR PLANTILLA SITIO.

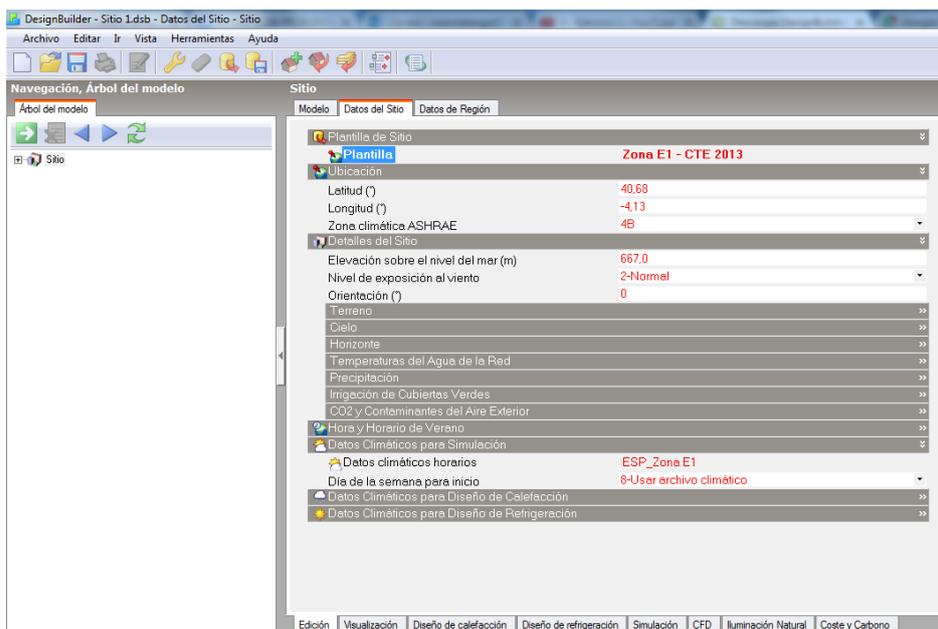
Como se puede observar en anexo 8, tabla D.1 del CTE DB HE1²⁴. Jaca se encontraría en la zona E1. Este archivo climático no se encontraba dentro de las plantillas climáticas definidas en Design Builder, por lo que se procedió a incluir esta nueva plantilla a través de las plantillas de sitio preparadas para el HE2013 disponibles en la web de aurea consulting.

El procedimiento viene detallado en la web oficial de Aurea consulting, distribuidor oficial en España ²⁹.

1. Descomprimir los ficheros de HE2013FicherosClimaticos.zip a la carpeta donde Design Builder guarda los ficheros climáticos. Para localizar dicha carpeta, lo más sencillo es desde DesignBuilder, ir al menú Archivo-Carpetas-Carpeta de datos climáticos, y pegar ahí los ficheros que estaban dentro de HE2013FicherosClimaticos.zip

2. A continuación desde un modelo de DesignBuilder abierto, selecciona del menú Archivo-Importar-Importar datos de bibliotecas, e importa el fichero HE2013Plantilla.ddf.

Para que el archivo funcione correctamente debe aparecer Zona E1 en el apartado Plantilla de sitio.



[Figura 54]

RECOMENDACIÓN: Será necesario comprobar que el archivo .epw contiene datos, ya que al introducirlo en la carpeta dataprogram repetidas veces se han vaciado dando problemas en la simulación.

²⁹ Ver sitio Web oficial Area Consulting.

Fuente: <https://ecoeiciente.es/descargas-designbuilder-extras/#toggle-id-4>

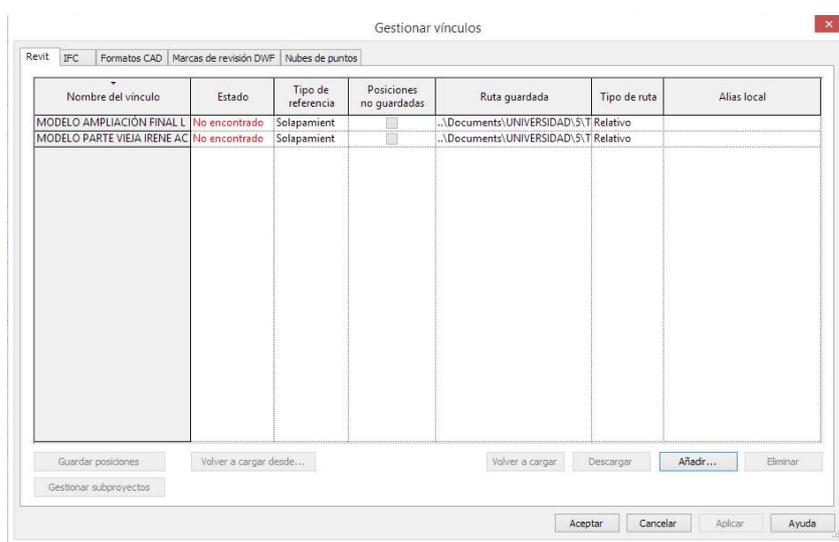
Figura 54: Pantalla de sitio. Comprobación de archivo.

2. MODELADO EN REVIT A TRAVÉS DE ELEMENTOS VINCULADOS

Al realizar el trabajo de forma cooperada con Irene Lavilla y cada una de nosotras centrarse en una de las partes del edificio, la vinculación de archivos nos facilitó poder trabajar independientemente y posteriormente unir los modelos en un mismo archivo. Se pueden vincular modelos desde *Revit Architecture*, *Revit Structure* y *Revit MEP*.

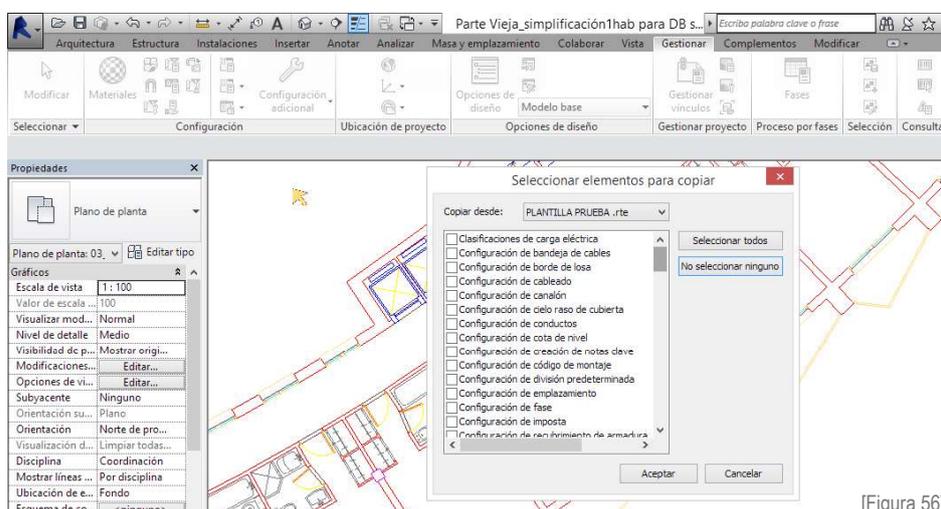
Lo primero que se debe hacer es crear un archivo en Revit configurando las ubicaciones compartidas a través de la opción coordenadas compartidas. Una vez que esté ese archivo creado desde *Insertar > Grupo Vincular > Importar/ Vincular Revit* se debe seleccionar el modelo que se desea vincular y añadir. Si el archivo de origen del vínculo cambia, Revit lo actualizará automáticamente siempre que se encuentre en la misma ruta al abrirse el proyecto.

El modelo vinculado no permite modificar elementos en ese archivo, pero si se puede arrastrar, copiar, colocar, mover y rotar.

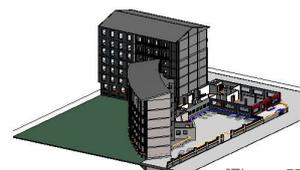


[Figura 55]

Otra de las facilidades con las que cuenta Revit en este tipo de archivos, es que te permite traspasar información de un archivo a otro. Por tanto, generando los elementos en un solo archivo, se pueden traspasar junto con sus propiedades a través de *>Gestionar > Transferir normas de proyecto*. Para esto, se deben de tener los dos archivos abiertos y hacerlo solamente desde el archivo que se quiere que se traspase la información.



[Figura 56]



[Figura 57]

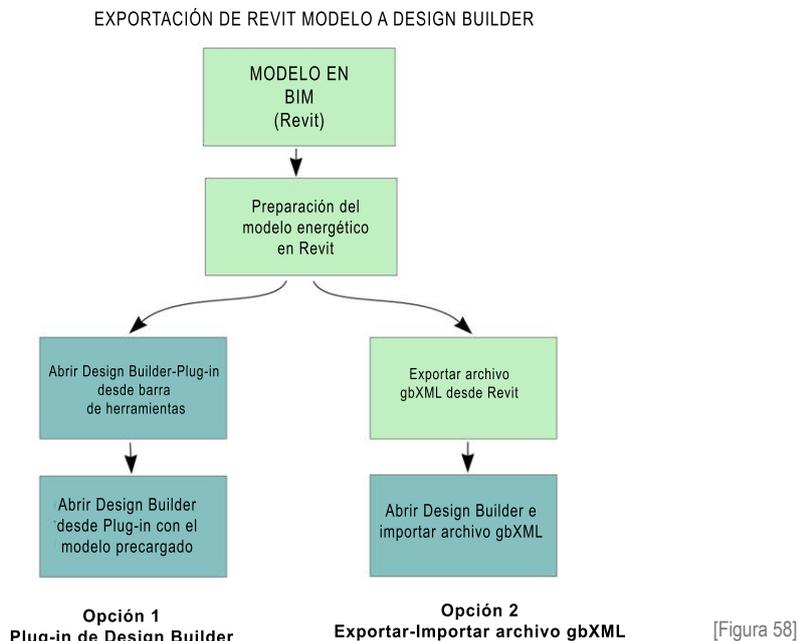
Figura 55: Captura de pantalla. Archivos vinculados en Revit.

Figura 56: Captura de pantalla. Transferir normas del proyecto.

Figura 57: Modelo conjunto realizado en Revit. Vista exterior.

3. OPCIONES DE EXPORTACIÓN DESDE REVIT A DESIGN BUILDER

Desde Revit Architecture 2016 hay dos opciones para pasar la geometría y las propiedades de los elementos a Design Builder. A través del formato gbXML o a través del plug-in.



En nuestro caso de estudio, se escogió a través del archivo de exportación de gbXML debido a que el plug-in comenzó dando problemas de compatibilidades entre programas internos del ordenador ajenos a la Interoperabilidad.

Los formatos gbXML y ifcXML exportan datos sobre áreas para cálculos térmicos, transmisión y radiación solar, demandas energéticas, etc. Lo cual era muy interesante desde el punto de vista de la Interoperabilidad que se quería resolver.

El primer punto al que nos enfrentamos fue la limitación de que a pesar de que Revit es capaz de exportar la información a través del archivo gbXML, la versión actual de Design Builder no era capaz de interpretar todos estos datos. “Esto ocurre con las propiedades de los materiales, los planos de sombra y las techumbres. Estos apartados se debían configurarse manualmente en el programa de destino.”³⁰ En esta tabla se pueden comprobar los correctos traspasos de información a fecha de 2013.

Elementos y propiedades que contiene el archivo exportación	gbXML: Revit a Ecotect	PLUG-IN: Revit a Design Builder.	gbXML: Revit a Design Builder	RVT: Revit a Vasari
Localización	X	x	x	x
Geometría				
Dimensiones	X	x	x	x
Volumetría	X	x	x	x
Zona	X	x	x	
Uso de la zona	*	*	*	
Tipo de elemento				
Techo	x ¹	x	x	x
Cielo	x ¹	x	x	x
Muro exteriores	x ¹	x	x	x
Muros interiores	x ¹	x ³	x ³	x
Piso	x ¹	x	x	x
Puerta	x ²	x	x	x
Ventana	x ²	x	x	x
Materialidad				
Nombre	*	*	*	
Capas	*	*	*	
Propiedades Físicas	*	*	*	
* Información entregada por defecto				
¹ para versiones Revit 2013 o superior , no se reconocen estos elementos.				
² en un 80% de los elementos son reconocidos, en caso contrario su clasificación es de la “Guess”				
³ en un 90% de los elementos son reconocidos como muro interior, de no ser así están reconocidos como muro exterior.				

[Figura 59]

Figura 58: Mapa de Interoperabilidad.

Figura 59: En la tabla se muestra un resumen de los procesos de traspaso de información entre el BIM (Revit) y el BPS (Design Builder),de acuerdo a la prestación específica realizada en el trabajo

³⁰ Lorena Silva Castillo, Danny Lobos, Gerth Wanderleben. “Mapeo de Interoperabilidad entre BIM y BPS Software (Simulación energética) para Chile” (Estudio realizado cooperado por la Pontificia Universidad Católica de Chile y la Universidad del Bio Bio, Chile 2013)



Resultado: avance en interoperabilidad con las propiedades de los elementos

Actualmente, según la investigación llevada a cabo en este trabajo, se han conseguido configurar las propiedades térmicas desde Revit para que al realizar el paso de información a Design Builder la interprete correctamente gracias a la información detallada del tutorial Revit 2017 para la configuración de estas propiedades. No ha sido el caso de los planos de sombra. Pero de todas formas, se ha realizado un gran avance ya alcanzado en algunas otras interoperabilidades como es el caso Revit-Ecotec.

En opinión personal, creo que este avance se ha podido resolver debido a la investigación por parte de Revit para generar unos archivos que sean más sencillos de interpretar por Design Builder así como la intención de acercarse creando un plug-in para exportar directamente.

4. CLASIFICACIÓN DE MUROS, PUERTAS Y VENTANAS. (MATERIALES Y TRANSMITANCIAS)

MUROS.
PLANTA SÓTANO. Corte -1.7 m



PLANTA BAJA. Corte +0.00 m



- LEYENDA:
- 12 Yeso Yeso
 - 12 Yeso Cerámica
 - 12 Cerámica Cerámica
 - 20 Yeso Yeso
 - 20 Cerámica Yeso
 - 27 Yeso Yeso
 - 27 Mortero Yeso
 - 43 Madera Yeso
 - 45 Piedra Yeso
 - 47 Mortero Yeso
 - 47 Yeso Yeso
 - 53 Piedra Yeso
 - Pilar exterior piedra

VII



TIPO : 12 Yeso -Yeso

Materiales	Espesor (cm)	R (m ² ·K)/w	U W/ m ² ·K
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
Tabicón de ladrillo H.D.	9		
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
	12	0,392	2,55

TIPO : 12 Cerámica-Yeso

Materiales	Espesor (cm)	R (m ² ·K)/w	U W/ m ² ·K
Aplacado cerámico	0,5		
Mortero de cemento	1		
Tabicón de ladrillo H.D.	9		
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
	12	0,377	2,65

TIPO : 12 Cerámica- Cerámica

Materiales	Espesor (cm)	R (m ² ·K)/w	U W/ m ² ·K
Aplacado cerámico	0,5		
Mortero de cemento	1		
Tabicón de ladrillo H.D.	9		
Mortero de cemento	1		
Aplacado cerámico	0,5		
	12	0,347	2,88

TIPO : 20 Yeso-Yeso

Materiales	Espesor (cm)	R (m ² ·K)/w	U W/ m ² ·K
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
Tabicón de ladrillo H.D.	9		
Ensabanado de mortero de cemento	1		
Cámara de aire sin ventilar	3		
Trasdosado de ladrillo H.S.	4		
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
	20	1,597	0,626

TIPO : 27 Yeso- Yeso

Materiales	Espesor (cm)	R (m ² ·K)/w	U W/ m ² ·K
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
Fábrica de ladrillo macizo 1 pie	24		
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
	27	1,059	17

TIPO : 43 Madera-Yeso

Materiales	Espesor (cm)	R (m ² ·k)/w	U W/ m ² ·K
Laminado de madera macizo roble	4,5		
Mortero de cemento	1		
Fábrica de ladrillo macizo 1+1/2 PIE	36		
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
	43	0,265	3,78

TIPO : 45 Piedra-Yeso

Materiales	Espesor (cm)	R (m ² ·k)/w	U W/ m ² ·K
Acabado piedra arenisca A.D	5,5		
Mortero de cemento	2		
Fábrica de ladrillo macizo 1+1/2 PIE	36		
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
	45	0,0798	12,78

TIPO : 47 Mortero-Yeso

Materiales	Espesor (cm)	R (m ² ·k)/w	U W/ m ² ·K
Revoco exterior de mortero de cemento	1,5		
Fábrica de ladrillo Macizo 1+1/2 pie	36		
Ensabanado de mortero de cemento	1		
Cámara de aire sin ventilar	3		
Trasdosado de ladrillo H.S.	4		
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
	47	1,26	0,8

TIPO : 47 Yeso-Yeso

Materiales	Espesor (cm)	R (m ² ·k)/w	U W/ m ² ·K
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
Fábrica de ladrillo Macizo 1+1/2 pie	36		
Ensabanado de mortero de cemento	1		
Cámara de aire sin ventilar	3		
Trasdosado de ladrillo H.S.	4		
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
	47	1,282	0,78

TIPO : 53 Piedra- Yeso

Materiales	Espesor (cm)	R (m ² ·k)/w	U W/ m ² ·K
Acabado piedra	5,5		
Mortero de cemento	1		
Fábrica de ladrillo Macizo 1+1/2 pie	36		
Ensabanado de mortero de cemento	2		
Cámara de aire sin ventilar	3		
Trasdosado de ladrillo H.S.	4		
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
	53	1,282	0,78

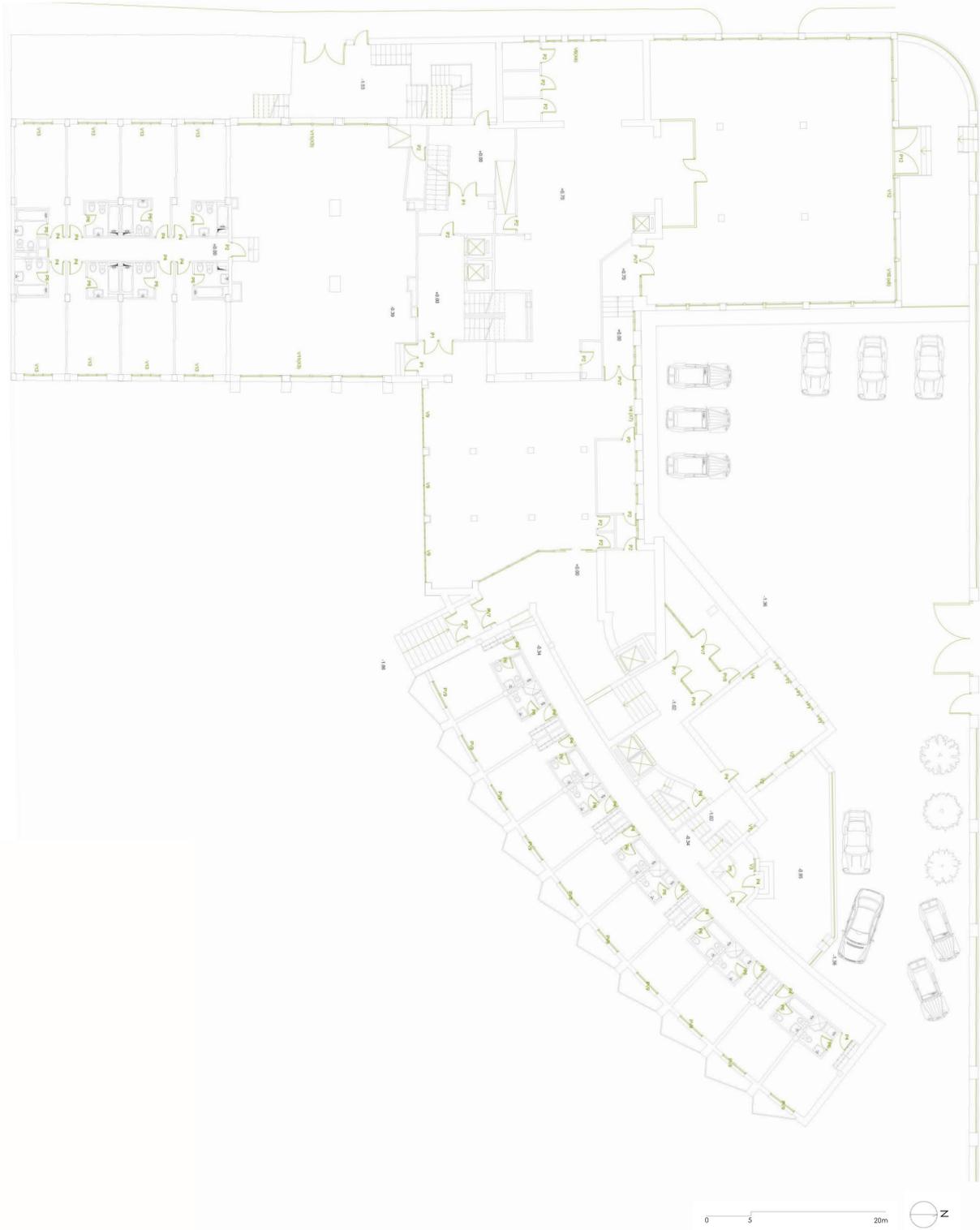
PILAR HORMIGÓN

Materiales	Espesor (cm)	R (m ² ·k)/w	U W/ m ² ·K
Acabado piedra	5,5		
Mortero de cemento	1		
Hormigón armado	40		
Mortero de cemento	1		
Acabado piedra	5,5		
	53	0,287	3,48

TIPO : 20 Cerámica-Yeso

Materiales	Espesor (cm)	R (m ² ·k)/w	U W/ m ² ·K
Aplacado cerámico	0,5		
Mortero de cemento	1		
Tabicón de ladrillo H.D.	9		
Ensabanado de mortero de cemento	1		
Cámara de aire sin ventilar	3		
Trasdosado de ladrillo H.S.	4		
Guarnecido y enlucido de yeso	1,5		
	20	1,577	0,634

CLASIFICACIÓN PUERTAS Y VENTANAS PLANTA BAJA. CONJUNTO



PLANTA DE HABITACIONES TIPO



PUERTAS

	Ancho (m)	Tipo vidrio	Tipo carpintería	Alto (m)	Espesor (m)	U W/ m ² · K
P1	1,6	-	Madera blanda	2,1	0,1	3,8042
P2	0,9	-	Madera blanda	2,1	0,1	3,8042
P3	0,7	-	Madera blanda	2,1	0,1	3,8042
P4 Hab	0,8	-	Madera blanda	2,1	0,1	3,8042
P5	0,6	-	Madera blanda	2,1	0,1	3,8042
P6 bañ	0,7	-	Madera blanda	2,1	0,1	3,8042
P Vidrio7	1,7	Cristal simple	Madera blanda	2,2	0,1	3,8042
P Vidrio8	0,9	Cristal simple	Madera blanda	2,2	0,1	3,8042
P Vidrio9 hab	1,8	Cristal simple	Madera blanda	2,2	0,1	3,8042
P10 (Exterior)	0,8	-	Madera blanda	2,2	0,1	3,8042
P11 (Exterior)	1,4	-	Madera blanda	2,2	0,1	3,8042
P12 vidrio (Exterior)	2,9	Doble Cristal	Madera blanda	2,2	0,1	3,8042

VENTANAS

	Ancho (m)	Tipo	Tipo carpintería	Alto (m)	U W/ m ² · K
V1	0,6	Cristal simple	Madera	1,1	3,6886
V2	1,3	Cristal simple	Madera	1,1	3,6886
V3	0,8	Cristal simple	Madera	1,2	3,6886
V4	1,2	Cristal simple	Madera	0,8	3,6886
V5	1	Cristal simple	Madera	1,1	3,6886
V6	0,9	Cristal simple	Madera	0,5	3,6886
V7	0,4	Doble cristal	Madera	0,5	3,1292
V8	2,4	Doble cristal	Madera	1	3,1292
V9 (8 módulos)	3,6	Doble cristal	Madera	1,5	3,1292
V10 (2 módulos)	3,8	Doble cristal	Madera	2	3,1292
V11	2,5	Doble cristal	Madera	1,5	3,1292
V12	2	Doble cristal	Madera	1	3,1292
V13 hab	1,75	Doble cristal	Madera	2	3,1292
V14 hab	2,6	Doble cristal	Madera	1,1	3,1292
V15 hab	2,6	Doble cristal	Madera	2	3,1292

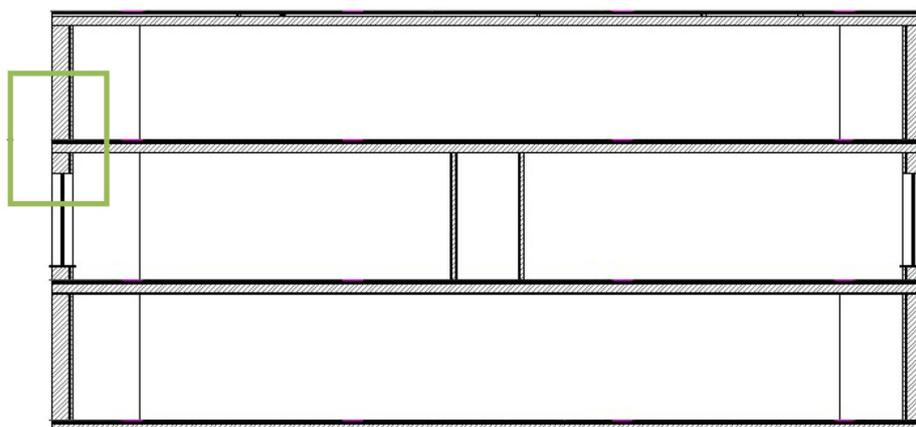
5. PUENTES TÉRMICOS DE LAS HABITACIONES A ANALIZAR

Al hacer una simplificación del modelo, los puentes térmicos no están evidenciados por lo que se procederá a colocar unos valores determinados a partir de la opción de Design Builder “Puentes térmicos lineales en juntas”. Para aplicar estos datos en función del tipo de Puentes térmicos material y construcción de la época recurriremos al programa CE3X, el cual nos proporciona unos valores directamente de transmitancias.

Como lo que nos interesa con las habitaciones a analizar introduciremos los puentes térmicos que afecten a estos espacios.

5.1. Encuentro entre el forjado y el muro exterior

Esta unión es muy importante detectarla y aplicarle su valor correcto de transmitancia, ya que de esta forma, el programa entiende que el forjado sale hasta el exterior debido a la forma de dibujar que nos pedían las limitaciones del programa. En el detalle constructivo, podemos ver como es el muro el que pasaría por delante.

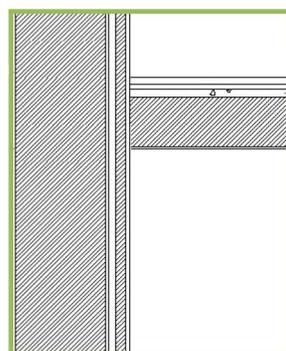


[Figura 61]

Nombre	<input type="text" value="Hoja ext. aislante, cámara aire vent. Pasante delante forjado"/>
Tipo	<input type="text" value="Encuentro fachada con forjado"/>
Características del cerramiento asociado	<input type="text" value="Fachada doble hoja con CA ventilada"/>
Seleccionar características ya definidas	<input type="text" value="Fachada doble hoja con CA ventilada"/>

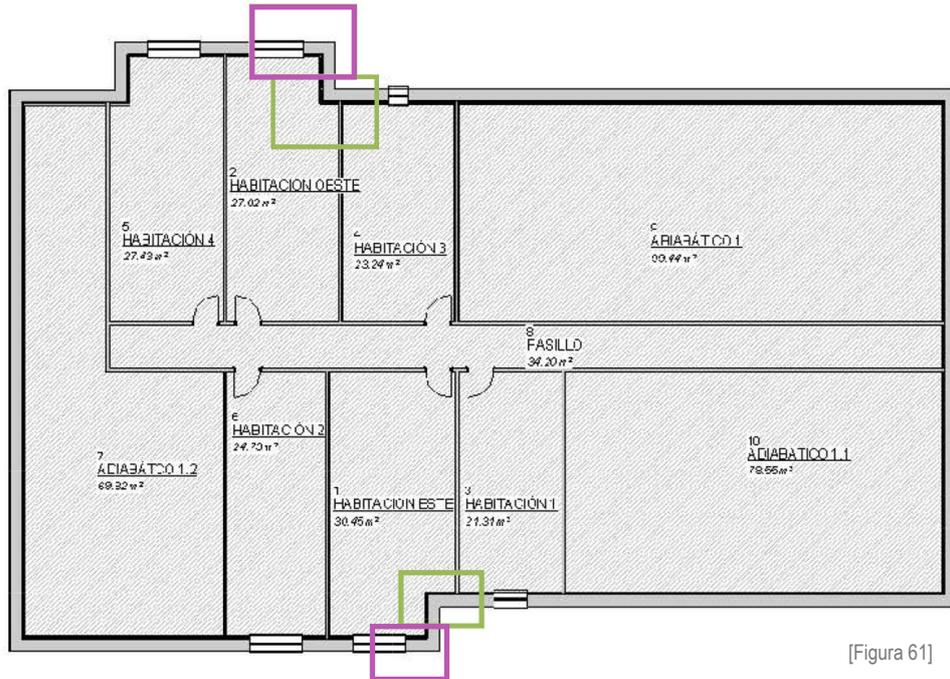
Propiedades

φ W/mK



[Figura 60]

Figura 60: Capturas de pantalla del programa CE3X y detalles constructivos del proyecto. “Documento Reconocido para la Certificación Energética de Edificios Existentes”, desarrollado por Efinovatic y CENER (Centro nacional de Energías Renovables”.



[Figura 61]

5.2 Intersecciones de muros exteriores con pilar interior.

Nombre Hoja principal delante pilar No revestido

Tipo

Características del cerramiento asociado

Seleccionar características ya definidas

Propiedades

ϕ W/mK

[Figura 62]

5.3 Intersecciones de muros con esquina exterior.

Nombre Esquina hacia el exterior

Tipo

Características del cerramiento asociado

Seleccionar características ya definidas

Propiedades

ϕ W/mK

[Figura 63]

Figura 61: Planta y sección simplificados del proyecto en los que se marcan los diferentes puentes térmicos.

Figuras 62 y 63: Capturas de pantalla del programa CE3X y detalles constructivos del proyecto. "Documento Reconocido para la Certificación Energética de Edificios Existentes", desarrollado por Efinovatic y CENER (Centro nacional de Energías Renovables".

6. CATÁLOGO CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PERLA DE POLIESTIRENO_AISLACONTROL.

Tabla comparativa tipos de aislamientos en relación a una serie de conceptos:

	Lanas minerales			
	Celulosa	Perla poliestireno	Lana de roca	Lana de vidrio
				
Ecológico. Consumo de energía y emisión de CO2 en su fabricación	★★★★★	★★★☆☆	★★★☆☆	★★★☆☆
Capacidad de aislamiento del frío en invierno	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★
Capacidad de aislamiento del calor en verano	★★★★★	★★★☆☆	★★★★★	★★★★★
Capacidad de relleno de cámaras más de 5cm	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★
Capacidad de relleno de cámaras de menos de 5cm	★★★☆☆	★★★★★	★★★☆☆	★★★☆☆
Diámetro de perforación mínimo	★★★☆☆	★★★★★	★★★★★	★★★★★
Número de perforaciones necesarias	★★★★★	★★★★★	★★★☆☆	★★★☆☆
Clasificación al fuego	★★★★★	★★★☆☆	★★★★★	★★★★★
Transpirabilidad al vapor de agua	★★★★★	★★★☆☆	★★★☆☆	★★★☆☆
Resistencia a filtraciones de agua	★★★☆☆	★★★★★	★★★★★	★★★★★
Precio	★★★★★	★★★☆☆	★★★☆☆	★★★★★
Certificados de calidad	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★

VII

Tabla gráfica de características técnicas concretas de cuatro tipos de aislantes térmicos.

Tipos de aislantes			Características aislantes		Características técnicas				Impacto medioambiental	
Origen	Aislante	Presentación	Lambda enW/m.K	Espesor para R=5cm	Capacidad higroscópica	Resistencia al vapor de agua	Clasificación fuego	Tiempo de desfase (horas)	Energía primaria para la fabricación (kwh/1UF*)	Efecto invernadero (kCO2/1UF)
Sintético	Perla EPS	Insuflado	0.033	19	No	5	E	6	84	10
Lanas minerales	Fibra de vidrio	Insuflada	0.035	18	No	1	B	8	74	12
	Lana de roca	Insuflada	0.040	20	No	1	A	8	168	43
Aislantes vegetales	Celulosa	Insuflada	0.038	19	Media	1<2	B	12	22	-10

*1UF = 1m² de aislante a R=5

[Figura 64]

Figura 64: Catálogo online de la empresa aislacontrol en relación a productos aislantes. Ver web oficial. <http://aislacontrol.com/es/productos-aislantes>

7. CATÁLOGO CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS SATE_AISLACONTROL_ISOVER

El aislamiento como parámetro decisivo

Los sistemas SATE (Sistemas de Aislamiento Térmico por el Exterior), también conocidos como ETICS a nivel Europeo, están formados por varios elementos que combinados dan como resultado una solución constructiva con un excelente aislamiento térmico al proporcionar al edificio una envolvente continua que minimiza las pérdidas energéticas del mismo.

Una solución de fachadas tipo SATE es apta para cualquier tipo de proyecto ya sea de **nueva construcción** o de **rehabilitación**, así como para viviendas unifamiliares o edificios de vivienda colectiva.

El cambio estético y saneamiento de estos edificios es impresionante, pero no debemos quedarnos sólo en el revestimiento final ya que la elección del aislamiento es fundamental para maximizar los beneficios de este sistema, y por tanto requiere un estudio previo.

El aislamiento es el motor del ahorro energético en edificación, que debe estar ligado al uso de materiales de bajo impacto ambiental y que aporten los máximos beneficios posibles.



	Coste Unitario €/m ² con andamiaje	Coste Energético		Ahorro de energía y emisiones respecto de fachada tradicional	
		KWh/m ²	€/ año (vivienda 100 m ²)	U Original	U Rehabilitación
Fachada SATE con ISOFOX en 60 mm	66,24*	211	3795	1,88	0,48
				74,30%	

Fuente: Informe GTR 2012. * Variable dependiendo del edificio. No incluye coste de andamio.

VII

Check List para fachada SATE con ISOFOX

Recepción			
<ul style="list-style-type: none"> • Paneles de ISOFOX tienen marcado CE. Procedencia Azuqueca de Henares, Guadalajara. • Se almacenan los paneles ISOFOX bajo techo hasta su colocación. 	✓ ✓	✗ ✗	
Ejecución	<ul style="list-style-type: none"> • El sistema cuenta con un DITE según la guía ETAG 004 • Climatología adecuada: 5-30°C. En condiciones adecuadas de humedad. • Aplicador homologado Weber/Isover. • El elemento base no presenta irregularidades, y si las hay se han nivelado con un mortero base. 	✓ ✓ ✓ ✓	✗ ✗ ✗ ✗
Fijación de las placas con adhesivo y anclaje mecánico	<ul style="list-style-type: none"> • Mortero adhesivo cubre el 40% de la superficie del aislante. • 24h de fraguado del mortero adhesivo, mínimas. • Colocación de las planchas en hileras horizontales de abajo a arriba, contrapeadas y a tope. • Planimetría adecuada con control regular de nivelación. • En las esquinas del edificio hay planchas enteras o medias planchas. • Colocación de perfiles esquineros y otros accesorios. 	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓	✗ ✗ ✗ ✗ ✗ ✗
Continuidad del aislamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de cavidades o juntas abiertas entre paneles que permiten circulación de aire. • En caso de doble placa de aislamiento, las juntas están contrapeadas. • No coincidencia de vértices del panel con esquinas de los huecos. 	✓ ✓ ✓	✗ ✗ ✗
Anclaje mecánico	<ul style="list-style-type: none"> • Distribución adecuada según instrucciones de montaje. • 3 tacos/panel = 5 tacos/m². • Aumenta la densidad de rosetas en esquinas y singulares. • Sellado de anclajes con Weber.therm base. 	✓ ✓ ✓ ✓	✗ ✗ ✗ ✗
Revestimiento base: Weber.therm base	<ul style="list-style-type: none"> • Proporción de agua según fabricante. • Reparto homogéneo del material. • Espesor mínimo de 3mm en la primera capa. • Colocación de la malla de refuerzo. • Solape de la malla de 20 cm. • Vendas de malla en ventanas y puertas. Disposición 45°. • Cubrir la malla de refuerzo con al menos 3mm de revestimiento base. • Fraguado 24h. 	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓	✗ ✗ ✗ ✗ ✗ ✗ ✗
Aplicación regularizador del color: Weber.therm CS	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación a rodillo de la imprimación Weber.therm CS. • Continuidad y homogeneidad en la aplicación. • Tiempo de espera recomendado por el fabricante. 	✓ ✓ ✓	✗ ✗ ✗
Revestimiento de terminación: Weber.tene stilo y Weber.tene geos	<ul style="list-style-type: none"> • Proporción de agua según fabricante. • Reparto homogéneo del material. • Fraguado 24h. • En caso de aplicación en multicapas: se ha humedecido la capa anterior con agua. • Remate de la textura de acabado. • Revisión de los puntos singulares, juntas de unión y sellado. 	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓	✗ ✗ ✗ ✗ ✗ ✗

[Figura 65]

Figura 65, 66 y 67: Catálogo online de la empresa ISOVER en relación a fachada SATE. Ver web oficial. https://www.isover.es/sites/isover.es/files/assets/documents/manual_mon-taje_sate2016.pdf

PANEL ISOFEX

Descripción

Panel rígido de alta densidad de Lana de Roca **ISOVER**, no hidrófilo, sin revestimiento. Especialmente desarrollado para la instalación de sistemas de aislamiento térmico y acústico por el exterior en fachadas (ETICS).



CTE **Propiedades Técnicas**

Símbolo	Parámetro	Icono	Unidades	Valor	Norma
λ_D	Conductividad térmica declarada		W/m·K	0,036	EN 12667 EN 12939
C_p	Calor específico aproximado		J/kg·K	800	—
	Reacción al fuego		Euroclase	A1	EN 13501-1
WS	Absorción de agua a corto plazo		kg/m ²	< 1	EN 1609
MU	Resistencia a la difusión de vapor de agua, μ			1	EN 12086
SD	Rigidez dinámica		MN/m ³	17	EN 29052-1
DS	Estabilidad Dimensional, $\Delta\epsilon$		%	< 1	EN 1604

Espesor d, mm	Resistencia térmica declarada R_D , m ² ·K/W	Coefficiente de absorción acústica, α_w	Código de designación
EN 823	EN 12667 EN 12939	EN ISO 354	EN 13162
60	1,65	0,80	MW-EN 13162-T5-DS(23,90)-TR10-WS-MU1-AW0,80-AFr5
80	2,20	0,90	MW-EN 13162-T5-DS(23,90)-TR10-WS-MU1-AW0,90-AFr5
100	2,75	1,00	MW-EN 13162-T5-DS(23,90)-TR10-WS-MU1-AW1,00-AFr5
120	3,30		
140	3,85		

Ventajas

- Excelente aislamiento acústico frente al ruido externo.
- Materiales totalmente incombustibles (A1), que no ayudan a la propagación del fuego en caso de incendio.
- Materias primas naturales y reciclables por lo que contribuyen a la sostenibilidad del medio ambiente.
- Permiten la transpirabilidad del edificio.
- Materiales fácilmente instalables.
- Promueve el ahorro y la eficiencia energética.

[Figura 66]

REVESTIMIENTO MORTERO ACRÍLICO

Es una de las partes fundamentales del sistema de fachada SATE, junto con el aislante. Determina el acabado estético y protege el sistema en su conjunto.

Los revestimientos de la gama **Weber.tene** garantizan:

- Impermeabilización de la fachada al agua.
- Permeabilidad al vapor de agua.

Estos revestimientos de mortero acrílico (base sintética) en capa fina que tiene una infinita variedad de colores y terminaciones como acabado estético y proporcionando al proyectista amplísimas posibilidades.

- Mezclar bien el producto con batidor eléctrico hasta dejar una pasta homogénea.
- Utilizar cinta adhesiva de pintor para delimitar paños de trabajo o despices intencionados con efectos decorativos en la fachada.
- No interrumpir la aplicación en un paño de trabajo una vez comenzado, a no ser que sea en un sitio bien estudiado y en el que poder realizar una junta de trabajo.
- Limpiar las herramientas después de la aplicación con agua.



Mortero acrílico acabado fratasado y gota.



Mortero acrílico acabado fratasado rústico y rayado impermeable.



[Figura 67]

8. TABLAS DE REFERENCIA DEL CTE (CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN).

8.1. CTE DB HE1

Tabla 2.1 Transmitancias térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U en W/m² k

Cerramientos y particiones interiores	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, <i>particiones interiores</i> en contacto con espacios <i>no habitables</i> , primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno ⁽¹⁾ y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos ⁽²⁾	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas ⁽³⁾	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Se incluyen las losas o soleras enterradas a una profundidad no mayor de 0,5 m

⁽²⁾ Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de cámaras sanitarias, se consideran como suelos

⁽³⁾ Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de desvanes no habitables, se consideran como cubiertas

Tabla 2.3 Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica U en W/m² k

Parámetro	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno ⁽¹⁾ [W/m ² ·K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m ² ·K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos ⁽²⁾ [W/m ² ·K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos ⁽³⁾ [m ³ /h·m ²]	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 27	≤ 27	≤ 27

⁽¹⁾ Para elementos en contacto con el terreno, el valor indicado se exige únicamente al primer metro de muro enterrado, o el primer metro del perímetro de suelo apoyado sobre el terreno hasta una profundidad de 0,50m.

⁽²⁾ Se considera el comportamiento conjunto de vidrio y marco. Incluye lucernarios y claraboyas.

⁽³⁾ La permeabilidad de las carpinterías indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa.

Tabla D.1 Determinación de la zona climática a partir de valores tabulados

Zona CTE	< 200	200 a 400	400 a 600	600 a 800	800 a 1000	> 1000	Alt Ref.
Albacete	D3	D2	E1	E1	E1	E1	677
Alicante	B4	C3	C1	D1	D1	E1	7
Almería	A4	B3	B3	C1	C1	D1	0
Ávila	E1	E1	E1	E1	E1	E1	1054
Badajoz	C4	C3	D1	D1	E1	E1	168
Barcelona	C2	C1	D1	D1	E1	E1	1
Bilbao	C1	D1	D1	E1	E1	E1	214
Burgos	E1	E1	E1	E1	E1	E1	861
Cádiz	A3	B3	B3	C1	C1	D1	0
Castellón	B3	C2	C1	D1	D1	E1	18
Ciudad Real	D3	D2	E1	E1	E1	E1	630
Córdoba	B4	C3	C2	D1	D1	E1	113
Cuenca	D2	E1	E1	E1	E1	E1	975
Girona	C2	D1	D1	E1	E1	E1	
Granada	C3	D2	D1	E1	E1	E1	754
Guadalajara	D3	D1	E1	E1	E1	E1	708
Huelva	B4	B3	C1	C1	D1	D1	50
Huesca	D2	E1	E1	E1	E1	E1	432
Jaén	C4	C3	D2	D1	E1	E1	436
La Coruña	C1	C1	D1	D1	E1	E1	0
Las Palmas	A3	A3	A3	A3	B3	B3	114
León	E1	E1	E1	E1	E1	E1	346
Lleida	D3	D2	E1	E1	E1	E1	131
Logroño	D2	D1	E1	E1	E1	E1	379
Lugo	D1	E1	E1	E1	E1	E1	412
Madrid	D3	D1	E1	E1	E1	E1	589

VII

9.ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Resultados encuesta nivel de implantación del BIM en estudios de arquitectura. Fuente de elaboración CSCAE. Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España, Mayo 2016. <https://www.csaee.com>

Figura 2: Mapa de flujos de información entre BIM y BPS según prestación específica. Fuente de elaboración: Lorena Silva Castillo, Danny Lobos, Gerth Wandersleben. "Mapeo de Interoperabilidad entre BIM y BPS Software (Simulación energética) para Chile" (Estudio realizado cooperado por la Pontificia Universidad Católica de Chile y la Universidad del Bío Bío, Chile 2013).

Figura 3: Mapa de la metodología llevada a cabo en el estudio. Fases de trabajo y relación entre estas. Fuente de elaboración propia.

Figura 4: Plano de la planta baja de la propuesta al concurso de 1947. Fuente: Archivo Lorenzo Monclús.

Figura 5: Plano de cubiertas del proyecto finalizado en 1958. Fuente: Archivo Lorenzo Monclús.

Figura 6: Tabla resumen de transmitancias de los elementos. Fuente de elaboración propia junto con la colaboración de Irene Lavilla Valiente.

Figura 7: Planta de cubiertas en la que se representa el conjunto de volúmenes del Gran Hotel de Jaca. Destacada la parte ampliación, objeto de estudio de este trabajo. Fuente de elaboración propia

Figura 8: Mapa de relaciones entre los apartados correspondientes a la fase de experimentación. Fuente de elaboración propia

Figura 9: Esquema detallado del ensayo realizado para encontrar el método a través de Prueba-Error. Fuente de elaboración propia.

Figura 10: Planta actual mostrando las habitaciones que se van a simplificar. Planta segunda edificio ampliación. Fuente de elaboración propia.

Figura 11: Planta simplificada. Planta segunda edificio ampliación. Fuente de elaboración propia.

Figura 12: Sección en la que se muestran los espacios conlindantes y los espacios adiabáticos así como la disposición de los forjados frente a los muros para un buen entendimiento y traspaso de los datos desde Revit a Design Builder.

Figura 13, 14, 15: Esquemas referentes a la plantilla de criterios geométricos. Fuente de elaboración propia basada en el tutorial sobre este mismo archivo de German Campos, experto en Design Builder

Figura 16: Modelo energético generado desde Revit 2016. Fuente de elaboración propia a través del programa Revit 2016.

Figura 17: Ejemplo de creación de habitaciones dentro de un espacio cerrado desde revit. Fuente de elaboración propia a través del programa Revit 2016.

Figura 18: Edificio ampliación fachada Este. Ventanas y planos de sombra. Fuente de elaboración propia. Mayo 2017-09-21

Figura 19: Captura de pantalla desde programa Design Builder en la que se muestran las diferentes opciones de importación. Fuente elaboración propia a través de Design Builder.

Figura 20: Sección haciendo referencia a la ubicación del detalle 1. Fuente de elaboración propia a través de Revit 2016.

Figura 21: Sección haciendo referencia a la ubicación de los detalles 2 y 3. Fuente de elaboración propia a través de Revit 2016.

Figura 22: Resultado en Design Builder del bloque de componente dibujado directamente en el programa como plano de sombra. Fuente elaboración propia a través de Design Builder.

Figura 23: Pantalla de configuración de la actividad del edificio en Design Builder. Fuente elaboración propia a través de Design Builder.

Figura 24: Pantalla de configuración del sistema HVAC y elección de parámetros a calcular en Design Builder. Fuente elaboración propia a través de Design Builder.

Figura 25: Demanda energética mensual. Refrigeración y calefacción. Fuente elaboración propia a través de Design Builder con exportación mediante EXCEL.

Figura 26: Demanda energética mensual. Situación actual refrigeración y calefacción. Fuente elaboración propia a través de Design Builder con exportación mediante EXCEL.

Figura 27: Demanda energética mensual. Situación de propuesta de mejora 1 de refrigeración y calefacción. Habitación este. Fuente elaboración propia a través de Design Builder con exportación mediante EXCEL.

Figura 28: Demanda energética mensual. Situación de propuesta de mejora 1 de refrigeración y calefacción. Habitación oeste. Fuente elaboración propia a través de Design Builder con exportación mediante EXCEL.



- Figura 29:** Demanda energética mensual. Situación de propuesta de mejora 2 de refrigeración y calefacción. Habitación este. Fuente elaboración propia a través de Design Builder con exportación mediante EXCEL.
- Figura 30:** Demanda energética mensual. Situación de propuesta de mejora 2 de refrigeración y calefacción. Habitación oeste. Fuente elaboración propia a través de Design Builder con exportación mediante EXCEL.
- Figura 31:** Comparación de la demanda anual de los tres casos comentados. Actual, propuesta 1 y propuesta 2. . Fuente elaboración propia a través de Design Builder con exportación mediante EXCEL.
- Figura 32:** Exportación de archivo a HULC. Fuente elaboración propia a través de Design Builder.
- Figura 33:** Esquema Ensayo prueba y error. Modelado en Revit. Fuente elaboración propia.
- Figura 34:** Localización predeterminada de los materiales en Revit. Fuente elaboración propia a través de Revit 2016.
- Figura 35:** Información técnica de los materiales en Revit. Fuente elaboración propia a través de Revit 2016.
- Figura 36:** Esquema Ensayo prueba y error. Simplificación. Fuente elaboración propia.
- Figura 37:** Información técnica de los materiales en Revit. Fuente elaboración propia a través de Revit 2016.
- Figura 38:** Ejemplo de muro sin material en Design Builder. Fuente elaboración propia a través de Design Builder.
- Figura 39:** Esquema de planta original y simplificada. Fuente elaboración propia a través de Revit 2016.
- Figura 40:** Habitación Oeste. Esquina sin simplificar. Fuente elaboración propia a través de Revit 2016.
- Figura 41:** Habitación Oeste. Esquina simplificada. Fuente elaboración propia a través de Revit 2016.
- Figura 42:** Separación de los diferentes niveles en Design Builder. Fuente elaboración propia a través de Design Builder.
- Figura 43:** Representación gráfica del encuentro muro/fachada. Fuente elaboración propia a través de Revit 2016.
- Figura 44:** Esquema Ensayo prueba y error. Exportación mediante gbXML. Fuente elaboración propia a través de Design Builder.
- Figura 45:** Configuración exportación. Fuente elaboración propia a través de Revit 2016.
- Figura 46:** Ejemplo interpretación geometría sin determinar. Fuente elaboración propia a través de Revit 2016.
- Figura 47:** Representación de habitaciones para exportar del modelo. Fuente elaboración propia a través de Revit 2016.
- Figura 48:** Captura de pantalla de configuración de energía. Fuente elaboración propia a través de Revit 2016.
- Figura 49:** Modelo energético creado desde Revit 2016. Fuente elaboración propia a través de Revit 2016.
- Figura 50:** Configuración de parámetros al exportar en formato gbXML. Fuente elaboración propia a través de Design Builder.
- Figura 51:** Captura de pantalla planos de sombra y quiebros entre muros en Design Builder.
- Figura 52:** Esquema Ensayo prueba y error. Importación modelo BIM. Fuente elaboración propia a través de Design Builder.
- Figura 53:** Captura de pantalla planos de sombra y quiebros entre muros en Design Builder.
- Figura 54:** Pantalla de sitio. Comprobación de archivo.
- Figura 55:** Captura de pantalla. Archivos vinculados en Revit.
- Figura 56:** Captura de pantalla. Transferir normas del proyecto.
- Figura 57:** Modelo conjunto realizado en Revit. Fuente de elaboración de imágenes Capturas de pantalla desde Revit. Fuente de información autodesk Revit 2016-Ayuda.
- Figura 58:** Mapa de Interoperabilidad. Fuente guía DesignBuilder Revit – gbXML Tutorial.
- Figura 59:** En la tabla se muestra un resumen de los procesos de traspaso de información entre el BIM (Revit) y el BPS (Design Builder),de acuerdo a la prestación específica realizada en el trabajo. Lorena Silva Castillo, Danny Lobos, Gerth Wanderleben. "Mapeo de Interoperabilidad entre BIM y BPS Software (Simulación energética) para Chile" (Estudio realizado cooperado por la Pontificia Universidad Católica de Chile y la Universidad del Bio Bio, Chile 2013)

Figura 60: Capturas de pantalla del programa CE3X y detalles constructivos del proyecto. "Documento Reconocido para la Certificación Energética de Edificios Existentes", desarrollado por Efinovatic y CENER (Centro nacional de Energías Renovables"

Figura 61: Planta simplificada de proyecto en la que se marcan los diferentes puentes térmicos.

Figuras 62 y 63: Capturas de pantalla del programa CE3X y detalles constructivos del proyecto. "Documento Reconocido para la Certificación Energética de Edificios Existentes", desarrollado por Efinovatic y CENER (Centro nacional de Energías Renovables".

Figura 64: Catálogo online de la empresa aislacontrol en relación a productos aislantes. Ver web oficial. <http://aislacontrol.com/es/productos-aislantes>

Figura 65, 66 y 67: Catálogo online de la empresa ISOVER en relación a fachada SATE. Ver web oficial. https://www.isover.es/sites/isover.es/files/assets/documents/manual_montaje_sate2016.pdf

