



Proyecto Erasmus+ ID: 2023-1-ES01-KA220-HED-000156652

Este proyecto Erasmus+ ha sido financiado con el apoyo de la Comisión Europea. Esta publicación refleja únicamente las opiniones de los autores, y la Comisión Europea y las agencias nacionales Erasmus+ no se hacen responsables del uso que pueda hacerse de la información contenida en ella.

Metodología de los casos de estudio

1. Introducción

Uno de los objetivos del WP2 del proyecto BIM4Energy es desarrollar un estudio para evaluar el rendimiento energético de tres edificios existentes y representativos en los municipios de los socios del proyecto utilizando la metodología BIM y proponer varias alternativas para la rehabilitación energética de estos edificios con el fin de mejorar su eficiencia energética. Este objetivo específico contribuirá a satisfacer diferentes necesidades identificadas, ya que el primer paso es evaluar el rendimiento energético de tres edificios comunes en España, Rumanía y Lituania, de modo que los resultados puedan extrapolarse a otras construcciones.

Este documento explica cómo utilizar la metodología BIM para evaluar la eficiencia energética de los tres edificios que se van a estudiar.

El caso práctico número 1 consiste en analizar la demanda y el consumo energéticos, así como proponer alternativas que mejoren su eficiencia, de una vivienda unifamiliar adosada, situada en el municipio de Ceutí, España.



Figura 1: Casas adosadas en España

El caso práctico número 2 estudiará el rendimiento energético de un edificio residencial de cinco plantas situado en Vilna, Lituania.



Figura 2: Edificio residencial de cinco plantas en Lituania



El caso práctico número 3 estudiará el rendimiento energético de un edificio educativo en Rumanía.



Figura 3: Edificio educativo en Rumanía.

2. Resumen de la metodología

La metodología que se utilizará en los casos prácticos consiste básicamente en seguir el siguiente procedimiento:

1. Recopilación de información sobre los edificios que se van a estudiar. Esta información consiste en:
 - a) Ubicación del edificio.
 - b) Orientación del edificio.
 - c) Datos climáticos del emplazamiento del edificio.
 - d) Planos de la geometría del edificio.
 - e) Materiales y espesores de las diferentes capas de los elementos constructivos de la envolvente térmica del edificio (fachadas, medianeras, cubierta, aberturas).
 - f) Materiales de los muros en contacto con el suelo y los suelos en contacto con el suelo en el sótano del edificio.
 - g) Materiales y espesores en tabiques interiores y forjados intermedios.
 - h) Características de los servicios: sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado.
2. Construya un modelo geométrico BIM en 3D del edificio que se va a estudiar utilizando los planos del edificio como referencia (con el modelador BIM Cype Architecture).
3. Cargar el modelo en formato IFC en un servidor o entorno común de datos (CDE).
4. Descargar el modelo BIM IFC y obtener los parámetros geométricos del modelo BIM para el modelo energético del edificio, utilizando OpenBIM Analytical Model. A continuación, se carga el modelo analítico del edificio en el CDE.
5. Caracterización del modelo energético del edificio utilizando CypeTherm EPlus:
 - a) Con CypeTherm EPlus, descargamos el modelo BIM y el modelo analítico del CDE para utilizarlos en la creación del modelo energético.
 - b) Introducción de la ubicación del edificio en el modelo.
 - c) Introducción de la energía generada para autoconsumo, si la hay.
 - d) Definición de las zonas habitadas y deshabitadas del edificio.
 - e) Definición de los diferentes espacios del edificio.



- f) Introducción del modelo de los materiales, espesores y conductividades y otras propiedades de la envolvente, tabiques, forjados, aberturas y demás elementos constructivos del edificio.
 - g) Introducción en el modelo de las transmitancias de los puentes térmicos del edificio. Estos valores pueden obtenerse de catálogos de puentes térmicos analizados.
 - h) Características de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado
 - i) Introducción de las características del sistema de agua caliente sanitaria en el modelo.
6. Realización del análisis térmico, utilizando EnergyPlus como motor de los cálculos.
7. Obtención de los informes de resultados:
- a) Informe de demanda energética
 - b) Informe sobre el consumo energético y las emisiones equivalentes de CO2 generadas.
 - c) Obtención de la calificación energética del edificio.

El procedimiento descrito se aplicará, en primer lugar, para estudiar los edificios en su situación actual. A continuación, volveremos al paso 5 para modificar los materiales de la envolvente térmica y los sistemas de climatización con el fin de cuantificar la mejora en el rendimiento energético de los edificios estudiados.

Se estudiarán varias alternativas para mejorar la envolvente térmica de los edificios. También se considerarán varias alternativas para mejorar el sistema de climatización.

Cada medida de mejora propuesta para el edificio irá acompañada del coste económico de su implementación.

Se llevará a cabo un análisis comparativo de las alternativas propuestas para la mejora de la eficiencia energética de los edificios en cada caso de estudio.

3. Flujo de trabajo con software Open BIM

El término Open BIM hace referencia al trabajo con estándares BIM abiertos. Es decir, trabajar con modelos en formato IFC.

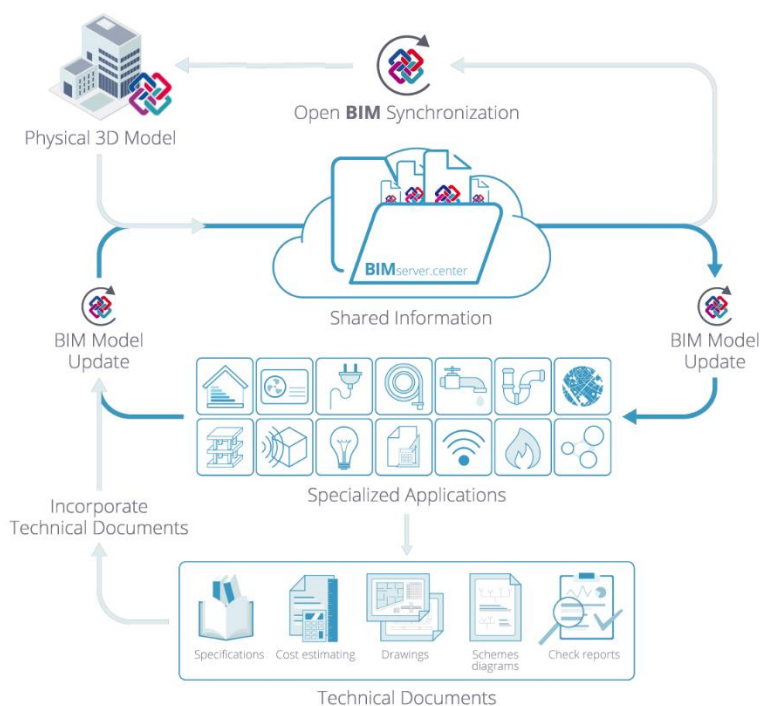


Figura 4: Flujo de trabajo Open BIM del paquete de Cype para el diseño de un edificio.

El software Cype ha desarrollado una serie de herramientas BIM para el diseño de estructuras, arquitectura e instalaciones de edificios, a través de modelos IFC.

Cype cuenta con un entorno de datos común (CDE), denominado BIMServer.center, donde se pueden compartir los modelos IFC del mismo proyecto de construcción. El software de diseño Cype de cada disciplina de la construcción está conectado al Proyecto de Construcción en BIMServer.Center, de modo que los usuarios pueden compartir el trabajo realizado a través de modelos IFC. De esta forma, los agentes (promotores, ingenieros estructurales, ingenieros de instalaciones y arquitectos) que trabajan en el mismo proyecto, en las diferentes disciplinas, pueden ver el progreso del trabajo realizado por el resto de participantes.

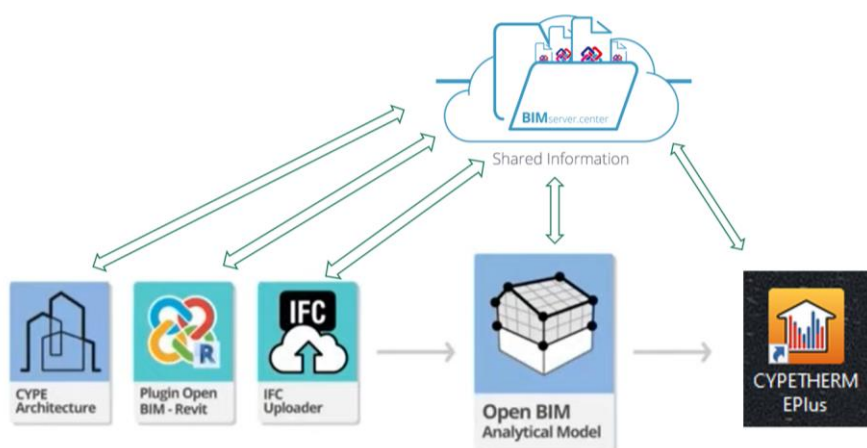


Figura 5: Flujo de trabajo de simulación energética Open BIM.

El flujo de trabajo para llevar a cabo la simulación energética de un edificio utilizando los programas Open BIM de Cype consiste en utilizar al menos 3 programas diferentes de forma secuencial (Fig. 5):

- El primero es *Cype Architecture*, con el que se construye el modelo BIM arquitectónico.
- El segundo es el *Modelo Analítico Open BIM*, que calcula los parámetros geométricos de los diferentes espacios del edificio que se van a estudiar.
- Y el tercero es *CypeTherm EPlus*, que realiza la simulación energética.

Para caracterizar los elementos constructivos y las propiedades térmicas de los materiales, se puede utilizar el programa *Open BIM Construction System* o realizar este trabajo dentro de *CypeTherm EPlus*, antes de la simulación energética.

Para crear el modelo BIM del edificio en formato IFC, existen dos alternativas a Cype Architecture. Puede utilizar Revit y el plugin Open BIM para crear el IFC y enviarlo a BIMServer.Center. O bien, crear el modelo BIM en formato IFC con cualquier otro programa y subirlo a BIMServer.Center utilizando IFC Uploader.

El siguiente artículo del blog BIMServer.Center ofrece una explicación detallada de este flujo de trabajo.

[OPEN BIM EN SIMULACIONES ENERGÉTICAS: CYPE ARCHITECTURE – FLUJO DE TRABAJO DE CYPETHERM](#)

4. Cype Architecture

El desarrollo arquitectónico se llevará a cabo en CYPE Architecture, un programa gratuito y completo para la creación de modelos BIM. Una característica destacable de CYPE Architecture es la posibilidad de diseñar el

edificio a través de un boceto digital. Este boceto, dentro del propio programa, se transforma en un modelo BIM y se exporta a IFC.

Si el usuario desea exportar información del modelo arquitectónico a programas de análisis, como los de la familia CYPETHERM, al modelar con CYPE Architecture, es imprescindible cumplir con la obligación de:

4.1. Introducir elementos constructivos

El modelo debe incluir elementos constructivos de la pestaña «Arquitectura», como muros, forjados, puertas y ventanas. Los elementos constructivos se pueden crear utilizando elementos de la pestaña «Boceto» o insertándolos desde cero. Cada elemento constructivo tiene una referencia asociada, que se utilizará más adelante.

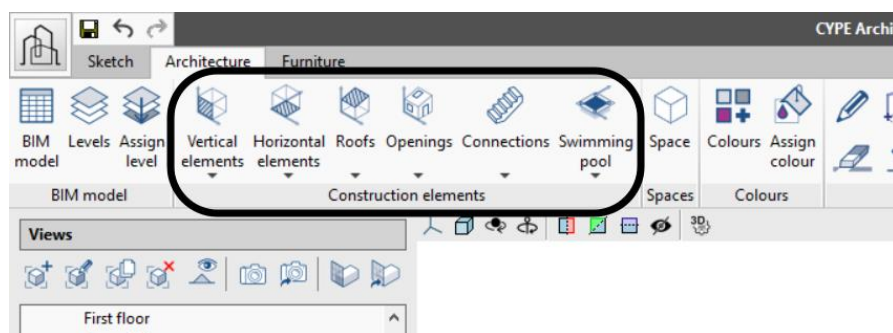


Figura 6: Inserción de elementos. Captura de pantalla de Cype Architecture

4.2. Definición de espacios

Para realizar simulaciones energéticas, el modelo BIM debe contener espacios definidos. Para definirlos, utilice la opción «Espacios» de la pestaña «Arquitectura». El perímetro de los espacios debe coincidir con la cara interna del muro y la cara visible de las losas de suelo que forman el borde. Además, si se trata de un espacio cerrado o dentro de un edificio, en las «Propiedades» del espacio, en la parte inferior del panel de definición, es importante marcarlo como «Interior» para que el modelo analítico se genere correctamente.

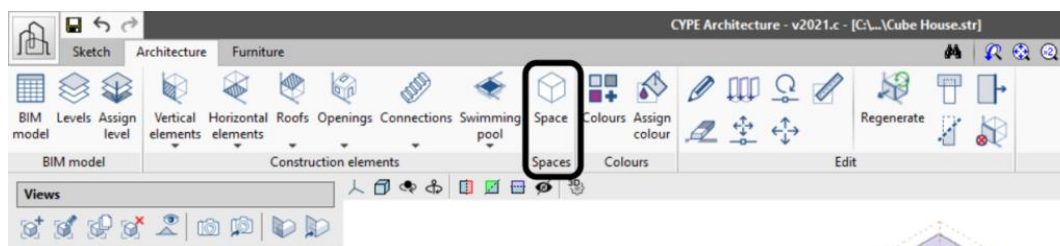


Figura 7: Definición de espacios. Captura de pantalla de Cype Architecture

4.3. Creación y asignación de niveles

Todos los elementos constructivos se asignan a un nivel creado previamente. Los niveles se pueden crear mediante la opción «Niveles» de la pestaña «Arquitectura». La herramienta «Asignar nivel» de la pestaña Arquitectura permite al usuario asignar varios tipos de elementos a un nivel determinado. Esta acción se puede realizar en una vista de alzado o sección, o piso por piso, para facilitar la selección de los elementos asignados a un nivel determinado.

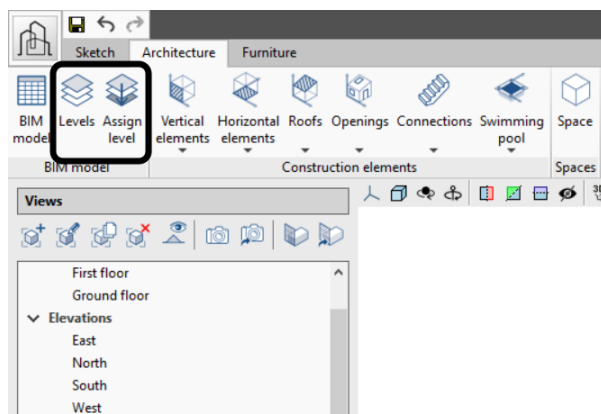


Figura 8: Asignación de niveles. Captura de pantalla de Cype Architecture

4.4. Exportación a BIMserver.center

Una vez completado el modelado arquitectónico con CYPE Architecture, el modelo debe exportarse a BIMserver.center para integrarlo en el flujo de trabajo Open BIM. Para ello, es necesario vincular el trabajo a un proyecto nuevo o existente en la plataforma. La exportación genera un archivo IFC con la información del modelo arquitectónico que permite su lectura por el resto de aplicaciones integradas en este flujo de trabajo.

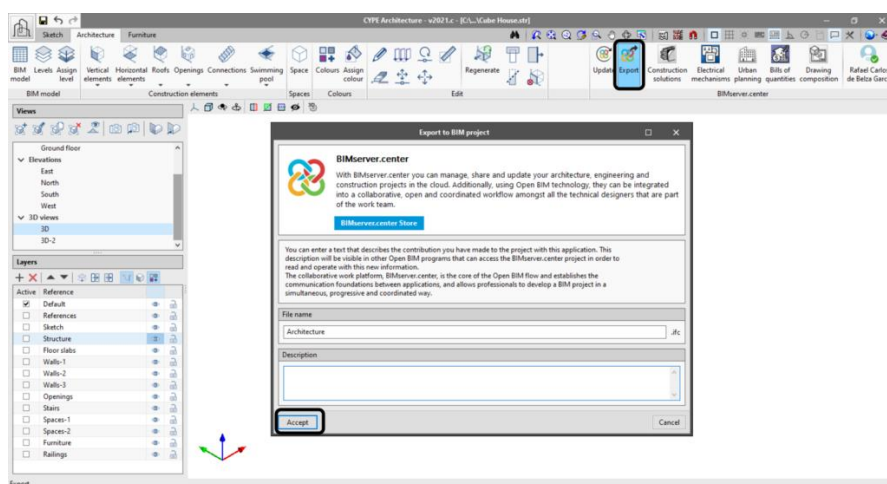


Figura 9: Exportación a BIMserver.center. Captura de pantalla de Cype Architecture

5. Modelo analítico OpenBIM

El modelo analítico Open BIM es una herramienta diseñada para generar un modelo analítico a partir de los datos geométricos del modelo arquitectónico creado en CYPE Architecture y otros programas. El modelo analítico es necesario en simulaciones de análisis acústico y térmico, como las que se pueden realizar en la familia de programas CYPETHERM, entre otros.

Para conseguir este objetivo, estas son las tareas más importantes:

5.1. Importar el modelo arquitectónico desarrollado en CYPE Architecture

Al crear un nuevo trabajo en Open BIM Analytical Model y vincularlo al mismo proyecto en BIMserver.center donde se exportó previamente el modelo, el programa toma automáticamente el modelo de CYPE Architecture como iniciador.

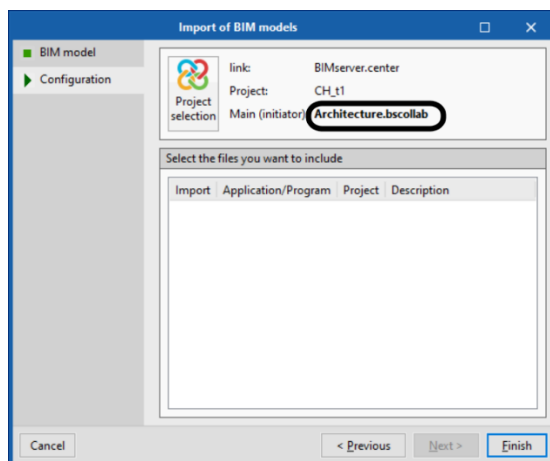


Figura 10: Importación del modelo Cype Architecture desde BIMserver.center. Captura de pantalla de OpenBIM Analytical Model.

5.2. Generar el modelo analítico

Para generar el modelo analítico, el usuario solo tiene que utilizar la opción «Modelo analítico».

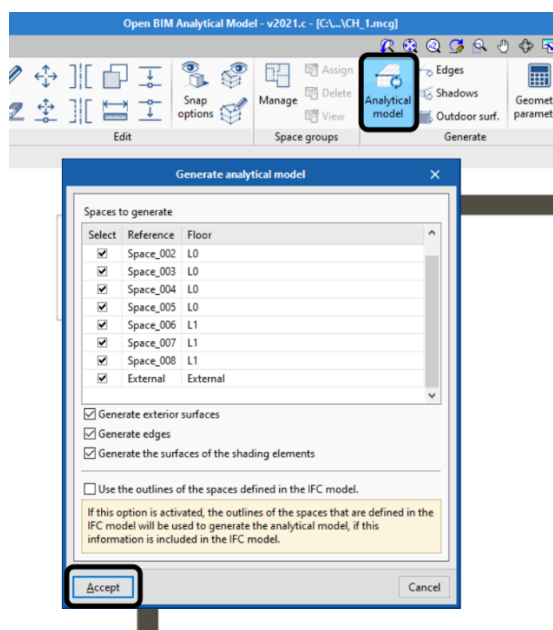


Figura 11: Generación del modelo analítico. Captura de pantalla del modelo analítico OpenBIM.

5.3. Exportación del modelo a BIMserver.center.

Después de generar el modelo analítico, el trabajo se exporta al proyecto almacenado en BIMserver.center. Este proceso genera un segundo archivo IFC que contiene la información del modelo analítico.

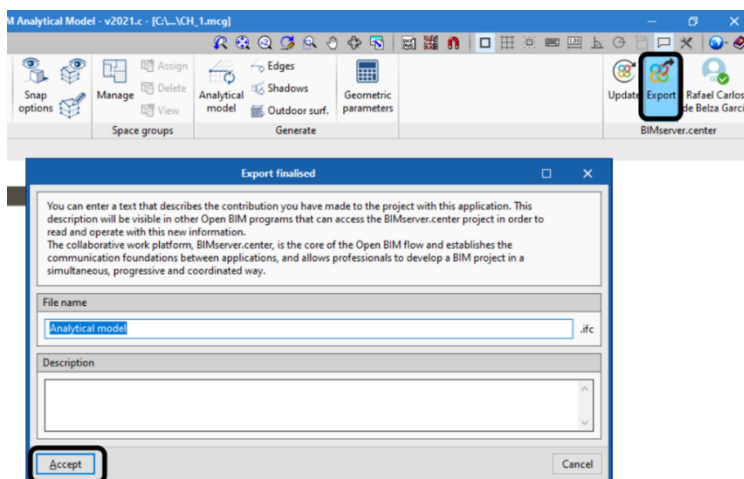


Figura 12: Exportación a BIMserver.center. Captura de pantalla del modelo analítico de OpenBIM.

6. CypeTherm EPlus

CYPETHERM EPlus es una aplicación para el modelado y la simulación de edificios con EnergyPlus™. Está integrada en el flujo de trabajo Open BIM a través del estándar IFC.

CYPETHERM EPlus incluye algunas de las siguientes características:

- Importación del modelo geométrico del edificio desde archivos IFC generados por programas CAD/BIM como IFC Builder (aplicación gratuita de CYPE), Cype Architecture (aplicación gratuita de CYPE), Allplan®, Archicad® o Revit®.
- Importación de la instalación de climatización del edificio definida con los sistemas de los fabricantes a partir de archivos IFC, generados por los programas Open BIM DAIKIN, Open BIM FUJITSU y Open BIM VAILLANT.
- Simulación de los sistemas de climatización más extendidos en edificios, incluyendo equipos predefinidos de fabricantes.
- Integración de códigos internacionales y manuales homologados para la definición de las características térmicas del edificio.
- Comprobación de condensación superficial e intersticial. Definición automática de los puentes térmicos del edificio a partir de los bordes del modelo BIM.
- Informes sobre los resultados de la simulación energética del edificio: demanda energética, consumo energético, confort interior.
- Exportación de los resultados del análisis a CYPETHERM Improvements Plus para el análisis energético y económico de diferentes propuestas de construcción.

Para completar el Modelo Energético del Edificio y realizar el análisis térmico y la simulación energética, es recomendable tener en cuenta lo siguiente:

6.1. Importar el modelo analítico generado en Open BIM Analytical Model

El archivo correspondiente al modelo analítico generado con Open BIM Analytical Model debe ser el que se utilice como archivo iniciador en el programa.

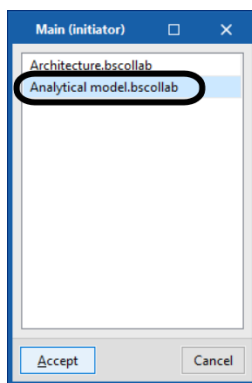


Figura 13: Importación del modelo analítico. Captura de pantalla de CypeTerm EPlus.

6.2. Finalización del modelo de análisis

Al acceder a la interfaz general de CYPETHERM EPlus, el modelo de análisis se completa en las opciones «Datos generales (información general, datos de ubicación y fuentes de energía)», «Biblioteca», «Zonas», «Sistemas» y «Bordes» de la pestaña «Edificio».

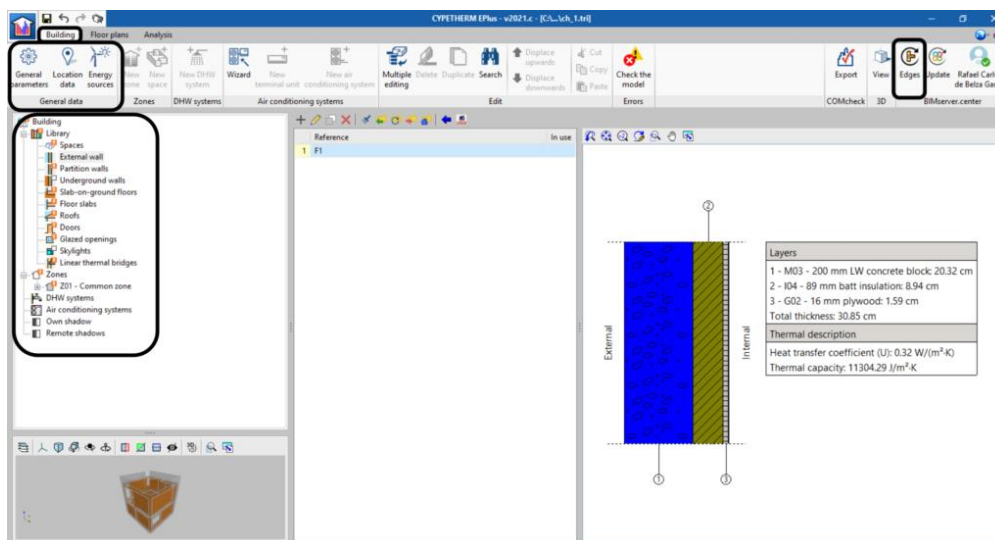


Figura 14: Interfaz de CypeTherm EPlus.

La pestaña Edificio define los parámetros generales, los datos de ubicación y el modelo del edificio.

El modelo del edificio se encuentra en un diagrama en árbol que consta de las siguientes ramas:

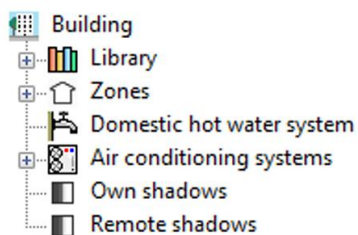


Figura 14: Árbol de componentes del modelo del edificio.

Biblioteca. Los diferentes tipos de espacios y elementos constructivos del proyecto (paredes exteriores, tabiques, aberturas acristaladas, puertas y puentes térmicos lineales) se introducen en la biblioteca.

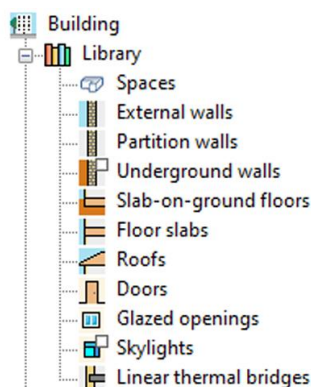


Figura 15: Tipo de elementos del modelo.

Zonas. En cada zona se introducen los **espacios** que la componen definiendo los muros (fachadas, muros medianos, tabiques y muros de sótano), los forjados (soleras, forjados, voladizos y cubiertas) y los puentes térmicos lineales. También se introducen las unidades terminales del sistema o sistemas de climatización que cubren los espacios de la zona.

Sistemas de ACS. Se definen los sistemas del edificio para la producción de agua caliente sanitaria (ACS).

Sistemas de climatización. Se definen los subsistemas para producir y distribuir el sistema o sistemas de calefacción y/o refrigeración de la obra.

Sombras propias. Se definen las superficies del edificio que no pertenecen a los espacios pero que pueden proyectar sombras sobre fachadas y cubiertas, como losas de balcones o barandillas.

Sombras remotas. Se definen las superficies de obstáculos remotos que podrían proyectar sombras sobre el edificio.

6.3. Análisis y obtención de resultados

Tras realizar los ajustes finales, en la pestaña «Análisis», CYPETHERM EPlus permite a los usuarios iniciar el análisis y obtener los resultados. Entre ellos, destacan los informes de demanda y consumo energético, así como una serie de informes complementarios.

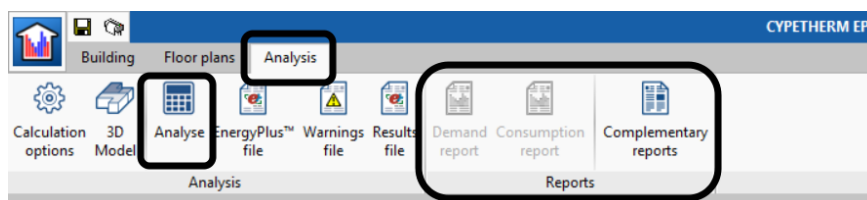


Figura 16: Pestaña Análisis en CypeTherm EPlus.

Algunos de los resultados de cálculo que ofrece el programa son:

- **Informe de demanda energética**
Resultados del cálculo de la demanda energética, detallados por zona térmica.



- **Informe de consumo energético**
Resultados del cálculo del consumo energético, detallados por zona térmica y vector energético.

CYPETHERM EPlus ofrece además una serie de prestaciones adicionales que amplían los resultados obtenidos por el programa:

- **Condensaciones**
Permite comprobar la presencia de condensación superficial e intersticial según la norma ISO 13788, integrando el cálculo realizado por el programa CYPETHERM HYGRO en cada sistema constructivo de la envolvente térmica del edificio.
- **Descripción de materiales y elementos constructivos**
Informe de los diferentes elementos constructivos presentes en la obra junto con sus materiales, cantidades, coeficientes de transmisión, etc.
- **Puentes térmicos lineales**
Informe de los puentes térmicos lineales introducidos en el edificio, con su longitud y valores de transmitancia térmica.
- **Confort interior**
Permite comparar la temperatura interior de cada zona del edificio a lo largo del año con la temperatura exterior y con las temperaturas de máximo confort establecidas. Además, recoge las horas de carga no cubierta de cada zona.

7. Referencias:

Manual de usuario de CYPETHERM https://www.cype.net/documents_en/manuals/termint_09.pdf

Página web de CYPETHERM: <https://info.cype.com/en/product/cypetherm-eplus/>

Blog BIMserver.center: [OPEN BIM EN SIMULACIONES ENERGÉTICAS: ARQUITECTURA CYPE – FLUJO DE TRABAJO CYPETHERM](#)