

2013

*ESTUDIO SOBRE LAS EXIGENCIAS EN  
UN MODELO BIM PARA EVALUAR  
PRESTACIONALMENTE EL  
DOCUMENTO BÁSICO DE  
PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO DEL  
CÓDIGO TÉCNICO DE LA  
EDIFICACIÓN*

*Alumno: Pedro Escudero González*

*Profesor tutor: Ignacio Guillén Guillamón*

*Máster Universitario en Edificación  
Especialidad de Tecnología  
Curso 2012/2013*

*Pedro Escudero González  
Máster en Edificación  
2013*



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación*



**ESTUDIO SOBRE LAS EXIGENCIAS EN UN MODELO BIM PARA EVALUAR PRESTACIONALMENTE EL DOCUMENTO BÁSICO DE PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN**

**Índice**

1. INTRODUCCIÓN..... 3

    1.1 Justificación del tema elegido y su utilidad práctica..... 3

    1.2 Desarrollo teórico..... 4

2. OBJETIVOS..... 10

3. ESTADO DEL ARTE ..... 11

    3.1 Estudio de investigación..... 11

    3.2 Estudio mercado ..... 16

4. ANÁLISIS..... 17

    4.1 Estudio de las exigencias del CTE-DB-HR ..... 17

    4.2 Estudio del programa CYPE Ingenieros Versión 2012 – Instalaciones del edificio ..... 21

    4.3 Estudio del programa Autodesk ECOTEC ANÁLISIS 2011 – Acústica..... 28

    4.4 Justificación de la falta de idoneidad de dichos programas al cálculo acústico en la filosofía BIM..... 32

    4.5 Propuesta de realización de una herramienta de cálculo acústico (BIM-A)..... 33

5. CONCLUSIÓN..... 41

    5.1 Estrategia de planificación..... 41

    5.2 Conclusión ..... 41

6. Bibliografía..... 42

7. Anexos..... 43

    7.1 Planos de la vivienda para cálculo ..... 43

    7.2 Exigencia Básica HR con programa CYPECAD MEP..... 43

    7.3 Estudio acústico del edificio según CYPECAD MEP..... 43

**ESTUDIO SOBRE LAS EXIGENCIAS EN UN MODELO BIM PARA EVALUAR PRESTACIONALMENTE EL DOCUMENTO BÁSICO DE PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN**

## **1. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, gracias al avance tecnológico y la investigación, se han desarrollado nuevas técnicas para el proceso de generación de documentación para edificación. Ya hacia los años ochenta los sistemas Computer Aided Design (CAD) comenzaban a asumirse en el sector de la construcción como un avance importante y un gran salto para abandonar las herramientas clásicas del dibujo arquitectónico. Poco tiempo más tarde los sistemas CAD eran una realidad totalmente implantada en nuestra sociedad y todos la empleamos como herramienta imprescindible para el desarrollo de la profesión.

La herramienta en CAD no era más que un sustituto informático de las herramientas tradicionales de dibujo. Se comenzó a investigar el cómo se podría conseguir una herramienta potente que no fuera una mera herramienta gráfica, sino que a su vez, nos aportara información sobre todo el ciclo de vida de una edificación. A raíz de ello, el profesor Charles M. Eastman fue el primero en difundir el concepto de Building Information Modelling (BIM). El BIM era el modelado de información para la edificación; una filosofía que pretendía aunar todos los procesos y fases de desarrollo de un proyecto de edificación en un modelo con una base de datos única desde la que gestionar y administrar el mismo.

En los países nórdicos y los Estados Unidos pronto fue empleado y comenzó a desarrollarse. En nuestro país, aún hoy, está en una primera fase embrionaria donde la gran parte del sector parece no estar preparada para invertir en esta nueva filosofía; aunque cada vez más, se va asentando como la nueva filosofía de futuro, innovadora y esta vez sí, un gran salto del dibujo informatizado al modelo de información de la edificación; que pretende revolucionar el sector de la edificación.

Por otro lado, con la aparición del Código Técnico de la Edificación (CTE), y los documentos básicos (DB), aparecieron las exigencias normalizadas para la edificación.

El documento de protección frente al ruido (HR) es el documento que pretende velar por el correcto acondicionamiento acústico de cualquier tipo de edificación, en el mismo se propone un cálculo mediante el método general para resolver el acondicionamiento de cualquier tipo de edificio y que es de obligado cumplimiento en el territorio nacional.

En este estudio se pretende conocer cuáles son las exigencias de un modelo BIM, es decir, cual es aquella información que requerimos nosotros de un modelo, para con ella poder evaluar las exigencias del documento básico de protección frente al ruido dentro de una filosofía BIM; y a partir de las mismas, tener una base teórica fiable para la ejecución de programas que implementen de manera correcta y se inserten en una filosofía de trabajo BIM de manera eficaz.

### **1.1 Justificación del tema elegido y su utilidad práctica**

Para la elección del tema se han valorado cuestiones como las que aparecen a continuación:

Con la aparición del CTE-DB-HR se pretendía acotar las exigencias en cuanto a la protección frente al ruido con el objetivo de limitar, dentro de los edificios el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento. Por ello, según el CTE, los edificios se: “proyectarán, construirán y mantendrán de tal forma que los elementos constructivos que conforman sus recintos tengan unas características acústicas adecuadas para reducir la transmisión de ruido aéreo, ruido de impactos y el ruido de vibraciones de las instalaciones del propio edificio; además de limitar el ruido reverberante de todos los recintos.” Por tanto, el DB-HR especifica los parámetros objetivos y sistemas de verificación cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y superar los niveles mínimos de calidad que se asumen al cumplimiento del requisito básico de protección frente al ruido.

El CTE es un documento de carácter prestacional que únicamente enuncia aquellos criterios que deben cumplir los edificios pero no marca ningún procedimiento concreto en el cómo deben cumplirse estas reglas; favoreciendo así el desarrollo de tareas de investigación; desarrollo e innovación, también consigue así el aumento en el uso de las nuevas tecnologías en el sector de la construcción, integrando de manera más directa los avances gracias a estas actividades, según el CTE-DB-HR. El enfoque prestacional permite la utilización de las innovaciones técnicas sin perder los elementos tradicionales de método de construcción.

El BIM se implanta con firmeza en los países como Inglaterra, según las últimas noticias que se reciben desde allí, aparece la figura de Paul Morell, asesor jefe de Construcción para el gobierno Inglés que dice: “Con la tarea de ahorrar dinero y carbono, he entendido que BIM ofrece la mejor oportunidad de lograr una industria de construcción más eficiente y eficaz.” (Graphisoft)

Las grandes empresas observan en el BIM una mayor calidad en la información de muy alto nivel. Además de la sustancial mejora en los procesos de coordinación, mediciones y presupuestos; además de la programación en obra; convirtiendo todo ello en los cimientos para nuevos procesos como el montaje integral fuera de obra y la construcción de sistemas de edificación prefabricada. Según continúa Paul Morrell:

“Los estudios que sobrevivan a esta revolución serán los que tengan líderes que mejor hayan anticipado cómo el BIM afectará a la industria. El éxito de la adopción del BIM ya no puede ser visto como un reto tecnológico, sino un reto que

requiere un entendimiento, planificación e implementación de la organización, gestión, procesos y cambios en el flujo de trabajo debe ser entendido.”(Graphisoft)

Con todo lo citado anteriormente; destacamos como la filosofía BIM es una forma de trabajo nueva y aún sin desarrollar en todas sus posibilidades; por lo que propone líneas nuevas de investigación relacionadas con la eficiencia y productividad en el sector. Por otro lado, el documento normativo del CTE-DB-HR nos permite el desarrollo de nuevas herramientas para la aplicación normativa de sus exigencias, lo que nos permite investigar nuevas maneras de eficiencia. Todo ello se engloba en un marco que nos propone una investigación pionera en este entorno; ya sea porque las grandes compañías dedican sus esfuerzos en otras investigaciones, o debido a que la sociedad aún no está preparada para asumir la filosofía BIM como nueva forma de trabajo. Por lo que, en este trabajo no pretenderemos continuar la labor que empezaron otros anteriormente; sino que lo que pretenderemos es llenar un hueco vacío que; hoy en día; aún sigue sin ser explorado de manera eficaz.

## **1.2 Desarrollo teórico**

### **1.2.1 Building Information Modelling**

#### **1.2.1.1 Qué es el BIM**

El modelado de información para la edificación (BIM – Building Information Modeling) según Autodesk: “es un método innovador para facilitar la comunicación entre los sectores de la arquitectura, la ingeniería y la construcción.”

Es decir, es una filosofía de trabajo; no es ninguna herramienta en concreto ni un proceso de trabajo; es una filosofía completa y compleja que se ocupa de englobar toda la información de una edificación concreta en una base de datos única desde la cual se crean relaciones entre las diferentes herramientas que participan en la misma.

Las herramientas o aplicaciones BIM se pueden entender de manera sencilla si las asimilamos como una serie de aplicaciones que nos permitirán obtener una información variada a cerca de nuestra edificación, y de manera coherente, pues toda la información será obtenida de una base de datos común.

#### *Revit y BIM*

Dentro de la filosofía BIM aparecen programas que pretender aunar esta idea de gran contenedor de datos, entre los cuáles, nosotros trabajaremos con el programa Autodesk Revit Architecture. Estas aplicaciones se han concebido como idea primigenia de una organización en la filosofía BIM. En ellos podemos modelar, y obtener gran parte de la información de nuestra edificación, pero también permiten la compatibilidad con nuevos programas para el cálculo de mediciones, presupuestos, memorias... siendo estos, programas que crean los propios despachos de arquitectura adaptándose a sus necesidades. Según podemos obtener de la definición de Autodesk: “Autodesk Revit Architecture es una aplicación que utiliza un solo y paramétrico modelo 3D para generar planos, secciones, alzados, perspectivas, detalles, programas de planificación -en definitiva, todos los documentos necesarios para el diseño de la edificación-. Siendo todos los elementos manipulados siguiendo una jerarquía de parámetros.”

Por lo tanto, cuando hablemos de la herramienta BIM de trabajo, nos estaremos refiriendo de manera genérica, pues existen diferentes herramientas BIM a parte del Autodesk Revit Architecture, también está el Archicad o Allplan.

#### **1.2.1.2 Del CAD al BIM**

##### *Los inconvenientes que tenemos en la actualidad: el modelo CAD*

A la hora de realizar modelos conceptuales de edificios se desarrollan utilizando un software especializado que permite a los arquitectos extruir o crear formas con diferentes geometrías. Cuando se finaliza el diseño esquemático, se exporta el modelo a formatos CAD, donde se detalla la solución. Los inconvenientes del empleo de modelos de diseño esquemático y detallado sin conexión entre ellos son obvios. En primera lugar, la difícil transición de un modelo a otro; la importación y exportación de archivos puede suponer una gran pérdida de tiempo y es proclive a la aparición de errores. Su puede perder la intención del diseño. En cualquier momento, el diseñador puede convertir caras individuales de estas masas de construcción en componentes de modelo de edificio tales como: muros, cubiertas, suelos o sistemas de muro cortina. En los modelos BIM, la separación entre las dos fases de diseño desaparece y el diseñador se permite trabajar con fluidez el modelo conceptual y el modelo de edificación mientras que, tanto la intención como el detalle del diseño se capturan en el momento de la conceptualización, como dice Autodesk.

### *Estrategia de implantación para BIM*

Según dice Autodesk; la estrategia de implantación es un componente esencial para que el desarrollo del BIM sea de manera adecuada y satisfactoria; y debe ir mucho más allá de un mero programa de formación y despliegue. Debe dar respuesta a los cambios formales y organizativos y al flujo de trabajo inherente al BIM. Esta estrategia debe contemplar el modo en que, esta nueva solución coexistirá con las aplicaciones de diseño 2D o el modelado 3D. Debemos ser conscientes que abandonar de forma masiva las aplicaciones de diseño, que van a ser sustituidas es poco práctico y; a menudo; poco acertado; pero a medida que ampliamos la implantación, la estrategia también podría incluir planes de cómo retirar las fases de los sistemas antiguos. Las empresas deben analizar de qué modo pueden acceder al modelo de información de edificios mediante aplicaciones relacionadas con el mismo, como análisis energético, estimación de costes y especificaciones. Más concretamente, analizar el trabajo que se debe realizar hoy de forma que coincida con las herramientas existentes. Para las empresas que llevan a cabo proyectos de gran envergadura, la estrategia de implantación debería incluir una serie de pautas para crear y trabajar con modelos grandes (requisitos de hardware adicionales, técnicas para reducir la complejidad de los modelos, etc).

#### *Tareas a realizar para avanzar con éxito*

Debemos tener en cuenta, como principales objetivos, para alcanzar una correcta implantación los siguientes puntos. Siendo conscientes de la revolución que ello conllevará a nuestra forma de trabajo:

- *Desarrollar una estrategia de implementación lógica y global,*
- *reunir al equipo adecuado, y*
- *seleccionar un proyecto de inicio apropiado.*

#### **1.2.1.3 Preparase para BIM**

##### *Influencia del modelo*

Según dicen en Autodesk: “BIM representa un nuevo enfoque para el diseño de edificios que cambiará la dinámica funcional de las empresas de diseño.”

Por consiguiente, la transición a BIM requiere un análisis en profundidad sobre cuál es la mejor manera de organizar una oficina en torno a BIM (identificando los cambios potenciales en los procesos a los que BIM dará lugar y cómo aplicar la combinación perfecta de personas y aptitudes a esos nuevos procesos).

En acuerdo con el Instituto Nacional de Ciencias en la Edificación ([www.nibs.org](http://www.nibs.org)), la Información de modelado en la construcción BIM es definida como “la representación digital de las características físicas y funcionales de la instalación” que sirve como “conocimiento compartido de los recursos para obtener información sobre una instalación que forma una base sólida para las decisiones durante su ciclo de vida de los inicios en adelante

##### *Una nueva forma de trabajar*

Podemos entender que se planteará una nueva manera de trabajo según Autodesk como:

- *Reequilibrar el esfuerzo del equipo a las fases de diseño*

Puede que el cambio más significativo como resultado de la implantación de BIM sea el lujo de poder aumentar el tiempo dedicado a la fase de diseño. Un sistema BIM crea y coordina los dibujos de manera dinámica, directamente en el modelo de información de edificios, de modo que el esfuerzo de documentación se reduce drásticamente. Por consiguiente, las empresas deberían plantearse presupuestar mucho menos tiempo (y personal) en la documentación y coordinación, y mucho más tiempo en el diseño inicial, lo cual dará como resultado una toma de decisiones más acertada en fases iniciales.

- *Evitar la sobre-documentación*

Un sistema BIM produce una elevada cantidad de documentación que puede ser empleada para la definición del proyecto, pero se debe emplear de manera adecuada; pues un exceso de documentación de proyecto puede desviar el objetivo final de proyecto.

- *Utilizar más visualizaciones para la comunicación con el cliente*

Este sistema es capaz de reproducir modelizados y recorridos de alta calidad en función de las necesidades, lo que facilita la comunicación con el cliente y ofrece a las empresas mayor capacidad de respuesta en el proceso de diseño.

- *Plantearse algunos servicios añadidos*

Finalmente, el modelo de información de edificios puede interconectarse y llevar a cabo determinados análisis y tareas como luz diurna, uso energético, cómputo de cantidades y coordinación de especificaciones. Al aprovechar algunas de

estas funcionalidades del modelo de información de edificios, las empresas pueden ofrecer servicios añadidos a sus clientes.

### *El equipo de BIM*

Estos cambios en los procesos también afectan a la dotación de personal de los proyectos y a la distribución de los conjuntos de habilidades, lo cual debería tenerse en cuenta al configurar el equipo de BIM. La composición de un equipo tradicional para un proyecto de arquitectura, según Autodesk, viene marcada por el enorme esfuerzo necesario para elaborar un conjunto de documentos de construcción, con funciones que se corresponden a los tipos de dibujo: planos, elevaciones, secciones, detalles, etc. En lugar de ello, un equipo de BIM debería organizarse en torno a funciones como la gestión de proyectos, la creación de contenido, el diseño del edificio y la documentación. Las empresas también se darán cuenta de que pueden presupuestar considerando equipos de proyecto más reducidos, ya que los gastos fijos de documentación y herramientas de CAD tradicionales se reducen.

#### **1.2.1.4 Organización de un modelo BIM**

Para la organización de un modelo BIM, se deben tener en cuenta las prioridades que se identifican en las siguientes tres categorías según VANDEZANDE J. (2011):

- Visualización

Al crear la documentación usando modelos BIM nos permite la visualización del proyecto en 3D; con las ventajas que ello conlleva en la elaboración de perspectivas, renders o animaciones; permitiendo comunicar de manera fácil y eficaz las ideas a las diferentes partes interesadas en el proyecto.

- Análisis

El valor real del BIM es su interoperabilidad del modelo geométrico con metadatos relacionándolo con otras aplicaciones. Con ello logramos, de manera sencilla, detallados informes acerca del ahorro energético, aislamiento acústico u otros.

- Estrategia

Para maximizar la inversión en un sistema de trabajo basado en BIM, se debe tener cierta planificación. Entre otros, deberemos preguntarnos que procesos se deben conseguir para alcanzar los objetivos, de cuantos recursos disponemos para realizarlo, que tecnología o aplicaciones necesitaremos para resolver los procesos y apoyar a los agentes intervinientes.

Entendiendo estas tres áreas, en especial con relación al entorno de trabajo BIM, ayudarán a implementar de manera eficaz.

#### **1.2.1.5 Adaptación al modelo BIM**

La combinación entre las categorías mencionadas anteriormente será lo que indicará el grado de adaptación al modelo BIM según VANDEZANDE J. (2011):

### *Adaptados de manera tardía*

La información respecto del modelo es empleada junto con la documentación. Pero el análisis del modelo se realizará con otros recursos. Podemos observar la relación entre las categorías de organización de un sistema BIM, fig. 1.1



FIG. 1.1 OPCIÓN DE ADAPTACIÓN DE MANERA TARDÍA

### *Adaptados de manera intermedia*

La información en BIM es muy importante; y todo el robusto nivel de datos es empujado hacia varios modelos de recursos. Los adaptados de manera intermedia observan estos cambios como ayuda a mejorar sus procesos y hacer

de todo el proceso, más eficiente y efectivo. Estos cambios de tecnologías se solían emplear para explorar los nuevos mercados y ayudar a crear nuevas oportunidades de crecer. Observamos el grado de adaptación en el gráfico, Fig. 1.2.

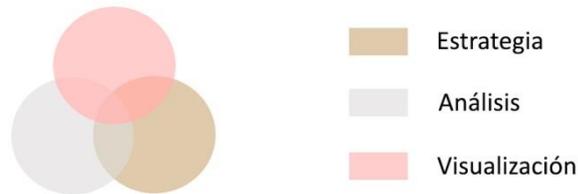


FIG. 1.2 OPCIÓN DE ADAPTACIÓN DE MANERA INTERMEDIA

*Adaptados de manera pronta*

Los adaptados de manera pronta combinan los tres elementos en una relación total de dependencia. Crean nuevas herramientas, tecnologías y flujos de trabajo para implementar los nuevos procesos y oportunidades que no existían previamente en el mercado. La información en el BIM para los adaptados de manera pronta forma un núcleo imprescindible en la estrategia del éxito de su proyecto. No dependen de otros mercados, pues son capaces de crear sus nuevas herramientas cuando son necesarias. Podemos observar la relación en la figura 1.3.

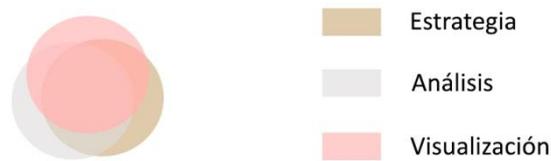


FIG. 1.3 OPCIÓN DE ADAPTACIÓN DE MANERA PRONTA

**1.5.1.6 El modelado paramétrico y el BIM**

BIM es un enfoque del diseño de edificios que se caracteriza por la creación y el uso de información computable, coordinada y con coherencia interna sobre un proyecto de construcción. La fiabilidad de la información del edificio es la característica esencial de BIM y de sus procesos digitales de diseño. Las soluciones BIM que utilizan modeladores de construcción paramétricos proporcionan información del edificio más coordinada, más fiable, de mejor calidad y con mayor coherencia interna que el software de CAD de objetos que se ha readaptado a BIM. Un modelo de construcción paramétrico combina un modelo de diseño (geometría y datos) con un modelo de comportamiento (gestión de cambios). Todo el modelo de edificio y el juego completo de documentos de diseño, según Autodesk, se encuentran en una base de datos integrada, donde todo es paramétrico y todo está interconectado. Para describir el modelado de construcción paramétrico se suele utilizar la analogía con una hoja de cálculo. Se espera que un cambio efectuado en cualquier lugar de la hoja de cálculo se actualice automáticamente en todos los demás. Lo mismo ocurre con el modelador de construcción paramétrico: auto coordinación de la información en tiempo real en cada una de las vistas del modelo. Nadie espera tener que actualizar manualmente una hoja de cálculo. De forma similar, nadie debe revisar manualmente un documento ni tabla de planificación de un modelador de construcción paramétrico. Esta asociatividad bidireccional y la propagación total e inmediata de los cambios tienen como resultado un modelo coherente, fiable y de alta calidad, que es la clave de BIM, y que facilita los procesos digitales para el diseño, el análisis y la documentación. En la práctica actual, muchos modelos de edificios digitales no contienen información suficiente para llevar a cabo el análisis y la evaluación del rendimiento del edificio. Como ocurre con los modelos y dibujos físicos tradicionales, evaluar el rendimiento de un edificio basándose en las representaciones gráficas de las soluciones de CAD o CAD de objetos convencionales exige un grado considerable de intervención e interpretación humana, lo que hace que los análisis resulten demasiado caros y/o lentos. En un modelo de construcción paramétrico, la mayor parte de los datos necesarios para el análisis del diseño se capturan de forma natural a medida que avanza el diseño del proyecto. El modelo contiene el nivel necesario de detalle y fiabilidad para llevar a cabo estos análisis en fases más tempranas del ciclo de diseño, y permite que los diseñadores efectúen directamente los análisis energéticos rutinarios, lo que proporciona una respuesta inmediata sobre las alternativas de diseño en fases iniciales del proceso de diseño.

1.2.1.7 El rendimiento de la inversión con BIM

El Return On Investment (ROI)

Según Autodesk: “El ROI se utiliza para evaluar diversos tipos de inversiones corporativas, desde proyectos de I+D hasta programas de formación o compras de activos fijos. Cuanto más complicada es la inversión, más complicada resulta la fórmula. Además, a medida que la inversión crece, la creatividad necesaria para calcular el ROI se hace más significativa. La fórmula que lo define de manera generalista es la [1.1].”

$$\text{Ganancias/Coste} = \text{ROI} \quad \text{FÓRMULA [1.1] (AUTODESK)}$$

En la figura 1.4 se muestra qué ocurre tras la implementación de un nuevo sistema. Se produce una pérdida inmediata de productividad mientras los usuarios se adaptan al nuevo sistema. Con el tiempo, la productividad se recupera hasta el mismo nivel que con el sistema original y alcanza un punto más elevado a medida que se afianza la nueva tecnología.

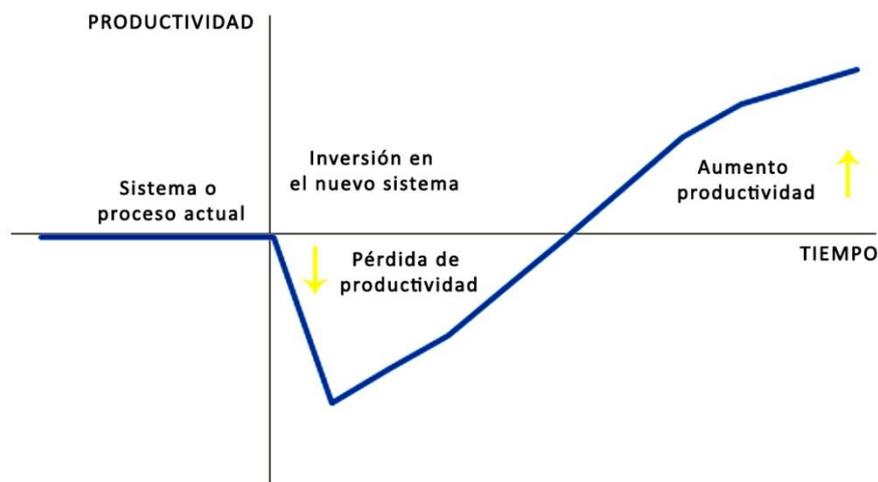


FIGURA 1.4 PRODUCTIVIDAD DEL DISEÑO EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA BIM (AUTODESK)

A continuación se muestra una fórmula estándar para calcular el ROI del primer año. Esta fórmula utiliza sólo unas pocas variables fundamentales relacionadas con el coste del sistema, la formación y los ahorros de costes de productividad generales de un sistema.

$$\frac{B - \left(\frac{B}{1 + E}\right) \times (12 - C)}{A + (B \times C \times D)} = \text{ROI del primer año}$$

FÓRMULA [1.2] (AUTODESK)

A	Coste de software y hardware (unidades monetarias (u.m.))
B	Coste mensual de mano de obra (u.m.)
C	Tiempo de formación (meses)
D	Pérdida de productividad durante la formación (porcentaje)
E	Aumento de la productividad después de la formación (porcentaje)

TABLA 1.1 (AUTODESK)

El numerador representa la parte de “ganancias” de la ecuación, y esas ganancias proceden de un incremento de la productividad humana. El incremento de la productividad mensual media se representa en el paréntesis de la izquierda ((B - (B / 1 + E)). El paréntesis de la derecha (12 - C) es el número de meses de un año (12) menos los meses de formación (C). Si el usuario necesita tres meses para ser igual de productivo con el sistema nuevo que con el anterior, entonces quedan nueve meses del año para experimentar aumentos de productividad. El denominador, que es la parte de

“costes” de la ecuación, incluye el coste del sistema (A) y el coste de la pérdida de productividad, en términos de coste de mano de obra, mientras el usuario aprende a utilizar el sistema. Este segundo periodo es el producto del coste de mano de obra mensual (B) multiplicado por los meses del periodo de formación (C) multiplicado por la pérdida de productividad en formación (D); por consiguiente,  $B \times C \times D$ . Téngase en cuenta que el “tiempo de formación” hace referencia al tiempo que tarda un usuario en alcanzar el mismo nivel de productividad que tenía con el sistema anterior y no la duración del curso de formación, según Autodesk.

#### *Variables críticas*

---

*Al jugar con las cifras, uno se da cuenta de que el aumento y la pérdida de productividad son las variables más sensibles de la ecuación. Unos ligeros cambios en esas cifras producen los cambios más significativos en el ROI. Intuitivamente, puede comprenderse por qué la productividad es tan crítica, ya que es el resultado a largo plazo de una inversión en TI.*

#### *Limitaciones del ROI*

---

*El ROI es sin duda un indicador muy habitual. Reduce una gran cantidad de cifras a un único porcentaje que todo el mundo es capaz de asimilar. Pero cuidado, según Autodesk: “el cálculo del ROI es más preciso para proyectos de ahorro de costes que para proyectos de generación de ingresos. El análisis del ROI funciona mejor para implementaciones de TI que proporcionan beneficios económicos tangibles y fáciles de medir, como un aumento de la productividad.”*

*Es decir, al calcular el ROI desde el punto de vista de la generación de ingresos, a menudo se utilizan estimaciones, lo cual reduce la precisión del análisis. Un análisis más exhaustivo del ROI sobre la adopción de BIM podría incluir el aumento de los beneficios derivados de un aumento de la facturación, la mejora de la calidad del proyecto y el aumento de los clientes que vuelven a solicitar servicios, la mejora de la comunicación y las presentaciones a los clientes, los vínculos con aplicaciones de análisis externas, etc. La dificultad radica en la proyección del valor de estos beneficios.*

### **1.2.2 Documento básico HR, cálculo método general**

#### *Exigencias básicas del documento de protección frente al ruido*

---

*El CTE-DB-HR lo describe como: “El objetivo del requisito básico “Protección frente el ruido” consiste en limitar, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento. Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán y mantendrán de tal forma que los elementos constructivos que conforman sus recintos tengan unas características acústicas adecuadas para reducir la transmisión del ruido aéreo, del ruido de impactos y del ruido y vibraciones de las instalaciones propias del edificio, y para limitar el ruido reverberante de los recintos.”*

*La opción general contiene un procedimiento de cálculo basado en el modelo simplificado para la transmisión estructural de la UNE EN 12354 partes 1, 2 y 3. Para este cálculo según el método general se debe considerar la transmisión acústica de manera directa e indirecta entre diferentes recintos.*

## **2. OBJETIVOS**

Los principales objetivos que se buscan en el estudio y análisis de la cuestión son los siguientes:

- *Entender cuáles son las exigencias normativas del CTE-DB-HR, y por tanto, cuáles son aquellos parámetros que debemos conocer para realizar el cálculo según el método general de CTE-DB-HR;*
- *Entender la filosofía BIM, su forma de trabajo y sus posibilidades en cuanto a la facilidad para su desarrollo y adaptación a las nuevas herramientas de trabajo;*
- *Estudiar el estado del arte en cuanto a sistemas de implementación BIM, y si existen estudios relacionados con el campo de la acústica arquitectónica, profundizando en la situación de la filosofía BIM actual.*
- *Estudiar y analizar las ventajas e inconvenientes de aquellas herramientas de trabajo que nos ofrece el mercado actual.*
- *Plantear una propuesta sobre aquellos requisitos exigidos para la programación posterior de una aplicación insertada como parte de la filosofía BIM que resuelva los problemas en cuanto a la acústica arquitectónica aplicada a la justificación técnica de la normativa vigente en el territorio Español.*

### **3. ESTADO DEL ARTE**

En cuanto al estado del arte en la investigación de la filosofía del Building Information Modelling no podemos encontrar estudios previos de interés que relacionen el cálculo acústico directamente con herramientas de trabajo BIM, dado que todos aquellos estudios relacionados, contemplan una primera exportación a un programa auxiliar, sin realizar el cálculo en el modelo BIM, eliminando así las características propias de esta filosofía. Por ello, lo primero que realizaremos es un estudio teórico de investigación sobre las posibilidades que nos ofrece un sistema basado en la filosofía BIM; en segundo lugar desarrollaremos un estudio práctico de investigación sobre los programas que encontramos hoy en el mercado y que pueden suplir, en parte, las exigencias que nosotros pretendemos.

#### **3.1 Estudio de investigación**

##### **3.1.1 Situación actual de la filosofía BIM**

El desarrollo de la filosofía BIM durante el siglo XXI ha dado un salto exponencial, ya se comienza a implantar en países como Inglaterra mientras que en otros, como en los Estados Unidos ya lleva un tiempo en el mercado. La necesidad de supervivencia del sector de la construcción pasa por una renovación profunda, como indicará en su artículo Carly Barrow (2012), en el cual, The Cabinet Office inglesa hablará de que su gobierno requerirá modelos 3D colaborativos en BIM con todo el proyecto; es decir, con la información, documentación y datos de manera electrónica a partir de 2016. Es decir, en Inglaterra los sistemas de modelado de información para la edificación, en BIM, se deberán implantar de manera pronta y formarán parte de la documentación obligatoria para su aprobación por parte de la administración en un periodo reducido de tiempo.

Con ello, nos planteamos cual es la situación actual para acometer un cambio de estas características en el sector de la construcción. Según los datos del del Cabinet Office (2011) el trabajo informatizado representa casi el 40% del trabajo de la industria de construcción inglesa, siendo que el sector público es un inversionista clave en la industria contribuyendo en alrededor de un 8% del PIB.

Sin embargo, nos encontramos frente a una industria fragmentada, de más de 300.000 empresas en las cuales se considera que el desempeño de la profesión es inferior; derrochador e ineficiente al exigible en condiciones normales. Es decir, el sector de la construcción atraviesa un momento de crisis profunda, y debe renovarse por completo.

Cuando Egan reportó la necesidad de mejorar (1998), describió la industria de la construcción como: "uno de los pilares de la economía nacional... simplemente demasiado importante para que se permita que se estanque." (Egan, J. 1998)

Ya en marzo de 2011 el Grupo de la Industria BIM de Trabajo publicó un documento de estrategia para el gobierno de construcción Client Group, con la intención de hacer recomendaciones e informar al Government Construction Strategy. Como conclusión declaró que existe una gran evidencia que indica que el proceso de diseño, construcción de edificios puede traer beneficios sustanciales respecto a los modelos tradicionales, en términos financieros, a aquellos que adopten los principios BIM (GCCG, 2011) según se indica Carly Barrow (2012).

Sin embargo, no todos están convencidos de cuál será la mejor estrategia para la aplicación generalizada de BIM según Robert Klaschka, arquitecto y defensor confeso de la filosofía BIM observaciones sobre el artículo de Winston, A (2010b) Por otro lado, la filosofía BIM es descrita por muchos como un cambio radical; como fue la introducción del CAD (Murray 2011), sin embargo, mirando a nuestro alrededor y siguiendo la situación económica actual, observamos como la ruta que viene marcada por el modelado 3D es la adecuada. No hay duda de que en un cierto periodo de tiempo; los arquitectos deberán dar el salto al modelado 3D integrado; si no la han hecho ya.

Para entender el cambio inevitable, compararemos diferentes países, ya que sólo el 10% de los proyectos en el Reino Unido se realizan en un entorno BIM, en comparación con 60% en los EE.UU. según el Day (2010).

Tanto Reed y Brady, ambos presidentes del Royal Institute of British Architects (RIBA), el actual y el anterior, han sido criticados por su mensaje en el que dicen que la filosofía BIM ofrece una oportunidad para el arquitecto de volver a la cima (Austin 2011), hasta el punto que llegan a ver esta nueva filosofía de trabajo como la primera oportunidad en años para recuperar el papel de liderazgo al que los arquitectos aspira. Aún está por verse si los arquitectos tomarán la iniciativa con BIM en un proceso que obliga a ser, ahora mucho más, un equipo dirigido. Sin duda, se plantea en la industria un punto de inflexión, y aquellos que sepan verlo con claridad y apuesten por él; acabarán siendo los pioneros en esta sociedad, con las ventajas que ello les reportará.

Según las encuestas de Wiston, A (2010a) las estadísticas indican que el 43% de los profesionales de la construcción no son conscientes de o no ha utilizado BIM en Inglaterra. Así, mientras que los que abrazan BIM, sin duda, cosechan la recompensa, existen muchos otros que nunca pretenden adoptarlo.

Hablando de dicho aislamiento se cita a Wolstenholme (2009) con referencia a la adopción de la filosofía de Egan: "... No hay evidencia de que los avances son un pequeño porcentaje de la actividad de la industria. Alguna vez se extenderá al resto." Esta filosofía de trabajo parece estar gestándose dentro de una sociedad reacia al cambio, donde unos pocos

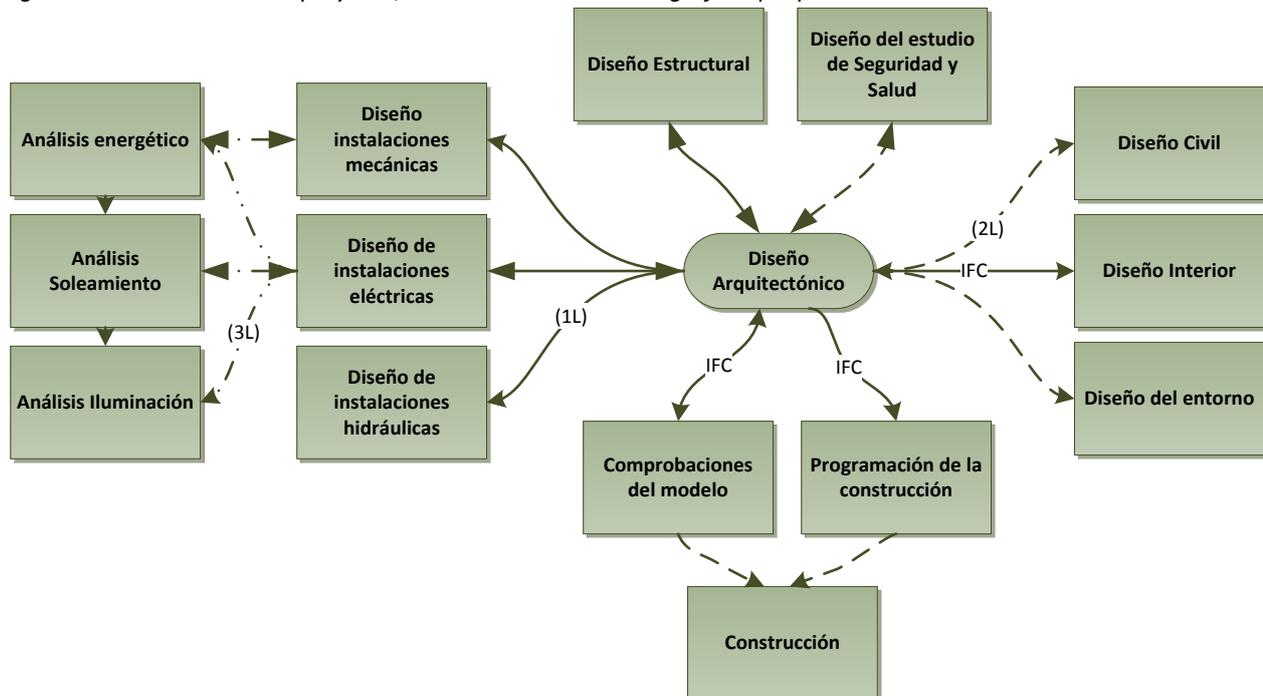
están apostando por ella como una realidad de cambio y avance hacia una renovación integral del sector de la construcción.

Esta aplicación de BIM tendrá un impacto sobre el papel del arquitecto en la presentación técnica y los desafíos culturales existiendo una clara posibilidad de que los procesos y procedimientos impliquen una nueva metodología que pueda influir en el diseño y la calidad. Por tanto, es de suma importancia que los arquitectos y su educación arquitectónica siga centrándose en el diseño de alto nivel. Mediante la habilitación de soluciones que respondan a una solución, pero que también ofrezca un valor añadido, (además del financiero), atribuible a la concepción y uso de un edificio según nos dice Carly Barrow (2012), también continúa declarando como la plena aplicación de BIM en todos los proyectos del sector público necesitará de tiempo para evolucionar desde la situación normativa actual. El claro beneficio en el mayor valor para el cliente en lo que se refiere al costo en el mantenimiento y el control del ciclo de vida de un edificio repercutirá en el apoyo incondicional de los gobiernos a este tipo de prácticas. También el impulso para el rendimiento medioambiental de las explotaciones y reducción de carbono será un tema fundamental en el que todas las partes deben tomar responsabilidad. El impacto en el papel del arquitecto, trabajando de una manera más integrada deberá favorecer la coordinación en proyectos, repercutiendo de manera positiva en el resultado final. Sin embargo, esto requerirá una aportación significativa de tiempo y dinero para establecer habilidades en nuevos métodos y software antes de cosechar las recompensas financieras.

Como conclusión podemos entender que la dicotomía de una asociación a largo plazo y la libre competencia debe ser resuelta de manera eficaz. El Gobierno inglés ha arrojado el guante que incentivará a algunos, pero infundirá temor en los demás. La formación de una industria en dos niveles es muy probable que se produzca en corto plazo, y se prolongue cierto tiempo. La transición será un caso de evolución más que una revolución. Mientras que el argumento a favor de BIM es fuerte y bien versado, quedan aquellos que se oponen en cuestiones como el costo, la propiedad y la interoperabilidad, creyendo que no han sido resueltos. Cualquiera que sea la forma en que la evolución impacte sobre el papel del arquitecto en materia de calidad del diseño es fundamental. La determinación de las prioridades como individuos y el diseño como principio básico de la profesión debe estar en el centro de nuestras acciones. Por lo tanto, concluimos que “el BIM es un arma de doble filo, con potencial para dividir la industria en dos.” (Barrow, C 2012)

### 3.1.2 La interoperabilidad en la filosofía BIM

Un estudio reciente de McGraw Hill Construction formuló que en EEUU en 2008: “el 45% de los arquitectos, ingenieros, constructores y participantes del proceso de construcción usaban la filosofía BIM en más del 30% de sus proyectos.” (Steel, J. 2010) Una de sus principales características es la posibilidad de intercambiar información entre diferentes agentes relacionados en el proyecto, como observamos en el gráfico que presentamos a continuación.



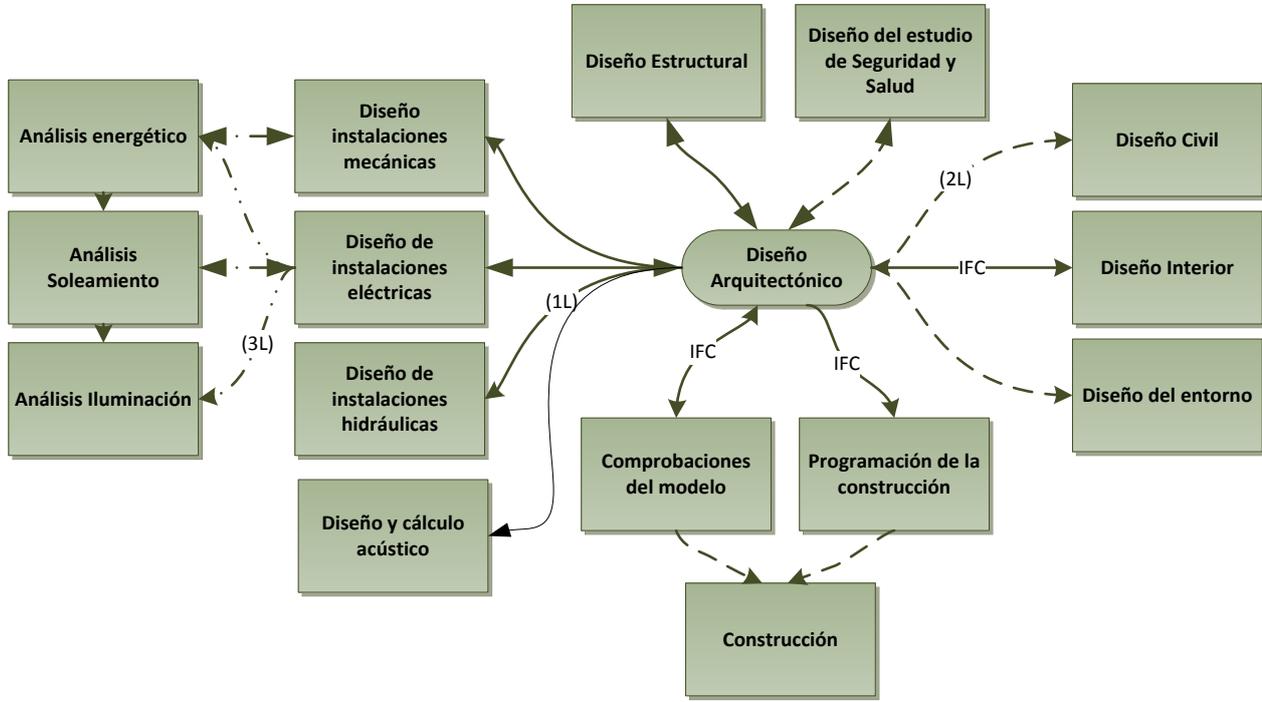
1L- Transferencia de información 3D

2L-Transferencia información 2D

3L-Transferencia información datos

GRÁFICO 2.1 ACTIVIDADES QUE SE DESARROLLAN EN EL PROCESO DE DISEÑO DE UN PROYECTO (STEEL J. DROGEMULLER R. TOTH B, 2010)

En el gráfico anterior se muestra la organización de las actividades en el proceso de diseño de un proyecto en un entorno BIM, donde observamos que no figura el diseño y acondicionamiento acústico, por lo que se reelabora este gráfico para presentar un nuevo gráfico con el acondicionamiento acústico incorporado. Proporcionándole esa propiedad de bidireccionalidad y parametrización propia de un entorno de trabajo de estas características. La transferencia de información será en 3D y de carácter bidireccional. Hemos encontrado un vacío donde no se muestra interés por la aplicación al diseño y cálculo acústico y es donde nosotros pretendemos profundizar.



1L- Transferencia de información 3D

2L-Transferencia información 2D

3L-Transferencia información datos

GRÁFICO 2.2 ACTIVIDADES QUE SE DESARROLLAN INCLUYENDO EL CÁLCULO ACÚSTICO

### 3.1.2.1 Industry Foundation Classes (IFC)

Según nos indica Steel, J (2010); el Industry Foundation Classes es el formato standard para el intercambio de información entre modelos, fue creado en 1996 por la sociedad internacional de interoperabilidad, y ha sido revisado en varias ocasiones. Desde el punto de vista técnico, es definido según la ISO 10303. Esta normativa es un estándar internacional para la representación e intercambio de información de productos industriales. El objetivo es proveer un mecanismo que sea capaz de describir la información de un producto a través del ciclo de vida del producto, independientemente de cualquier sistema en particular. La naturaleza de esta descripción la convierte en la adecuada no solo para un intercambio neutral de archivos, sino que también es una base para implementar y compartir bases de datos de productos y archivos.

La transición del papel a los modelos de diseño y a procesos basados alrededor del un modelo digital representa un importante avance en la industria de la construcción. Usando los modelos digitales se nos proporciona la posibilidad de crear automáticamente un gran número de análisis durante el diseño, con las importantes consecuencias para la velocidad y eficiencia del proceso de diseño, y también por la calidad de los resultados obtenidos. En esta industria que es muy dependiente de la colaboración, aparecen los programas de interoperabilidad con el único fin de maximizar los beneficios. El IFC es un ejemplo ambicioso de los modelos basados en la interoperabilidad, que cubre un gran rango de información sobre el modelo, alrededor de una gran cantidad de subdominios.

El IFC se emplea durante el diseño y la construcción y representa un instructivo ejemplo para modelos basados en la interoperabilidad; también plantea soluciones para resolver problemas entre diferentes tipologías. Por la parte técnica, se podrían realizar transformaciones entre los diferentes modeladores, usando revisores de modelo, para evaluar la adecuación del modelo a las diferentes normas, con soporte para implementar el software a una guía de modelo más que restringirlo con el lenguaje según Steel, J (2010).

### 3.1.3 Estrategia del diseño conceptual en el trabajo paramétrico y asociativo en la filosofía BIM

Según Coenders, J. L. (2009): “el objetivo de aplicar la tecnología paramétrica y asociativa es uno de los significados del conocimiento del diseño como también lo es su lógica para generar y comunicar la información del diseño. Existirá una

distinción entre el BIM como visión o el BIM como tecnología de software.” En los siguientes puntos observaremos como se planteará la estrategia desde el punto de vista del diseño conceptual según Coenders J. L. (2009).

### **3.1.3.1 Asociatividad y parametrización en el diseño**

#### *Orientación al objeto*

La orientación a objetos como un concepto en el diseño paramétrico y asociativo parte con el objetivo en el hecho de que los objetos han de estar modelados conforme serán, posteriormente, expuestos para el usuario, que además tienen propiedades (parámetros y variables), relaciones (asociaciones) y comportamiento (definición). Las representaciones de estos objetos se pueden utilizar para visualizar y también para obtener otros modelos informáticos que nos proporcionan una mayor relación bidireccional y que se programan haciendo uso de la orientación a objetos (Wikipedia [14]), pero este tipo de orientación a objetos no tiene que estar expuesta al usuario, sino que formará parte del desarrollo del proyecto. En el caso de este concepto, la parte esencial es la exposición de la lógica de objeto al usuario.

#### *Parámetros*

Como un concepto que indica que el usuario puede definir y modificar (entrada) parámetros en los objetos. A través de la asociación, la definición. El método de resolución de estos parámetros se transforman en resultados de los modelos. Los parámetros también se conocen como propiedades o atributos. Son de vital importancia en el trabajo paramétrico del modelo en 3D, que nos permitirán crear automatismos y relaciones que contribuirán notablemente a la mejora en la eficiencia y productividad del trabajo.

#### *Asociación*

Este parámetro indica que el usuario puede definir y modificar las asociaciones entre los objetos. Esta asociación puede ser una simple entrada-salida de mapeo, pero también se producen como un cálculo matemático de expresiones simples o complejas. Con la asociación de objetos se crearán relaciones íntimamente vinculadas a la parametrización; creando un sistema de trabajo inteligente y sin tener que realizar comandos de manera repetitiva o mecánica, siendo el sistema el que los realice en nuestro lugar.

#### *Definición*

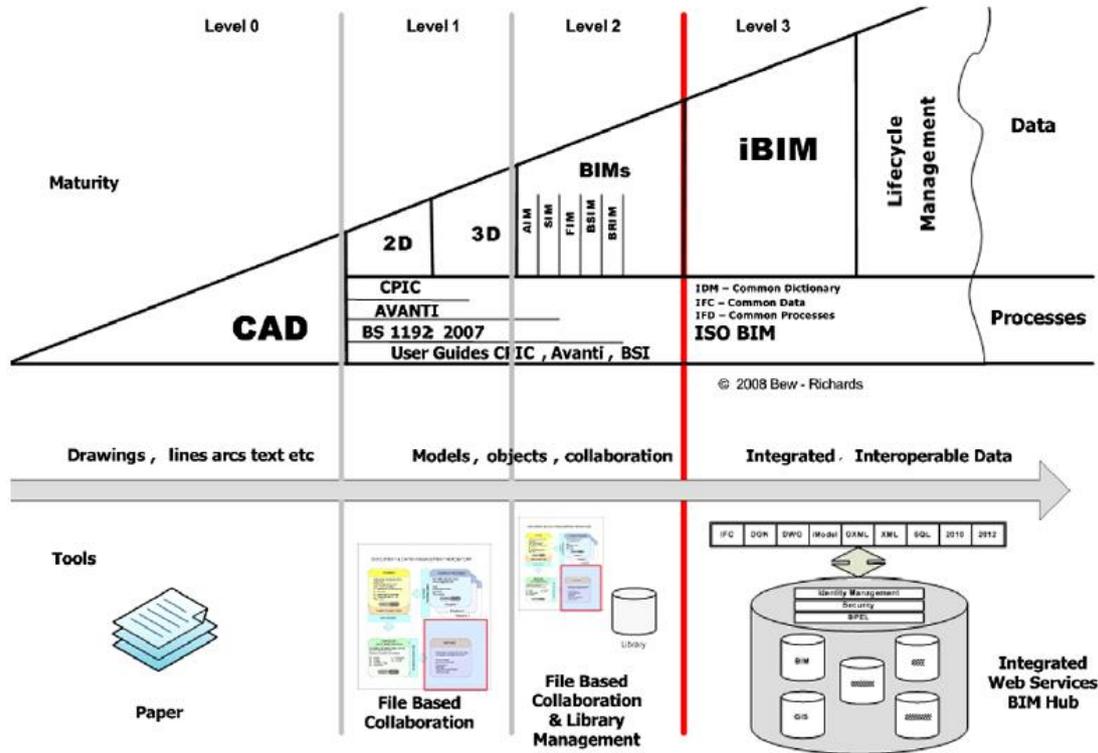
Es un concepto que indica que un objeto tiene una computadora procesable, es decir, la definición de los parámetros de entrada a las salidas, ya sean numéricas, de objetos o visuales. La definición a menudo se etiqueta como métodos de actualización, pero a veces se oculta para el usuario a través de la interpretación automática de las entradas. Será almacenado a partir de bases de datos que nos aportarán toda la información necesaria para la creación de la documentación de la edificación.

### **3.1.3.2 Estrategias para la parametrización de asociatividad del diseño estructural**

- *Reflexiones:* los primeros instrumentos de etapa del diseño conceptual, el planteamiento del diseño estructural de manera global
- *Control:* control automático de regla de procesamiento, y como va a incidir en la información que aportamos de un proyecto.
- *Regla de procesamiento:* Serán las normas de trabajo y las exigencias que deberá cumplir un proyecto de estudio.
- *El análisis automatizado:* Será el análisis que se plantea con la regla de procesamiento. Es decir, el cálculo que se realizará para analizar el proyecto.
- *Entrega a BIM:* devolución del modelo a BIM, con los resultados obtenidos del análisis para que se cumpla la relación de bidireccionalidad de la filosofía.

Dicha estrategia será la que emplearemos para acometer la realización de un instrumento de cálculo acústico para modelos que emplean la filosofía BIM. Primero realizaremos un planteamiento del diseño estructural de manera global; en segundo lugar se creará un sistema que nos permita controlar las reglas de juego que, posteriormente vamos aplicar a nuestro sistema. A continuación emplearemos las reglas de procesamiento, que serán todas aquellas normas de trabajo, es decir, las reglas del juego que deben ser cumplidas de manera adecuada. A continuación realizaremos el análisis a partir de las reglas y normas aplicadas previamente y en último lugar se aplicará todo ello al modelo BIM, creando esa relación que nos permitirá modificar propiedades tanto antes como después del cálculo.

3.1.4 Medir los beneficios del BIM



GRÁFICA 2.3 MADUREZ DEL BIM (BARLISH K, 2012)

En la tabla 2.1 podemos observar como sería el grado de madurez en el caso de querer implantar la filosofía BIM en nuestro entorno de trabajo.

Partiremos de un primer nivel 0. Donde el grado de implantación es nulo; emplearemos herramientas de trabajo en su gran mayoría de CAD, que serán dibujos con líneas, arcos, texto... entre los cuales no habrá relación alguna y nuestras herramientas trabajarán directamente con documentación en papel. Este es el método tradicional de trabajo.

En segundo lugar tendremos el nivel 1; donde comenzaremos con el trabajo en 2D y 3D y con el empleo de nuevas herramientas como el CPIC o el AVANTI que nos ayudarán al trabajo colaborativo en pequeña medida y por lo tanto, a partir de estos programas y las guías de usuarios podremos crear modelos, objetos y crearemos relaciones de colaboración entre ellos. Se crearán archivos basados en la colaboración entre sí. Este tipo de trabajos se contemplan en la norma BS 1192:2007 que tratará sobre la colaboración de la información de la arquitectura, ingeniería y construcción y su buena práctica.

En el segundo nivel aparecerá el empleo de diferentes plataformas que participen de la filosofía BIM. Entre ellas el BIM para la arquitectura, estructura o instalaciones. Donde ya no solo participarán de una colaboración directa entre los distintos programas sino que serán capaces de poseer librerías de control comunes, en las que se almacenará información de la construcción.

En un último nivel de madurez ya avanzada; tendremos el iBIM, es decir; se emplearán herramientas BIM que integren todos los datos, procesos y definiciones necesarias para controlar toda la información a partir de una colaboración integrada y creando una interoperabilidad completa entre los datos de proyectos; creando una única bases de datos común en la que se irá introduciendo información en diferentes formatos respetando las propiedades de bidireccionalidad y parametrización que son propias de esta filosofía. Pudiendo crear un sistema conectado incluso mediante servidores web que permita su trabajo desde diferentes localizaciones.

## **3.2 Estudio mercado**

---

Encontramos únicamente dos programas en el mercado que relacionan herramientas de trabajo BIM con el cálculo acústico aplicado. El primero de los programas tiene relación directa con el tema de aplicación; mientras que el segundo programa nos aportará información acústica pero que no estará directamente relacionada con la información que nosotros pretendemos obtener. Existen muchos programas de cálculo acústico que se relacionan con la normativa de obligado cumplimiento, pero que no tienen una relación directa con la filosofía BIM y no pueden ser empleados en un entorno de trabajo de estas características. Por lo que los rechazamos y únicamente aportamos aquellos que tienen una relación directa o una intención de convertirse en programas dentro de un modelo BIM.

### **3.2.1 Estudio de las características comerciales del programa CYPECAD MEP**

---

- **Nombre**  
CYPE Ingenieros versión 2012 - Instalaciones del edificio (CYPECAD MEP)
- **Descripción del producto o servicio**  
Programa de Cumplimiento del CTE-DB-HR por el Método general. Importación de modelo BIM en formato Industry Foundation Classes (IFC).
- **Precio**  
214,20 € (a fecha 18-03-2013)
- **Imagen**  
CYPE es una empresa reconocida a nivel internacional que realiza programas de cálculo para la edificación. Con buena aceptación por gran parte de los usuarios.

### **3.2.2 Estudio de las características comerciales del programa ECOTEC Analysis 2011**

---

- **Nombre**  
Ecotec Analysis 2011
- **Descripción del producto o servicio:**  
Programa de cálculo energético y acústico. Simulación acústica en edificios, a partir de una fuente sonora. Importación de modelo BIM en formato Green Building XML (gbXML).
- **Precio**  
- 500 € (a fecha 18-03-2013)
- **Imagen**  
Es un programa de Autodesk, y por ello, la exportación es más precisa y poseen una gran aceptación por los usuarios.

## 4. ANÁLISIS

### 4.1 Estudio de las exigencias del CTE-DB-HR

Para el estudio de las exigencias hemos desarrollado las siguientes tablas en las que mostramos todos aquellos parámetros que debemos conocer para resolver de manera satisfactoria el estudio acústico según la normativa en vigor en el territorio español.

A partir de ello; configuramos las tablas, diferenciando entre aquellos parámetros que obtenemos del cálculo de ensayos in situ o a partir de la geometría del edificio. Y por otro lado los parámetros que obtenemos de a partir de ensayos de laboratorio y que; por tanto viene fijados en el programa de cálculo acústico y son independientes de la geometría del edificio.

Leyenda cromática

Programa de cálculo geométrico	
Programa de cálculo acústico	

TABLA 4.1

A partir de la leyenda cromática seremos capaces de reconocer qué parámetros se deberán ajustar en el programa de cálculo y cuáles de ellos dependerán únicamente del cálculo geométrico. Todo ello nos permitirá conocer de manera eficaz todos los parámetros que intervienen en el cálculo acústico y ello nos proporcionará una mejor visión para acometer el cálculo con pleno conocimiento de los parámetros que intervienen.

Tiempo de reverberación

T tiempo de reverberación [s]	V volumen del recinto, m <sup>3</sup>		Obtenido en los ensayos in situ	
	A absorción acústica total del recinto, m <sup>2</sup>	$\alpha_{m,i}$ coeficiente de absorción acústica medio de cada paramento, para bandas de tercio de octava centradas en las frecuencias de 500, 1000 y 2000Hz		Obtenido a partir de ensayos de laboratorio
		$S_i$ área de paramento cuyo coeficiente de absorción es $\alpha_i$ [m <sup>2</sup> ]		Obtenido en los ensayos in situ
		$A_{o,m,j}$ área de absorción acústica equivalente media de cada mueble fijo absorbente diferente [m <sup>2</sup> ]		Obtenido en los ensayos in situ
		$m_m$ coeficiente de absorción acústica medio en el aire, para frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz y de valor 0,006[m <sup>-1</sup> ]		Obtenido a partir de ensayos de laboratorio

TABLA 4.2

Aislamiento acústico a ruidos aéreo entre recintos interiores

$D_{nT,A}$ Diferencia de niveles estandarizada, [dBA]	$V$ Volumen del recinto receptor, [m3]		Recinto cálculo	
	$S_S$ Área compartida del elemento de separación, [m2]		Superficie de cálculo	
	$A, R'_A$ Índice global de reducción acústica aparente, ponderado en A [dBA]	$n$ , número de elementos de flanco del recinto		Valor obtenido a partir de los datos de ensayo
		$A_0$ , área absorción equivalente de referencia, de valor $A_0 = 10m^2$		Valor obtenido a partir de los datos de ensayo
		$R_{Dd,A}$ , índice global de reducción acústica para la transmisión directa [dB]	$R_{S,A}$ , índice global de reducción acústica	Valor obtenido de ensayos acústicos
			$\Delta R_{Dd,A}$ , mejora del índice global de reducción acústica	Valor obtenido de laboratorio
		$R_{Ff,A}$ , índice global de reducción acústica para la transmisión indirecta, del camino Ff [dB]	$R_{F,A}$ , índice global de reducción acústica del elemento del flanco F	Valor obtenido de ensayos acústicos a partir del tipo de unión
			$\Delta R_{Ff,A}$ , mejora del índice global de reducción acústica,	Valor obtenido de laboratorio
		$R_{Df,A}$ , índice global de reducción acústica para la transmisión indirecta, del camino Df [dB]	$R_{f,A}$ , índice global de reducción acústica del elemento del flanco f	Valor obtenido de ensayos acústicos a partir del tipo de unión
			$\Delta R_{Df,A}$ , mejora del índice global de reducción acústica	Valor obtenido de laboratorio
		$R_{Fd,A}$ , índice global de reducción acústica para la transmisión indirecta, del camino Fd, [dB]	$\Delta R_{Fd,A}$ , mejora del índice global de reducción acústica	Valor obtenido de laboratorio
			$K_{ij}$ , índice de reducción de vibraciones para el camino por flancos ij	Valor obtenido de ensayos acústicos a partir del tipo de unión
		$D_{n,ai,A}$ , diferencia de nivel normalizado, ponderado A, para la transmisión del ruido aéreo por vía directa.	$l_f$ , longitud común de la arista de unión entre el elemento de separación y los elementos de flancos F y f,	Valor obtenido de ensayos acústicos a partir del tipo de unión
			$l_0$ , longitud de la arista de unión de referencia, de valor $l_0 = 1m$	Valor obtenido de ensayos acústicos a partir del tipo de unión
			$S_0$ , área del aireador $m^2$	Se obtiene a partir de mediciones in situ

TABLA 4.3

Aislamiento acústico a ruido en fachadas TABLA 4.4

$D_{2m,nT,A}$ expresará el aislamiento entre un recinto y el exterior [dBA]	$V$ Volumen del recinto receptor, [m3]		Recinto cálculo	
	$S_S$ Área compartida del elemento de separación, [m2]		Superficie de cálculo	
	$T_0$ tiempo de reverberación de referencia, su valor es $T_0 = 0,5s$		Valor dado	
	$\Delta L_{fs}$ mejora de aislamiento o diferencia de niveles por la forma de fachada, sólo aplicable en caso de ruido ferroviario o de automóviles.		Valor dado	
	$A, R'_A$ Índice global de reducción acústica aparente, ponderado en A [dBA]	$n$ , número de elementos de flanco del recinto		Valor obtenido a partir de ensayos
		$A_0$ , área absorción equivalente de referencia, de valor $A_0 = 10m^2$		Valor obtenido a partir de los datos de ensayo
		$R_{Dd,A}$ , índice global de reducción acústica para la transmisión directa [dB]	$R_{S,A}$ , índice global de reducción acústica	Valor obtenido de ensayos acústicos
			$\Delta R_{Dd,A}$ , mejora del índice global de reducción acústica	Valor obtenido de laboratorio
		$R_{Ff,A}$ , índice global de reducción acústica para la transmisión indirecta, del camino Ff [dB]	$R_{m,A}$ , índice global de reducción acústica del elemento constructivo mixto	Valor obtenido de ensayos acústicos
			$R_{F,A}$ , índice global de reducción acústica del elemento del flanco F	Valor obtenido de ensayos acústicos a partir del tipo de unión
			$\Delta R_{Ff,A}$ , mejora del índice global de reducción acústica,	Valor obtenido de laboratorio
		$R_{Df,A}$ , índice global de reducción acústica para la transmisión indirecta, del camino Df [dB]	$R_{f,A}$ , índice global de reducción acústica del elemento del flanco f	Valor obtenido de ensayos acústicos a partir del tipo de unión
			$\Delta R_{Df,A}$ , mejora del índice global de reducción acústica	Valor obtenido de laboratorio
		$R_{Fd,A}$ , índice global de reducción acústica para la transmisión indirecta, del camino Fd, [dB]	$\Delta R_{Fd,A}$ , mejora del índice global de reducción acústica	Valor obtenido de laboratorio
			$K_{ij}$ , índice de reducción de vibraciones para el camino por flancos ij	Valor obtenido de ensayos acústicos a partir del tipo de unión
$D_{n,ai,A}$ diferencia de nivel normalizado, ponderado A, para la transmisión del ruido aéreo por vía directa.		$l_f$ , longitud común de la arista de unión entre el elemento de separación y los elementos de flancos F y f,	Valor obtenido de ensayos acústicos a partir del tipo de unión	
		$l_0$ , longitud de la arista de unión de referencia, de valor $l_0 = 1m$	Valor obtenido de ensayos acústicos a partir del tipo de unión	
		$S_0$ , área del aireador $m^2$	Se obtiene de mediciones in situ	

Aislamiento acústico a ruido de impactos

<p><math>L'_{nT,w}</math> expresa el aislamiento acústico a ruido de impactos entre recintos o in situ</p>	<p><math>V</math> volumen del recinto receptor, <math>m^3</math></p>		<p>Recinto cálculo</p>	
	<p><math>l_0</math> longitud común de la arista de unión referencia de valor 1m, m</p>		<p>Valor obtenido en los ensayos</p>	
	<p><math>L_{n,w,d}</math> nivel global de presión de ruido de impactos normalizado, debido a la transmisión directa</p>	<p><math>L_{n,w}</math> nivel global de presión de ruido de impactos normalizado</p>	<p>Valor obtenido de laboratorio</p>	
		<p><math>\Delta L_w</math> reducción de nivel global de presión de ruido de impactos por revestimiento del lado de la emisión</p>	<p>Valor obtenido de laboratorio</p>	
		<p><math>\Delta L_{d,w}</math> reducción del nivel global de presión de ruido de impactos por revestimiento del lado de la recepción</p>	<p>Valor obtenido de laboratorio</p>	
	<p><math>L'_{n,w}</math> índice global de presión de ruido de impactos normalizado, dB</p>	<p><math>L_{n,w,ij}</math> nivel global de presión de ruido de impactos normalizados debido a la transmisión indirecta o por flancos</p>	<p><math>A, R_A</math> índice global de reducción acústica de un elemento, ponderado A</p>	<p>Valor obtenido de laboratorio</p>
			<p><math>\Delta R_{j,A}</math> mejora del índice global de reducción acústica por revestimiento del elemento j</p>	<p>Valor obtenido de laboratorio</p>
			<p><math>K_{ij}</math> índice de reducción de vibraciones para cada camino de transmisión del elemento i al j</p>	<p>Valor obtenido de laboratorio</p>
			<p><math>S_i</math> área del elemento excitado <math>m^2</math></p>	<p>Superficie de cálculo</p>
			<p><math>l_{ij}</math> longitud común de la arista de unión entre el elemento i y el j, m</p>	<p>Valor obtenido en los ensayos in situ</p>
	<p><math>l_0</math> longitud común de la arista de unión referencia</p>	<p>Valor dado</p>		

TABLA 4.5

## 4.2 Estudio del programa CYPE Ingenieros Versión 2012 – Instalaciones del edificio

El software CYPECAD MEP ha sido creado por la empresa CYPE Ingenieros; siendo el primer software capaz de analizar el cumplimiento del DB-HR del CTE según la opción general de cálculo descrita en ese mismo documento; ofreciendo el cálculo y la justificación de las exigencias acústicas impuestas en el CTE; mediante la opción general de cálculo propuesta, permitiendo mayor libertad en el uso de las diferentes soluciones constructivas: Importando geometrías reales del edificio desde programas de dibujo gráfico y 3D.

En los puntos siguientes iremos desgranando y redifiniendo las descripciones que obtenemos de la documentación de CYPE; en el Anexo I aparece toda la documentación y planos empleados para la generación de este apartado.

### 4.2.1 Modelo de cálculo previo para el análisis realizado con el CYPECAD MEP para el CTE DB HR

#### Análisis a partir de la forma del edificio

Según el empresa CYPE: “El programa realiza la verificación del aislamiento acústico según el DB HR analizando la forma real del edificio, y calculando automáticamente todas las transmisiones acústicas indirectas producidas en cada flanco de unión entre elementos constructivos; y no basándose en modelos geométricos simplificados y claramente irreales de los recintos del edificio.”

Dentro de esta definición de la empresa CYPE, cabe destacar que para realizar nuestra exportación de un modelo al programa de instalaciones del edificio CYPECAD MEP, deberemos pasar por una exportación previa en formato IFC, y de este formato CYPE únicamente empleará la geometría y, esta geometría, planteará ciertos problemas debido a que no existe aún una compatibilidad plena entre los programas que emplean la filosofía BIM y el formato IFC. Por tanto, aún no seremos capaces de crear modelos geométricos que se exporten de manera adecuada.

#### La introducción de datos

Según nos indica CYPE: “para realizar el cálculo acústico, el programa aprovecha la definición geométrica del edificio, por lo que será el único modelo del edificio” pero no mantiene las relaciones de bidireccionalidad, que son características de la filosofía BIM, dado que no existe un proceso inverso de retorno al modelo de definición geométrico, que se importa “desde ficheros IFC generados por programas CAD/BIM, y se empleará para justificar todas las exigencias básicas del CTE implementadas en CYPECAD MEP, sirviendo también para la exportación a los programas oficiales de certificación energética LIDER y CALENER.”

Para ello, el programa CYPECAD MEP requerirá los siguientes datos:

- **Tipo de proyecto**  
Si son viviendas residenciales, unifamiliares, lineares, en torre; edificios singulares de diversas tipologías como son el cultural, administrativo o deportivo. Por lo tanto, ello producirá una reinserción de datos, perdiendo la parametrización propia de la filosofía BIM; puesto que estos datos deberían definirse en el proyecto previo.
- **Unidades de uso**  
La definición de las unidades de uso (tipos y número de viviendas; y número de dormitorios, baños, aseos, locales y oficinas). Estos datos ya vienen dados en otras herramientas BIM y debemos reinsertarlos.
- **Índice de ruido día  $L_d$  (cuando se ha seleccionado la comprobación con el DB HR)**  
Para el cálculo del aislamiento acústico a ruido aéreo exterior, el programa solicita el índice de ruido día ( $L_d$ ) de la zona donde se ubica el edificio. El programa CYPECAD MEP ofrece información para obtener este valor.
- **Tipo de ruido exterior dominante (cuando se ha seleccionado la comprobación con el DB HR)**  
Será de tipo de ruido ferroviario, automóviles o aeronaves.
- **Elementos constructivos**  
En el programa CYPECAD MEP debemos introducir nuevamente la definición de los elementos constructivos, dado que no se conservan los materiales del fichero en IFC. Lo que produce una nueva duplicidad en la información para nuestro modelo BIM.
- **Posicionamiento**  
Será manual, utilizando plantillas de ficheros de dibujo en formato DXF, DWG, JPEG, JPG, BMP. Por lo tanto, nuevamente es necesaria la reintroducción de datos en el modelo.

Para la creación de los cerramientos, el programa recurre al Catálogo de Elementos Constructivos, además de la generación de sus propios cerramientos. Pudiendo crear y modificar los cerramientos existentes en a base de datos de CYPECAD MEP. Y serán cerramientos independientes a los diseñados en el modelo BIM.

### Definición de recintos

Las unidades de uso han de asignarse a grupos de recintos para que el programa conozca qué recintos pertenecen a cada vivienda, local comercial, oficina, etc. A las zonas comunes no se les asigna ninguna unidad de ocupación. Todo ello ya se ha realizado previamente en el instrumento de desarrollo BIM. Por lo tanto tenemos que reelaborar un trabajo ya realizado previamente.

#### 4.2.2 Generación de resultados y listados obtenidos con el CYPECAD MEP para el CTE DB HR

##### Fichas justificativas de la opción general

Se obtienen las fichas justificativas de la opción general de aislamiento acústico (Anejo K CTE DB HR), con los valores encontrados en el edificio para cada combinación distinta de tipos de recinto, así como para los recintos con medianeras y con fachadas, cubiertas y suelos expuestos al exterior según CYPE.

##### Resultados detallados de los recintos receptores

Podremos obtener con CYPE los siguientes listados:

- Ruido aéreo interior.
- Ruido de impactos.
- Ruido exterior
- Ruido en medianeras
- Ruido de maquinaria y equipos
- Reverberación

Estos listados detallan cada paso del método de cálculo, mostrando los datos de entrada de los elementos separadores y de flancos, y los cálculos de cada contribución acústica, hasta la obtención del resultado final a cumplimentar en las fichas justificativas. Están organizados de manera similar a la herramienta oficial en Excel del Ministerio de Vivienda, por lo que, en los casos sencillos que dicha herramienta soporta, la comprobación de los cálculos es directa.

##### Resultados de cada arista

Según apreciamos en el programa CYPECAD MEP, existe la opción de mostrar información de cada arista calculada en las uniones entre elementos constructivos. Esta se visualiza en pantalla al situar el cursor sobre las aristas esquematizadas dibujadas junto a los elementos constructivos. Se muestra información sobre la forma de la unión, real y asimilada a uno de los modelos descritos en el Anejo D del DB HR, y los caminos acústicos procesados, con los valores de los índices de reducción vibracional,  $K_{ij}$ , y los índices globales de reducción acústica y nivel de presión de ruido de impactos para cada transmisión indirecta,  $RD_f$ ,  $RF_d$ ,  $RF_f$ ,  $LD_f$ .

##### Planos de aislamiento acústico

En los planos se representan los separadores verticales y horizontales de los cálculos más desfavorables de aislamiento a ruido aéreo entre recintos y procedente del exterior, coincidiendo con los resultados del estudio acústico del edificio que genera el programa. En el plano se sitúan las zonas acústicamente más desfavorables del edificio, así como los equipos productores de ruido y las distancias consideradas entre éstos y los recintos receptores según podremos ver en CYPE.

##### Exportación a ficheros en formato IFC

“CYPECAD MEP permite la exportación de los elementos constructivos introducidos y de las instalaciones dimensionadas a un fichero en formato IFC (Industry Foundation Classes). De este modo, la información introducida y generada en CYPECAD MEP podrá leerse en programas CAD/BIM como Allplan, Archicad, Revit Architecture.”(CYPE)  
Que, como hemos indicado previamente, aún no se logra realizar de una manera satisfactoria, sino que se exporta con fallos propios del sistema IFC; por lo que la bidireccionalidad no queda conseguida de manera adecuada y no se crea un entorno de trabajo bidireccional sino que los flujos de trabajo son unidireccionales.

**4.2.3 Estudio analítico del cumplimiento según CYPECAD MEP para el CTE DB HR**

A partir del desarrollo de un modelo en el programa Autodesk Revit de Autodesk con el programa CYPECAD MEP, que se encuentra en el Anexo. Podemos reelaborar las siguientes tablas, extraídas del documento básico CTE DB HR que se encuentra en el punto 4.1 del presente documento.

*Aislamiento acústico a ruidos aéreo entre recintos interiores*

$D_{nT,A}$ Diferencia de niveles estandarizada, [dBA]	$V$ Volumen del recinto receptor, [m3]		Se obtiene del fichero en formato IFC		
	$S_S$ Área compartida del elemento de separación, [m2]		De fichero IFC		
	$A, R'_A$ Índice global de reducción acústica aparente, ponderado en A [dBA]	$n$ , número de elementos de flanco del recinto		De fichero IFC	
		$A_0$ , área absorción equivalente de referencia, de valor $A_0 = 10m^2$		Proporciona el programa CYPE	
		$R_{Dd,A}$ , índice global de reducción acústica para la transmisión directa [dB]	$R_{S,A}$ , índice global de reducción acústica		Programa CYPE
			$\Delta R_{Dd,A}$ , mejora del índice global de reducción acústica		Programa CYPE
		$R_{Ff,A}$ , índice global de reducción acústica para la transmisión indirecta, del camino Ff [dB]	$R_{F,A}$ , índice global de reducción acústica del elemento del flanco F		Programa CYPE
			$\Delta R_{Ff,A}$ , mejora del índice global de reducción acústica,		Programa CYPE
		$R_{Df,A}$ , índice global de reducción acústica para la transmisión indirecta, del camino Df [dB]	$R_{f,A}$ , índice global de reducción acústica del elemento del flanco f		Programa CYPE
			$\Delta R_{Df,A}$ , mejora del índice global de reducción acústica		Programa CYPE
		$R_{Fd,A}$ , índice global de reducción acústica para la transmisión indirecta, del camino Fd, [dB]	$\Delta R_{Fd,A}$ , mejora del índice global de reducción acústica		Programa CYPE
			$K_{ij}$ , índice de reducción de vibraciones para el camino por flancos ij		Programa CYPE
		$D_{n,ai,A}$ , diferencia de nivel normalizado, ponderado A, para la transmisión del ruido aéreo por vía directa.	$l_f$ , longitud común de la arista de unión entre el elemento de separación y los elementos de flancos F y f,		De fichero IFC
			$l_0$ , longitud de la arista de unión de referencia, de valor $l_0 = 1m$		De fichero IFC
$S_0$ , área del aireador $m^2$			De fichero IFC		

TABLA 4.6

Aislamiento acústico a ruido en fachadas

$D_{2m,nT,A}$ expresará el aislamiento entre un recinto y el exterior [dBA]	$V$ Volumen del recinto receptor, [m3]		Se obtiene del fichero en formato IFC		
	$S_s$ Área compartida del elemento de separación, [m2]		De fichero IFC		
	$T_0$ tiempo de reverberación de referencia, su valor es $T_0 = 0,5s$		Proporciona el programa CYPE		
	$\Delta L_{fs}$ mejora de aislamiento o diferencia de niveles por la forma de fachada, sólo aplicable en caso de ruido ferroviario o de automóviles.		De fichero IFC		
	$A, R'_A$ Índice global de reducción acústica aparente, ponderado en A [dBA]	$n$ , número de elementos de flanco del recinto		De fichero IFC	
		$A_0$ , área absorción equivalente de referencia, de valor $A_0 = 10m^2$		Programa CYPE	
		$R_{Dd,A}$ , índice global de reducción acústica para la transmisión directa [dB]	$R_{S,A}$ , índice global de reducción acústica		Programa CYPE
			$\Delta R_{Dd,A}$ , mejora del índice global de reducción acústica		Programa CYPE
		$R_{Ff,A}$ , índice global de reducción acústica para la transmisión indirecta, del camino Ff [dB]	$R_{m,A}$ , índice global de reducción acústica del elemento constructivo mixto		Programa CYPE
			$R_{F,A}$ , índice global de reducción acústica del elemento del flanco F		Programa CYPE
			$\Delta R_{Ff,A}$ , mejora del índice global de reducción acústica,		Programa CYPE
		$R_{Df,A}$ , índice global de reducción acústica para la transmisión indirecta, del camino Df [dB]	$R_{f,A}$ , índice global de reducción acústica del elemento del flanco f		Programa CYPE
			$\Delta R_{Df,A}$ , mejora del índice global de reducción acústica		Programa CYPE
		$R_{Fd,A}$ , índice global de reducción acústica para la transmisión indirecta, del camino Fd, [dB]	$\Delta R_{Fd,A}$ , mejora del índice global de reducción acústica		Programa CYPE
			$K_{ij}$ , índice de reducción de vibraciones para el camino por flancos ij		Programa CYPE
$D_{n,ai,A}$ , diferencia de nivel normalizado, ponderado A, para la transmisión del ruido aéreo por vía directa.		$l_f$ , longitud común de la arista de unión entre el elemento de separación y los elementos de flancos F y f,		De fichero IFC	
		$l_0$ , longitud de la arista de unión de referencia, de valor $l_0 = 1m$		De fichero IFC	
		$S_0$ , área del aireador $m^2$		De fichero IFC	

TABLA 4.7

Aislamiento acústico a ruido de impactos

$L'_{nT,w}$ expresa el aislamiento acústico a ruido de impactos entre recintos o in situ	$V$ volumen del recinto receptor, $m^3$		Se obtiene del fichero en formato IFC	
	$l_0$ longitud común de la arista de unión referencia de valor 1m, m		De fichero IFC	
	$L'_{n,w,d}$ nivel global de presión de ruido de impactos normalizado, debido a la transmisión directa	$L_{n,w}$ nivel global de presión de ruido de impactos normalizado	$\Delta L_w$ reducción de nivel global de presión de ruido de impactos por revestimiento del lado de la emisión	Proporciona el programa CYPE
			$\Delta L_{d,w}$ reducción del nivel global de presión de ruido de impactos por revestimiento del lado de la recepción	Programa CYPE
			$A, R_A$ índice global de reducción acústica de un elemento, ponderado A	Programa CYPE
	$L'_{n,w}$ índice global de presión de ruido de impactos normalizado, dB	$L_{n,w,ij}$ nivel global de presión de ruido de impactos normalizados debido a la transmisión indirecta o por flancos	$\Delta R_{j,A}$ mejora del índice global de reducción acústica por revestimiento del elemento j	Programa CYPE
			$K_{ij}$ índice de reducción de vibraciones para cada camino de transmisión del elemento i al j	Programa CYPE
			$S_i$ área del elemento excitado $m^2$	De fichero IFC
			$l_{ij}$ longitud común de la arista de unión entre el elemento i y el j, m	De fichero IFC
			$l_0$ longitud común de la arista de unión referencia	De fichero IFC

TABLA 4.8

Tiempo de reverberación

$T$ tiempo de reverberación [s]	$V$ volumen del recinto, $m^3$		De fichero IFC
	$A$ absorción acústica total del recinto, $m^2$	$\alpha_{m,i}$ coeficiente de absorción acústica medio de cada paramento, para bandas de tercio de octava centradas en las frecuencias de 500, 1000 y 2000Hz	Programa CYPE
		$S_i$ área de paramento cuyo coeficiente de absorción es $\alpha_i$ [ $m^2$ ]	De fichero IFC
		$A_{o,m,j}$ área de absorción acústica equivalente media de cada mueble fijo absorbente diferente [ $m^2$ ]	De fichero IFC
	$m_m$ coeficiente de absorción acústica medio en el aire, para frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz y de valor 0,006 [ $m^{-1}$ ]	Programa CYPE	

TABLA 4.9

#### **4.2.4 Estudio de las ventajas de CYPECAD MEP para el CTE DB HR**

##### *Facilidad de aprendizaje y manejo*

*Para el aprendizaje del programa CYPECAD MEP no es necesaria una formación compleja; sino que, a partir de sencillos tutoriales seremos capaces de manejarlo de manera adecuada y productiva. Su manejo parte de una interfaz sencilla e intuitiva; que además es perfectamente compatible con todos los demás programas de CYPE. Por lo que, entendemos que esto se presenta como una ventaja ya que gran parte de los programas de cálculo y diseño poseen interfaces complejas y tutoriales extensos y teóricos que no permiten la adaptación al público en general; dado que exigen una formación importante para realizar el cálculo en cuestión.*

##### *Optimización de tiempo para la elaboración de cumplimiento de normativa*

*El programa nos proporciona un informe ya preparado para el cumplimiento del CTE-DB-HR, según el método general; como los que se exigen en los diferentes anexos de la normativa. Este es un informe con información depurada en la que podemos observar todas las exigencias del método general; y que nos será útil para su presentación frente a la administración competente. Los análisis e indicadores están acotados al cumplimiento de la norma; por lo que la documentación obtenida nos ofrecerá aquella información exigida en el CTE. La salida de datos está preparada a modo de informe, de manera completa y requiere poco tratamiento para incluirla en un informe en A4 conforme a los informes de presentación de documentación para su cumplimiento en cuanto a la normativa de aplicación se refiere.*

##### *Facilidad de extracción de informes*

*Permite la extracción de gran cantidad de informes; ya sean de materiales o estudio acústico del edificio; como un informe mucho más detallado que el informe del CTE; y que nos puede ser de gran utilidad en las fases del diseño de nuestro edificio. Estos informes alternativos nos proporcionan toda aquella información que hemos introducido en el programa CYPECAD MEP además de permitirnos resolver aquellos problemas o inconvenientes de nuestra obra; de manera precisa y adecuada.*

##### *Permite el cálculo acústico de transmisión indirectas*

*Permite el cálculo de las transmisiones indirectas acústicas; sin duda; esta es al gran diferencia entre el cálculo por el método general y el método simplificado; el cálculo de las transmisiones indirectas también se convierte en el hándicap a superar para obtener una documentación real del acondicionamiento acústico de un edificio. En este programa se desarrolla el cálculo de las mismas, a partir de soluciones ya conocidas como son el Catálogo de Elementos Constructivos o los propios cálculos que se encuentran en la base de datos de CYPE para sus soluciones constructivas.*

##### *Exportación de geometría concreta*

*Mantiene datos geométricos concretos, reconociendo las alturas y plantas de proyecto en Autodesk Revit Architecture. Lo que nos permite la exportación de nuestro modelo geométrico en formato IFC para que pueda ser empleado en el programa CYPECAD MEP; y así conseguir una reducción en la inserción de información y lograr también; el cumplimiento de las exigencias en cuanto a un único modelo geométrico de información.*

#### 4.2.5 Estudio de los inconvenientes de CYPECAD MEP para el CTE DB HR

##### Fallos en la exportación de ficheros mediante IFC

Para relacionar el modelo arquitectónico, el CYPECAD MEP importa los ficheros desde el IFC; y dado que este sistema de importación aún provoca ciertos fallos en su importación. No es capaz de exportar de manera correcta geometrías complejas. Por lo tanto los ficheros IFC aún provocan ciertos desajustes en la información de proyecto, que provoca la falta o error en la información que recopila.

##### Duplicidad en la introducción de información de proyecto

Al exportar nuestro modelo al formato IFC; conserva gran parte de la información de nuestro proyecto; pero al importarlo en CYPECAD MEP, el programa de cálculo acústico únicamente recopila la información geométrica del modelo, a veces con fallos, por lo tanto; convierta nuestra herramienta de trabajo BIM, en una herramienta de modelado 3D como muchas de las que existen en el mercado. Perdiendo gran parte de las propiedades que son propias de esta filosofía. Entre otros, para el cálculo acústico, que es lo que nos ocupa:

- No importa la información sobre los materiales, sino que toda aquella información que nosotros introducimos en Revit debe introducirse de nuevo en el programa. Con las posibles variaciones en información, debido al uso de diferentes bases de datos. Desde CYPE Ingenieros justifican esto de la siguiente manera:

"De este modo, no se sobrecarga al usuario de Revit® Architecture con la obligación de realizar una descripción detallada de cada elemento, y se consigue una separación efectiva entre las fases de diseño y la de especificación técnica de cada componente. La selección de los materiales se realiza a partir de la biblioteca de Instalaciones del edificio, que dispone de los materiales de la biblioteca de LIDER, con lo que no es necesario incluir la justificación de las características de los materiales empleados a la hora de obtener el documento justificativo del cumplimiento del DB HE 1." CYPE Ingenieros

Lo cual contradice los principios del BIM, ya que proponen una duplicidad en la información sin un camino claro de retorno de la misma. Además de proponer una justificación incoherente con la filosofía de trabajo.

- Se debe introducir de nuevo la información de proyecto, por lo que debemos introducir todos aquellos datos que lo definen, es decir; tipo de edificación, director de obra, ejecución, etc.
- Se debe introducir de nuevo la ubicación de nuestra edificación; que ya se había configurado previamente.
- Debemos marcar las unidades de uso de nuevo, definiendo cada recinto, que ya lo habíamos hecho previamente en nuestra herramienta de trabajo BIM, en nuestro caso: Autodesk Revit Architecture.

##### Desaparece la bidireccionalidad en el modelo

En definitiva, no existe una relación directa entre proyectos, no es posible vincular ambos programas y por tanto, CYPE se convierte en un programa de salida sin retorno a Revit. Sin duda, parece osado decir que el CYPECAD MEP se implementa en la filosofía BIM de manera adecuada, pues no cumple dos de sus principios fundamentales: bidireccionalidad y parametrización.

#### 4.2.6 Análisis DAFO del CYPECAD MEP con respecto a la normativa CTE DB HR

<b>Fortalezas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilidad de aprendizaje y manejo</li> <li>- Facilidad de extracción de informes</li> <li>- Optimización del trabajo</li> <li>- Cálculo acústico transmisiones indirectas</li> <li>- Exportación de geometrías</li> </ul>	<b>Debilidades</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallos en la exportación</li> <li>- Duplicidad en la información de proyecto</li> <li>- No existe bidireccionalidad</li> </ul>
<b>Oportunidades</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Posibilidad en empleo con paquetes de programas CYPE</li> <li>- Única herramienta de dicho cálculo en la actualidad</li> </ul>	<b>Amenazas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de adaptación a la filosofía BIM lo convierte en una herramienta sin progresión a entornos de trabajo colaborativo</li> </ul>

TABLA 4.10

### 4.3 Estudio del programa Autodesk ECOTEC ANÁLISIS 2011 – Acústica

El ECOTEC ANÁLISIS 2011 de Autodesk es un software de diseño sostenible y análisis; que nos proporciona un gran rango de simulaciones y análisis, además de una amplia funcionalidad a través de las herramientas de trabajo. Es un software de diseño sostenible que aúna el concepto integral y el detalle sostenible a partir de la herramienta de diseño del edificio, como en este caso será el Autodesk Revit Architecture. Ecotec pretende mejorar el rendimiento de los edificios existentes y los nuevos diseños de construcción, además permite visualizar el desempeño de un edificio en el contexto de su entorno y su análisis a partir de simulaciones. Todo ello, unido a la filosofía BIM, en la que pretende implantarse este programa, crea soluciones sostenibles de manera sencilla, para modelos de cualquier tipo de complejidad.

#### 4.3.1 Modelo de cálculo previo para el análisis realizado con el ECOTEC ANÁLISIS para el CTE DB HR

##### Análisis a partir de Green Building Extensible Markup

Según Autodesk, el Green Building Extensible Markup (gbXML) es un programa desarrollado para facilitar de una manera inteligente el intercambio de información; que permite la interoperabilidad integrada entre los modelos de diseño de construcción; con una amplia variedad de herramientas de análisis de ingeniería y arquitectura. Autodesk Green Building Studio se basa en el formato de archivo gbXML para transferir información de forma segura del edificio entre las herramientas de diseño; tales como el Autodesk Revit Architecture y todos los cálculos basados en la construcción de motores de análisis DOE-2.

Este formato será el que emplearemos para su importación de nuestro modelo. Por lo que convertiremos nuestro modelo a formato gbXML y a partir de ello, realizaremos la importación en el programa ECOTEC ANÁLISIS.

##### La introducción de datos

Para el análisis necesitamos la información espacial del modelo; por lo tanto; necesitaremos conocer entre otros, los recintos y los volúmenes que relacionan el edificio; es decir, el estudio geométrico del edificio ligado a la relación entre los recintos. Por otro lado, deberemos conocer qué superficies están expuestas al exterior, además también, del número de huecos, sus dimensiones y orientación. Por tanto, deberemos tener en cuenta que:

- Crearemos el modelo con nuestra herramienta de trabajo, en este caso, a partir de Autodesk Revit Architecture. Podremos comenzar los análisis a partir de modelos simples de nuestro proyecto; no será necesario tener perfectamente definido nuestro edificio, sino que podremos comenzar a modelar y al mismo tiempo comenzar a realizar análisis con el programa ECOTEC ANÁLISIS. Esto nos permitirá comenzar a trabajar de manera bidireccional con ambos programas.
- Deberemos definir en nuestra herramienta de modelado los suelos, techos, cubiertas, además de los muros y ventanas; y estos items serán fundamentales para el desarrollo del cálculo acústico del edificio de una manera detallada. Todo ello proporcionará la información necesaria para realizar los pertinentes análisis de nuestro proyecto. Estas definiciones se realizarán en nuestra herramienta de trabajo BIM, y luego al exportarla en el formato gbXML se mantendrá su información.
- Buscar la manera adecuada de conectar los muros, cubiertas, techos o suelos. De manera que obtengamos una solución constructiva adecuada; será de vital importancia para realizar de manera precisa nuestros análisis; para ello, en nuestra herramienta de modelado definiremos de manera adecuada los diferentes encuentros constructivos para resolver de manera satisfactoria el posterior análisis.

##### Definición de recintos

A partir de la herramienta de trabajo Autodesk Revit, podremos definir los diferentes recintos de nuestro proyecto, incluso agruparlos en grupos de habitaciones, lo que nos permitirá crear una distribución adecuada de recintos; que será exportada al formato gbXML. El Revit Architecture nos permite añadir recintos en el modelo de manera sencilla; que más tarde los emplearemos para realizar la zonificación del proyecto. Todo ello se realizará una única vez, en nuestra herramienta de trabajo; que al exportarla, mantendrá toda la información que le hayamos introducido previamente para evitar la duplicidad en la misma.

#### 4.3.2 Generación de resultados con ECOTEC ANÁLISIS

Generar y mostrar los rayos acústicos y las partículas en un modelo

En esta opción, el ECOTEC ANÁLISIS nos permite generar; a partir de una fuente sonora que se colocará en un recinto, la evolución de los rayos o partículas acústicas; valorando sus decibelios de manera gráfica y analítica. Podremos crear una cantidad de rayos variable y podremos establecer una relación, a tiempo real, entre la emisión de rayos y su evolución en el modelo a partir de su reflexión en las superficies de cálculo.

Rendimiento de reflectores acústicos específicos dentro de un espacio.

ECOTEC ANÁLISIS generará reflectores acústicos en el modelo. Hay que destacar que los reflectores acústicos son similares a la distribución de rayos creada previamente al generar y mostrar los rayos acústicos en un modelo. Sólo difieren en que los objetos que hemos empleado para generar los rayos reflectores se ajustan de manera interactiva y podemos realizar cambios instantáneos sobre el impacto acústico.

Relación de un gráfico estadístico y los tiempos de reverberación

Para la obtención de los tiempos de reverberación previamente se definirá la materialidad de las superficies de estudio en cada recinto; se podrán haber asignado previamente en el programa de trabajo o en el programa ECOTEC ANÁLISIS.

Información contenida en un gráfico de tiempo de reverberación estadística.

Podemos obtener toda la información relacionada con los tiempos de reverberación a partir de las tablas de análisis que emplea el programa de ECOTEC ANÁLISIS. Para ello seleccionaremos la zona de la que queremos conocer su reverberación. El programa calculará la reverberación a partir del volumen geométrico del conjunto y de sus materiales superficiales.

#### 4.3.3 Estudio analítico del cumplimiento según ECOTEC ANÁLISIS para el CTE DB HR

A partir del desarrollo de un modelo en el programa Autodesk Revit de Autodesk con el programa ECOTEC ANÁLISIS. Podemos reelaborar las siguiente tabla, extraída del documento básico CTE DB HR que se encuentra en el punto 4.1 del presente documento.

Tiempo de reverberación

		V volumen del recinto, m <sup>3</sup>	De fichero en formato gbXML
T tiempo de reverberación [s]	A absorción acústica total del recinto, m <sup>2</sup>	$\alpha_{m,i}$ coeficiente de absorción acústica medio de cada paramento, para bandas de tercio de octava centradas en las frecuencias de 500, 1000 y 2000Hz	Programa ECOTEC ANÁLISIS
		$S_i$ área de paramento cuyo coeficiente de absorción es $\alpha_i$ [m <sup>2</sup> ]	Programa ECOTEC
		$A_{o,m,j}$ área de absorción acústica equivalente media de cada mueble fijo absorbente diferente [m <sup>2</sup> ]	Programa ECOTEC
		$m_m$ coeficiente de absorción acústica medio en el aire, para frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz y de valor 0,006[m <sup>-1</sup> ]	Programa ECOTEC

TABLA 4.11

#### **4.3.4 Estudio de las ventajas de ECOTEC ANÁLISIS para el CTE DB HR**

##### *Estudio complejo del comportamiento de los recintos*

*Es un programa de estudio acústico completo de recintos; es decir, analiza la respuesta acústica de recintos interiores en cuanto a distribución de sonido y tiempo de reverberación, tanto gráfica como numéricamente. Nos aporta información detallada acerca de los tiempos de reverberación y el comportamiento de los recintos frente a una fuente sonora. Todo ello proporciona un estudio detallado del comportamiento que es de gran utilidad en espacios que requieren de una información abundante y detallada.*

##### *Posibilidad de analizar geometrías complejas*

*Programa muy potente en la interpretación de geometrías, el intercambio se puede hacer en varios formatos y casi todos sin pérdida de información. Una de sus grandes ventajas, como en el resto de módulos además de acústica, es la posibilidad de incluir edificios exteriores con geometrías reales y poder establecer los orígenes reales de los generadores de ruido. Lo que propicia que este se convierta en un programa que nos permitirá resolver el comportamiento acústico en edificios singulares concretos.*

##### *Posibilidad de generar simulaciones*

*Es un programa muy visual que nos permite contemplar el crecimiento, modos y ondas de una manera gráfica; para así poder actuar de manera adecuada en la intervención y comprender de manera directa, el comportamiento de la sala de estudio frente a las diferentes situaciones acústicas que le planteamos. Por lo que nos propone un estudio a partir de simulaciones y podemos comprender, de manera directa; el comportamiento de las ondas con respecto a la geometría que hemos empleado en la edificación.*

##### *Documentación amplia y detallada*

*Los datos se pueden exportar también en diversos formatos y pueden ser muy extensos; dado que la información que aportamos al proyecto es amplia, puesto que este programa permite un estudio en profundidad del modelo. La cantidad de documentación que podemos extraer dependerá de la geometría y la cantidad de estudios que realicemos sobre el modelo. La salida de datos será amplia y detallada; de una manera genérica.*

##### *Gran potencia de análisis*

*Es muy potente y admite una analítica muy precisa, ya que su motor de cálculo está preparado para resolver situaciones complejas de manera satisfactoria. Permite el estudio a tiempo real del comportamiento de un modelo frente a situaciones acústicas diferentes; nos permite realizar un análisis en profundidad de geometrías complejas.*

##### *Estudios acústicos concretos*

*Es muy útil para estudios acústicos concretos, pero siempre para realizar estudios de manera concreta y pormenorizada; y obtener datos particulares en un caso singular; aportando información adecuada y extensa acerca del caso en cuestión. Es una herramienta que permite obtener gran cantidad de información y que permite el análisis de cualquier tipo de geometría.*

**4.3.5 Estudio de los inconvenientes de ECOTEC ANÁLISIS para el CTE DB HR**

*Programa complejo*

Es un programa complejo, difícil de manejar si no se poseen conocimientos previos; por lo que este programa no está concebido para el público en general sino que está diseñado para personas con conocimientos previos en los campos de estudio. La documentación que no proporciona además de su capacidad de cálculo dependen, en parte, pde ser analizadas por una persona con conocimientos en el campo de estudios.

*Salida de datos compleja*

La salida de datos es muy general y se debe ajustar y tratar mucho para lograr informes en A4 de nuestro proyecto, debido al exceso de información y a su carencia de formatos regulados por la normativa; por lo tanto, el trabajo posterior a la recopilación se torna extenso. Debemos ser capaces de depurar y conseguir una información acerca de los parámetros que consideramos de interés. Esta se convierte en una labor larga y dificultosa de transcripción de datos.

*No tiene vinculación con la normativa*

No realiza un estudio conforme a la normativa, sino que emplea un modo diferente de trabajo, por lo que los resultados deben posteriormente traducirse para conseguir el cumplimiento del CTE-DB-HR. Lo que genera un trabajo ciertamente costoso y posiblemente poco efectivo. Es un programa independiente de normativa; es meramente un programa de cálculo, que puede ser empleado para resolver situaciones, pero que no se propone como una justificación normativa.

*No realiza el cálculo acústico a ruido aéreo y a ruido de impactos*

En cuanto a su viabilidad real para la resolución de los problemas que plantea nuestra normativa de acústica CTE-DB-HR el programa no realiza cálculos acústicos a ruido aéreo y de impactos, sino que debemos tratar la información que nos ofrece para lograr aproximarnos en cierta manera a la normativa.

*Exceso de información para el cálculo de los tiempos de reverberación*

Resultados contienen demasiada información para un cálculo acústico rutinario, como sería el cumplimiento del método general del CTE-DB-HR. Por lo que no se emplearía el programa de manera eficaz, y no nos produciría un trabajo eficiente en la búsqueda de nuestros objetivos. En definitiva, el programa no es adecuado para el cálculo acústico según el CTE-DB-HR

**4.3.6 Análisis DAFO del ECOTEC ANÁLISIS con respecto a la normativa CTE DB HR**

<p><b>Fortalezas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudio complejo comportamiento de recintos</li> <li>- Posibilidad de analizar geometrías complejas</li> <li>- Generador de simulaciones</li> <li>- Documentación amplia y detallada</li> <li>- Potencia de análisis</li> <li>- Estudios acústicos concretos</li> </ul>	<p><b>Debilidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Programa complejo en uso y manejo</li> <li>- Salida de datos compleja</li> <li>- Sin vinculación normativa</li> <li>- Exceso de información en el cálculo de tiempos de reverberación.</li> <li>- No realiza cálculos a ruido aéreo y de impactos</li> </ul>
<p><b>Oportunidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gran motor de cálculo</li> <li>- Capacidad de generar simulaciones y gran cantidad de información</li> </ul>	<p><b>Amenazas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La falta de aplicación de exigencias de normativa lo convierten en un programa que no es útil para nuestras exigencias</li> </ul>

TABLA 4.12

#### 4.4 Justificación de la falta de idoneidad de dichos programas al cálculo acústico en la filosofía BIM

##### CYPECAD MEP

<b>Fortalezas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilidad de aprendizaje y manejo</li> <li>- Facilidad de extracción de informes</li> <li>- Optimización del trabajo</li> <li>- Cálculo acústico transmisiones indirectas</li> <li>- Exportación de geometrías</li> </ul>	<b>Debilidades</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallos en la exportación</li> <li>- Duplicidad en la información de proyecto</li> <li>- No existe bidireccionalidad</li> </ul>
<b>Oportunidades</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Posibilidad en empleo con paquetes de programas CYPE</li> <li>- Única herramienta de dicho cálculo en la actualidad</li> </ul>	<b>Amenazas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de adaptación a la filosofía BIM lo convierte en una herramienta sin progresión a entornos de trabajo colaborativo</li> </ul>

##### ECOTEC ANÁLISIS

<b>Fortalezas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudio complejo comportamiento de recintos</li> <li>- Posibilidad de analizar geometrías complejas</li> <li>- Generador de simulaciones</li> <li>- Documentación amplia y detallada</li> <li>- Potencia de análisis</li> <li>- Estudios acústicos concretos</li> </ul>	<b>Debilidades</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Programa complejo en uso y manejo</li> <li>- Salida de datos compleja</li> <li>- Sin vinculación normativa</li> <li>- Exceso de información en el cálculo de tiempos de reverberación.</li> <li>- No realiza cálculos a ruido aéreo y de impactos</li> </ul>
<b>Oportunidades</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gran motor de cálculo</li> <li>- Capacidad de generar simulaciones y gran cantidad de información</li> </ul>	<b>Amenazas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La falta de aplicación de exigencias de normativa lo convierten en un programa que no es útil para nuestras exigencias</li> </ul>

#### 4.4.1 Conclusiones a la hora de diseñar la herramienta de cálculo acústico

En primer lugar; intentaremos realizar un programa que no contenga fallos en su exportación; para la aplicación de la normativa. Por lo tanto, el programa no se exportará; sino que trabajará desde la misma plataforma desde la que se modelará. Todo ello nos permitirá evitar la duplicidad de información en el proyecto, por lo que no existirán problemas de repetición o fallos en la información de proyecto.

Al trabajar en el mismo entorno de trabajo, ello nos permitirá crear una plataforma compatible y bidireccional, donde la entrada y salida de datos se podrá realizar, tanto desde la herramienta de modelado, como desde la herramienta de cálculo acústico.

La herramienta de cálculo será sencilla y permitirá al usuario una introducción de datos de manera simple y intuitiva. Se buscará una salida de datos de manera aplicada a la normativa; además de una salida de datos más completa para la búsqueda de soluciones particulares; no debemos olvidar que la normativa cumple unas exigencias mínimas; pero a la hora de proyectar una edificación deberemos ser conocedores de más información acerca de la misma, para resolver los problemas de manera satisfactoria.

Dicho programa de cálculo estará vinculado a la normativa de aplicación; para lograr así, el cumplimiento del CTE-DB-HR según el cálculo por el método general; calculando el ruido aéreo, a impactos y el tiempo de reverberación.

Por lo tanto; el programa que pretendemos realizar no es un programa de cálculo que pretende continuar la labor que se comenzó en otros programas previamente; el programa de cálculo tiene la tarea de llenar un hueco que hoy en día; aún no se ha cubierto. De ahí su idoneidad en la realización.

Pues estudiando todos aquellos programas que intervienen en el diseño y cálculo acústico relacionado con la filosofía BIM nos encontramos con que este vacío puede ser resuelto de manera eficaz; con una nueva herramienta de trabajo que corrija todas aquellas desventajas de programas anteriores.

#### **4.5 Propuesta de realización de una herramienta de cálculo acústico (BIM-A)**

Lo que se propone es la creación de un plug-in insertable en la herramienta de trabajo BIM Autodesk Revit Architecture, que llamaremos BIM-A. Desde el cual se pueda cargar el sistema de cálculo acústico en la herramienta de cálculo. Que además posea unas pestañas de configuración. A partir de este programa seamos capaces de obtener tablas de planificación con los resultados del cálculo acústico de manera directa. Con todo ello, seamos de capaces de generar un programa de cálculo insertado en la herramienta y que contenga las propiedades de parametrización y bidireccionalidad exigibles a un programa que se introduce en la filosofía BIM de manera íntegra y eficaz.

##### **4.5.1 Modelo de cálculo previo para el análisis realizado con la propuesta BIM-A para el CTE DB HR**

*Análisis a partir de la forma del edificio*

Emplearemos la forma del edificio que nos ofrece la herramienta de trabajo, y sin exportación alguna ni cálculos complejos, la emplearemos para el cálculo de nuestra propuesta. Por lo tanto, modelaremos en el programa Autodesk Revit Architecture y emplearemos su geometría sin exportación alguna. Es decir, trabajaremos desde la plataforma de modelado de la herramienta de trabajo Autodesk Revit Architecture, que permite la programación a partir de APIs.

*La introducción de datos*

La introducción de datos externos en el proyecto se introducirán en la información de proyecto y quedarán registrados una única vez en el sistema. Sin necesidad de tener que editarlos de nuevo. Y con facilidad para editarlos posteriormente, en caso de ser necesario. Todos los datos quedarán registrados en la base de datos de la herramienta de trabajo.

*Definición de recintos*

La definición de los recintos vendrá fijada por la organización a partir de habitaciones y su posterior agrupación en unidades mayores que nos permitirán realizar una correcta zonificación. Esta será una variable determinante en el desarrollo de nuestra propuesta, pues la zonificación marcará las exigencias del proyecto.

##### **4.5.2 Generación de resultados y listados obtenidos con la propuesta BIM-A para el CTE DB HR**

*Fichas justificativas de la opción general*

Se obtienen unas tablas de planificación fácilmente asimilables a las fichas justificativas para el cumplimiento de la zonificación del proyecto. Por lo que, estas fichas podrán ser exportadas al formato XML para lograr resultados conforme a las tablas de cálculo que nos ofrece la normativa para el cálculo acústico siguiendo el método general según el CTE-DB-HR.

*Planos de aislamiento acústico*

En los planos se representan los resultados obtenidos del cálculo acústico del programa, lo que nos proporcionan una información en los planos de cuales son las exigencias y el cumplimiento o no, de los diferentes organizaciones. Y incluiremos planos con etiquetas de acústica que nos permitirán conocer de primera mano, cuáles son y donde no se cumplen las exigencias de proyecto.

*Exportación a ficheros en cualquier formato*

Nos permite la exportación a todos los formatos que exporta la herramienta de trabajo que en este caso es el Autodesk Revit Architecture. Que es la herramienta de trabajo que emplearemos para la ejecución del programa BIM-A.

**4.5.3 Estudio analítico del cumplimiento según CYPECAD MEP para el CTE DB HR**

A partir del estudio, podemos reelaborar las siguientes tablas, extraídas del documento básico CTE DB HR que se encuentra en el punto 1.5.2.6 del presente documento.

*Aislamiento acústico a ruidos aéreo entre recintos interiores*

$D_{nT,A}$ Diferencia de niveles estandarizada, [dBA]	$V$ Volumen del recinto receptor, [m3]		Esta en el programa trabajo Revit		
	$S_S$ Área compartida del elemento de separación, [m2]		Programa Revit		
	$A, R'_A$ Índice global de reducción acústica aparente, ponderado en A [dBA]	$n$ , número de elementos de flanco del recinto		Programa Revit	
		$A_0$ , área absorción equivalente de referencia, de valor $A_0 = 10m^2$		Programa BIM-A Integrado	
		$R_{Dd,A}$ , índice global de reducción acústica para la transmisión directa [dB]	$R_{S,A}$ , índice global de reducción acústica	Programa BIM-A	
			$\Delta R_{Dd,A}$ , mejora del índice global de reducción acústica	Programa BIM-A	
		$R_{Ff,A}$ , índice global de reducción acústica para la transmisión indirecta, del camino Ff [dB]	$R_{F,A}$ , índice global de reducción acústica del elemento del flanco F	Programa BIM-A	
			$\Delta R_{Ff,A}$ , mejora del índice global de reducción acústica,	Programa BIM-A	
		$R_{Df,A}$ , índice global de reducción acústica para la transmisión indirecta, del camino Df [dB]	$R_{f,A}$ , índice global de reducción acústica del elemento del flanco f	Programa BIM-A	
			$\Delta R_{Df,A}$ , mejora del índice global de reducción acústica	Programa BIM-A	
		$R_{Fd,A}$ , índice global de reducción acústica para la transmisión indirecta, del camino Fd, [dB]	$\Delta R_{Fd,A}$ , mejora del índice global de reducción acústica	Programa BIM-A	
			$K_{ij}$ , índice de reducción de vibraciones para el camino por flancos ij	Programa BIM-A	
		$D_{n,ai,A}$ , diferencia de nivel normalizado, ponderado A, para la transmisión del ruido aéreo por vía directa.	$l_f$ , longitud común de la arista de unión entre el elemento de separación y los elementos de flancos F y f,		Programa Revit
			$l_0$ , longitud de la arista de unión de referencia, de valor $l_0 = 1m$		Programa BIM-A
			$S_0$ , área del aireador $m^2$		Programa Revit

TABLA 4.13

Aislamiento acústico a ruido en fachadas

$D_{2m,nT,A}$ expresará el aislamiento entre un recinto y el exterior [dBA]	$V$ Volumen del recinto receptor, [m3]		Programa Revit		
	$S_S$ Área compartida del elemento de separación, [m2]		Programa Revit		
	$T_0$ tiempo de reverberación de referencia, su valor es $T_0 = 0,5s$		Programa BIM-A		
	$\Delta L_{fs}$ mejora de aislamiento o diferencia de niveles por la forma de fachada, sólo aplicable en caso de ruido ferroviario o de automóviles.		Programa BIM-A		
	$A, R'_A$ Índice global de reducción acústica aparente, ponderado en A [dBA]	$n$ , número de elementos de flanco del recinto		Programa Revit	
		$A_0$ , área absorción equivalente de referencia, de valor $A_0 = 10m^2$		Programa BIM-A	
		$R_{Dd,A}$ , índice global de reducción acústica para la transmisión directa [dB]	$R_{S,A}$ , índice global de reducción acústica		Programa BIM-A
			$\Delta R_{Dd,A}$ , mejora del índice global de reducción acústica		Programa BIM-A
		$R_{Ff,A}$ , índice global de reducción acústica para la transmisión indirecta, del camino Ff [dB]	$R_{m,A}$ , índice global de reducción acústica del elemento constructivo mixto		Programa BIM-A
			$R_{F,A}$ , índice global de reducción acústica del elemento del flanco F		Programa BIM-A
			$\Delta R_{Ff,A}$ , mejora del índice global de reducción acústica,		Programa BIM-A
		$R_{Df,A}$ , índice global de reducción acústica para la transmisión indirecta, del camino Df [dB]	$R_{f,A}$ , índice global de reducción acústica del elemento del flanco f		Programa BIM-A
			$\Delta R_{Df,A}$ , mejora del índice global de reducción acústica		Programa BIM-A
		$R_{Fd,A}$ , índice global de reducción acústica para la transmisión indirecta, del camino Fd, [dB]	$\Delta R_{Fd,A}$ , mejora del índice global de reducción acústica		Programa BIM-A
			$K_{ij}$ , índice de reducción de vibraciones para el camino por flancos ij		Programa BIM-A
$D_{n,ai,A}$ diferencia de nivel normalizado, ponderado A, para la transmisión del ruido aéreo por vía directa.		$l_f$ , longitud común de la arista de unión entre el elemento de separación y los elementos de flancos F y f,		Programa Revit	
		$l_0$ , longitud de la arista de unión de referencia, de valor $l_0 = 1m$		Programa BIM-A	
		$S_0$ , área del aireador m <sup>2</sup>		Programa Revit	

TABLA 4.14

Aislamiento acústico a ruido de impactos

$L'_{nT,w}$ expresa el aislamiento acústico a ruido de impactos entre recintos o in situ	$V$ volumen del recinto receptor, $m^3$		Programa Revit	
	$l_0$ longitud común de la arista de unión referencia de valor 1m, m		Programa Revit	
	$L'_{n,w,d}$ nivel global de presión de ruido de impactos normalizado, debido a la transmisión directa	$L_{n,w}$ nivel global de presión de ruido de impactos normalizado	Programa BIM-A	
		$\Delta L_w$ reducción de nivel global de presión de ruido de impactos por revestimiento del lado de la emisión	Programa BIM-A	
		$\Delta L_{d,w}$ reducción del nivel global de presión de ruido de impactos por revestimiento del lado de la recepción	Programa BIM-A	
	$L'_{n,w}$ índice global de presión de ruido de impactos normalizado, dB	$L_{n,w,ij}$ nivel global de presión de ruido de impactos normalizados debido a la transmisión indirecta o por flancos	$A, R_A$ índice global de reducción acústica de un elemento, ponderado A	Programa BIM-A
			$\Delta R_{j,A}$ mejora del índice global de reducción acústica por revestimiento del elemento j	Programa BIM-A
			$K_{ij}$ índice de reducción de vibraciones para cada camino de transmisión del elemento i al j	Programa BIM-A
			$S_i$ área del elemento excitado $m^2$	Programa Revit
			$l_{ij}$ longitud común de la arista de unión entre el elemento i y el j, m	Programa Revit
		$l_0$ longitud común de la arista de unión referencia	Programa BIM-A	

TABLA 4.15

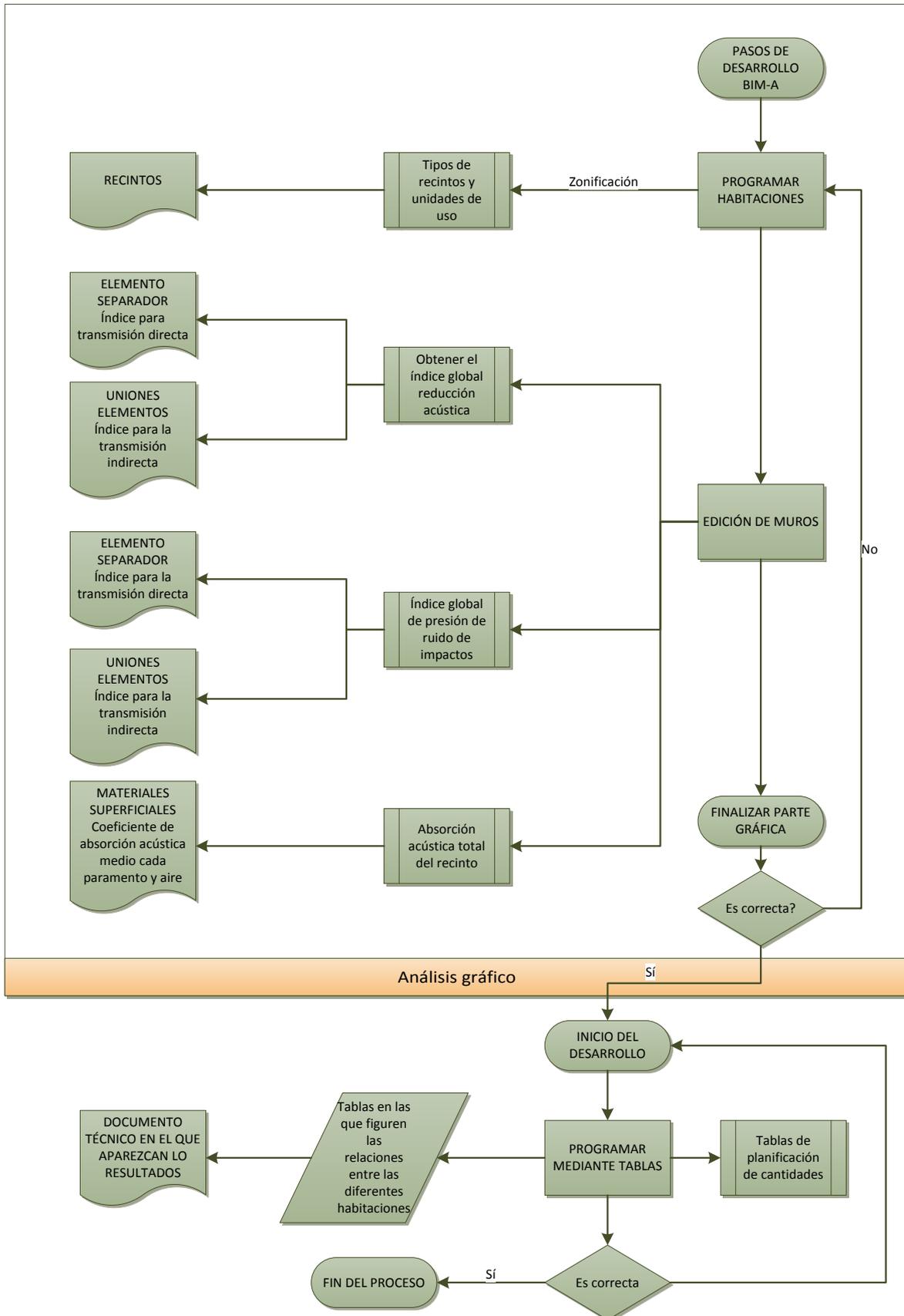
Tiempo de reverberación

$T$ tiempo de reverberación [s]	$V$ volumen del recinto, $m^3$		Programa Revit
	$A$ absorción acústica total del recinto, $m^2$	$\alpha_{m,i}$ coeficiente de absorción acústica medio de cada paramento, para bandas de tercio de octava centradas en las frecuencias de 500, 1000 y 2000Hz	Programa BIM-A
		$S_i$ área de paramento cuyo coeficiente de absorción es $\alpha_i$ [ $m^2$ ]	Programa Revit
		$A_{o,m,j}$ área de absorción acústica equivalente media de cada mueble fijo absorbente diferente [ $m^2$ ]	Programa Revit
		$m_m$ coeficiente de absorción acústica medio en el aire, para frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz y de valor 0,006 [ $m^{-1}$ ]	Programa BIM-A

TABLA 4.16

4.5.4 Estudio de nuestra propuesta BIM-A

Proponemos para la programación del BIM-A un diagrama de flujos donde aparecen una serie de procesos clave, a los que les acompañan los procesos secundarios; que vienen ligados a una información concreta. GRÁFICO 4.1



A partir del diagrama; programamos la herramienta de trabajo que en este caso será el programa Autodesk Revit Architecture para descomponer los diferentes procesos que le vamos a exigir.

#### *Programar las habitaciones*

Para la programación de las habitaciones deberemos incluir en cada una de las propiedades de las habitaciones, los tipos de recintos y las unidades de uso; para lograr con ello, la justificación normativa conforme a unas exigencias mínimas del proyecto. Esta programación de habitaciones será un proceso determinante en la justificación de la normativa; pues las exigencias vendrán marcadas por la zonificación. Por tanto, a la hora de la definición de las habitaciones; introduciremos también los tipos de recintos y unidades de uso; para definir las exigencias que le son de aplicación.

#### *Edición de muros*

Deberemos preparar los muros del programa para que contengan la información necesaria para el cálculo acústico; por lo tanto, deberemos obtener el índice global de reducción acústica  $A, R'_{A'}$  que lo obtendremos a partir del índice de transmisión directa de cada elemento (a partir del catálogo de elementos constructivos o a partir de estudios de laboratorio)  $R_{Dd,A}$ . Por otro lado, obtendremos las transmisiones indirectas,  $R_{Ff,A'}, R_{Df,A'}, R_{Fd,A'}$  que nos proporcionarán la información que necesitamos conocer acerca de las uniones entre los elementos. Por lo tanto, mediante la información acerca del elemento separador y las uniones de los elementos; unido a la información gráfica del proyecto, seremos capaces de resolver el cálculo de manera satisfactoria. A partir de la información obtenida de los materiales superficiales, obtendremos el coeficiente de absorción acústica medio para cada paramento y para el aire (estos valores los obtendremos del catálogo de elementos constructivos o de ensayos de laboratorio). Los cerramientos podrán basarse en la base de datos del Catálogo de Elementos Constructivos (CEC) o en su caso, los cerramientos deberán diseñarse por el técnico responsable; y podrán ser modificados en el caso de que existiera un ensayo normalizado; un modelo matemático comprobado o en último caso; recurriendo a la ley de masas como se indica en la normativa. Todo ello en función de facilitar la labor del usuario; siguiendo el programa de decisiones experto.

#### *Programar mediante tablas*

Para la obtención de resultados programaremos mediante tablas de planificación en la herramienta de trabajo; a partir de dichas tablas crearemos nuestras tablas de resultados a tiempo real, con las que conoceremos los resultados exigidos en la documentación normativa. Estas tablas de planificación vienen definidas en el programa de diseño de geometría; en la herramienta de trabajo Autodesk Revit Architecture.

### **4.5.5 Programación de propuesta BIM-A de aislamiento a ruido aéreo entre recintos según CTE-DB-HR**

#### *Elemento separador*

Es el muro o forjado que nos diferenciará las dos estancias de estudio y será el principal componente en el resultado de cálculo. El cual, estará perfectamente definido en la herramienta de trabajo.

- *Superficie del muro*  
Será necesaria la superficie del mismo, que unida a los materiales, nos aportará los datos necesarios para definir este elemento separador. La obtendrá el programa de manera automática y será un dato geométrico que se obtendrá gráficamente.
- *Materiales a emplear con ventanas y lucernarios.*  
Será importante definir estos huecos para conseguir una mayor precisión en el cálculo. Los materiales vendrán configurados previamente en la herramienta de cálculo

#### *Recinto A*

- *Tipo de recinto como emisor (unidad de uso, otros recintos, instalaciones)*  
Dato de partida e imprescindible para conocer la exigencia. Será definido en las propiedades de ejemplar de cada una de las habitaciones
- *Tipo de recinto como receptor*  
Deberemos definir qué recinto actuará como receptor para la obtención de resultados
- *Superficies y dimensiones de cada material.*

*Aquellos muros o forjados que entren en contacto con el elemento separador deberán ser estudiados en su superficie, tipo de materiales y la magnitud lineal de contacto paralela al muro separador.*

- Volumen

*El volumen del recinto.*

#### *Recinto B*

- 
- *Tipo de recinto como emisor (unidad de uso, otros recintos, instalaciones)*
  - *Tipo de recinto como receptor*
  - *Superficies y dimensiones de cada material.*
  - *Volumen*

#### *Uniones elementos constructivos*

- 
- *Uniones en las cuatro aristas.*  
*Se estudiarán las uniones de cada una de las aristas entre los recintos y el elemento separador, con ello se pretende precisar hasta lo posible el aislamiento por ruidos indirectos. Siendo un elemento imprescindible en este cálculo por el método general de CTE. Por lo que se prestará atención a su correcta definición en la ejecución del modelo.*

### **4.5.6 Programación de propuesta BIM-A de aislamiento a ruido aéreo en fachadas según CTE-DB-HR**

#### *Sección de fachada directa*

- 
- *Superficie de materiales*  
*Será la superficie de estudio respecto de cada recinto y que se presenta en contacto con el exterior. Solamente se tendrá en cuenta la superficie que afecta al recinto.*
  - *Materiales y huecos*
  - *Ld (dBA) y Tipo de ruido (Automóviles, ferroviario o aviones)*  
*Estos datos son externos a la edificación pero son necesarios para obtener la exigencia, se obtendrán a partir de datos conocidos o, en caso de no ser conocidos, de la toma de datos manual o, si no es posible, de los datos obtenidos de la normativa.*

#### *Sección de fachadas de flanco*

- 
- *La superficie de los materiales y dimensión de alineación paralela*  
*Serán las fachadas en contacto con la de estudio, aportando la materialidad, superficie y la magnitud lineal de contacto paralela al muro fachada.*

#### *Recinto receptor*

- 
- *Tipo de recinto (aulas, hospitalario, residencial)*  
*De nuevo cobra importancia, y será un dato previsto de manera externa.*
  - *Materiales de muros.*
  - *Superficies y dimensiones de materiales*
  - *Volumen*

#### *Uniones*

- 
- *Uniones en las cuatro aristas*

### **4.5.7 Programación de propuesta BIM-A de aislamiento a ruido a impactos según CTE-DB-HR**

#### *Elemento separador*

- 
- *Superficie del muro*
  - *Materiales a emplear con ventanas y lucernarios.*
  -

*Recinto A*

- 
- *Tipo de recinto como emisor (unidad de uso, otros recintos, instalaciones)*
  - *Tipo de recinto como receptor*
  - *Superficies y dimensiones de cada material.*
  - *Volumen*

*Recinto B*

- 
- *Tipo de recinto como emisor (unidad de uso, otros recintos, instalaciones)*
  - *Tipo de recinto como receptor*
  - *Superficies y dimensiones de cada material.*
  - *Volumen*

*Uniones elementos constructivos*

- 
- *Uniones en las cuatro aristas.*

**4.5.8 Programación de propuesta BIM-A de tiempo de reverberación según CTE-DB-HR**

---

*Materiales superficiales*

- 
- *Superficie de cada material*
  - *Coefficiente de absorción de cada material*

*Recinto A*

- 
- *Tipo de recinto como emisor (unidad de uso, otros recintos, instalaciones)*
  - *Tipo de recinto como receptor*
  - *Superficies y dimensiones de cada material.*
  - *Volumen.*

## **5. CONCLUSIÓN**

### **5.1 Estrategia de planificación**

#### **5.1.1 Diferenciación**

*El programa debe ser capaz de aportar a los usuarios de Autodesk Revit Architecture, un entorno de trabajo compatible con la filosofía BIM, desechando el empleo de nuevo software complementario, y de ser posible, implementándolo todo en un único programa. Elaborando un plug-in que proporcionara un trabajo más sencillo al usuario de BIM. Sin duplicidad de información y con facilidad en su aprendizaje. Todo ello englobado en la filosofía de trabajo BIM, que se caracteriza por la parametrización y la bidireccionalidad; y que permite realizar procesos de trabajo en ambos sentidos; ya sea en la fase previa de creación de geometría o en la fase posterior de cálculo.*

#### **5.1.2 Enfoque**

*Se debe enfocar como un plu-in que forma parte de un sistema mucho más potente y que le aportará nueva información que será almacenada en la misma base de datos, y que será el origen de nuestra investigación en su desarrollo y mejora, llegando a ser un plug-in perfectamente integrado en el programa Autodesk Revit Architecture. Que resulte familiar a sus usuarios; y que, de manera intuitiva sean capaces de manejarlo sin necesidad de ser grandes expertos en la materia. Proporcionando a una gran cantidad de usuarios la posibilidad de realizar los cálculos acústicos de manera rápida y eficaz.*

### **5.2 Conclusión**

*Actualmente los análisis acústicos pasan por una exportación del modelo que trabajamos en BIM a otros formatos de trabajo compatibles con las herramientas de cálculo; lo que proponemos es la realización de una herramienta de cálculo que se incluya en nuestra herramienta de modelado geométrico; consiguiendo una perfecta compatibilidad entre ambas.*

*Entendiendo, a partir del análisis de todos aquellos programas que existen, para el cálculo acústico aplicado a la filosofía BIM nos encontramos con un campo aún escasamente trabajado donde no se realiza una investigación profunda y donde no se proponen soluciones que sean compatibles y definitivas. Por tanto:*

- El ECOTEC ANÁLISIS se debe emplear para estudios acústicos concretos, en edificios singulares y con características acústicas concretas. Por lo tanto, no es un programa que pueda perjudicar los intereses en la creación de nuestro programa. ECOTEC ANÁLISIS aporta diferente información y es complementario a un estudio previo en un programa en Autodesk Revit Architecture.*
- El CYPECAD MEP, sí que pretende convencer al mercado con su programa. Lo que ellos consiguen es, aportando un software que les es propio; emplearlo como elemento de salida para el cálculo acústico, a partir de un modelo en Revit. Pero como ya he citado antes, aún está muy lejos de ser completamente funcional con Autodesk Revit Architecture, y aún más, de acercarse a la filosofía BIM.*

*Pues el objetivo final del usuario de BIM es el de conseguir programas perfectamente compatibles, paramétricos y bidireccionales, empleando una única fuente de información de proyecto.*

*Por lo tanto, se propone un programa de cálculo acústico donde el entorno de trabajo sea la herramienta de trabajo Autodesk Revit Architecture, consiguiendo así, paliar los inconvenientes que hemos justificado anteriormente con otras herramientas de cálculo; y logrando un programa que se acoga a la filosofía BIM de manera rotunda y eficaz.*

## 6. Bibliografía

- Código Técnico de la Edificación [En línea] [Consulta: 28 Septiembre 2012] <<http://www.codigotecnico.org/web/recursos/documentos/parte1/RealDecreto/>>
- CTE-DB-HR <<http://www.codigotecnico.org/web/recursos/documentos/dbhs/>> [En línea] [Consulta: 28 Septiembre 2012]
- Catálogo de elementos constructivos <[http://www.codigotecnico.org/web/galerias/archivos/CAT-EC-v06.3\\_marzo\\_10.pdf](http://www.codigotecnico.org/web/galerias/archivos/CAT-EC-v06.3_marzo_10.pdf)> [En línea][Consulta:03 Marzo 2013]
- Guía de Aplicación del CTE-DB-HR <[http://www.codigotecnico.org/web/galerias/archivos/GUIADB\\_HR.pdf](http://www.codigotecnico.org/web/galerias/archivos/GUIADB_HR.pdf)> [En línea] [Consulta: 03 Marzo 2013]
- RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, F.J. y DE LA PUENTE CRESPO, J. Guía acústica de la construcción. *Aislamiento acústico Madrid:Dossat, 2006. 235p. ISBN: 8496437108*
- MAQUIAVELO N. *El Príncipe*. Alianza Editorial, 1991. ISBN 8420618187
- VANDEZANDE J, READ P, KRIGYEL E. *Mastering Autodesk Revit Architecture 2012*. Gaughan P. Indianapolis(Indiana): Wiley Publishing, 2011. 1105 p. ISBN 9780470414927.
- Autodesk <[www.autodesk.com](http://www.autodesk.com)> [En línea] [Consulta: 30 Octubre 2012]
- Graphisoft <[www.graphisoft.com](http://www.graphisoft.com)> [En línea] [Consulta: 12 Noviembre 2012]
- Paul Morrell.*La conferencia BIM 2010 2/11/2010*. <[http://www.graphisoft.es/compania/ultima\\_noticias/bimest.html](http://www.graphisoft.es/compania/ultima_noticias/bimest.html)> [En línea] [15 Marzo 2013]
- Dick Barker, Director en LaingO'Rourke en la reunión para directivos sobre BIM 18/11/2010. <[http://www.graphisoft.es/compania/ultima\\_noticias/bimest.html](http://www.graphisoft.es/compania/ultima_noticias/bimest.html)> [En línea] [15 Marzo 2013]
- McGraw-Hill Construction. *Smart MArketReprot 2010*. <<http://www.buildingsmartalliance.org/index.php/bsa/newsevents/news/Entry/greenbim2010smartmarketreport>> [En línea] [15 Marzo 2013]
- BARROW, C. *BIM Double-Edged Sword*. En: JCT Student Essay Competition, JCD, 2012
- AUSTIN, J. *2011 National Institution. bd*, <<http://www.bdonline.co.uk/nationalinstitution/5024416.blog>> [En línea] [17 Septiembre 2012].
- CABINET OFFICE. 2011. *Government Construction Strategy*. Cabinet Office. CIS, 2011. Briefing: UK January 2011. NBS.
- DAY, M. 2011. *BIM is likely to become mandatory for public projects*. The Architects Journal Volume 233 Number 1. p25.
- EGAN, J. 1998. *Rethinking Construction*. London: HMSO.
- MURRAY, C. 2011. *To BIM or not to BIM is emphatically not the question*, The Architects Journal Volume 233 Number 17. p18.
- WINSTON, A. 2010a. *Survey reveals industry split over BIM, bd*, <<http://www.bdonline.co.uk/news/survey-reveals-industry-split-over-bim/5010009.article>>[En línea] [17 Septiembre 2012].
- WINSTON, A. 2010b. *BIM to become part of public procurement process, bd*, <<http://www.bdonline.co.uk/news/uk/bim-to-become-part-of-public-procurementprocess/5006655.article>> [En línea] [24 Octubre 2012].
- WOLSTENHOLME, A. 2009. *Never Waste a Good Crisis*. London: Constructing Excellence.
- STEEL J. DROGEMULLER R. TOTH B, *Model interoperability in building information modelling*. En: *Softw Syst Model, Springer, 2010, p. 99-109*.
- YOUNG, N.W. Jr., JONES S.A., BERNSTEIN, H.M.: *Building Information Modeling (BIM): Transforming Design and Construction to Achieve Greater Industry Productivity*. Technical report McGraw Hill Construction, New York (2008)
- COENDERS J. L, *Parametric and associative design as a strategy for conceptual design and delivery to BIM*. En: *Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures, Evolution and Trends in Design, Analysis and Construction of Shell and Spatial Structures, 2009, p. 1112-1123*.
- Wikipedia contributors, *Unit testing, website, Wikipedia, The Free Encyclopedia*, [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Unit\\_testing&oldid=214464104](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Unit_testing&oldid=214464104), 2008.
- BARRISH K. SULLIVAN K, *How to measure the benefits of BIM*. En: *Automation in Construction, Evolution and Trends in Design, Arizona State University, United States , 2012, p. 151*.

---

## **7. Anexos**

---

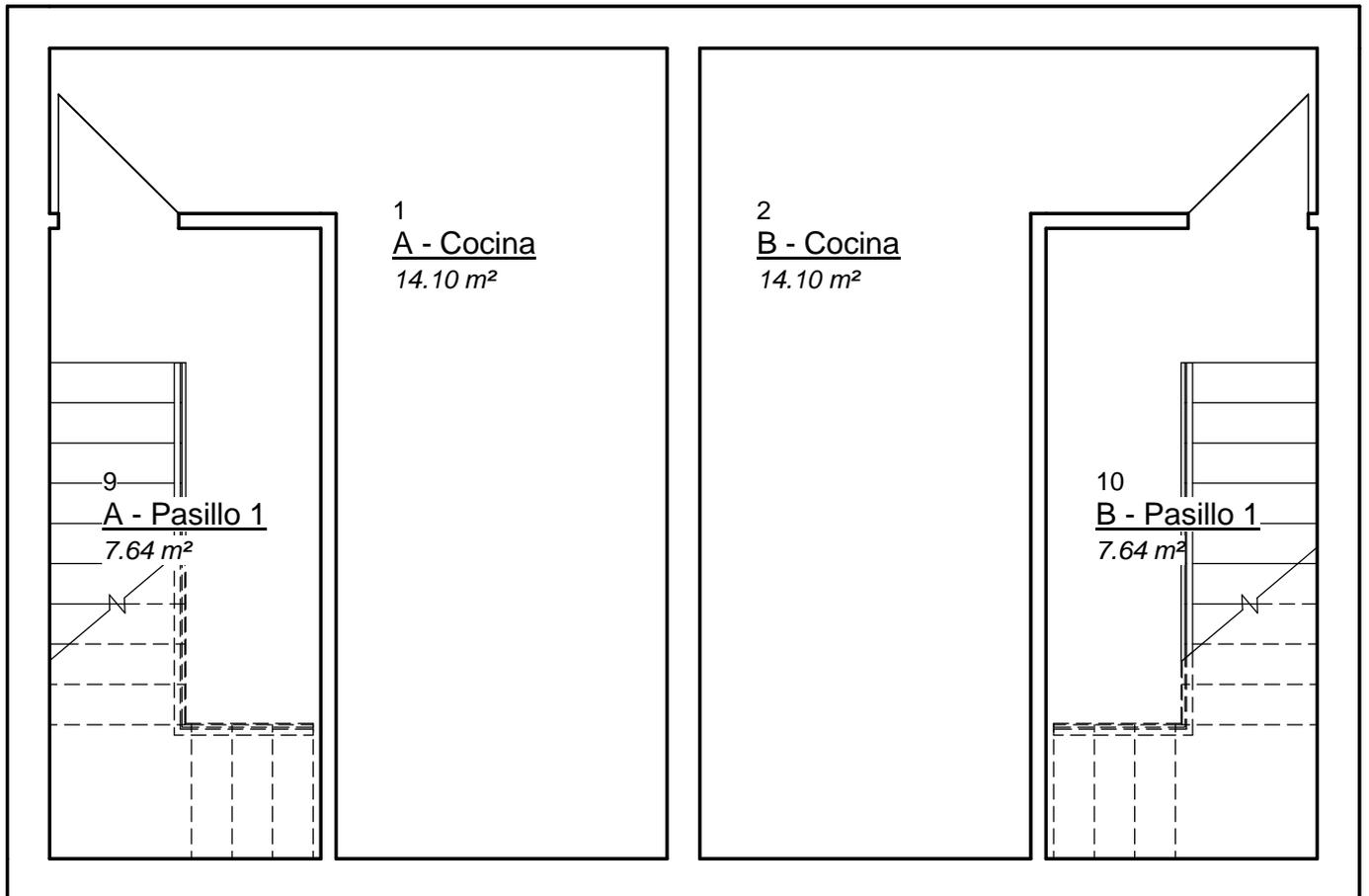
### **7.1 Planos de la vivienda para cálculo**

---

### **7.2 Exigencia Básica HR con programa CYPECAD MEP**

---

### **7.3 Estudio acústico del edificio según CYPECAD MEP**



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Autor de projecto

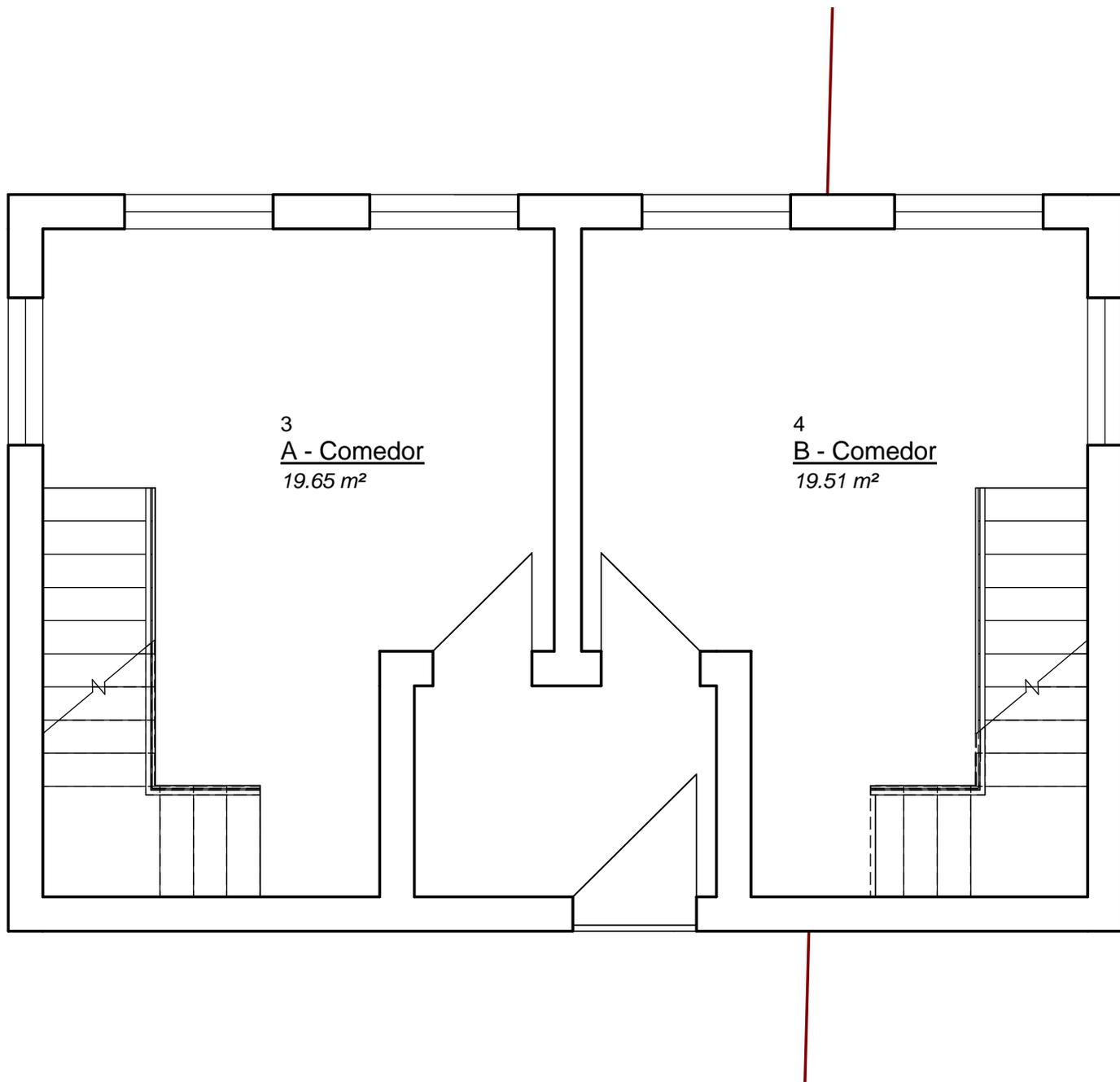
Escala 1 : 50

Plano de planta sótano  
Pedro Escudero González



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
INGENIERÍA DE  
EDIFICACIÓN

Máster en Edificación - Especialidad en Tecnología



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Autor de projecto

Escala 1 : 50

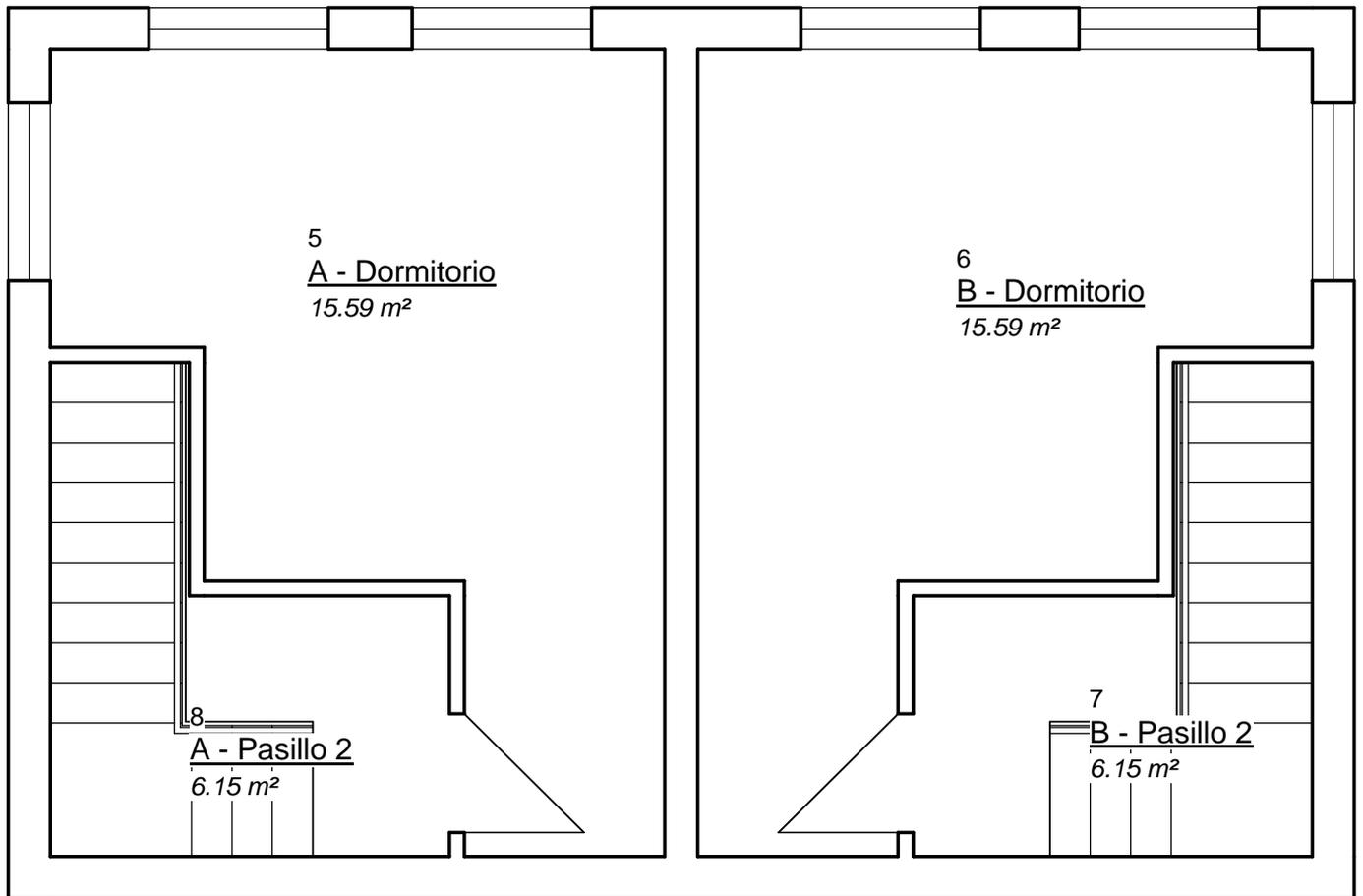
Plano de planta baja

Pedro Escudero González

Máster en Edificación - Especialidad en Tecnología



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
INGENIERÍA DE  
EDIFICACIÓN



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Autor de projecto

Escala 1 : 50

Plano de planta primera  
Pedro Escudero González



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
INGENIERÍA DE  
EDIFICACIÓN

Máster en Edificación - Especialidad en Tecnología

Tabla de planificación de habitaciones

Nivel	Nombre	Área	Perímetro	Volumen
01 - PS - Planta Sótano	A - Cocina	14.10 m <sup>2</sup>	19.10	31.02 m <sup>3</sup>
01 - PS - Planta Sótano	B - Cocina	14.10 m <sup>2</sup>	19.10	31.02 m <sup>3</sup>
01 - PS - Planta Sótano	A - Pasillo 1	7.64 m <sup>2</sup>	12.07	17.72 m <sup>3</sup>
01 - PS - Planta Sótano	B - Pasillo 1	7.64 m <sup>2</sup>	12.07	17.69 m <sup>3</sup>
01 - PS - Planta Sótano: 4		43.49 m <sup>2</sup>	62.35	97.45 m <sup>3</sup>
02 - PB - Planta Baja	A - Comedor	19.65 m <sup>2</sup>	19.14	44.13 m <sup>3</sup>
02 - PB - Planta Baja	B - Comedor	19.51 m <sup>2</sup>	19.06	43.83 m <sup>3</sup>
02 - PB - Planta Baja: 2		39.16 m <sup>2</sup>	38.20	87.95 m <sup>3</sup>
03 - P1 - Planta primera	A - Dormitorio	15.59 m <sup>2</sup>	19.10	35.87 m <sup>3</sup>
03 - P1 - Planta primera	B - Dormitorio	15.59 m <sup>2</sup>	19.10	35.87 m <sup>3</sup>
03 - P1 - Planta primera	B - Pasillo 2	6.15 m <sup>2</sup>	12.00	14.15 m <sup>3</sup>
03 - P1 - Planta primera	A - Pasillo 2	6.15 m <sup>2</sup>	12.00	14.15 m <sup>3</sup>
03 - P1 - Planta primera: 4		43.50 m <sup>2</sup>	62.20	100.04 m <sup>3</sup>
Total general: 10		126.14 m <sup>2</sup>	162.75	285.45 m <sup>3</sup>



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Escala

Tabla de recintos

Autor de proyecto

Pedro Escudero González



ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR  
INGENIERÍA DE  
EDIFICACIÓN

Máster en Edificación - Especialidad en Tecnología

Cómputo de materiales de muro			
Tipo	Material: Nombre	Material: Área	Material: Volumen
CYPE - Cerramiento	Aislamiento termico	196.11 m <sup>2</sup>	9.51 m <sup>3</sup>
Aislamiento termico: 15		196.11 m <sup>2</sup>	9.51 m <sup>3</sup>
CYPE - Cerramiento	Ladrillo	201.57 m <sup>2</sup>	23.27 m <sup>3</sup>
Ladrillo: 15		201.57 m <sup>2</sup>	23.27 m <sup>3</sup>
CYPE - Cerramiento	Ladrillo hueco	193.84 m <sup>2</sup>	14.99 m <sup>3</sup>
Ladrillo hueco: 15		193.84 m <sup>2</sup>	14.99 m <sup>3</sup>
CYPE - Cerramiento	Trasdosado ceramico	190.20 m <sup>2</sup>	2.78 m <sup>3</sup>
Trasdosado ceramico: 15		190.20 m <sup>2</sup>	2.78 m <sup>3</sup>
CYPE - Cerramiento	Yeso	202.25 m <sup>2</sup>	2.95 m <sup>3</sup>
Yeso: 15		202.25 m <sup>2</sup>	2.95 m <sup>3</sup>
CYPE - Cerramiento: 75		983.96 m <sup>2</sup>	53.51 m <sup>3</sup>
CYPE - Medianero	Aire	32.05 m <sup>2</sup>	1.28 m <sup>3</sup>
Aire: 3		32.05 m <sup>2</sup>	1.28 m <sup>3</sup>
CYPE - Medianero	Enlucido - blanco	64.10 m <sup>2</sup>	0.64 m <sup>3</sup>
Enlucido - blanco: 3		64.10 m <sup>2</sup>	0.64 m <sup>3</sup>
CYPE - Medianero	Ladrillo hueco	64.10 m <sup>2</sup>	5.13 m <sup>3</sup>
Ladrillo hueco: 3		64.10 m <sup>2</sup>	5.13 m <sup>3</sup>
CYPE - Medianero: 9		160.24 m <sup>2</sup>	7.05 m <sup>3</sup>
CYPE - Tabique	Enlucido - blanco	96.68 m <sup>2</sup>	0.97 m <sup>3</sup>
Enlucido - blanco: 12		96.68 m <sup>2</sup>	0.97 m <sup>3</sup>
CYPE - Tabique	Ladrillo hueco	48.34 m <sup>2</sup>	3.87 m <sup>3</sup>
Ladrillo hueco: 12		48.34 m <sup>2</sup>	3.87 m <sup>3</sup>
CYPE - Tabique: 24		145.03 m <sup>2</sup>	4.83 m <sup>3</sup>



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Autor de proyecto

Escala

Tabla de materiales  
Pedro Escudero González



ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR  
INGENIERÍA DE  
EDIFICACIÓN

Máster en Edificación - Especialidad en Tecnología

# EXIGENCIA BÁSICA HR: PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

## FICHAS JUSTIFICATIVAS DE LA OPCIÓN GENERAL DE AISLAMIENTO ACÚSTICO

Las tablas siguientes recogen las fichas justificativas del cumplimiento de los valores límite de aislamiento acústico, calculado mediante la opción general de cálculo recogida en el punto 3.1.3 (CTE DB HR), correspondiente al modelo simplificado para la transmisión acústica estructural de la UNE EN 12354, partes 1, 2 y 3.

Tabiquería:	
Tipo	Características en proyecto exigido
Tabique PYL 78/600(48) LM	m (kg/m <sup>2</sup> )= 25.9 <b>R<sub>A</sub> (dBA) = 43.0 ≥ 33</b>

Elementos de separación verticales entre:					
Recinto emisor	Recinto receptor	Tipo	Características	Aislamiento acústico en proyecto exigido	
Producido por una versión no profesional de CYPE Cualquier recinto no perteneciente a la unidad de uso <sup>(1)</sup> (si los recintos no comparten puertas ni ventanas) Cualquier recinto no perteneciente a la unidad de uso <sup>(1)</sup> (si los recintos comparten puertas o ventanas) De instalaciones De actividad	<b>Protegido</b>	Elemento base	m (kg/m <sup>2</sup> )= 130.2	<b>D<sub>nt,A</sub> = 57 dBA ≥ 50 dBA</b>	
		<b>Tabique de dos hojas, con trasdosado en ambas caras</b>	R <sub>A</sub> (dBA)= 41.3		
		Trasdosado <b>2xTrasdosado autoportante libre W 625 "KNAUF" de placas de yeso laminado</b>	ΔR <sub>A</sub> (dBA)= 21		
		Puerta o ventana		<b>No procede</b>	
		Cerramiento		<b>No procede</b>	
		Elemento base		<b>No procede</b>	
	Trasdosado				
	Elemento base		<b>No procede</b>		
	Trasdosado				
	Cualquier recinto no perteneciente a la unidad de uso <sup>(1)</sup> (si los recintos no comparten puertas ni ventanas) Cualquier recinto no perteneciente a la unidad de uso <sup>(1)(2)</sup> (si los recintos comparten puertas o ventanas) De instalaciones	<b>Habitable</b>	Elemento base	m (kg/m <sup>2</sup> )= 130.2	<b>D<sub>nt,A</sub> = 58 dBA ≥ 45 dBA</b>
			<b>Tabique de dos hojas, con trasdosado en ambas caras</b>	R <sub>A</sub> (dBA)= 41.3	
			Trasdosado <b>2xTrasdosado autoportante libre W 625 "KNAUF" de placas de yeso laminado</b>	ΔR <sub>A</sub> (dBA)= 21	
Puerta o ventana				<b>No procede</b>	
Cerramiento				<b>No procede</b>	
Elemento base				<b>No procede</b>	
Trasdosado					

# EXIGENCIA BÁSICA HR: PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

Elementos de separación verticales entre:				
Recinto emisor	Recinto receptor	Tipo	Características	Aislamiento acústico en proyecto exigido
De instalaciones (si los recintos comparten puertas o ventanas)		Puerta o ventana		No procede
		Cerramiento		No procede
De actividad		Elemento base		No procede
		Trasdosado		
De actividad (si los recintos comparten puertas o ventanas)		Puerta o ventana		No procede
		Cerramiento		No procede

<sup>(1)</sup> Siempre que no sea recinto de instalaciones o recinto de actividad

<sup>(2)</sup> Sólo en edificios de uso residencial o sanitario

Producido por una versión no profesional de CYPE

Elementos de separación horizontales entre:					
Recinto emisor	Recinto receptor	Tipo	Características	Aislamiento acústico en proyecto exigido	
Cualquier recinto no perteneciente a la unidad de uso <sup>(1)</sup>	<b>Protegido</b>	Forjado		No procede	
		Suelo flotante			
		Techo suspendido			
		Forjado		m (kg/m <sup>2</sup> )= 393.4	<b>L'_{nT,w} = 32 dB ≤ 65 dB</b>
		<b>Forjado unidireccional</b>		L_{n,w} (dB)= 73.3	
		Suelo flotante		ΔL_w (dB)= 33	
<b>Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Tarima maciza para interior</b>					
Techo suspendido		ΔL_w (dB)= 0			
De instalaciones	<b>Protegido</b>	Forjado		No procede	
		Suelo flotante			
		Techo suspendido			
De actividad		<b>Protegido</b>	Forjado		No procede
			Suelo flotante		
			Techo suspendido		
Cualquier recinto no perteneciente a la unidad de uso <sup>(1)</sup>	<b>Habitable</b>		Forjado		No procede
			Suelo flotante		
			Techo suspendido		

# EXIGENCIA BÁSICA HR: PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

Elementos de separación horizontales entre:				
Recinto emisor	Recinto receptor	Tipo	Características	Aislamiento acústico en proyecto exigido
De instalaciones		Forjado		No procede
		Suelo flotante		
		Techo suspendido		
De actividad		Forjado		No procede
		Suelo flotante		
		Techo suspendido		

<sup>(1)</sup> Siempre que no sea recinto de instalaciones o recinto de actividad

Producido por una versión no profesional de CYPE

Fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior:				
Ruido exterior	Recinto receptor	Tipo	Aislamiento acústico en proyecto exigido	
$L_d = 65$ dBA	Protegido (Estancia)	Parte ciega: <b>Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire</b> Huecos: <b>Puerta de entrada a la vivienda, de madera</b>	$D_{2m,nT,Atr} = 33$ dBA $\geq 30$ dBA	
$L_d = 65$ dBA	Protegido (Dormitorio)	Parte ciega: <b>Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire</b> <b>Forjado reticular - Guarnecido de yeso a buena vista</b> Huecos: <b>Ventana de doble acristalamiento sonoro (laminar acústico) "unión vidriera aragonesa", sonoro 4+4/16/4 templada.lite</b>	$D_{2m,nT,Atr} = 35$ dBA $\geq 32$ dBA	

La tabla siguiente recoge la situación exacta en el edificio de cada recinto receptor, para los valores más desfavorables de aislamiento acústico calculados ( $D_{nT,Af}$ ,  $L'_{nT,wf}$  y  $D_{2m,nT,Atr}$ ), mostrados en las fichas justificativas del cumplimiento de los valores límite de aislamiento acústico impuestos en el Documento Básico CTE DB HR, calculados mediante la opción general.

Tipo de cálculo	Emisor	Recinto receptor		
		Tipo	Planta	Nombre del recinto
Ruido aéreo interior entre elementos de separación verticales	Recinto fuera de la unidad de uso	Protegido	Planta 1	A - Dormitorio (Dormitorio)
	Recinto fuera de la unidad de uso	Habitable	Sótano	A - Cocina A (Cocina)
Ruido de impactos en elementos de separación horizontales	Recinto fuera de la unidad de uso	Protegido	Planta baja	A - Comedor (Salón / Comedor)
Ruido aéreo exterior en fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior		Protegido	Planta baja	A - Comedor (Salón / Comedor)
		Protegido	Planta 1	A - Dormitorio (Dormitorio)

## ÍNDICE

<b>1.- AISLAMIENTO ACÚSTICO.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.- Resultados de la estimación del aislamiento acústico.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2.- Justificación de resultados del cálculo del aislamiento acústico.....</b>	<b>4</b>
1.2.1.- Aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos.....	4
1.2.2.- Aislamiento acústico a ruido de impacto entre recintos.....	12
1.2.3.- Aislamiento acústico a ruido aéreo contra ruido del exterior.....	14



## 1.- AISLAMIENTO ACÚSTICO

El presente estudio del aislamiento acústico del edificio es el resultado del cálculo de todas las posibles combinaciones de parejas de emisores y receptores acústicos presentes en el edificio, conforme a la normativa vigente (CTE DB HR), obtenido en base a los métodos de cálculo para la estimación de aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos, nivel de ruido de impacto entre recintos y aislamiento a ruido aéreo proveniente del exterior, descritos en las normas UNE EN 12354-1,2,3.

### 1.1.- Resultados de la estimación del aislamiento acústico

Se presentan aquí los resultados más desfavorables de aislamiento acústico calculados en el edificio, clasificados de acuerdo a las distintas combinaciones de recintos emisores y receptores presentes en la normativa vigente.

En concreto, se comprueba aquí el cumplimiento de las exigencias acústicas descritas en el Apartado 2.1 (CTE DB HR), sobre los valores límite de aislamiento acústico a ruido aéreo interior y exterior, y de aislamiento acústico a ruido de impactos, para los recintos habitables y protegidos del edificio.

Los resultados finales mostrados se acompañan de los valores intermedios más significativos, presentando el detalle de los resultados obtenidos en el capítulo de justificación de resultados de este mismo documento, para cada una de las entradas en las tablas de resultados.

Producción por una versión no profesional de CYPE

#### Aislamiento a ruido aéreo interior, mediante elementos de separación verticales

Id	Recinto receptor	Recinto emisor	$R_{A,Dd}$	$R'_A$	$S_S$	$V$	$D_{nT,A}$ (dBA)	
			(dBA)	(dBA)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	exigido	proyecto
Protegido - Otra unidad de uso								
1	A - Dormitorio (Planta 1)	B - Dormitorio	62.3	57.1	10.94	31.0	50	57
Habitable - Otra unidad de uso								
2	A - Cocina A (Sótano)	B - Cocina	62.3	58.5	10.75	27.4	45	58

Notas:

- Id:* Identificador de la ficha de cálculo detallado para la entrada de resultados en la tabla
- $R_{A,Dd}$ :* Índice ponderado de reducción acústica para la transmisión directa
- $R'_A$ :* Índice de reducción acústica aparente
- $S_S$ :* Área compartida del elemento de separación
- $V$ :* Volumen del local de recepción
- $D_{nT,A}$ :* Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A

#### Nivel de ruido de impactos

Id	Recinto receptor	Recinto emisor	$L_{n,w,Dd}$	$L_{n,w,Df}$	$L'_{n,w}$	$V$	$L'_{nT,w}$ (dB)	
			(dB)	(dB)	(dB)	(m <sup>3</sup> )	exigido	proyecto
Protegido - Otra unidad de uso								
1	A - Comedor (Planta baja)	B - Dormitorio	---	32.9	42.2	65	32	

Notas:

- Id:* Identificador de la ficha de cálculo detallado para la entrada de resultados en la tabla
- $L_{n,w,Dd}$ :* Nivel global de presión de ruido de impactos normalizado para la transmisión directa
- $L_{n,w,Df}$ :* Nivel global de presión de ruido de impactos normalizado para la transmisión indirecta
- $L'_{n,w}$ :* Nivel global de presión de ruido de impactos
- $V$ :* Volumen del local de recepción
- $L'_{nT,w}$ :* Nivel global de presión de ruido de impactos estandarizado



# Estudio acústico del edificio

Forjados modificados

Fecha: 29/06/12

## Aislamiento a ruido aéreo exterior

Id	Recinto receptor	%	$R_{Atr,Dd}$	$R'_{Atr}$	$S_S$	$V$	$D_{2m,nT,Atr}$ (dBA)	
		huecos	(dBA)	(dBA)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	exigido	proyecto
1	A - Comedor (Salón / Comedor), Planta baja	13.0	35.7	35.6	24.01	42.2	30	33
2	A - Dormitorio (Dormitorio), Planta 1	14.2	40.1	39.5	30.32	31.0	32	35

### Notas:

*Id*: Identificador de la ficha de cálculo detallado para la entrada de resultados en la tabla

*% huecos*: Porcentaje de área hueca respecto al área total

$R_{Atr,Dd}$ : Índice ponderado de reducción acústica para la transmisión directa

$R'_{Atr}$ : Índice de reducción acústica aparente

$S_S$ : Área total en contacto con el exterior

$V$ : Volumen del local de recepción

$D_{2m,nT,Atr}$ : Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A



## 1.2.- Justificación de resultados del cálculo del aislamiento acústico

### 1.2.1.- Aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos

Se presenta a continuación el cálculo detallado de la estimación de aislamiento acústico a ruido aéreo entre parejas de recintos emisor - receptor, para los valores más desfavorables presentados en las tablas resumen del capítulo anterior, según el modelo simplificado para la transmisión estructural descrito en UNE EN 12354-1:2000, que utiliza para la predicción del índice ponderado de reducción acústica aparente global, los índices ponderados de los elementos involucrados, según los procedimientos de ponderación descritos en la norma EN ISO 717-1.

Para la adecuada correspondencia entre la justificación de cálculo y la presentación de resultados del capítulo anterior, se numeran las fichas siguientes conforme a la numeración de las entradas en las tablas resumen de resultados.

#### 1 Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, $D_{nT,A}$

<b>Tipo de recinto receptor:</b>	A - Dormitorio (Dormitorio)	Protegido
<b>Situación del recinto receptor:</b>		Planta 1, unidad de uso Casa A
<b>Tipo de recinto emisor:</b>	B - Dormitorio (Dormitorio)	Otra unidad de uso
<b>Área compartida del elemento de separación, <math>S_s</math>:</b>		10.9 m <sup>2</sup>
<b>Volumen del recinto receptor, V:</b>		31.0 m <sup>3</sup>

$$D_{nT,A} = R'_A + 10 \log \left( \frac{0.16 \cdot V}{T_0 \cdot S_s} \right) = 57 \text{ dBA} \geq 50 \text{ dBA}$$



$$R'_A = -10 \log \left( 10^{-0.1R_{Dd,A}} + \sum_{f=F=1}^n 10^{-0.1R_{Ff,A}} + \sum_{f=1}^n 10^{-0.1R_{Df,A}} + \sum_{F=1}^n 10^{-0.1R_{Fd,A}} + \frac{A_0}{S_s} \sum_{ai=ei,si} 10^{-0.1D_{n,ai,A}} \right) = 57.1 \text{ dBA}$$

#### Datos de entrada para el cálculo:

##### Elemento separador

Elemento estructural básico	m (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>A</sub> (dBA)	Revestimiento recinto emisor	$\Delta R_{D,A}$ (dBA)	Revestimiento recinto receptor	$\Delta R_{d,A}$ (dBA)	S <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )
Tabique de dos hojas, con trasdosado en ambas caras	130	41.3	Trasdosado autoportante libre W 625 "KNAUF" de placas de yeso laminado	14	Trasdosado autoportante libre W 625 "KNAUF" de placas de yeso laminado	14	10.94

Producido por una versión no profesional de CYPE



# Estudio acústico del edificio

Forjados modificados

Fecha: 29/06/12

## Elementos de flanco

	Elemento estructural básico	m (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>A</sub> (dBA)	Revestimiento	ΔR <sub>A</sub> (dBA)	L <sub>r</sub> (m)	S <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )	Uniones																																																							
Producción por una versión no profesional de CYPE	F1	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	52.9	0	2.0	10.9																																																								
	f1	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	52.9	0				F2	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	52.9	0	2.0	10.9		f2	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	52.9	0	F3	Forjado unidireccional	393	56.0	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Tarima maciza para interior	6	3.4	10.9		f3	Forjado unidireccional	393	56.0	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Tarima maciza para interior	6	F4	Forjado unidireccional	376	55.3	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Tarima maciza para interior	6	1.7	10.9		f4	Forjado unidireccional	376	55.3	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Tarima maciza para interior	6	F5	Forjado reticular	402	56.5	Guarnecido de yeso a buena vista	0	5.5	10.9		f5	Forjado reticular	402
	F2	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	52.9	0	2.0	10.9																																																								
	f2	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	52.9	0				F3	Forjado unidireccional	393	56.0	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Tarima maciza para interior	6	3.4	10.9		f3	Forjado unidireccional	393	56.0	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Tarima maciza para interior	6	F4	Forjado unidireccional	376	55.3	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Tarima maciza para interior	6	1.7	10.9		f4	Forjado unidireccional	376	55.3	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Tarima maciza para interior	6	F5	Forjado reticular	402	56.5	Guarnecido de yeso a buena vista	0	5.5	10.9		f5	Forjado reticular	402	56.5	Guarnecido de yeso a buena vista	0										
	F3	Forjado unidireccional	393	56.0	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Tarima maciza para interior	6	3.4	10.9																																																							
	f3	Forjado unidireccional	393	56.0	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Tarima maciza para interior	6				F4	Forjado unidireccional	376	55.3	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Tarima maciza para interior	6	1.7	10.9		f4	Forjado unidireccional	376	55.3	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Tarima maciza para interior	6	F5	Forjado reticular	402	56.5	Guarnecido de yeso a buena vista	0	5.5	10.9		f5	Forjado reticular	402	56.5	Guarnecido de yeso a buena vista	0																								
	F4	Forjado unidireccional	376	55.3	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Tarima maciza para interior	6	1.7	10.9																																																							
	f4	Forjado unidireccional	376	55.3	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Tarima maciza para interior	6				F5	Forjado reticular	402	56.5	Guarnecido de yeso a buena vista	0	5.5	10.9		f5	Forjado reticular	402	56.5	Guarnecido de yeso a buena vista	0																																							
	F5	Forjado reticular	402	56.5	Guarnecido de yeso a buena vista	0	5.5	10.9																																																							
	f5	Forjado reticular	402	56.5	Guarnecido de yeso a buena vista	0																																																									

## Cálculo de aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos interiores:

### Contribución directa, R<sub>Dd,A</sub>:

Elemento separador	R <sub>D,A</sub> (dBA)	ΔR <sub>D,A</sub> (dBA)	ΔR <sub>d,A</sub> (dBA)	S <sub>S</sub> (m <sup>2</sup> )	R <sub>Dd,A</sub> (dBA)	τ <sub>Dd</sub>
Tabique de dos hojas, con trasdosado en ambas caras	41.3	14	14	10.9	62.3	5.88844e-007
					<b>62.3</b>	<b>5.88844e-007</b>



# Estudio acústico del edificio

Forjados modificados

Fecha: 29/06/12

## Contribución de Flanco a flanco, $R_{FF,A}$ :

Flanco	$R_{f,A}$ (dBA)	$R_{f,A}$ (dBA)	$\Delta R_{FF,A}$ (dBA)	$K_{FF}$ (dB)	$L_f$ (m)	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$R_{FF,A}$ (dBA)	$S_i/S_s \cdot \tau_{FF}$
1	52.9	52.9	0	14.9	2.0	10.9	75.2	3.01995e-008
2	52.9	52.9	0	14.9	2.0	10.9	75.2	3.01995e-008
3	56.0	56.0	9	1.8	3.4	10.9	71.8	6.60693e-008
4	55.3	55.3	9	7.7*	1.7	10.9	80.0	1e-008
5	56.5	56.5	0	0.2	5.5	10.9	59.7	1.07152e-006
							<b>59.2</b>	1.20799e-006

## Contribución de Flanco a directo, $R_{Fd,A}$ :

Flanco	$R_{f,A}$ (dBA)	$R_{d,A}$ (dBA)	$\Delta R_{Fd,A}$ (dBA)	$K_{Fd}$ (dB)	$L_f$ (m)	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$R_{Fd,A}$ (dBA)	$S_i/S_s \cdot \tau_{Fd}$
1	52.9	41.3	14	12.0	2.0	10.9	80.5	8.91251e-009
2	52.9	41.3	14	12.0	2.0	10.9	80.5	8.91251e-009
3	56.0	41.3	17	10.0	3.4	10.9	80.7	8.51138e-009
4	55.3	41.3	17	6.9	1.7	10.9	80.2	9.54993e-009
5	56.5	41.3	14	7.1	5.5	10.9	73.0	5.01187e-008
							<b>70.7</b>	8.6005e-008

## Contribución de Directo a flanco, $R_{Df,A}$ :

Flanco	$R_{d,A}$ (dBA)	$R_{f,A}$ (dBA)	$\Delta R_{Df,A}$ (dBA)	$K_{Df}$ (dB)	$L_f$ (m)	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$R_{Df,A}$ (dBA)	$S_i/S_s \cdot \tau_{Df}$
1	41.3	52.9	14	12.0	2.0	10.9	80.5	8.91251e-009
2	41.3	52.9	14	12.0	2.0	10.9	80.5	8.91251e-009
3	41.3	56.0	17	10.0	3.4	10.9	80.7	8.51138e-009
4	41.3	55.3	17	6.9	1.7	10.9	80.2	9.54993e-009
5	41.3	56.5	14	7.1	5.5	10.9	73.0	5.01187e-008
							<b>70.7</b>	8.6005e-008

(\*) Valor mínimo para el índice de reducción vibracional, obtenido según relaciones de longitud y superficie en la unión entre elementos constructivos, conforme a la ecuación 23 de UNE EN 12354-1.

## Índice global de reducción acústica aparente, ponderado A, $R'_A$ :

	$R'_A$ (dBA)	$\tau$
$R_{Dd,A}$	62.3	5.88844e-007
$R_{FF,A}$	59.2	1.20799e-006
$R_{Fd,A}$	70.7	8.6005e-008
$R_{Df,A}$	70.7	8.6005e-008
	<b>57.1</b>	1.96884e-006



# Estudio acústico del edificio

Forjados modificados

Fecha: 29/06/12

## Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, $D_{nT,A}$ :

---

$R'_A$	V	$T_0$	$S_s$	$D_{nT,A}$
(dBA)	(m <sup>3</sup> )	(s)	(m <sup>2</sup> )	(dBA)
57.1	31.0	0.5	10.9	<b>57</b>

Producido por una versión no profesional de CYPE



# Estudio acústico del edificio

Forjados modificados

Fecha: 29/06/12

## 2 Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, $D_{nT,A}$

<b>Tipo de recinto receptor:</b>	A - Cocina A (Cocina)	Habitable
<b>Situación del recinto receptor:</b>		Sótano, unidad de uso Casa A
<b>Tipo de recinto emisor:</b>	B - Cocina (Cocina)	Otra unidad de uso
<b>Área compartida del elemento de separación, <math>S_s</math>:</b>		10.7 m <sup>2</sup>
<b>Volumen del recinto receptor, <math>V</math>:</b>		27.4 m <sup>3</sup>

$$D_{nT,A} = R'_A + 10 \log \left( \frac{0.16 \cdot V}{T_0 \cdot S_s} \right) = 58 \text{ dBA} \geq 45 \text{ dBA}$$



$$R'_A = -10 \log \left( 10^{-0.1R_{Dd,A}} + \sum_{f=F=1}^n 10^{-0.1R_{Ff,A}} + \sum_{f=1}^n 10^{-0.1R_{Df,A}} + \sum_{F=1}^n 10^{-0.1R_{Fd,A}} + \frac{A_0}{S_s} \sum_{ai=ei,si} 10^{-0.1D_{n,ai,A}} \right) = 58.5 \text{ dBA}$$

Producido por una versión no profesional de CYPE

### Datos de entrada para el cálculo:

#### Elemento separador

Elemento estructural básico	m (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>A</sub> (dBA)	Revestimiento recinto emisor	$\Delta R_{d,A}$ (dBA)	Revestimiento recinto receptor	$\Delta R_{d,A}$ (dBA)	S <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )
Tabique de dos hojas, con trasdosado en ambas caras	130	41.3	Trasdosado autoportante libre W 625 "KNAUF" de placas de yeso laminado	14	Trasdosado autoportante libre W 625 "KNAUF" de placas de yeso laminado	14	10.75



# Estudio acústico del edificio

Forjados modificados

Fecha: 29/06/12

## Elementos de flanco

	Elemento estructural básico	m (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>A</sub> (dBA)	Revestimiento	ΔR <sub>A</sub> (dBA)	L <sub>r</sub> (m)	S <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )	Uniones
F1	Muro de sótano con impermeabilización interior	752	66.5		0	2.0	10.7	
f1	Muro de sótano con impermeabilización interior	752	66.5		0			
F2	Muro de sótano con impermeabilización interior	752	66.5		0	2.0	10.7	
f2	Muro de sótano con impermeabilización interior	752	66.5		0			
F3	Losa de cimentación	1504	77.4	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Solado de piedra natural sobre una superficie plana, con adhesivo	0	5.4	10.7	
f3	Losa de cimentación	1504	77.4	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Solado de piedra natural sobre una superficie plana, con adhesivo	0			
F4	Forjado unidireccional	393	56.0	Guarnecido de yeso a buena vista	0	3.4	10.7	
f4	Forjado unidireccional	393	56.0	Guarnecido de yeso a buena vista	0			
F5	Forjado unidireccional	390	56.0	Guarnecido de yeso a buena vista	0	1.7	10.7	
f5	Forjado unidireccional	390	56.0	Guarnecido de yeso a buena vista	0			

Producido por una versión no profesional de CYPE

## Cálculo de aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos interiores:

### Contribución directa, R<sub>Dd,A</sub>:

Elemento separador	R <sub>D,A</sub> (dBA)	ΔR <sub>D,A</sub> (dBA)	ΔR <sub>d,A</sub> (dBA)	S <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> )	R <sub>Dd,A</sub> (dBA)	τ <sub>Dd</sub>
Tabique de dos hojas, con trasdosado en ambas caras	41.3	14	14	10.7	62.3	5.88844e-007
					<b>62.3</b>	<b>5.88844e-007</b>



# Estudio acústico del edificio

Forjados modificados

Fecha: 29/06/12

## Contribución de Flanco a flanco, $R_{Ff,A}$ :

Flanco	$R_{F,A}$ (dBA)	$R_{f,A}$ (dBA)	$\Delta R_{Ff,A}$ (dBA)	$K_{Ff}$ (dB)	$L_f$ (m)	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$R_{Ff,A}$ (dBA)	$S_i/S_s \cdot \tau_{Ff}$
1	66.5	66.5	0	-0.1*	2.0	10.7	73.7	4.2658e-008
2	66.5	66.5	0	-1.7	2.0	10.7	72.1	6.16595e-008
3	77.4	77.4	0	-1.1*	5.4	10.7	79.3	1.1749e-008
4	56.0	56.0	0	1.8	3.4	10.7	62.7	5.37032e-007
5	56.0	56.0	0	7.7*	1.7	10.7	71.6	6.91831e-008
							<b>61.4</b>	7.22281e-007

## Contribución de Flanco a directo, $R_{Fd,A}$ :

Flanco	$R_{F,A}$ (dBA)	$R_{d,A}$ (dBA)	$\Delta R_{Fd,A}$ (dBA)	$K_{Fd}$ (dB)	$L_f$ (m)	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$R_{Fd,A}$ (dBA)	$S_i/S_s \cdot \tau_{Fd}$
1	66.5	41.3	14	9.0	2.0	10.7	84.2	3.80189e-009
2	66.5	41.3	14	9.0	2.0	10.7	84.2	3.80189e-009
3	77.4	41.3	14	12.1	5.4	10.7	88.4	1.44544e-009
4	56.0	41.3	14	10.0	3.4	10.7	77.6	1.7378e-008
5	56.0	41.3	14	7.0	1.7	10.7	77.6	1.7378e-008
							<b>73.6</b>	4.38052e-008

## Contribución de Directo a flanco, $R_{Df,A}$ :

Flanco	$R_{D,A}$ (dBA)	$R_{f,A}$ (dBA)	$\Delta R_{Df,A}$ (dBA)	$K_{Df}$ (dB)	$L_f$ (m)	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$R_{Df,A}$ (dBA)	$S_i/S_s \cdot \tau_{Df}$
1	41.3	66.5	14	9.0	2.0	10.7	84.2	3.80189e-009
2	41.3	66.5	14	9.0	2.0	10.7	84.2	3.80189e-009
3	41.3	77.4	14	12.1	5.4	10.7	88.4	1.44544e-009
4	41.3	56.0	14	10.0	3.4	10.7	77.6	1.7378e-008
5	41.3	56.0	14	7.0	1.7	10.7	77.6	1.7378e-008
							<b>73.6</b>	4.38052e-008

(\*) Valor mínimo para el índice de reducción vibracional, obtenido según relaciones de longitud y superficie en la unión entre elementos constructivos, conforme a la ecuación 23 de UNE EN 12354-1.

## Índice global de reducción acústica aparente, ponderado A, $R'_A$ :

	$R'_A$ (dBA)	$\tau$
$R_{Dd,A}$	62.3	5.88844e-007
$R_{Ff,A}$	61.4	7.22281e-007
$R_{Fd,A}$	73.6	4.38052e-008
$R_{Df,A}$	73.6	4.38052e-008
	<b>58.5</b>	1.39874e-006



# Estudio acústico del edificio

Forjados modificados

Fecha: 29/06/12

## Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, $D_{nT,A}$ :

---

$R'_A$	V	$T_0$	$S_s$	$D_{nT,A}$
(dBA)	(m <sup>3</sup> )	(s)	(m <sup>2</sup> )	(dBA)
58.5	27.4	0.5	10.7	<b>58</b>

Producido por una versión no profesional de CYPE



## 1.2.2.- Aislamiento acústico a ruido de impacto entre recintos

Se presenta a continuación el cálculo detallado de la estimación de aislamiento acústico a ruido de impacto entre parejas de recintos emisor - receptor, para los valores más desfavorables presentados en las tablas resumen del capítulo anterior, según el modelo simplificado para la transmisión estructural descrito en UNE EN 12354-2:2000, utilizando para la predicción del índice de nivel de presión acústica ponderada de impactos, los índices ponderados de los elementos involucrados, según los procedimientos de ponderación descritos en la norma EN ISO 717-2.

Para la adecuada correspondencia entre la justificación de cálculo y la presentación de resultados del capítulo anterior, se numeran las fichas siguientes conforme a la numeración de las entradas en las tablas resumen de resultados.

### 1 Nivel global de presión de ruido de impactos estandarizado, $L'_{nT,w}$

<b>Tipo de recinto receptor:</b>	A - Comedor (Salón / Comedor)	Protegido
<b>Situación del recinto receptor:</b>		Planta baja, unidad de uso Casa A
<b>Tipo de recinto emisor:</b>	B - Dormitorio (Dormitorio)	Otra unidad de uso
<b>Área total del elemento excitado, <math>S_s</math>:</b>		12.8 m <sup>2</sup>
<b>Volumen del recinto receptor, <math>V</math>:</b>		42.2 m <sup>3</sup>

$$L'_{nT,w} = L'_{n,w} - 10 \log \left( \frac{0.16 \cdot V}{A_0 \cdot T_0} \right) = 32 \text{ dBA} \leq 65 \text{ dBA}$$



$$L'_{n,w} = 10 \log \left( \sum_{j=1}^n 10^{0.1 L_{n,w,j}} \right) = 32.9 \text{ dBA}$$

### Datos de entrada para el cálculo:

#### Elemento excitado a ruido de impactos

Elemento estructural básico	m (kg/m <sup>2</sup> )	$L_{n,w}$ (dB)	$R_A$ (dBA)	Suelo recinto emisor	$\Delta L_{D,w}$ (dB)	Revestimiento recinto emisor	$\Delta L_{d,w}$ (dB)	$S_i$ (m <sup>2</sup> )
Forjado unidireccional	393	73.3	56.0	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Tarima maciza para interior	33	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Tarima maciza para interior	33	12.76

Producido por una versión no profesional de CYPE



## Elementos de flanco

	Elemento estructural básico	m (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>A</sub> (dBA)	Revestimiento	ΔL <sub>D,w</sub> (dB)	ΔR <sub>f,A</sub> (dBA)	L <sub>f</sub> (m)	S <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )	Uniones
D1	Forjado unidireccional	393	56.0	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Tarima maciza para interior	33	---	3.4	12.8	
f1	Forjado unidireccional	393	56.0	Guarnecido de yeso a buena vista	---	0			
D2	Forjado unidireccional	393	56.0	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Tarima maciza para interior	33	---	3.4	12.8	
f2	Tabique de dos hojas, con trasdosado en ambas caras	130	41.3	Trasdosado autoportante libre W 625 "KNAUF" de placas de yeso laminado	---	14			

## Cálculo del aislamiento acústico a ruido de impactos:

### Contribución de Directo a flanco, L<sub>n,w,Df</sub>:

Flanco	L <sub>n,w</sub> (dB)	ΔL <sub>D,w</sub> (dB)	R <sub>D,A</sub> (dBA)	R <sub>f,A</sub> (dBA)	ΔR <sub>f,A</sub> (dBA)	K <sub>Df</sub> (dB)	L <sub>f</sub> (m)	S <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )	L <sub>n,w,Df</sub> (dB)	S <sub>i</sub> /S <sub>s</sub> ·τ <sub>Df</sub>
1	73.3	33	56.0	56.0	0	1.8	3.4	12.8	32.8	1905.46
2	73.3	33	56.0	41.3	14	10.0	3.4	12.8	18.0	63.0957
									<b>32.9</b>	<b>1968.56</b>

### Nivel global de presión de ruido de impactos, L'<sub>n,w</sub>:

L' <sub>n,w</sub> (dB)	τ
32.9	1968.56
<b>32.9</b>	<b>1968.56</b>

### Nivel global de presión de ruido de impactos estandarizado, L'<sub>nT,w</sub>:

L' <sub>n,w</sub> (dB)	V (m <sup>3</sup> )	A <sub>0</sub> (m <sup>2</sup> )	T <sub>0</sub> (s)	L' <sub>nT,w</sub> (dB)
32.9	42.2	10	0.5	<b>32</b>

Producido por una versión no profesional de CYPE



## 1.2.3.- Aislamiento acústico a ruido aéreo contra ruido del exterior

Se presenta a continuación el cálculo detallado de la estimación de aislamiento acústico a ruido aéreo contra ruido del exterior, para los valores más desfavorables presentados en las tablas resumen del capítulo anterior, según el modelo simplificado para la transmisión estructural descrito en UNE EN 12354-3:2000, que utiliza para la predicción del índice ponderado de reducción acústica aparente global, los índices ponderados de los elementos involucrados, según los procedimientos de ponderación descritos en la norma UNE EN ISO 717-1.

Para la adecuada correspondencia entre la justificación de cálculo y la presentación de resultados del capítulo anterior, se numeran las fichas siguientes conforme a la numeración de las entradas en las tablas resumen de resultados.

### 1 Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, $D_{2m,nT,Atr}$

<b>Tipo de recinto receptor:</b>	A - Comedor (Salón / Comedor)	Protegido (Estancia)
<b>Situación del recinto receptor:</b>	Planta baja, unidad de uso Casa A	
<b>Índice de ruido día considerado, <math>L_d</math>:</b>	65 dBA	
<b>Tipo de ruido exterior:</b>	Automóviles	
<b>Área total en contacto con el exterior, <math>S_s</math>:</b>	24.0 m <sup>2</sup>	
<b>Volumen del recinto receptor, V:</b>	42.2 m <sup>3</sup>	

$$D_{2m,nT,Atr} = R'_{Atr} + \Delta L_{fs} + 10 \log \left( \frac{V}{6T_0 S} \right) = 33 \text{ dBA} \geq 30 \text{ dBA}$$



$$R'_{Atr} = -10 \log \left( 10^{-0.1R_{Dd,Atr}} + \sum_{f=F=1}^n 10^{-0.1R_{Ff,Atr}} + \sum_{f=1}^n 10^{-0.1R_{Df,Atr}} + \sum_{F=1}^n 10^{-0.1R_{Fd,Atr}} + \frac{A_0}{S_s} \sum_{ai=ei,si} 10^{-0.1D_{n,ai,Atr}} \right) = 35.6 \text{ dBA}$$

#### Datos de entrada para el cálculo:

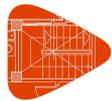
##### Fachada

Elemento estructural básico	m (kg/m <sup>2</sup> )	$R_{Atr}$ (dBA)	Revestimiento interior	$\Delta R_{d,Atr}$ (dBA)	$S_i$ (m <sup>2</sup> )
Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0	5.72
Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0	4.16
Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0	1.12
Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0	9.89

##### Huecos en fachada

Huecos en fachada	$R_w$ (dB)	$C_{tr}$ (dB)	$R_{Atr}$ (dBA)	$S_i$ (m <sup>2</sup> )
Puerta de entrada a la vivienda, de madera (Sin caracterización acústica)	25.0	0	25.0	1.67
Ventana de doble acristalamiento sonoro (laminar acústico) "unión vidriera aragonesa", sonoro 4+4/16/4 temple.lite	37.0	-5	32.0	1.44

##### Elementos de flanco



# Estudio acústico del edificio

Forjados modificados

Fecha: 29/06/12

	Elemento estructural básico	m (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>Atr</sub> (dBA)	Revestimiento	ΔR <sub>Atr</sub> (dBA)	L <sub>f</sub> (m)	S <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )	Uniones
F1	Sin flanco emisor							
f1	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0	2.1	5.7	
F2	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0	2.1	5.7	
f2	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0			
F3	Sin flanco emisor							
f3	Forjado unidireccional	393	51.0	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Tarima maciza para interior	6	0.8	5.7	
F4	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0	0.9	5.7	
f4	Forjado unidireccional	393	51.0	Guarnecido de yeso a buena vista	0			
F5	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0	2.1	4.2	
f5	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0			
F6	Sin flanco emisor							
f6	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0	2.1	4.2	
F7	Forjado unidireccional	390	51.0		0			
f7	Forjado unidireccional	393	51.0	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Tarima maciza para interior	6	1.7	4.2	
F8	Sin flanco emisor							
f8	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0	2.1	2.8	
F9	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0	2.1	2.8	
f9	Tabique de dos hojas, con trasdosado en ambas caras	130	39.3	Trasdosado autoportante libre W 625 "KNAUF" de placas de yeso laminado	14			
F10	Forjado unidireccional	390	51.0		0			
f10	Forjado unidireccional	393	51.0	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Tarima maciza para interior	6	1.1	2.8	
F11	Forjado unidireccional	376	50.3		0	1.1	2.8	
f11	Forjado unidireccional	393	51.0	Guarnecido de yeso a buena vista	0			



# Estudio acústico del edificio

Forjados modificados

Fecha: 29/06/12

Identificador	Descripción	Superficie (m²)	Distancia (m)	Material / Descripción	R <sub>D</sub>	R <sub>D</sub> + ΔR <sub>D</sub>	R <sub>D</sub> + ΔR <sub>D</sub> + S <sub>i</sub>	Diagrama
F12	Sin flanco emisor							
f12	Muro de sótano con impermeabilización interior	752	60.5		0	2.1	11.3	
F13	Sin flanco emisor							
f13	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0	2.1	11.3	
F14	Sin flanco emisor							
f14	Forjado unidireccional	393	51.0	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Tarima maciza para interior	6	0.9	11.3	
F15	Sin flanco emisor							
f15	Forjado unidireccional	393	51.0	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Tarima maciza para interior	6	1.1	11.3	
F16	Sin flanco emisor							
f16	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0	2.0	11.3	
f16	Forjado unidireccional	393	51.0	Guarnecido de yeso a buena vista	0			

Producido por una versión no profesional de CYPE

## Cálculo de aislamiento acústico a ruido aéreo en fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior:

### Contribución directa, R<sub>Dd,Atr</sub>:

Elemento separador	R <sub>D,Atr</sub> (dBA)	ΔR <sub>Dd,Atr</sub> (dBA)	R <sub>Dd,Atr</sub> (dBA)	S <sub>S</sub> (m²)	S <sub>i</sub> (m²)	R <sub>Dd,m,Atr</sub> (dBA)	τ <sub>Dd</sub>
Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	48.9	0	48.9	24.0	5.7	55.1	3.06705e-006
Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	48.9	0	48.9	24.0	4.2	56.5	2.23448e-006
Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	48.9	0	48.9	24.0	1.1	62.2	6.02443e-007
Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	48.9	0	48.9	24.0	9.9	52.8	5.30709e-006
Puerta de entrada a la vivienda, de madera (Sin caracterización acústica)	25.0		25.0	24.0	1.7	36.6	0.000220605
Ventana de doble acristalamiento sonor (laminar acústico) "unión vidriera aragonesa", sonor 4+4/16/4 templa.lite	32.0		32.0	24.0	1.4	44.2	3.78467e-005
						<b>35.7</b>	<b>0.000269663</b>



# Estudio acústico del edificio

Forjados modificados

Fecha: 29/06/12

## Contribución de Flanco a flanco, $R_{Ff,Atr}$ :

Flanco	$R_{F,Atr}$ (dBA)	$R_{f,Atr}$ (dBA)	$\Delta R_{Ff,Atr}$ (dBA)	$K_{Ff}$ (dB)	$L_f$ (m)	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$R_{Ff,Atr}$ (dBA)	$S_i/S_s \cdot \tau_{Ff}$
2	48.9	48.9	0	11.7	2.1	5.7	65.0	7.5287e-008
4	48.9	51.0	0	6.1	0.9	5.7	63.9	9.69885e-008
5	48.9	48.9	0	17.7	2.1	4.2	69.6	1.90185e-008
7	51.0	51.0	6	2.4	1.7	4.2	63.2	8.30188e-008
9	48.9	39.3	14	12.0	2.1	2.8	71.4	8.44156e-009
10	51.0	51.0	6	2.4	1.1	2.8	63.6	5.08654e-008
11	50.3	51.0	0	2.6	1.1	2.8	57.4	2.12042e-007
16	48.9	51.0	0	6.1	2.0	11.3	63.5	2.1081e-007
							<b>61.2</b>	<b>7.56472e-007</b>

## Contribución de Flanco a directo, $R_{Fd,Atr}$ :

Producido por una versión no profesional de CYPE

Flanco	$R_{F,Atr}$ (dBA)	$R_{d,Atr}$ (dBA)	$\Delta R_{Fd,Atr}$ (dBA)	$K_{Fd}$ (dB)	$L_f$ (m)	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$R_{Fd,Atr}$ (dBA)	$S_i/S_s \cdot \tau_{Fd}$
2	48.9	48.9	0	17.7	2.1	5.7	71.0	1.89112e-008
4	48.9	48.9	0	9.8	0.9	5.7	66.5	5.32991e-008
5	48.9	48.9	0	11.7	2.1	4.2	63.6	7.57141e-008
7	51.0	48.9	0	6.1	1.7	4.2	59.9	1.77491e-007
9	48.9	48.9	0	14.9	2.1	2.8	65.1	3.601e-008
10	51.0	48.9	0	6.1	1.1	2.8	60.2	1.11281e-007
11	50.3	48.9	0	6.0	1.1	2.8	59.8	1.22018e-007
16	48.9	48.9	0	9.8	2.0	11.3	66.2	1.13212e-007
							<b>61.5</b>	<b>7.07936e-007</b>



# Estudio acústico del edificio

Forjados modificados

Fecha: 29/06/12

## Contribución de Directo a flanco, $R_{Df,Atr}$ :

Flanco	$R_{D,Atr}$ (dBA)	$R_{F,Atr}$ (dBA)	$\Delta R_{Df,Atr}$ (dBA)	$K_{Df}$ (dB)	$L_f$ (m)	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$R_{Df,Atr}$ (dBA)	$S_i/S_s \cdot \tau_{Df}$
1	48.9	48.9	0	-2.0	2.1	5.7	51.3	1.7649e-006
2	48.9	48.9	0	11.7	2.1	5.7	65.0	7.5287e-008
3	48.9	51.0	6	6.1	0.8	5.7	70.4	2.1713e-008
4	48.9	51.0	0	6.1	0.9	5.7	63.9	9.69885e-008
5	48.9	48.9	0	11.7	2.1	4.2	63.6	7.57141e-008
6	48.9	48.9	0	1.2*	2.1	4.2	53.1	8.49526e-007
7	48.9	51.0	6	6.1	1.7	4.2	65.9	4.45837e-008
8	48.9	48.9	0	1.3*	2.1	2.8	51.5	8.24941e-007
9	48.9	39.3	14	12.0	2.1	2.8	71.4	8.44156e-009
10	48.9	51.0	6	6.1	1.1	2.8	66.2	2.79526e-008
11	48.9	51.0	0	6.1	1.1	2.8	60.2	1.11281e-007
12	48.9	60.5	0	5.1	2.1	11.3	67.2	8.99272e-008
13	48.9	48.9	0	-2.0	2.1	11.3	54.3	1.75344e-006
14	48.9	51.0	6	6.1	0.9	11.3	72.9	2.42042e-008
15	48.9	51.0	6	6.1	1.1	11.3	72.1	2.90999e-008
16	48.9	51.0	0	6.1	2.0	11.3	63.5	2.1081e-007
							<b>52.2</b>	<b>6.00881e-006</b>

Producido por una versión no profesional de CYPE

(\*) Valor mínimo para el índice de reducción vibracional, obtenido según relaciones de longitud y superficie en la unión entre elementos constructivos, conforme a la ecuación 23 de UNE EN 12354-1.

## Índice global de reducción acústica aparente, ponderado A, $R'_{Atr}$ :

	$R'_{Atr}$ (dBA)	$\tau$
$R_{Dd,Atr}$	35.7	0.000269663
$R_{Ff,Atr}$	61.2	7.56472e-007
$R_{Fd,Atr}$	61.5	7.07936e-007
$R_{Df,Atr}$	52.2	6.00881e-006
	<b>35.6</b>	<b>0.000277136</b>

## Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, $D_{2m,nT,Atr}$ :

$R'_{Atr}$ (dBA)	$\Delta L_{fs}$ (dBA)	V (m <sup>3</sup> )	$T_0$ (s)	$S_s$ (m <sup>2</sup> )	$D_{2m,nT,Atr}$ (dBA)
35.6	0	42.2	0.5	24.0	<b>33</b>



# Estudio acústico del edificio

Forjados modificados

Fecha: 29/06/12

## 2 Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, $D_{2m,nT,Atr}$

<b>Tipo de recinto receptor:</b>	A - Dormitorio (Dormitorio)	Protegido (Dormitorio)
<b>Situación del recinto receptor:</b>		Planta 1, unidad de uso Casa A
<b>Índice de ruido día considerado, <math>L_d</math>:</b>		65 dBA
<b>Tipo de ruido exterior:</b>		Automóviles
<b>Área total en contacto con el exterior, <math>S_s</math>:</b>		30.3 m <sup>2</sup>
<b>Volumen del recinto receptor, <math>V</math>:</b>		31.0 m <sup>3</sup>

$$D_{2m,nT,Atr} = R'_{Atr} + \Delta L_{fs} + 10 \log \left( \frac{V}{6T_0S} \right) = 35 \text{ dBA} \geq 32 \text{ dBA}$$



$$R'_{Atr} = -10 \log \left( 10^{-0.1R_{Dd,Atr}} + \sum_{f=F=1}^n 10^{-0.1R_{Ff,Atr}} + \sum_{f=1}^n 10^{-0.1R_{Df,Atr}} + \sum_{F=1}^n 10^{-0.1R_{Fd,Atr}} + \frac{A_0}{S_s} \sum_{ai=ei,si} 10^{-0.1D_{n,ai,Atr}} \right) = 39.5 \text{ dBA}$$

Producido por una versión no profesional de CYPE

### Datos de entrada para el cálculo:

#### Fachada

Elemento estructural básico	m (kg/m <sup>2</sup> )	$R_{Atr}$ (dBA)	Revestimiento interior	$\Delta R_{d,Atr}$ (dBA)	$S_i$ (m <sup>2</sup> )
Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0	2.61
Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0	5.27
Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0	2.64

#### Huecos en fachada

Huecos en fachada	$R_w$ (dB)	$C_{tr}$ (dB)	$R_{Atr}$ (dBA)	$S_i$ (m <sup>2</sup> )
Ventana de doble acristalamiento sonor (laminar acústico) "unión vidriera aragonesa", sonor 4+4/16/4 templa.lite	37.0	-5	32.0	1.44
Ventana de doble acristalamiento sonor (laminar acústico) "unión vidriera aragonesa", sonor 4+4/16/4 templa.lite	37.0	-5	32.0	1.44
Ventana de doble acristalamiento sonor (laminar acústico) "unión vidriera aragonesa", sonor 4+4/16/4 templa.lite	37.0	-5	32.0	1.44

#### Cubierta

Elemento estructural básico	m (kg/m <sup>2</sup> )	$R_{Atr}$ (dBA)	Revestimiento interior	$\Delta R_{d,Atr}$ (dBA)	$S_i$ (m <sup>2</sup> )
Forjado reticular	402	51.5	Guarnecido de yeso a buena vista	0	15.49

#### Elementos de flanco



# Estudio acústico del edificio

Forjados modificados

Fecha: 29/06/12

	Elemento estructural básico	m (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>Atr</sub> (dBA)	Revestimiento	ΔR <sub>Atr</sub> (dBA)	L <sub>f</sub> (m)	S <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )	Uniones	
Producción por una versión no profesional de CYPE	F1	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0	2.0	2.6	
	f1	Tabique PYL 78/600(48) LM	26	36.0		0			
	F2	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0	2.0	2.6	
	f2	Tabique de dos hojas, con trasdosado en ambas caras	130	39.3	Trasdosado autoportante libre W 625 "KNAUF" de placas de yeso laminado	14			
	F3	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0	1.1	2.6	
	f3	Forjado unidireccional	376	50.3	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Tarima maciza para interior	6			
	F4	Sin flanco emisor					1.3	2.6	
	f4	Forjado reticular	402	51.5	Guarnecido de yeso a buena vista	0			
	F5	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0	2.0	8.1	
	f5	Tabique de dos hojas, con trasdosado en ambas caras	130	39.3	Trasdosado autoportante libre W 625 "KNAUF" de placas de yeso laminado	14			
	F6	Sin flanco emisor					2.0	8.1	
	f6	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0			
	F7	Sin flanco emisor					4.1	8.1	
	f7	Forjado unidireccional	393	51.0	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Tarima maciza para interior	6			
	F8	Sin flanco emisor					4.1	8.1	
	f8	Forjado reticular	402	51.5	Guarnecido de yeso a buena vista	0			
F9	Sin flanco emisor					2.0	4.1		
f9	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0				
F10	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0	2.0	4.1		
f10	Tabique PYL 78/600(48) LM	26	36.0		0				
F11	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0	2.0	4.1		
f11	Forjado unidireccional	393	51.0	Suelo flotante con lana mineral, de 40 mm de espesor. Tarima maciza para interior	6				



# Estudio acústico del edificio

Forjados modificados

Fecha: 29/06/12

F12	Sin flanco emisor								
f12	Forjado reticular	402	51.5	Guarnecido de yeso a buena vista	0	2.0	4.1		
F13	Forjado reticular	402	51.5	Guarnecido de yeso a buena vista	0	1.8	15.5		
f13	Tabique PYL 78/600(48) LM	26	36.0		0				
F14	Forjado reticular	402	51.5	Guarnecido de yeso a buena vista	0	1.5	15.5		
f14	Tabique PYL 78/600(48) LM	26	36.0		0				
F15	Forjado reticular	402	51.5	Guarnecido de yeso a buena vista	0				
f15	Tabique de dos hojas, con trasdosado en ambas caras	130	39.3	Trasdosado autoportante libre W 625 "KNAUF" de placas de yeso laminado	14	5.5	15.5		
F16	Sin flanco emisor								
f16	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0	2.0	15.5		
F17	Forjado reticular	402	51.5	Guarnecido de yeso a buena vista	0	1.7	15.5		
f17	Tabique PYL 78/600(48) LM	26	36.0		0				
F18	Forjado reticular	402	51.5	Guarnecido de yeso a buena vista	0	1.0	15.5		
f18	Tabique PYL 78/600(48) LM	26	36.0		0				
F19	Sin flanco emisor								
f19	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0	1.3	15.5		
F20	Sin flanco emisor								
f20	Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	215	48.9		0	4.1	15.5		

Producido por una versión no profesional de CYPE



# Estudio acústico del edificio

Forjados modificados

Fecha: 29/06/12

## Cálculo de aislamiento acústico a ruido aéreo en fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior:

### Contribución directa, $R_{Dd,Atr}$ :

Elemento separador	$R_{D,Atr}$ (dBA)	$\Delta R_{Dd,Atr}$ (dBA)	$R_{Dd,Atr}$ (dBA)	$S_S$ (m <sup>2</sup> )	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$R_{Dd,m,Atr}$ (dBA)	$\tau_{Dd}$
Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	48.9	0	48.9	30.3	2.6	59.6	1.10736e-006
Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	48.9	0	48.9	30.3	5.3	56.5	2.23763e-006
Fachada cara vista de dos hojas de fábrica, sin cámara de aire	48.9	0	48.9	30.3	2.6	59.5	1.12115e-006
Ventana de doble acristalamiento sonoro (laminar acústico) "unión vidriera aragonesa", sonoro 4+4/16/4 templada.lite	32.0		32.0	30.3	1.4	45.2	2.99623e-005
Ventana de doble acristalamiento sonoro (laminar acústico) "unión vidriera aragonesa", sonoro 4+4/16/4 templada.lite	32.0		32.0	30.3	1.4	45.2	2.99623e-005
Ventana de doble acristalamiento sonoro (laminar acústico) "unión vidriera aragonesa", sonoro 4+4/16/4 templada.lite	32.0		32.0	30.3	1.4	45.2	2.99623e-005
Forjado reticular	51.5	0	51.5	30.3	15.5	54.4	3.65196e-006
						<b>40.1</b>	<b>9.8005e-005</b>

### Contribución de Flanco a flanco, $R_{Ff,Atr}$ :

Flanco	$R_{F,Atr}$ (dBA)	$R_{f,Atr}$ (dBA)	$\Delta R_{Ff,Atr}$ (dBA)	$K_{Ff}$ (dB)	$L_f$ (m)	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$R_{Ff,Atr}$ (dBA)	$S_i/S_S \cdot \tau_{Ff}$
1	48.9	36.0	0	19.2	2.0	2.6	62.8	4.51116e-008
2	48.9	39.3	14	12.0	2.0	2.6	71.2	6.5206e-009
3	48.9	50.3	6	6.0	1.1	2.6	65.5	2.42263e-008
5	48.9	39.3	14	12.0	2.0	8.1	76.2	6.44493e-009
10	48.9	36.0	0	19.2	2.0	4.1	64.7	4.558e-008
11	48.9	51.0	6	6.1	2.0	4.1	65.1	4.15695e-008
13	51.5	36.0	0	21.9	1.8	15.5	75.0	1.61547e-008
14	51.5	36.0	0	21.9	1.5	15.5	75.8	1.34369e-008
15	51.5	39.3	14	7.1	5.5	15.5	71.0	4.05788e-008
17	51.5	36.0	0	21.9	1.7	15.5	75.3	1.50764e-008
18	51.5	36.0	0	21.9	1.0	15.5	77.7	8.67558e-009
							<b>65.8</b>	<b>2.63375e-007</b>



# Estudio acústico del edificio

Forjados modificados

Fecha: 29/06/12

## Contribución de Flanco a directo, $R_{Fd,Atr}$ :

Flanco	$R_{F,Atr}$ (dBA)	$R_{d,Atr}$ (dBA)	$\Delta R_{Fd,Atr}$ (dBA)	$K_{Fd}$ (dB)	$L_f$ (m)	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$R_{Fd,Atr}$ (dBA)	$S_i/S_s \cdot \tau_{Fd}$
1	48.9	48.9	0	0.8*	2.0	2.6	50.8	7.1497e-007
2	48.9	48.9	0	14.9	2.0	2.6	64.9	2.78156e-008
3	48.9	48.9	0	9.5	1.1	2.6	62.3	5.0616e-008
5	48.9	48.9	0	14.9	2.0	8.1	69.9	2.74927e-008
10	48.9	48.9	0	-0.8*	2.0	4.1	51.2	1.02041e-006
11	48.9	48.9	0	9.8	2.0	4.1	61.8	8.8874e-008
13	51.5	51.5	0	-4.0*	1.8	15.5	56.8	1.06733e-006
14	51.5	51.5	0	-4.8*	1.5	15.5	56.8	1.06733e-006
15	51.5	51.5	0	0.2	5.5	15.5	56.2	1.22546e-006
17	51.5	51.5	0	-4.3*	1.7	15.5	56.8	1.06733e-006
18	51.5	51.5	0	-5.7	1.0	15.5	57.8	8.4781e-007
							<b>51.4</b>	7.20544e-006

## Contribución de Directo a flanco, $R_{Df,Atr}$ :

Flanco	$R_{D,Atr}$ (dBA)	$R_{f,Atr}$ (dBA)	$\Delta R_{Df,Atr}$ (dBA)	$K_{Df}$ (dB)	$L_f$ (m)	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$R_{Df,Atr}$ (dBA)	$S_i/S_s \cdot \tau_{Df}$
1	48.9	36.0	0	19.2	2.0	2.6	62.8	4.51116e-008
2	48.9	39.3	14	12.0	2.0	2.6	71.2	6.5206e-009
3	48.9	50.3	6	6.0	1.1	2.6	65.5	2.42263e-008
4	48.9	51.5	0	1.1	1.3	2.6	54.3	3.19365e-007
5	48.9	39.3	14	12.0	2.0	8.1	76.2	6.44493e-009
6	48.9	48.9	0	-1.1*	2.0	8.1	53.9	1.09451e-006
7	48.9	51.0	6	6.1	4.1	8.1	65.1	8.30267e-008
8	48.9	51.5	0	1.1	4.1	8.1	54.3	9.98201e-007
9	48.9	48.9	0	-1.1*	2.0	4.1	50.9	1.09339e-006
10	48.9	36.0	0	19.2	2.0	4.1	64.7	4.558e-008
11	48.9	51.0	6	6.1	2.0	4.1	65.1	4.15695e-008
12	48.9	51.5	0	1.1	2.0	4.1	54.3	4.99775e-007
13	51.5	36.0	0	21.9	1.8	15.5	75.0	1.61547e-008
14	51.5	36.0	0	21.9	1.5	15.5	75.8	1.34369e-008
15	51.5	39.3	14	7.1	5.5	15.5	71.0	4.05788e-008
16	51.5	48.9	0	1.1	2.0	15.5	60.1	4.99228e-007
17	51.5	36.0	0	21.9	1.7	15.5	75.3	1.50764e-008
18	51.5	36.0	0	21.9	1.0	15.5	77.7	8.67558e-009
19	51.5	48.9	0	1.1	1.3	15.5	62.0	3.22329e-007
20	51.5	48.9	0	1.1	4.1	15.5	57.1	9.9609e-007
							<b>52.1</b>	6.16928e-006

(\*) Valor mínimo para el índice de reducción vibracional, obtenido según relaciones de longitud y superficie en la unión entre elementos constructivos, conforme a la ecuación 23 de UNE EN 12354-1.



# Estudio acústico del edificio

Forjados modificados

Fecha: 29/06/12

## Índice global de reducción acústica aparente, ponderado A, $R'_{Atr}$ :

	$R'_{Atr}$ (dBA)	$\tau$
$R_{Dd,Atr}$	40.1	9.8005e-005
$R_{Ff,Atr}$	65.8	2.63375e-007
$R_{Fd,Atr}$	51.4	7.20544e-006
$R_{Df,Atr}$	52.1	6.16928e-006
	<b>39.5</b>	0.000111643

## Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, $D_{2m,nT,Atr}$ :

$R'_{Atr}$ (dBA)	$\Delta L_{fs}$ (dBA)	V (m <sup>3</sup> )	$T_0$ (s)	$S_s$ (m <sup>2</sup> )	$D_{2m,nT,Atr}$ (dBA)
39.5	0	31.0	0.5	30.3	<b>35</b>

Producido por una versión no profesional de CYPE