



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Revisión y evaluación de las condiciones acústicas del proyecto
de ejecución de un edificio universitario de investigación y
propuestas de mejora*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Jesús Alberto Sanduvete Ariza

DIRECTORES: Francisco Javier Rodríguez Rodríguez

CURSO ACADÉMICO: 2014-2015

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Revisión y evaluación de las condiciones acústicas del proyecto
de ejecución de un edificio universitario de investigación y
propuestas de mejora*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Infantería de Marina

Universida_{de}Vigo

RESUMEN

El proceso de aplicación de los principios de Ingeniería Acústica en Edificación necesariamente ha de considerar que la sensibilidad creciente por la adopción de criterios de sostenibilidad se ha extendido a todos los ámbitos de actividad y está comportando nuevas exigencias de actuación, algunas de ellas derivadas de nuevas directrices normativas, buscando incrementar la calidad de la edificación. Así, el marco normativo regulador de las condiciones acústicas, Documento Básico “DB-HR Protección frente al ruido” del Código Técnico de la Edificación (CTE), introduce, entre otros, nuevos criterios de aislamiento acústico, exigencias de acondicionamiento acústico de determinados recintos y la posibilidad de verificación “*in situ*” del cumplimiento de los requisitos establecidos.

El objeto del presente TFG reside en evaluar las condiciones acústicas del proyecto de ejecución de un edificio universitario de investigación en relación con el comportamiento de los sistemas constructivos. Los resultados obtenidos se podrán considerar, a modo de ejemplo, para proyectar recintos de nueva ejecución, o mejorar los recintos existentes, de los edificios de Defensa. Esta actuación constructiva evaluada, para uso de laboratorio y docente, posee recintos exigentes acústicamente como: *Aulas, Biblioteca, Salón de actos, Sala reuniones, Sala de descanso, Despacho director...*

En este sentido, inicialmente, mediante modelización acústica 3D, se desarrolla un análisis de las condiciones acústicas del proyecto de ejecución enviado por el equipo de redacción del proyecto (en relación a los criterios acústicos de aislamiento y acondicionamiento adoptados y las soluciones constructivas planteadas) y, posteriormente, en función de los resultados obtenidos, se proponen soluciones constructivas para la mejora las condiciones acústicas iniciales. Para ello se lleva a cabo la modelización acústica 3D de los recintos del edificio mediante el *programa de cálculo SONarchitect* que permite verificar el cumplimiento de las exigencias del Documento Básico DB-HR según el método general que aporta (que tiene en cuenta las transmisiones acústicas indirectas o estructurales).

Para el correcto desarrollo del estudio acústico planteado es necesario conocer una serie de aspectos normativos y técnicos que se explican a lo largo del contenido del presente TFG.

PALABRAS CLAVE

Documento Básico DB-HR “Protección frente al ruido”, aislamiento, acondicionamiento, *SONarchitect*, proyecto de ejecución

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Jesús y Antonia, ejemplos de trabajo duro, honestidad y sacrificio.

A mi hermano y hermana, por su apoyo y cariño.

A mi familia y amigos, por ayudarme a ser cada día mejor persona.

A mi tutor, D.Francisco Javier Rodríguez por su ayuda motivacional y profesional.

Al Centro Universitario de la Defensa, en general a todos los profesores que lo componen por todo el sacrificio que han hecho estos cinco años en que este nuevo plan salga adelante.

A la Escuela Naval Militar, tanto profesores militares como civiles por permitirme adquirir una de las mejores formaciones académicas, y en especial al departamento nº 4, por su exigencia y motivación.

CONTENIDO

Contenido	1
Índice de Figuras	3
Índice de Tablas.....	5
1 Introducción y objetivos.....	7
2 Antecedentes y conceptos básicos.....	11
2.1 Antecedentes	11
2.2 Conceptos básicos	12
2.2.1 Sonido directo y reflejado.....	12
2.2.2 Umbrales auditivos	14
2.2.3 Curvas de ponderación. Escala de decibelios A	14
2.2.4 Aislamiento y acondicionamiento acústico	16
3 Estado del arte	27
3.1 Tendencia actual: Control acústico total en edificación [2].....	27
3.2 Introducción al Documento Básico “Protección frente al ruido” DB-HR	28
3.2.1 El Real decreto 1371/2007.....	28
3.2.2 Opciones para realizar un proyecto acústico [3].....	31
3.2.3 Principales novedades generales introducidas por el Documento Básico DB-HR “Protección frente al ruido” respecto a la anterior normativa acústica NBE-CA-88	32
3.2.4 Tipos de recintos.....	34
3.2.5 Definición de unidades de uso	35
3.2.6 Exigencias de protección frente al ruido procedente del exterior [1].....	35
3.2.7 Instalación de techos acústicos absorbentes	36
3.3 Sistemas constructivos empleados en edificación	36
3.3.1 Elementos de separación horizontal (ESH)	37
3.3.2 Elementos de separación vertical (ESV)	43
3.4 <i>Softwares</i> existentes actualmente para modelizaciones acústicas 3D.....	48
3.4.1 Relación de los principales software del mercado:.....	48
3.4.2 Elección del software SONarchitect para evaluar el edificio del TFG.....	49
4 Características generales del edificio y recintos existentes.....	53
5 Modelizaciones acústicas 3D	77
5.1 Etapas en la modelización del edificio.....	77
5.2 Consideraciones normativas en función del DB-HR y de las peculiaridades del edificio evaluado.....	79

5.3 Modelización inicial según proyecto de ejecución y propuestas de mejora	84
5.3.1 Forjado	85
5.3.2 Suelo flotante	85
5.3.3 Techos acústicos aislantes	87
5.3.4 Elementos de separación vertical entre recintos (sin existencia de puertas)	89
5.3.5 Elementos de separación vertical entre recintos (con existencia de puertas)	91
5.3.6 Hueco de ascensor	93
5.3.7 Techos acústicos absorbentes	95
5.3.8 Fachadas	97
5.4 Valoración económica de las medidas correctivas propuestas	98
6 Conclusiones y líneas futuras	101
7 Bibliografía.....	103
Anexo I: Explicación de la estructura de los informes de los anexos ii y iii.....	105
Anexo II: Informe de modelización acústica 3D inicial (según proyecto).....	109
Anexo III: Informe de modelización acústica 3D final (proyecto optimizado)	153

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Sonido directo y reflejado.....	12
Figura 2-2 Distribución del sonido [3]	13
Figura 2-3 Respuesta en frecuencia para las escalas de ponderación A,B y C [3]	14
Figura 2-4 Representación de la incidencia de los tipos de energías sobre los materiales [3].....	17
Figura 2-5 Representación de la propagación de ruido aéreo [3].....	18
Figura 2-6 Representación de la propagación de ruido de impacto [3].....	19
Figura 2-7 Esquema de vías de transmisión acústica a ruido aéreo, directa (azul) e indirecta (resto), a través de un elemento de separación vertical	20
Figura 2-8 Rollo de lana mineral que se emplea en el recubrimiento de conductos de climatización	22
Figura 2-9 Mecanismo de absorción en materiales	22
Figura 2-10 Variabilidad de la absorción de un determinado material poroso, de 50mm de espesor, en función de la frecuencia [3].....	23
Figura 2-11 Representación gráfica de la reverberación [3]	25
Figura 2-12 Gráfico del tiempo de reverberación [3].....	25
Figura 2-13 Gráfico dónde se muestra que a medida que se incrementa la absorción el tiempo de reverberación disminuye [3]	26
Figura 3-1 Tipos de exigencias del DB-HR “Protección frente al ruido” [1]	30
Figura 3-2 Diferencias en transmisiones acústicas consideradas entre normativa anterior NBE CA y el actual Código Técnico de la edificación DB-HR [2]	33
Figura 3-3 Catálogo de elementos constructivos	37
Figura 3-4 Estructura de los ESH [5]	37
Figura 3-5 Estructura y elementos de un forjado [2].....	38
Figura 3-6 Elementos del suelo flotante [5]	39
Figura 3-7 Elementos de un techo suspendido [5]	39
Figura 3-8 Elementos de un techo acústico absorbente [5].....	40
Figura 3-9 Pladur Fon.....	41
Figura 3-10 Celenit.....	41
Figura 3-11 Celenit.....	42
Figura 3-12 Celenit.....	42
Figura 3-13 Basel	43
Figura 3-14 Estructura de los tipos de ESV [1].....	44
Figura 3-15 Estructura de los tipos de ESV [5].....	44
Figura 3-16 Ladrillo perforado [2]	44
Figura 3-17 Elementos de un trasdosado [6].....	45

Figura 3-18 Estructura de trasdosado [5}	46
Figura 3-19 Estructuras de los tipos de tabiquería	47
Figura 3-20 Estructura de parte ciega [5]	48
Figura 3-21 <i>SONarchitect</i>	49
Figura 4-1 Imagen aérea del edificio evaluado (1).....	53
Figura 4-2 Imagen aérea del edificio evaluado (2).....	54
Figura 4-3 Imagen aérea del edificio evaluado (3).....	54
Figura 4-4 Imagen aérea del edificio evaluado (4).....	55
Figura 5-1 Dibujo de las plantas en el <i>software</i>	78
Figura 5-2 Asignación de un uso a un recinto en el <i>software</i>	78
Figura 5-3 Asignación de un techo suspendido en el <i>software</i>	79
Figura 5-4 Planta sótano.....	82
Figura 5-5 Planta baja.....	82
Figura 5-6 Planta primera y segunda.....	83
Figura 5-7 Planta casetón	84
Figura 5-8 Modelización 1	86
Figura 5-9 Modelización 2	87
Figura 5-10 Modelización 1	88
Figura 5-11 Modelización 2	89
Figura 5-12 Modelización 1	90
Figura 5-13 Modelización 2	91
Figura 5-14 Modelización 1	92
Figura 5-15 Modelización 2	93
Figura 5-16 Modelización 1	94
Figura 5-17 Modelización 2	95
Figura 5-18 Modelización 1	96
Figura 5-19 Modelización 2	97
Figura 5-20 Modelización 1	98
Figura A1-1 Generación del informe	105
Figura A1-2 Estructura del Histograma	106
Figura A1-3 Solución constructiva utilizada.....	107
Figura A1-4 Ficha justificativa.....	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Ponderaciones según la escala A	15
Tabla 2-2 Ponderaciones según la escala A	15
Tabla 2-3 Coeficientes de absorción para algunos materiales [3]	24
Tabla 3-1 Aspectos destacados del “DB-HR Protección frente al ruido”	30
Tabla 3-2 Novedades introducidas por el DB-HR respecto a NBE-CA-88	33
Tabla 3-3 Tipos de recintos	34
Tabla 3-4 Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{2m,nT,Atr}$, en dBA	35
Tabla 3-5 Coeficientes de absorción por frecuencias Pladur Fon	41
Tabla 3-6 Coeficientes de absorción por frecuencias Celenit	42
Tabla 3-7 Coeficientes de absorción por frecuencias Basel	42
Tabla 4-1 Superficies planta sótano	56
Tabla 4-2 Superficies planta baja	57
Tabla 4-3 Superficies planta primera	57
Tabla 4-4 Superficies planta segunda	58
Tabla 4-5 Superficies planta casetón	58
Tabla 4-6 Superficies total edificio	58
Tabla 5-1 Modelizaciones en forjado	85
Tabla 5-2 Modelización inicial en suelo flotante	85
Tabla 5-3 Modelización final en suelo flotante	86
Tabla 5-4 Modelización inicial en techos acústicos aislantes	87
Tabla 5-5 Modelización final en techos acústicos aislantes	88
Tabla 5-6 Modelización inicial en elementos de separación vertical entre recintos (sin puertas) ...	89
Tabla 5-7 Modelización final en elementos de separación vertical entre recintos (sin puertas)	91
Tabla 5-8 Modelización inicial en elementos de separación vertical entre recintos (con puertas) ..	91
Tabla 5-9 Modelización final en elementos de separación vertical entre recintos (con puertas)	93
Tabla 5-10 Modelización inicial en ascensor	93
Tabla 5-11 Modelización final en ascensor	94
Tabla 5-12 Modelización inicial en techos acústicos absorbentes	95
Tabla 5-13 Modelización final en techos acústicos absorbentes	96
Tabla 5-14 Modelizaciones en fachadas	97
Tabla 5-15 Valoración económica	99

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El proceso de aplicación de los principios de Ingeniería Acústica en Edificación necesariamente ha de considerar que la sensibilidad creciente por la adopción de criterios de sostenibilidad se ha extendido a todos los ámbitos de actividad y está comportando nuevas exigencias de actuación, algunas de ellas derivadas de las recientes directrices normativas, buscando incrementar la calidad de la edificación.

Así, el actual marco normativo regulador de las condiciones acústicas en edificación, **Documento Básico “DB-HR Protección frente al ruido” del Código Técnico de la Edificación**, introduce, entre otros, nuevos criterios y exigencias de aislamiento acústico entre recintos y con el exterior (considerando todas las vías de transmisión, directas y estructurales), exigencias de acondicionamiento acústico de determinados recintos y la posibilidad de verificación “*in situ*” del cumplimiento de los requisitos establecidos una vez ejecutada la obra. Ello origina la necesidad de actuar convenientemente a la largo de todo el proceso constructivo: **definición y revisión del proyecto, vigilancia durante la ejecución y desarrollo evaluaciones finales en obra terminada.**

El objetivo del Documento 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. [1]

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. [1]

Por ello, es necesario clarificar, como se detallará posteriormente, los dos conceptos acústicos más importantes:

- **Aislamiento acústico** o conjunto de procedimientos empleados para reducir o evitar la transmisión de ruidos, tanto aéreos como estructurales, de un recinto a otro o desde el exterior hacia el interior de un recinto, con el fin de obtener una calidad acústica determinada. Cuando se habla de aislamiento siempre se tiene en consideración a dos recintos diferentes, es decir, se considera el sonido que se genera en un recinto, que se transmite, y es percibido en otro recinto. [1]

- **Acondicionamiento acústico**, que implica a un único recinto, es decir, el sonido es generado y percibido en el mismo. Por acondicionamiento acústico se entiende una serie de medidas técnicas constructivas que se toman para conseguir en un recinto unas condiciones acústicas conforme al uso que se le va a dar. [1]

El presente Trabajo fin de grado desarrolla la primera de las etapas que una ingeniería acústica ha de desarrollar para conseguir un buen resultado final acústico en una edificación: **revisión del proyecto constructivo, en concreto del edificio universitario de investigación y docencia de la Universidad Pontificia de Salamanca (UPSA) localizado en la calle Henry Collet 81-85.**

Así, nos encontramos con un edificio que presenta una necesidad de actuar de modo preventivo con una revisión de su proyecto constructivo, pues posee unos recintos a proteger acústicamente (como aulas y biblioteca) por ser muy sensibles a posibles problemas acústicos. Por ello, la modelización inicial 3D es un instrumento que el constructor quiere emplear para detectar puntos susceptibles de mejora antes de su construcción, donde la corrección de fallos sería prácticamente inviable y más costosa.

Para ello, se desarrollaron dos modelizaciones acústicas tridimensionales del proyecto del edificio mediante un programa de cálculo, según la denominada *opción general establecida por el DB-HR*, que permite determinar los niveles de aislamiento a ruido aéreo y niveles de ruido de impacto obtenidos con soluciones constructivas:

- Inicialmente se **modelizó el edificio según los sistemas de proyecto** (empleando las soluciones constructivas aportadas por el Dpto. de Arquitectura de Ferroviario según fecha 26 nov. de 2012) para detectar posibles deficiencias.
- Posteriormente se desarrolló una **nueva modelización con propuestas constructivas de mejora**, encaminadas al cumplimiento normativo, mediante la aplicación de medidas correctoras (**cumpliendo con las exigencias del DB-HR [1]**).

En este sentido, las modelizaciones acústicas tridimensionales anteriormente indicadas permitieron obtener al final del cálculo, los valores de aislamiento cuantificados con la magnitud acústica que define cada exigencia: $D_{nT,A}$ (para el aislamiento a ruido aéreo entre recintos), $L_{nT,w}$ (para el nivel de ruido de impacto), $D_{2m,nT,Atr}$ (para el aislamiento a ruido aéreo respecto al exterior) y T_r (para el tiempo de reverberación).

Conviene indicar que para el correcto desarrollo del presente estudio acústico planteado fue necesario conocer los siguientes aspectos normativos: [2]

- Determinación de la tipología de cada recinto en función de la clasificación introducida por el Documento Básico “Protección frente al ruido” DB-HR del CTE [1] (recinto de actividad, recinto de instalaciones, recinto habitable, recinto protegido) y su particularización en función del uso del edificio evaluado. **En este sentido, nos encontramos ante una edificación de uso docente.**
- Determinación de las necesidades de aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos (y con el exterior) según los requisitos del DB-HR, en función de la tipología de los recintos en contacto y su particularización para el edificio evaluado.

- Determinación de las necesidades de aislamiento acústico a ruido de impacto entre recintos en función de la tipología de los recintos en contacto, según requisitos del DB-HR.
- Determinación de las necesidades de acondicionamiento acústico según requisitos del DB-HR y definición de sistemas constructivos necesarios para su cumplimiento.

2 ANTECEDENTES Y CONCEPTOS BÁSICOS

2.1 Antecedentes

El **sonido** puede considerarse como una alteración física que se propaga por un medio, por ejemplo el aire, que puede ser detectada por el oído humano dentro del rango de frecuencias comprendidas entre 20 Hz y 20 kHz.

En este sentido, el **ruido** puede definirse objetivamente, en cuanto que implica el mismo fenómeno físico que constituye un sonido, aunque suele definirse de una manera más subjetiva, considerándose como un sonido molesto o un sonido no deseado. Es decir, el ruido es una apreciación subjetiva del sonido susceptible de alterar el bienestar fisiológico o psicológico, interfiriendo y perturbando el desarrollo normal de las actividades cotidianas. Por lo tanto, un mismo sonido puede ser considerado como molesto o agradable, dependiendo de la sensibilidad o actividad que esté desarrollando el receptor. [2]

Por otra parte la **contaminación acústica** es el exceso de ruido que altera las condiciones normales del medio ambiente en una determinada zona. Se trata de un problema que afecta a la sociedad en general, provocado como consecuencia directa y no deseada de las actividades humanas (tráfico, actividades industriales, de ocio, etc.) y que tiene efectos negativos tanto en la salud de las personas como a nivel social y económico.

Así, la **Directiva de Productos de Construcción** considera la protección contra el ruido como un requisito esencial y la **Ley de Ordenación de la Edificación** como un requisito básico, en coherencia con la anterior. En todas las sociedades avanzadas se regula reglamentariamente, y en España se hace desde el año 1981 con la aprobación de la primera **NBE-CA**. En la actualidad, con la aprobación del **Código Técnico de la Edificación**, se ha dado un avance cualitativo en esta materia, tanto por la significativa elevación de los niveles de exigencia, realizada para dar respuesta a una demanda social, como por la adecuación de los métodos de predicción a la realidad física del problema incluyendo la transmisión por flancos (transmisiones indirectas).

De este modo, la normativa actual que regula las condiciones acústicas en la edificación, el **Documento Básico “Protección frente al ruido” DB-HR del CTE**, tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias acústicas. Se trata de limitar, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido puede 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.

2.2 Conceptos básicos

En este apartado se exponen una serie de términos acústicos necesarios para comprender el DB-HR y la aplicación del mismo que se realiza en este Trabajo fin de grado.

2.2.1 Sonido directo y reflejado

Un receptor ubicado en cualquier punto de un recinto recibe de dos formas la energía radiada por una fuente sonora, una parte de ésta le llega en forma directa (sonido directo) y la otra de forma indirecta (sonido reflejado) como se muestra en la siguiente figura.

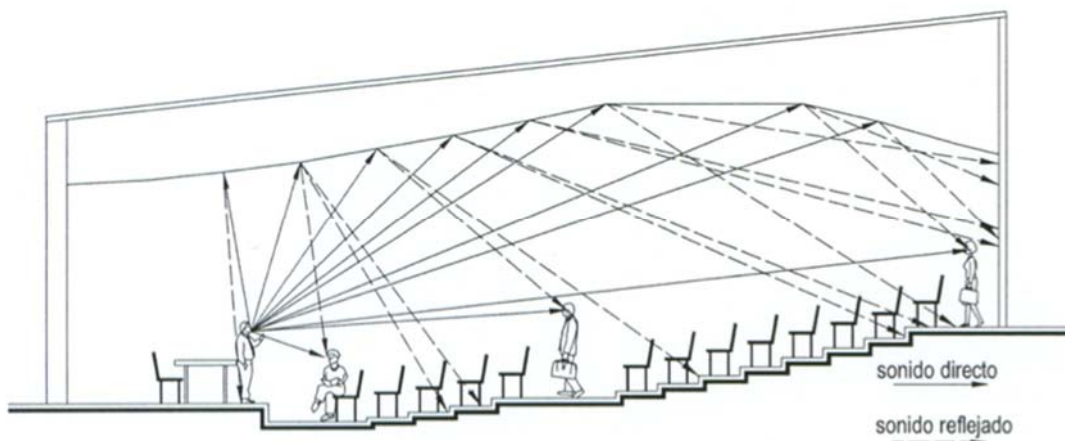


Figura 2-1 Sonido directo y reflejado

El **sonido directo** es aquel que en su camino hacia el receptor no encuentra ningún obstáculo. La energía del sonido, en este punto, sufrirá una atenuación por la distancia recorrida y por la absorción del aire durante su recorrido desde la fuente sonora.

El **sonido reflejado** es el que percibe un receptor como consecuencia de las reflexiones que sufre la onda sonora al incidir sobre las superficies del recinto.

Las reflexiones que llegan inmediatamente después del sonido directo se llaman primeras reflexiones, las que llegan posteriormente se conocen como reflexiones tardías y forman la llamada *cola reverberante*. Este sonido llegará al receptor con un tiempo de retraso provocado por la distancia recorrida desde la fuente hasta éste. La atenuación que sufre el sonido reflejado se debe, principalmente, a la absorción de la energía acústica en las superficies del recinto y en los objetos.

El oído humano tiene la capacidad de integrar en una sola percepción todos los sonidos recibidos dentro de 50 milisegundos aproximadamente. Por ello, la percepción de todas las reflexiones que llegan a un oyente, dentro de este tiempo respecto al sonido directo, no son diferenciadas respecto al sonido directo y ayudan a reforzar este sonido directo, lo que produce un incremento en el nivel sonoro. Por el contrario, si las reflexiones llegan con un retardo de más de 50 milisegundos respecto al sonido directo, y con un nivel elevado, se percibirán como una repetición del sonido directo. [2]

La energía sonora en cualquier punto de un recinto es la suma de una energía de valor variable y otra de valor constante. La primera corresponde al sonido directo y depende de la ubicación del punto (disminuye conforme el receptor se aleja de la fuente). La segunda corresponde al sonido indirecto.

La zona donde predomina el sonido directo se denomina zona de campo directo, en ella el nivel de presión sonora, llamado nivel de campo directo (L_D), disminuye con la distancia a la fuente sonora. La zona donde predomina el sonido reflejado recibe el nombre de zona de campo reverberante, en esta zona el nivel de presión sonora, llamado nivel de campo reverberante (L_R), se mantiene constante.

El campo directo incluye el sonido que acaba de ser emitido por la fuente y que no experimentó reflexiones, mientras que el campo reverberante incluye el sonido ya reflejado. Por otra parte, mientras que el nivel de presión sonora del campo directo disminuye con la distancia a la fuente, el nivel de presión acústica del campo reverberante se mantiene constante (el sonido sufre multitud de reflexiones que se superponen entre sí dando lugar a una distribución prácticamente uniforme del sonido). [3]

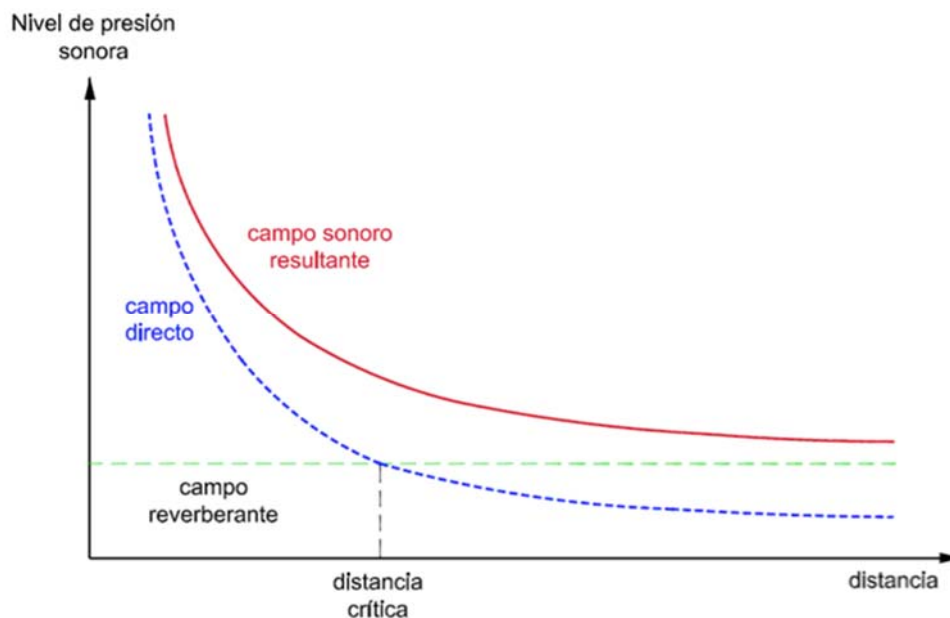


Figura 2-2 Distribución del sonido [3]

De la figura anterior se induce que, si el campo reverberante disminuye debido a un incremento de absorción en el local, el campo sonoro total también se reduce.

Además, mientras que en los puntos del campo directo se puede percibir en gran medida la procedencia del sonido (determinándose campo direccional), en posiciones pertenecientes al campo reverberante no se puede afirmar lo mismo (denominándose éste difuso o adireccional). La distancia para la cual $L_D = L_R$ se denomina distancia crítica D_C .

La distancia crítica es de considerable importancia en diferentes tipos de recintos. Por ejemplo, en aquellos lugares donde se requieren condiciones para una correcta inteligibilidad de la palabra y en aquellos recintos donde se desea proteger del ruido a personas que se encuentran a una cierta distancia de la fuente sonora.

Si el recinto posee un gran volumen o reducida capacidad de absorción, la distancia crítica será pequeña y el nivel de campo reverberante elevado. En estas condiciones, a poca distancia de la fuente se encontrará la zona de campo reverberante donde no es buena la inteligibilidad de la palabra.

En un recinto con las características anteriores, un incremento en la cantidad de material absorbente permitirá aumentar la distancia crítica y reducirá el nivel de ruido producido por distancias superiores a la crítica, pero no para las distancias inferiores. [3]

2.2.2 Umbrales auditivos

La sensibilidad del oído varía sobre un amplio rango de niveles de presión sonora, los valores inferiores y superiores que limitan este rango se llaman umbrales auditivos y son los siguientes:

- **Umbral de audición:** Es una referencia de la presión acústica mínima que el oído puede detectar a la frecuencia de 1 kHz ($P_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$).
- **Umbral de dolor:** Se le llama de esta forma al nivel cuando la presión sonora produce una sensación de molestia o dolor.

En pascals el rango auditivo va de 20 μPa a 100 Pa, valores que equivalen a los 0 dB del umbral de audición y los 130 dB del umbral de dolor, respectivamente, en la escala logarítmica de medida. [2]

2.2.3 Curvas de ponderación. Escala de decibelios A

Para poder tener en cuenta los condicionantes indicados, las medidas acústicas se ponderan o corrigen en función de la frecuencia, adecuando así los valores de los parámetros acústicos obtenidos al comportamiento del oído humano.

En este sentido, cuando se pretenden realizar estudios de contaminación acústica se emplea un filtro de ponderación A en los aparatos de medida. Este filtro produce una atenuación importante de los sonidos de baja frecuencia, no modifica la medida del sonido alrededor de los 1000 Hz y aumenta algo la medida de los sonidos comprendidos entre 2000 Hz y 4000 Hz. Así se caracteriza la reacción humana hacia los ruidos complejos y se imita la sensación de molestia que originan. Los decibelios se denominan entonces decibelios A (dBA).

Además existen otras ponderaciones B y C de uso ocasional para ciertos objetivos.

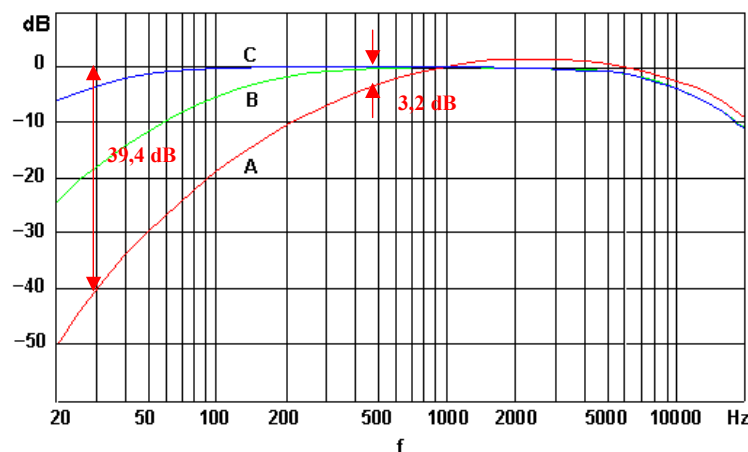


Figura 2-3 Respuesta en frecuencia para las escalas de ponderación A,B y C [3]

La figura anterior muestra las curvas de ponderación A, B y C (las tres curvas coinciden en 0 dB a 1000 Hz). Para cada frecuencia, el valor de la ordenada representa la corrección a aplicar al nivel de presión sonora de ésta de cara a obtener el valor del nivel sonoro como la escala empleada.

A modo de ejemplo, para una frecuencia de 31,5 Hz el nivel sonoro obtenido en decibelios lineales o no ponderados ha de corregirse mediante la resta de 39,4 dB para conocer el valor en dBA. En este sentido, las ponderaciones para las diferentes frecuencias centrales de bandas de 1/3 de octava (concepto expresado posteriormente) del espectro audible son, según la escala A como se muestra en la siguiente tabla [3]:

Fr. (Hz)	Pond. A	Fr. (Hz)	Pond. A
6	-56,7	630	-1,9
20	-50,5	800	-0,8
25	-44,7	1000	0
31,5	-39,4	1250	0,6
40	-34,6	1600	1
50	-30,2	200	1,3
63	-26,2	2500	1,3
80	-22,5	3150	1,2
100	-19,1	400	1
125	-16,1	500	0,5
160	-13,4	6300	-0,1
200	-10,9	8000	-1,1
250	-8,6	10000	-2,5
315	-6,6	12000	-4,3
400	-4,8	16000	-6,6
500	-3,2	20000	-9,3

Tabla 2-1 Ponderaciones según la escala A

En acústica arquitectónica, las bandas de frecuencias empleadas normalmente se sitúan entre los 125 Hz y los 4.000 Hz, de modo que las ponderaciones según la escala A para las diferentes frecuencias centrales de bandas de octava serán:

Frecuencias centrales (Hz)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Ponderación (dB)	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1,0	-1,1	-6,6

Tabla 2-2 Ponderaciones según la escala A

2.2.4 Aislamiento y acondicionamiento acústico

Lo primero que se ha de explicar en un trabajo de acústica es diferenciar los conceptos básicos en el ámbito de la acústica arquitectónica o acústica de la edificación, como son el **aislamiento acústico** y el **acondicionamiento acústico**. Los objetivos de uno y otro, aunque relacionados entre sí, son distintos, pero deben emplearse conjuntamente para unir y complementar su potencial.

Se entiende por **aislamiento acústico** al conjunto de procedimientos empleados para reducir o evitar la transmisión de ruidos (tanto aéreos como estructurales) de un recinto a otro o desde el exterior hacia el interior de un recinto o viceversa, con el fin de obtener una calidad acústica determinada. Cuando se menciona el aislamiento siempre se tiene en consideración a dos recintos diferentes, es decir, se considera el sonido que se genera en un recinto, que se transmite y es percibido en otro recinto.

A diferencia del aislamiento acústico, el **acondicionamiento acústico** implica a un único recinto, es decir, el sonido es generado y percibido en el mismo. Por acondicionamiento acústico se entiende una serie de medidas técnicas que se adoptan para conseguir en un recinto unas condiciones acústicas conforme al uso que se le va a dar al recinto.

Así, la temática de acústica en edificación tiene que iniciarse dedicando un tratamiento especial a sus dos conceptos principales: el **aislamiento y el acondicionamiento acústicos**. A continuación se detallarán los factores condicionantes de tales conceptos, la diferencia entre ambos, sus parámetros definitorios, etc. También se describirá como se han de emplear los materiales absorbentes y los materiales aislantes de manera conjunta en la construcción.

Cuando una onda acústica incide sobre una superficie, la energía que posee (E_i) da lugar a tres componentes principales [3]:

- **Energía reflejada (E_r):** *la parte de la energía que, en función de las propiedades de los materiales de acabado de la partición, vuelve en mayor o menor medida hacia el mismo lado de procedencia de la onda incidente (local emisor, poseedor de la fuente de ruido).*
- **Energía absorbida (E_a):** *la que, en función de las propiedades de los materiales de acabado de la partición, se disipa, sobre todo, como energía calorífica.*
- **Energía transmitida (E_t):** *la energía que, debido a la vibración que induce en la partición la onda incidente, se propaga al local vecino.*

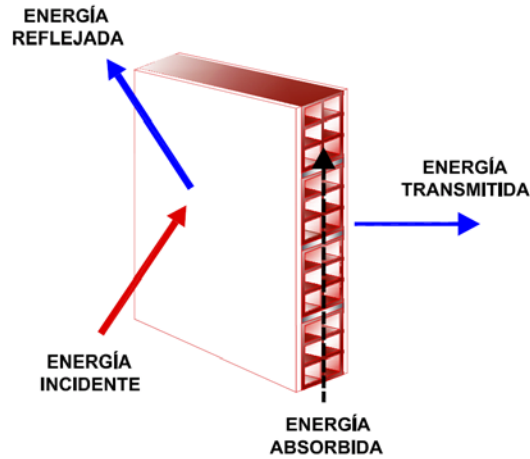


Figura 2-4 Representación de la incidencia de los tipos de energías sobre los materiales [3]

Entonces, aislar consistirá en aplicar medidas encaminadas a la disminución de la energía transmitida entre locales, mientras que con el empleo de materiales absorbentes se pretenderá actuar sobre la componente del sonido reflejado, y de este modo adaptar las características acústicas de los locales a su futuro uso (docencia, conferencias, salas de reuniones, etc).

En este sentido, resulta esencial tener presente que absorción y aislamiento son conceptos opuestos (cuando se trata de materiales porosos), aunque, como veremos posteriormente, en edificación se ha de llevar a cabo un empleo conjunto de ambos con el fin de complementar sus potencialidades.

2.2.4.1 Aislamiento acústico y tipos de ruidos en edificación

En este apartado se profundizará más sobre el aislamiento acústico y las diferentes tipologías de ruidos que hay que tener en cuenta para conseguir dicho aislamiento acústico en edificación [3].

Cuando sobre una superficie incide energía acústica (E_i), la partición irradiará también una cierta energía acústica (E_t) en el local opuesto. El coeficiente de transmisión τ puede definirse entonces como E_t/E_i . Los materiales aislantes del ruido aéreo tienen por objeto disminuir la energía sonora transmitida (E_t); es decir, minimizar la energía acústica que los atraviesa.

Los materiales con propiedades aislantes se caracterizan por su pérdida de transmisión (PT) o índice de aislamiento acústico a ruido aéreo (R), expresado en dB, que se define como:

$$PT = R = 10 \lg \frac{1}{\tau} = 10 \lg \frac{E_i}{E_t}; \text{ donde } \begin{cases} \tau = \text{coeficiente de transmisión} \\ E_i = \text{energía acústica incidente} \\ E_t = \text{energía acústica transmitida} \end{cases}$$

Por tanto, este índice supone una medida de la reducción de la energía acústica que consigue un determinado material cuando lo atraviesa el ruido (a mayor pérdida de transmisión, mayor aislamiento).

Al igual que sucede con el coeficiente de absorción, la pérdida de transmisión o aislamiento propiciado por un material depende de la frecuencia del sonido incidente. Así, un mismo material

consigue una mayor atenuación a unas frecuencias que a otras. Por tal motivo, el índice de aislamiento acústico a ruido aéreo (R) se ha de especificar para cada una de bandas frecuenciales de octava o de tercio de octava (R_{fi}).

Aunque, por otra parte, dado que los requisitos acústicos en edificación relativos al aislamiento mínimo que han de presentar las distintas particiones se expresan mediante un único valor, existen índices globales de aislamiento (como veremos posteriormente, el DB-HR se refiere al parámetro de D_{nTA}).

2.2.4.1.1 El ruido aéreo

Es el ruido inducido por la perturbación generada en los volúmenes de aire que rodean a las fuentes sonoras. Así, cuando las ondas acústicas originadas por las diversas fuentes inciden sobre un sistema constructivo separador de dos espacios o recintos, éste responderá a esta fuerza de excitación entrando en vibración forzada y convirtiéndose en un nuevo foco sonoro emisor secundario de ruidos aéreos que, a su vez, modificará el estado de reposo de la capa de aire inmediatamente próxima en el recinto contiguo, transmitiéndose de este modo el ruido a los demás recintos.

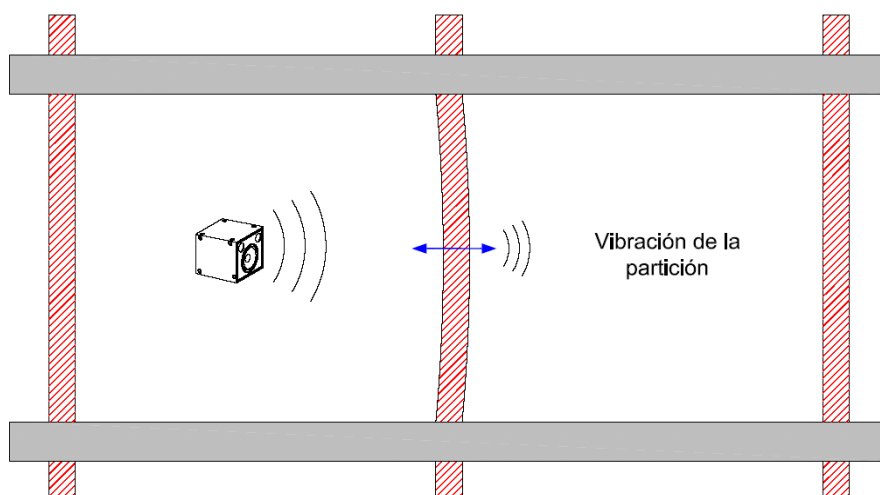


Figura 2-5 Representación de la propagación de ruido aéreo [3]

Aislamiento acústico a ruido aéreo: su objetivo es que las ondas sonoras pierdan la mayor cantidad de energía posible al atravesar el cerramiento.

Cuanto mayor sea la energía que se pierde, mayor será el aislamiento del cerramiento. El aislamiento acústico a ruido aéreo de un elemento constructivo se puede expresar de tres maneras:

- En forma gráfica, representando el aislamiento (R en dB) en función de la frecuencia (f en Hz).
- En forma tabulada, dando valores de frecuencias y aislamiento.
- Mediante un único valor (por ejemplo, R_w en dB ó R_A en dBA).

Los parámetros que definen el aislamiento a ruido aéreo expresados en dBA (que aparecen en el DB-HR) son [1]:

- **R_A** : Índice global de reducción acústica de un elemento (valor medido en laboratorio). A mayor valor de R_A , mejor aislamiento.
- **D_{nTA}** : Diferencia de presión acústica entre recintos interiores (valor que se puede medir “*in situ*”). A mayor valor de D_{nTA} , mejor aislamiento.
- **$D_{2m,n,T,Atr}$** : Diferencia de presión acústica de recintos respecto a ruido exterior de tráfico y aeronaves (valor que se puede medir “*in situ*”). A mayor valor de $D_{2m,n,T,Atr}$, mejor aislamiento (parámetro pedido por el DB-HR).

2.2.4.1.2 El ruido de impacto

Los golpes que se producen en la losa de un elemento de separación horizontal provocan que vibre y se convierta en un foco sonoro. Además, debido a la alta rigidez de la mayoría de elementos constructivos, la excitación inicial inducida por el impacto se transmite rápidamente y con elevada intensidad por la estructura. De este modo, las vibraciones de los paramentos ponen en movimiento las partículas de aire contiguas a ellos, lo cual induce la aparición de ruidos aéreos no sólo en el recinto inmediatamente inferior al elemento de separación horizontal excitado por el impacto, sino también en otros recintos de la edificación [3].

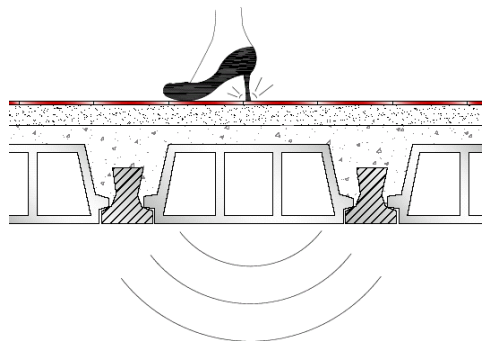


Figura 2-6 Representación de la propagación de ruido de impacto [3]

Aislamiento acústico a ruido de impacto: el objetivo de las medidas de actuación consiste en cortar el camino de transmisión de vibraciones mediante la interposición de materiales elásticos.

Para alcanzar un nivel de aislamiento a ruido de impacto hay que tener en cuenta:

- Las características de la fuente de ruido por ejemplo, tipo de objeto que golpea el elemento.
- La estructura del elemento separador (forjado y suelo flotante).
- El tipo de revestimiento o acabado del suelo, por ejemplo moquetas o revestimientos blandos favorecen el aislamiento.

Los parámetros que definen el aislamiento a ruido de impacto son [1]:

- **L_{nw}** : Nivel global de presión de ruido de impacto normalizado medido en laboratorio, en dB. A menor valor de L_{nw} , mejor aislamiento.
- **$L'_{nT,w}$** : Nivel global de presión de ruido de impacto normalizado medido “*in situ*”, en dB. A menor valor de $L'_{nT,w}$, mejor aislamiento (parámetro exigido por el DB-HR).

2.2.4.1.3 La diferencia entre aislamiento acústico “*in situ*” y en laboratorio [1]

Los índices que expresan el aislamiento acústico según el DB-HR del CTE son magnitudes que pueden obtenerse en el edificio terminado mediante un ensayo de aislamiento acústico normalizado y el valor de esta medición es directamente comparable con el de la exigencia.

Para cualquier elemento constructivo, su aislamiento acústico final en obra, difiere del valor obtenido en laboratorio. Esto es debido al hecho de que en la edificación la transmisión de ruido entre dos recintos se produce por dos vías:

- **Por vía directa** a través del elemento constructivo de separación. Esta transmisión depende básicamente del tipo de elemento constructivo y es lo que es lo que realmente se mide en laboratorio, ya que allí las transmisiones indirectas son despreciables.
- **Por vía indirecta** o de flancos debido a las vibraciones de los elementos de flanco conectados al elemento de separación principal.

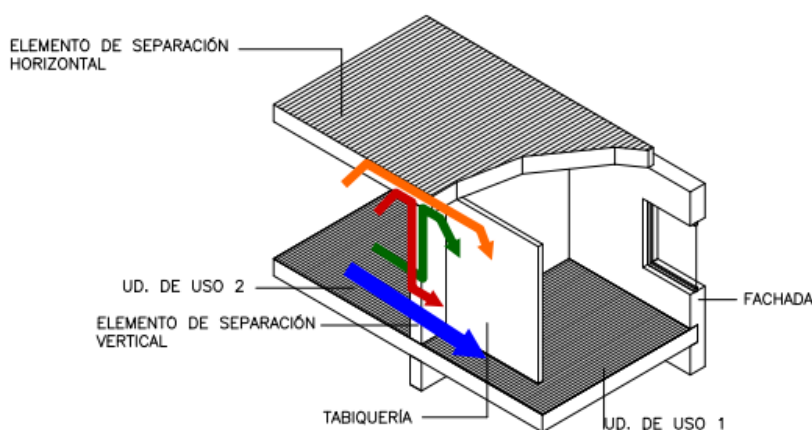


Figura 2-7 Esquema de vías de transmisión acústica a ruido aéreo, directa (azul) e indirecta (resto), a través de un elemento de separación vertical

En azul se indica la transmisión directa, a través del elemento de separación vertical. En otros colores se han indicado las transmisiones indirectas o de flancos:

- En **naranja** la transmisión de flanco a flanco, en este caso a través del forjado.
- En **rojo**, la transmisión flanco-directo, desde el forjado al elemento de separación vertical.

- En **verde** la transmisión directa-flanco, desde el elemento de separación vertical al forjado.

Para un mismo elemento constructivo, el aislamiento obtenido “*in situ*”, siempre es menor que el aislamiento teórico o de laboratorio.

El aislamiento acústico entre recintos depende del conjunto, y no sólo del elemento de separación entre ambos, por lo que en algunas ocasiones, cuando existan flancos de menor aislamiento, la mejora del elemento de separación puede no suponer una mejora sensible del aislamiento, si no se elimina o mejora la vía de transmisión indirecta que está penalizando el aislamiento acústico.

2.2.4.2 Absorción acústica y acondicionamiento de locales

En este apartado se profundizará sobre el acondicionamiento acústico y los diferentes tipos de materiales existentes para conseguir dicho acondicionamiento acústico en edificación.

2.2.4.2.1 Materiales acústicos absorbentes

Para el acondicionamiento acústico en edificación se emplean en la mayoría de los casos los siguientes materiales o sistemas absorbentes [3]:

- **Materiales absorbentes porosos**, cuyo mecanismo de absorción radica en transformar la energía acústica, principalmente en energía calorífica por medio de procesos de fricción interna.
- **Resonadores**, empleados para absorber selectivamente determinadas frecuencias del sonido (principalmente las bajas frecuencias) mediante la transformación de la energía acústica en energía dinámica y en pérdidas internas debidas a la deformación (*resonadores de placa o membrana*), o mediante la vibración y el rozamiento de las partículas de aire de sus perforaciones al incidir en ellos las ondas acústicas (*resonadores múltiples de cavidad o de Helmholtz*).
- La instalación de un material poroso en los resonadores lleva a la formación de un **sistema absorbente mixto**.

2.2.4.2.2 Materiales acústicos porosos

Los materiales absorbentes porosos poseen la capacidad de disminuir la cantidad energía reflejada, aunque, debido a sus propiedades, no actúan sobre el sonido transmitido (dejando pasar casi toda la energía acústica que les llega y que no absorben). Para desempeñar la labor absorbente, estos materiales tienen que ser blandos, ligeros, fibrosos y de poro abierto, como: lanas minerales, fibras, moquetas, cortinas, etc [3].



Figura 2-8 Rollo de lana mineral que se emplea en el recubrimiento de conductos de climatización

2.2.4.2.3 Mecanismo de absorción [3]

La porosidad, y más concretamente la propiedad de poro abierto (esqueleto sólido recorrido por poros necesariamente comunicados entre si y con el exterior), resulta un factor condicionante para la absorción, ya que ésta tiene lugar cuando un importante porcentaje de la onda acústica incidente penetra en los poros e induce en las partículas de aire contenidas en ellos unos movimientos vibratorios que, debido a la fricción generada por interacción con las paredes internas de la cavidades, provoca que la energía acústica se disipe en forma de energía calorífica.

Por este motivo los materiales de celda cerrada al exterior poseen un mal comportamiento acústico como materiales absorbentes.

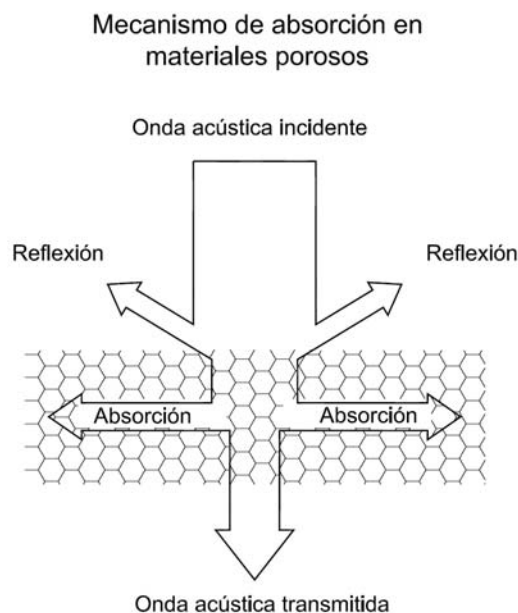


Figura 2-9 Mecanismo de absorción en materiales

2.2.4.2.4 Coeficiente de absorción acústica [3]

Para evaluar las propiedades de absorción de un material se define el coeficiente de absorción acústica (α), que representa la relación entre la energía absorbida (E_a) y la energía incidente (E_i) por unidad de superficie:

$$\alpha = \frac{Ea}{Ei}$$

Por lo tanto, los valores de α (coeficiente adimensional) se encuentran comprendidos entre 0 y 1, lo cual representa muy poca absorción o gran absorción respectivamente.

Los materiales de obra típicos poseen valores de α bajos, y los materiales porosos absorbentes valores de α elevados.

Para un material de composición, textura y geometría dada, el coeficiente de absorción acústica depende en gran medida de la frecuencia del sonido incidente, tendiendo en general a aumentar al hacerlo ésta. Así, los materiales absorbentes no absorben por igual todas las frecuencias del sonido que incide sobre ellos, sino que absorben mejor las altas frecuencias que las bajas (las bajas frecuencias son muy difíciles de absorber). Por ello, los valores del coeficiente de absorción de un material para una situación dada se especifican para cada una de las frecuencias normalizadas de las bandas de octava o de 1/3 de octava:

$$\alpha_{125}, \alpha_{250}, \alpha_{500}, \alpha_{1000}, \alpha_{2000}$$

Donde cada subíndice representa la frecuencia del sonido incidente a la que el material posee ese valor de absorción concreto.

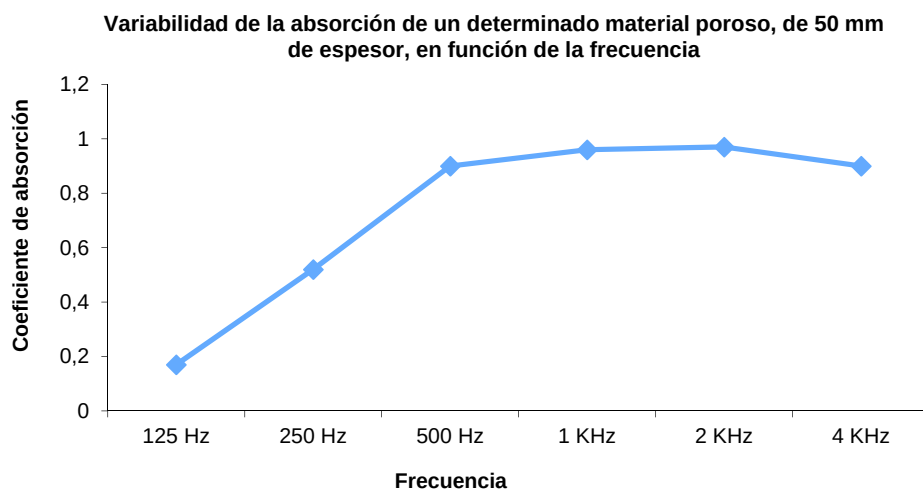


Figura 2-10 Variabilidad de la absorción de un determinado material poroso, de 50mm de espesor, en función de la frecuencia [3]

Además, para establecer comparaciones rápidas entre diversos materiales absorbentes, existen índices que permiten caracterizar su capacidad de absorción mediante un único valor. Entre tales índices se encuentran el *coeficiente de reducción del ruido*, **NCR**, que se define como el promedio de los valores de α entre 250 Hz y 2000 Hz, y el *coeficiente de absorción medio*, α_w que se obtiene a partir de los valores de una curva de referencia normalizada a 500 Hz respecto a la curva de los coeficientes de absorción del material.

A pesar de todo, conviene indicar que han de adoptarse precauciones cuando se pretende caracterizar materiales absorbentes mediante tales parámetros globales, ya que materiales con valores similares podrían poseer comportamientos diferentes en función de la frecuencia; por ello han de seleccionarse aquellos que posean elevados coeficientes de absorción para las frecuencias problemáticas [3].

A continuación se refleja a modo de orientación los coeficientes de absorción acústica en función de la frecuencia para algunos materiales y elementos empleados en la construcción:

MATERIAL	Valores de α para distintas frecuencias					
	125	250	500	1000	2000	4000
Suelos plásticos	0,05	0,10	0,10	0,10	0,30	0,05
Hormigón liso	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Madera sobre rastréales	0,30	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10
Ladrillo visto	0,02	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05
Recubrimientos plásticos	0,02	0,02	0,04	0,03	0,02	0,02
Vidrio en ventanas	0,35	0,25	0,20	0,20	0,05	0,05
Enlucido de yeso	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05
Mármol	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Cortinas fruncidas	0,07	0,30	0,50	0,70	0,70	0,60
Moqueta	0,10	0,20	0,25	0,35	0,30	0,30
Puerta de madera	0,30	0,30	0,30	0,10	0,05	0,05
Terrazo	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02

Tabla 2-3 Coeficientes de absorción para algunos materiales [3]

2.2.4.2.5 Tiempo de reverberación

Si la energía acústica reflejada tarda mucho en extinguirse o en hacerse inaudible, las nuevas palabras o los nuevos sonidos se mezclan con los anteriores que aún no extinguieron, lo cual genera una mala inteligibilidad y, por tanto, un deficiente confort acústico.

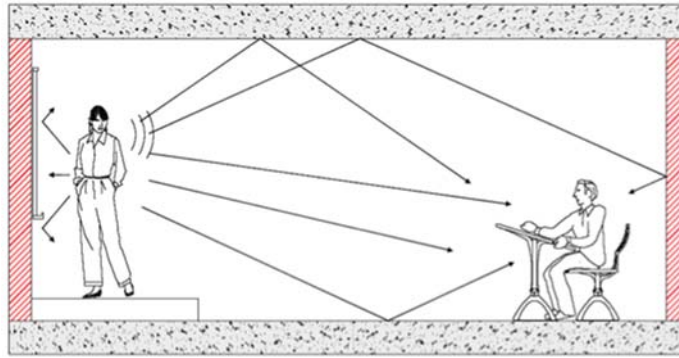


Figura 2-11 Representación gráfica de la reverberación [3]

En este sentido, se define **tiempo de reverberación (T_r)** a una frecuencia determinada como el tiempo en segundos que transcurre desde que el foco emisor se detiene hasta el momento en que el nivel de presión sonora desciende 60 dB con respecto a su valor inicial.

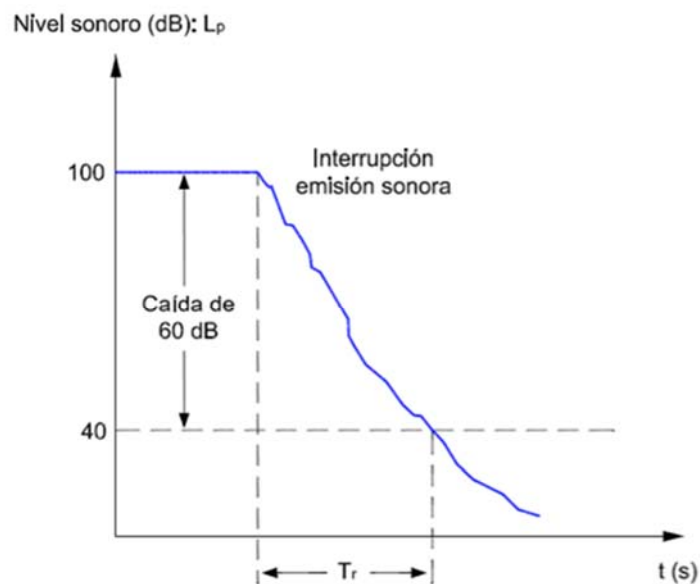


Figura 2-12 Gráfico del tiempo de reverberación [3]

Se trata de un valor físico utilizado para describir el comportamiento acústico de los recintos de todo tipo, y que permite comparar y prever su respuesta ante los sonidos generados en ellos. En este contexto, con el empleo de materiales absorbentes se consigue reducir la energía acústica reflejada en un recinto, y por tanto disminuir o adecuar su tiempo de reverberación de cara a una mayor nitidez en la percepción sonora en función del uso.

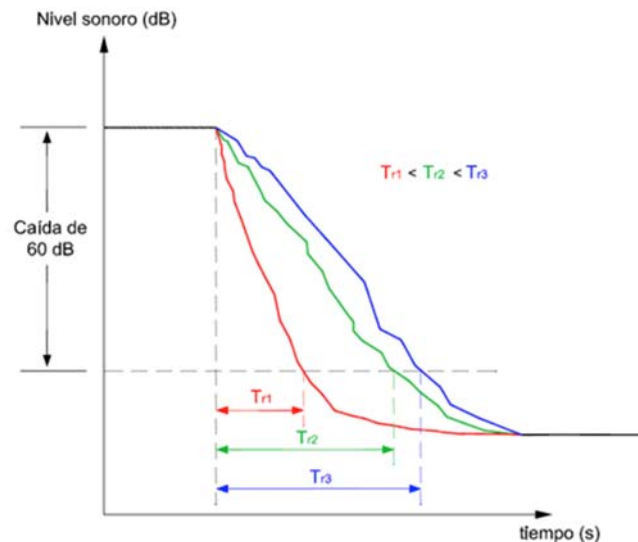


Figura 2-13 Gráfico dónde se muestra que a medida que se incrementa la absorción el tiempo de reverberación disminuye [3]

2.2.4.3 Otros parámetros [1]

A parte de los parámetros mencionados en los apartados anteriores, es necesario mencionar otros cuyo conocimiento es esencial para el entendimiento del presente Trabajo fin de grado.

Existe un índice de ruido asociado a la molestia durante el periodo de día, el cuál está definido como el nivel sonoro medio a largo plazo y ponderado A. Está determinado a lo largo de todos los periodos día de un año y se expresa en dBA. Este parámetro se denomina **índice de ruido día (L_d)**. Este índice, que aportan los mapas estratégicos de ruido, se emplea en el DB-HR para exigir el nivel de aislamiento de recintos respecto al ruido exterior.

Se denomina **área de absorción acústica equivalente (A)** a la absorción acústica, en m^2 , correspondiente a un objeto de superficie no definida. Se puede definir como la absorción de una superficie con un coeficiente de absorción acústica igual a 1 y área igual a la absorción total del elemento.

Como ya se especificó en apartados anteriores, el parámetro R_A es el índice global de reducción acústica de un elemento, por lo que ΔR_A será la mejora de dicho índice de un revestimiento. Este parámetro está ponderado A, y se emplea en el DB-HR en suelos flotantes y trasdosados (definidos posteriormente).

Según la definición anterior, ΔL_w es la reducción de nivel global de presión de ruido de impactos de un revestimiento, dB. Se emplea para suelos flotantes.

3 ESTADO DEL ARTE

A continuación se analiza la tendencia actual en relación con el control acústico en edificación, se enuncian las principales características de la actual normativa reguladora de las condiciones acústicas en edificación, se aportan consideraciones acerca de los sistemas constructivos más empleados actualmente en edificación y se reflejan consideraciones relativas a los programas de cálculo existentes para llevar a cabo modelizaciones acústicas en proyectos constructivos.

3.1 Tendencia actual: Control acústico total en edificación [2]

El marco normativo regulador de las condiciones acústicas, “DB-HR Protección frente al ruido” del Código Técnico de la Edificación, introduce, entre otros, nuevos criterios de aislamiento acústico, exigencias de acondicionamiento acústico de determinados recintos y la posibilidad de verificación “*in situ*” del cumplimiento de los requisitos establecidos. **Ello origina la necesidad de actuar convenientemente a lo largo de todas las etapas del proceso constructivo: del proyecto a la obra.**

Para ello, el proceso de consultoría acústica debe abarcar, sucesivamente, las siguientes etapas:

- **Revisión acústica de proyecto constructivo:** Se evalúan acústicamente las soluciones constructivas planteadas por la *dirección de obra* como posibilidades de ejecución, analizando, el cumplimiento de los criterios acústicos normativos entre recintos. Para ello se pueden desarrollar modelizaciones acústicas tridimensionales del edificio con un software que considere las transmisiones indirectas, según la denominada opción general establecida por el DB-HR (basado en la Norma 12354), que permita determinar los niveles de aislamiento a ruido aéreo, niveles de aislamiento a ruido de impacto y niveles de reverberación con las soluciones constructivas proyectadas; obteniendo, al final del cálculo, los valores cuantificados con la magnitud acústica que define cada exigencia según el citado DB-HR. **Esta es la etapa que llevaremos a cabo en el presente Trabajo fin de grado.**
- **Asistencia técnica acústica durante la ejecución de la obra:** La asistencia técnica se encamina, principalmente, a evaluar y comprobar las características técnicas exigibles a los productos de construcción aplicados en la obra y al control de recepción de los mismos. Las características son principalmente: la *resistividad al flujo del aire*, r , y la *rigidez dinámica*, s' , de aquellos productos empleados en el relleno de las cámaras de los elementos constructivos

de separación o de productos aislantes de ruido de impactos utilizados en suelos flotantes y bandas elásticas, y el *coeficiente de absorción acústica*, α , de los materiales destinados a techos con esta propiedad. Así mismo, un aspecto fundamental desarrollado en esta etapa consiste en la vigilancia de la correcta ejecución en obra (sobre todo de los suelos flotantes).

- **Ensayos de aislamiento acústico en obra terminada:** se realizarán con el objetivo de evaluar la calidad acústica final obtenida entre distintos recintos. Los resultados se han de evaluar mediante los valores globales de los parámetros acústicos de referencia pedidos por el DB-HR:
 - $D_{nT,A}$ (para el aislamiento a ruido aéreo entre recintos)
 - $L'_{nT,w}$ (para el nivel de ruido de impacto)
 - $D_{2m,nT,Atr}$ (para el aislamiento a ruido aéreo de un recinto respecto al exterior)

3.2 Introducción al Documento Básico “Protección frente al ruido” DB-HR

3.2.1 El Real decreto 1371/2007

Con los objetivos de mejorar la calidad de la edificación y de promover la innovación y la sostenibilidad, se aprobó, mediante el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, el Código Técnico de la Edificación (CTE), instrumento normativo que regula las exigencias básicas de calidad de los edificios y sus instalaciones permitiendo dar satisfacción a los requisitos básicos de la edificación relacionados con la seguridad y el bienestar (en desarrollo de lo previsto en la disposición adicional segunda de la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación, LOE).

El CTE establece dichas exigencias básicas para cada uno de los requisitos básicos de “seguridad estructural”, “seguridad en caso de incendio”, “seguridad de utilización”, “higiene, salud y protección del medio ambiente”, “protección contra el ruido” y “ahorro de energía y aislamiento térmico”, que aparecen en el artículo 3 de la LOE, y proporciona procedimientos que permiten acreditar su cumplimiento con suficientes garantías técnicas. Estas exigencias básicas deben cumplirse en el proyecto, la construcción, el mantenimiento y la conservación de los edificios y sus instalaciones.

De este modo, en marzo de 2007 entraron en vigor todos los Documentos Básicos del CTE excepto el Documento Básico “DB-HR Protección frente al ruido”, debido, entre otros aspectos, a la necesidad de un desarrollo armonizado de éste y el desarrollo reglamentario de la Ley del ruido, cuyos objetivos de calidad acústica exigidos al espacio interior de los edificios debían estar en coordinación con las exigencias especificadas por el DB-HR del CTE para el aislamiento de las fachadas.

El BOE núm. 254, de 23 de Octubre de 2007, publicó el **Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico “DB-HR Protección frente al ruido” del Código Técnico de la Edificación** y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. El citado Real Decreto 1371/2007 indica en relación al régimen de aplicación:

- **Disposición transitoria primera.** Edificaciones a las que no se aplicará el Documento Básico «DB-HR Protección frente al ruido» del CTE. El Documento Básico «DB-HR Protección frente al ruido» del CTE no será de aplicación a las obras de nueva construcción y a las obras en los edificios existentes que tengan solicitada la licencia municipal de obras a la entrada en vigor de este real decreto [4].

- **Disposición transitoria segunda.** Régimen de aplicación de la normativa anterior al Documento Básico «DB-HR Protección frente al ruido» del CTE. Durante los 12 meses posteriores a la entrada en vigor de este real decreto, podrá continuar aplicándose el Real Decreto 1909/1981, de 24 de julio, por el que se aprueba la norma básica de la edificación NBE CA-81 sobre condiciones acústicas en los edificios, modificada por el Real Decreto 2115/1982, de 12 de agosto, pasando a llamarse NBE CA-82, y revisada por Orden de 29 de septiembre de 1988, pasando a denominarse NBE CA-88, sin perjuicio de su derogación expresa en la disposición derogatoria única de este real decreto. Durante dicho periodo transitorio, se podrá optar por aplicar la anterior norma básica o podrán aplicarse las exigencias básicas desarrolladas en el Documento Básico «DB-HR Protección frente al ruido» del CTE que se aprueba [4].
- **Disposición transitoria tercera.** Régimen de aplicación del Documento Básico «DB-HR Protección frente al ruido» del CTE. Durante los 12 meses posteriores a la entrada en vigor de este real decreto podrán aplicarse las exigencias básicas desarrolladas en el Documento Básico «DB-HR Protección frente al ruido» del CTE, sin perjuicio de lo previsto en la disposición final tercera de este real decreto sobre su entrada en vigor. Una vez finalizado este periodo transitorio, será obligatoria la aplicación de las exigencias básicas desarrolladas en el Documento Básico «DB-HR Protección frente al ruido» del CTE que se aprueba [4].

A continuación se reflejan algunos aspectos destacados que indica el propio “DB-HR Protección frente al ruido” [3]:

Objeto	Este Documento Básico (DB) tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de protección frente al ruido. La correcta aplicación del DB supone que se satisface el requisito básico "Protección frente al ruido".
Exigencias básicas de protección frente al ruido (HR)	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. El Documento Básico “DB-HR Protección frente al ruido” especifica parámetros objetivos y sistemas de verificación cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de protección frente al ruido.
Ámbito de aplicación	El ámbito de aplicación de este DB es el que se establece con carácter general para el CTE en su artículo 2 (Parte I) exceptuándose los casos que se indican a continuación: a) los recintos ruidosos, que se regirán por su reglamentación específica; b) los recintos y edificios destinados a espectáculos, tales como auditorios, salas de música, teatros, cines, etc., que serán objeto de estudio especial en cuanto a su diseño, y se considerarán recintos de actividad respecto a los recintos protegidos y a los recintos habitables colindantes; c) las aulas y las salas de conferencias cuyo volumen sea mayor que 350 m³, que serán objeto de un estudio especial en cuanto a su diseño, y se considerarán recintos protegidos

	respecto de otros recintos y del exterior; d) las obras de ampliación, modificación, reforma o rehabilitación en los edificios existentes, salvo cuando se trate de rehabilitación integral. Asimismo quedan excluidas las obras de rehabilitación integral de los edificios protegidos oficialmente en razón de su catalogación, como bienes de interés cultural, cuando el cumplimiento de las exigencias suponga alterar la configuración de su fachada o su distribución o acabado interior, de modo incompatible con la conservación de dichos edificios. El contenido de este DB se refiere únicamente a las exigencias básicas relacionadas con el requisito básico "Protección frente al ruido". También deben cumplirse las exigencias básicas de los demás requisitos básicos, lo que se posibilita mediante la aplicación del DB correspondiente a cada uno de ellos.
Criterios generales de aplicación	Pueden utilizarse otras soluciones diferentes a las contenidas en este DB, en cuyo caso deberá seguirse el procedimiento establecido en el artículo 5 del CTE y deberá documentarse en el proyecto el cumplimiento de las exigencias básicas. Las citas a disposiciones reglamentarias contenidas en este DB se refieren a sus versiones vigentes en cada momento en que se aplique el Código. Las citas a normas equivalentes a normas EN cuya referencia haya sido publicada en el Diario Oficial de la Unión Europea, en el marco de la aplicación de la Directiva 89/106/CEE sobre productos de construcción o de otras Directivas, deberán corresponder a la versión de dicha referencia.
Condiciones particulares para el cumplimiento del DB-HR	La aplicación de los procedimientos de este DB se llevará a cabo de acuerdo con las condiciones particulares que en el mismo se establecen y con las condiciones generales para el cumplimiento del CTE, las condiciones de proyecto, las condiciones en la ejecución de las obras y las condiciones del edificio que figuran en los artículos 5, 6, 7 y 8, respectivamente, de la Parte I del CTE.
Terminología	A efectos de aplicación de este DB, los términos que figuran en letra cursiva deben utilizarse conforme al significado y a las condiciones que se establecen para cada uno de ellos, bien en el Anejo A de este DB, cuando se trate de términos relacionados únicamente con el requisito básico "Protección frente al ruido", bien en el Anejo III de la Parte I del CTE, cuando sean términos de uso común en el conjunto del Código.

Tabla 3-1 Aspectos destacados del “DB-HR Protección frente al ruido”

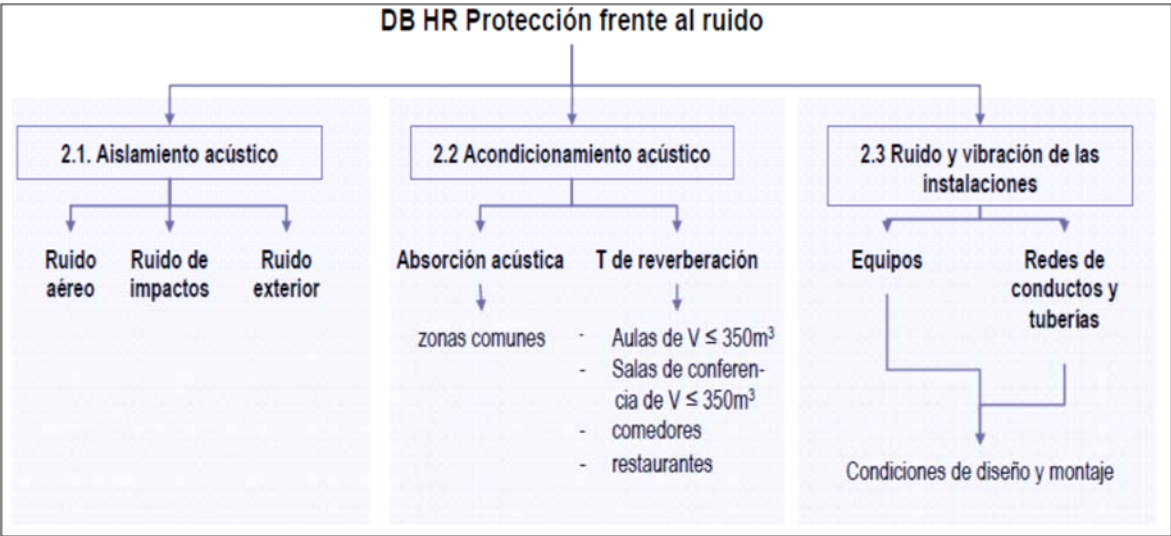


Figura 3-1 Tipos de exigencias del DB-HR “Protección frente al ruido” [1]

3.2.2 Opciones para realizar un proyecto acústico [3]

El DB-HR establece dos opciones para realizar un proyecto acústico en relación al diseño y dimensionado de los posibles elementos constructivos que, junto con el cumplimiento de las prescripciones establecidas para la ejecución y construcción, permitirán satisfacer los aislamientos pedidos, tanto a ruido aéreo como a ruido de impacto:

a) Opción simplificada:

Opción de ayuda basada en tablas que proporciona de modo sencillo los parámetros mínimos necesarios que han de poseer los elementos constructivos para ser empleados en las diversas situaciones y que, junto con el resto de condiciones establecidas en el DB-HR, darán conformidad a las exigencias de aislamiento tanto a ruido aéreo como a ruido de impacto.

Esta opción aporta una variedad de soluciones constructivas genéricas a partir de sus características acústicas mínimas. Una vez conocidas y seleccionadas las características mínimas necesarias, se han de particularizar dichas soluciones genéricas eligiendo elementos constructivos reales concretos que posean tales propiedades: a partir de datos de ensayos en laboratorio, de tabulaciones incluidas en Documentos Reconocidos del CTE u otros métodos de cálculo sancionados por la práctica. Se ha de destacar, en este sentido, como Documento Reconocido, de modo prioritario, el *Catálogo de Elementos Constructivos del CTE* [5], concebido como un instrumento de ayuda para el proyectista.

Por tanto, en esta opción no se indican sistemas reales a emplear, sino sus características mínimas necesarias: densidad superficial m (Kg/m^2), Índice de aislamiento acústico a ruido aéreo R_A (dBA), Incremento en el aislamiento a ruido aéreo ΔR_A (dBA) y reducción del nivel de ruido de impacto ΔL_w (dB).

Esta opción es válida para edificios de cualquier uso.

b) Opción general:

Esta opción permite comprobar si las soluciones constructivas concretas que pretendemos ejecutar satisfarán los requisitos establecidos. Para ello se aplica un procedimiento de cálculo (basado en el modelo simplificado para la transmisión acústica estructural de la norma UNE EN 12354 partes 1, 2 y 3) que tiene en cuenta que la transmisión acústica entre dos recintos contiguos, o a un recinto desde el exterior, se produce por vía directa y por caminos estructurales indirectos o de flancos.

En este caso, se ha de proceder a comprobar separadamente para parejas de recintos descriptores de las diferentes situaciones posibles de la edificación (distintas unidades de uso, unidad de uso y recinto de instalaciones, unidad de uso y recinto de actividad...), si las soluciones constructivas que deseamos ejecutar proporcionan el aislamiento acústico requerido entre ambos recintos con la magnitud acústica que define la exigencia:

$D_{nT,A}$ (para el aislamiento a ruido aéreo entre recintos interiores),

$L'_{nT,w}$ (para el nivel de ruido de impacto),

$D_{2m,nT,Atr}$ (para el aislamiento a ruido aéreo de un recinto respecto al exterior).

En el proceso se emplean, entre otros factores condicionantes, datos acústicos de aislamiento (que pueden obtenerse a partir de ensayos en laboratorio, mediante tabulaciones incluidas en Documentos

Reconocidos del CTE o mediante otros métodos de cálculo sancionados por la práctica), características geométricas de los recintos y formas de encuentro entre los elementos constructivos empleados.

En el caso del presente Trabajo fin de grado se emplea el método general para obtener unos resultados optimizados. La herramienta que permitirá hacer ese cálculo pormenorizado que analice los recintos con todos sus colindantes será el software SONarchitect.

3.2.3 Principales novedades generales introducidas por el Documento Básico DB-HR “Protección frente al ruido” respecto a la anterior normativa acústica NBE-CA-88

En la siguiente tabla se muestra una comparación entre normativas en diferentes aspectos:

Nuevos índices o parámetros de aislamiento	Las exigencias de aislamiento acústico entre recintos y respecto al exterior se expresan mediante nuevos parámetros introducidos. Estos índices acústicos, que tienen en cuenta las transmisiones indirectas o estructurales no consideradas en laboratorio, se pueden obtener “ <i>in situ</i> ” e inducen que se pase de hablar de aislamientos de particiones a hacerlo en términos de aislamientos entre recintos.
Cambio cuantitativo, relativo a los aislamientos mínimos exigidos	Variación en los valores de los aislamientos acústicos mínimos exigidos (tanto a ruido aéreo como a ruido de impacto).
Cambio cualitativo, relativo a la verificación de los aislamientos exigidos.	Los nuevos parámetros o índices acústicos permiten comprobar “ <i>in situ</i> ” en obra el cumplimiento de las exigencias. (Los parámetros de la NBE-CA-88 representaban aislamientos de sistemas constructivos medidos en laboratorio).
Caracter prestacional	Al igual que en los restantes Documentos Básicos del CTE se busca el cumplimiento de las exigencias en obra terminada. Por ello, el Documento no indica ni limita sistemas constructivos concretos a emplear (aunque mediante la opción simplificada si permite conocer en la etapa de diseño y dimensionado las características acústicas mínimas de elementos constructivos genéricos válidos), adjudicando un papel importante a la investigación e innovación.
Exigencia de acondicionamiento acústico	Introduce la necesidad de adecuar los tiempos de reverberación de aulas y salas de conferencias (de volumen inferior a 350 m ³), restaurantes y comedores , estableciendo unos tiempos de reverberación máximos (verificables en obra). (La NBE-CA no contemplaba exigencias en este sentido, sólo recomendaciones).
	Los acabados superficiales y los revestimientos que delimitan la zona común de un edificio residencial público, docente y hospitalario han de proporcionar una absorción acústica mínima que permita reducir los niveles sonoros que se transmiten a los recintos protegidos contiguos con los que compartan puertas.

Nueva terminología	Se introduce una nueva terminología para definir y diferenciar los distintos recintos de las edificaciones, distinguiendo entre recintos habitables, protegidos, de actividad y de instalaciones.
Requisitos de diseño y ejecución	Establece unos requisitos de diseño y ejecución de los elementos constructivos con el objetivo de garantizar el correcto aislamiento acústico. Establece exigencias de diseño y ejecución de las instalaciones para evitar la transmisión de ruido y vibraciones.
Características de los materiales	Establece unas características que deberán documentar los fabricantes de los materiales empleados en la construcción, así como las propiedades acústicas de los elementos contruidos con ellos.
Establece dos opciones para el diseño y dimensionado en fase de proyecto de los elementos constructivos (que configuran las soluciones de aislamiento acústico)	Opción simplificada: Soluciones de aislamiento. Proporciona características acústicas mínimas de soluciones constructivas genéricas que dan conformidad a las exigencias de aislamiento en las diferentes situaciones, debiendo, a continuación, buscar en Documentos Reconocidos del CTE elementos constructivos concretos que posean tales características. Opción general: Método de cálculo de aislamiento acústico. Contiene un procedimiento de cálculo, basado en el modelo simplificado para transmisión acústica estructural de la norma UNE EN 12354 partes 1, 2 y 3, que permite comprobar, de modo predictivo, si las soluciones constructivas concretas que pretendemos ejecutar satisfarán los requisitos de aislamiento establecidos. Para la aplicación de esta opción se aporta una herramienta oficial de cálculo.

Tabla 3-2 Novedades introducidas por el DB-HR respecto a NBE-CA-88

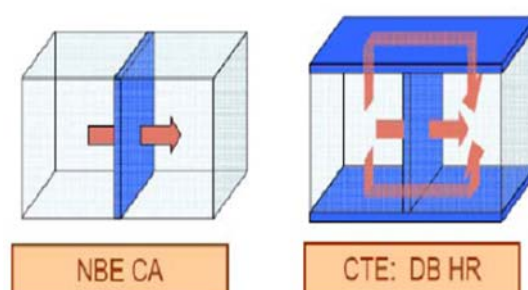


Figura 3-2 Diferencias en transmisiones acústicas consideradas entre normativa anterior NBE CA y el actual Código Técnico de la edificación DB-HR [2]

En la imagen anterior se puede observar de una forma gráfica que en la normativa NBE-CA-88 sólo se considera las transmisiones acústicas directas y en el DB-HR se considera además las transmisiones estructurales o indirectas.

3.2.4 Tipos de recintos

Según el *Documento Básico «DB-HR Protección frente al ruido» del CTE*, se divide los recintos en 5 tipos para la evaluación de las condiciones acústicas [1]:

Recinto de actividad	Aquellos recintos, en los edificios de uso residencial (público y privado), hospitalario o administrativo, en los que se realiza una actividad distinta a la realizada en el resto de los recintos del edificio en el que se encuentra integrado, siempre que el nivel medio de presión sonora estandarizado, ponderado A, del recinto sea mayor que 70 dBA. Por ejemplo, actividad comercial, de pública concurrencia, etc. A partir de 80 dBA se considera recinto ruidoso. Todos los aparcamientos se consideran recintos de actividad respecto a cualquier uso salvo los de uso privativo en vivienda unifamiliar.
Recinto de instalaciones	Recinto que contiene equipos de instalaciones colectivas del edificio, entendiendo como tales, todo equipamiento o instalación susceptible de alterar las condiciones ambientales de dicho recinto. El recinto del ascensor no se considera un recinto de instalaciones a menos que la maquinaria esté dentro del mismo.
Recinto habitable	Recinto interior destinado al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia exigen unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas. Se consideran recintos habitables los siguientes: habitaciones y estancias (dormitorios, comedores, bibliotecas, salones, etc.) en edificios residenciales; aulas, salas de conferencias, bibliotecas, despachos, en edificios de uso docente; quirófanos, habitaciones, salas de espera, en edificios de uso sanitario u hospitalario; oficinas, despachos, salas de reunión, en edificios de uso administrativo; cocinas, baños, aseos, pasillos, distribuidores y escaleras, en edificios de cualquier uso; cualquier otro con un uso asimilable a los anteriores. En el caso en el que en un recinto se combinen varios usos de los anteriores siempre que uno de ellos sea protegido, a los efectos de este DB se considerará recinto protegido.
Recinto protegido	Recinto habitable con mejores características acústicas. Se consideran recintos protegidos los recintos habitables de los casos a), b), c), d).
Recinto ruidoso	Recinto, de uso generalmente industrial, cuyas actividades producen un nivel medio de presión sonora estandarizado, ponderado A, en el interior del recinto, mayor que 80 dBA.

Tabla 3-3 Tipos de recintos

3.2.5 Definición de unidades de uso

El DB-HR define Unidad de uso como edificio o parte de un edificio que se destina a un uso específico, y cuyos usuarios están vinculados entre, sí bien por pertenecer a una misma unidad familiar, empresa, corporación, bien por formar parte de un grupo o colectivo que realiza la misma actividad [1]. En cualquier caso, se consideran unidades de uso, las siguientes:

- a) en edificios de vivienda, cada una de las viviendas.
- b) en edificios de uso hospitalario, y residencial público, cada habitación incluidos sus anexos.
- c) en edificios docentes, cada aula o sala de conferencias incluyendo sus anexos.

3.2.6 Exigencias de protección frente al ruido procedente del exterior [1]

El DB-HR facilita una tabla que refleja la exigencia de aislamiento acústico a ruido aéreo, cuantificado con el parámetro $D_{2m,nT,Atr}$, entre un recinto protegido y el exterior en función de los valores del índice de ruido día, L_d (definido en el Anexo I del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre), de la zona donde se ubica el edificio:

L_d (dBA)	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario, docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

Tabla 3-4 Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{2m,nT,Atr}$, en dBA

Además, el DB-HR indica:

En edificios de uso no hospitalario, es decir, edificios de asistencia sanitaria de carácter ambulatorio, como despachos médicos, consultas, áreas destinadas al diagnóstico y tratamiento, etc.

El valor del índice de ruido día, L_d , puede obtenerse en las administraciones competentes o mediante consulta de los mapas estratégicos de ruido. En el caso de que un recinto pueda estar expuesto a varios valores de L_d , como por ejemplo un recinto en esquina, se adoptará el mayor valor.

Cuando no se disponga de datos oficiales del valor del índice de ruido día, L_d , se aplicará el valor de 60 dBA para el tipo de área acústica relativo a sectores de territorio con predominio de suelo de uso residencial. Para el resto de áreas acústicas, se aplicará lo dispuesto en las normas reglamentarias de desarrollo de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

Cuando se prevea que algunas fachadas, tales como fachadas de patios de manzana cerrados o patios interiores, así como fachadas exteriores en zonas o entornos tranquilos, no van a estar expuestas directamente al ruido de automóviles, aeronaves, de actividades industriales, comerciales o

deportivas, se considerará un índice de ruido día, L_d , 10 dBA menor que el índice de ruido día de la zona.

Cuando en la zona donde se ubique el edificio el ruido exterior dominante sea el de aeronaves según se establezca en los mapas de ruido correspondientes, el valor de aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{2m,nT,Atr}$, obtenido en la tabla anterior se incrementará en 4 dBA.

3.2.7 Instalación de techos acústicos absorbentes

El DB-HR obliga a la instalación de techos acústicos absorbentes por los siguientes motivos [1]:

- Para limitar el ruido reverberante en las **zonas comunes de edificios de uso** residencial público, **docente** y hospitalario cuando sean **colindantes con los recintos protegidos con los que comparten puertas**, mediante la aplicación de correctos acabados superficiales y revestimientos para que, por lo menos, el área de absorción acústica equivalente (A) sea de $0,2 \text{ m}^2$ por cada m^3 del volumen del recinto.
- Para conseguir un tiempo de reverberación **menor o igual a 0,7 segundos en aulas y salas de conferencias** vacías (sin ocupación y sin mobiliario), cuyo volumen sea inferior a **350 m^3** , o bien un tiempo de reverberación **menor o igual a 0,5 segundos sin ocupación pero con butacas**.

Para reducir los niveles de ruido en restaurantes y **comedores**, de cara a conseguir un tiempo de reverberación **menor o igual a 0,9 segundos**.

3.3 Sistemas constructivos empleados en edificación

En la actualidad existen numerosos elementos constructivos empleados en todo tipo de edificación. En este apartado se relacionarán los diferentes tipos de sistemas constructivos que se suelen emplear en obra y que están presentes en el *Catálogo de elementos constructivos del CTE*.

Este documento es una herramienta de ayuda para el cumplimiento de las exigencias generales de diseño de los requisitos de habitabilidad, establecidos en el CTE. Este catálogo contiene un amplio abanico de materiales, productos y elementos constructivos para cubiertas, fachadas, huecos y particiones interiores con las características higrotérmicas y acústicas de todos ellos. En la siguiente imagen se puede observar la portada de este documento del CTE.



Figura 3-3 Catálogo de elementos constructivos

3.3.1 Elementos de separación horizontal (ESH)

Los elementos de separación horizontales (ESH) son aquellas particiones horizontales que separan una unidad de uso de cualquier otro recinto del edificio. Los ESH están formados por el forjado, el suelo flotante encima del forjado y, en algunos casos, el techo suspendido debajo del forjado. En la siguiente imagen se puede observar la estructura de los ESH [1].

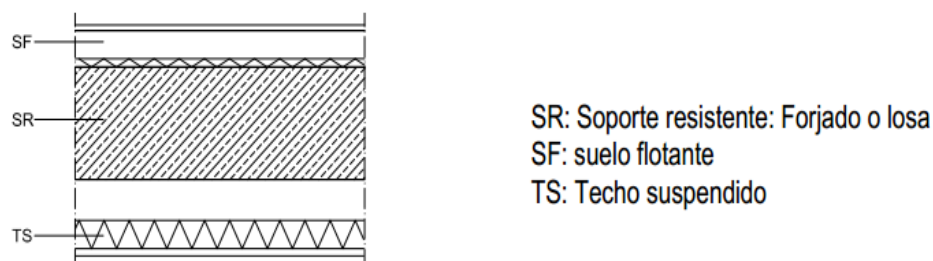


Figura 3-4 Estructura de los ESH [5]

3.3.1.1 Parámetros acústicos para los elementos de separación horizontal

Los parámetros que se utilizan para definir los elementos de separación horizontal son los siguientes [1]:

- **m**, masa por unidad de superficie del forjado, en kg/m^2 , que corresponde al valor de masa por unidad de superficie de la sección tipo del forjado, excluyendo ábacos, vigas y macizados.
- **R_A** , índice global de reducción acústica, ponderado A, del forjado, en dBA.
- **ΔL_w** , reducción del nivel global de presión de ruido de impactos, en dB, debida al suelo flotante (aportación del suelo flotante para reducir los niveles de los golpes de impacto).
- **ΔR_A** , mejora del índice global de reducción, en dBA. Capacidad del suelo flotante para mejorar el aislamiento del forjado.

3.3.1.2 Forjado

Es el elemento constructivo, normalmente horizontal aunque puede estar inclinado en cubiertas, que soporta tanto su propio peso como las sobrecargas de uso. Forma parte de la estructura horizontal de las diferentes plantas de un edificio. Aporta rigidez en el plano horizontal y es capaz de solidarizar horizontalmente los diversos elementos estructurales. Permite no solo transmitir cargas verticales sino también horizontales. En la siguiente imagen se puede ver un ejemplo de forjado, formado por bovedillas de hormigón y una capa de compresión encima de ellas.

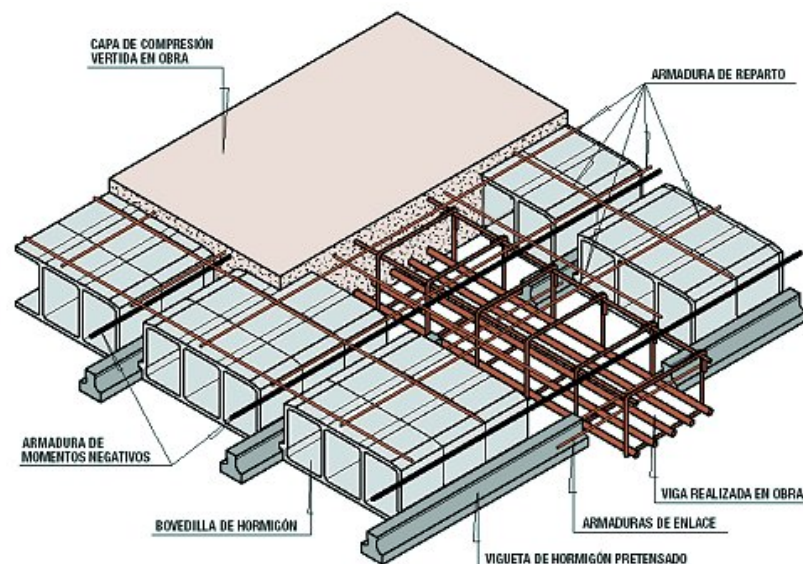


Figura 3-5 Estructura y elementos de un forjado [2]

En el presente Trabajo fin de grado sólo se mencionará un tipo de forjado, **Forjado Unidireccional de Bovedilla de cerámica U_BC 350 mm (30+5 cm)**: Es un forjado de hormigón armado unidireccional formado por viguetas de hormigón y bovedillas de cerámica con un canto de 350 mm. Las características acústicas son: $m = 360 \text{ Kg/m}^2$; $R_A = 55 \text{ dBA}$ [5].

3.3.1.3 Suelo flotante

El suelo flotante es un sistema constructivo formado por un material aislante de ruido de impactos, un soporte del acabado y el acabado. Se instala encima del forjado.

En el presente Trabajo fin de grado sólo se mencionará un tipo de suelo flotante, **Acabado + mortero de 50 mm + elemento elástico en base a polietileno de 10 mm. (AC + M50 + ARPE10)**: Consiste en una capa de polietileno expandido de 10 mm de espesor por encima del forjado y encima de este elemento elástico una capa de mortero de 50 mm con un acabado de solado rígido. Cuando no se especifica el tipo de acabado, por defecto, se utiliza el solado rígido. Las características acústicas de este suelo flotante son: $\Delta R_A = 0 \text{ dBA}$; $\Delta L_w = 20 \text{ dB}$ [5]. A continuación se muestra una leyenda para el entendimiento de la simbología y un gráfico de suelo flotante.

Leyenda:

- AC: Acabado
- M: Capa de mortero
- AR: Material aislante de ruido de impactos (en este caso PE: Polietileno)
- SR: Forjado u otro soporte resistente

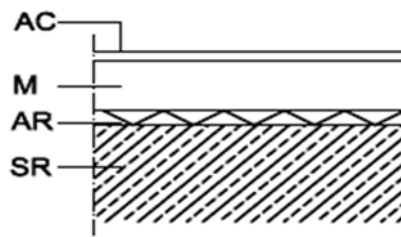


Figura 3-6 Elementos del suelo flotante [5]

La capa de mortero recrecido es una simple capa de hormigón y el solado rígido es un acabado formado por baldosas.

En el edificio evaluado en este trabajo fin de grado se nombra **un recrecido con mortero de 50 mm con un acabado de solado rígido**, como suelo flotante por parte del equipo de arquitectura. Este sistema al no tener un elemento elástico, no debe considerarse como suelo flotante. Características acústicas: $\Delta R_A = 3$ dBA; $\Delta L_w = 0$ dB [5].

3.3.1.4 Techo aislante suspendido

El techo aislante suspendido consiste en un sistema constructivo que se instala en la parte inferior del forjado. Está formado por una cámara de aire, un aislante que suele ser de lana mineral y una placa o varias de yeso laminado o de escayola.

En el presente Trabajo fin de grado sólo se mencionará un tipo de techo suspendido, **placa de yeso laminado de 15 mm + lámina de betún elástico tipo MAD de Danosa de 4 mm + placa de yeso laminado de 15 mm + perfilera con lana mineral de 60 mm encima + formando cámara con el forjado superior de 100 mm. (YL15 + MAD4 + 15YL + ATMW 60 + C100)**: Consiste en una cámara de 100 mm por debajo del forjado, seguida de una perfilera con lana mineral y dos placas de yeso laminado de 15 mm cada una con una lámina de betún elástico de 4 mm entre ambas. Las características acústicas de este techo aislante son: $\Delta R_A = 13$ dBA; $\Delta L_w = 21$ dB. A continuación se muestra una leyenda para el entendimiento de la simbología y un gráfico de techo suspendido [2].

Leyenda:

- C: Cámara de aire
- AT: Aislante (en este caso MW: Lana mineral)
- YL: Placa de yeso laminado
- SR: Forjado u otro soporte resistente

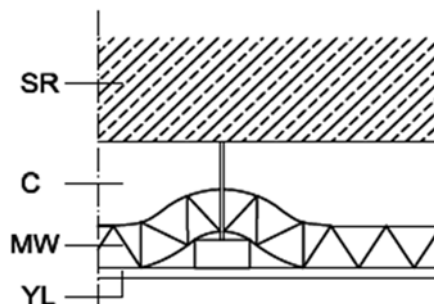


Figura 3-7 Elementos de un techo suspendido [5]

3.3.1.5 Techo suspendido acústico absorbente

Los techos acústicos absorbentes son sistemas constructivos utilizados principalmente para mejorar el acondicionamiento de un recinto y así reducir su tiempo de reverberación. Consiste en instalar un revestimiento interior al techo suspendido (fibras de madera, lana mineral o yeso perforado sobre todo). Este techo suspendido estará formado por una cámara y un material absorbente acústico (lana mineral o velo de fibras).

En el presente Trabajo fin de grado se mencionarán dos tipos de techos acústicos absorbentes [2]:

- **Techo modelo Aralar con velo negro semi-visto.** Características acústicas: coeficiente de absorción acústica medio $\alpha=0,5$. Este techo absorbente consiste en una cámara de 150 mm con una lámina de velo negro como material absorbente acústico y un revestimiento de yeso laminado. El velo negro semi-visto es un recubrimiento textil con elevada porosidad.
- **Techo acústico en base a panel aglomerado de fibras de madera,** con un $\alpha=0,7$. Consiste en una cámara de 150 mm con una lámina de lana mineral como material absorbente acústico y un revestimiento de fibras de madera.

A continuación se muestra una leyenda para el entendimiento de la simbología y un gráfico de techo acústico absorbente.

Leyenda:

- AA: Material absorbente acústico
- C: Cámara de aire de espesor mayor que 150 mm
- RI: Revestimiento interior
- SR: Forjado u otro soporte resistente

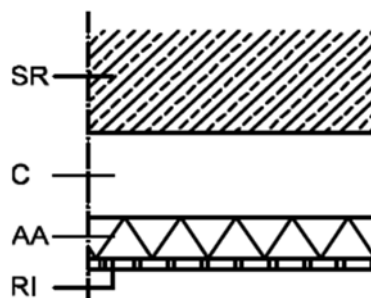


Figura 3-8 Elementos de un techo acústico absorbente [5]

3.3.1.5.1 Techos absorbentes utilizados en la actualidad [2]

Instalación de placas de Pladur Fon

Solución adecuada si se pretende conservar el acabado en blanco existente en las paredes de la sala. Se trata de instalar placas perforadas de Pladur Fon, seleccionando aquella configuración con el mayor porcentaje de perforación un plenum (descuelgue o cámara) de 30 cm respecto al techo de obra y colocando encima una capa de 60-80 mm de lana mineral (de entre 50-70 Kg/m³ de densidad).

Dicho sistema posee los siguientes coeficientes de absorción por frecuencias (que se adaptan a los valores de los tiempos de reverberación detectados en el local, muy elevados entre las frecuencias de 250 y 2000 Hz):

Hz	125	250	500	1000	2000	4000
α	0,58	1,07	0,87	0,86	0,70	0,58

Tabla 3-5 Coeficientes de absorción por frecuencias Pladur Fon

Para el cálculo del coeficiente de absorción medio:

$$\alpha_m = \frac{\alpha(500Hz) + \alpha(1000Hz) + \alpha(2000Hz)}{3} = 0,81$$

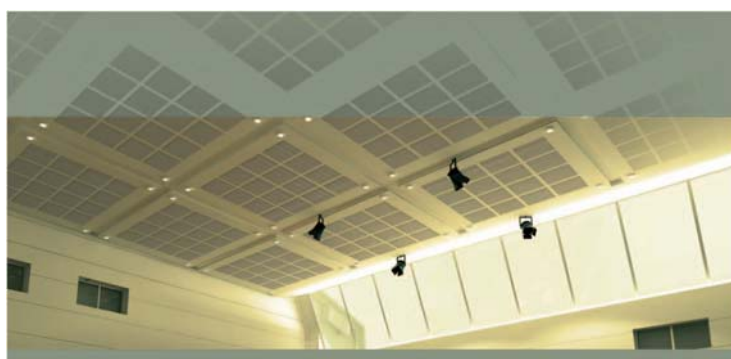


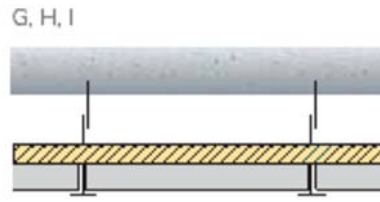
Figura 3-9 Pladur Fon

Instalación del sistema Celenit (Basel)

Ejecutar placas Celenit de 25 mm de espesor, dejando un plenum (descuelgue o cámara) de 40 cm respecto al techo de obra, y colocarle encima una capa de 40 mm de lana mineral de entre (50-70 Kg/m³ de densidad). En las siguientes imágenes se puede observar un ejemplo gráfico de este tipo de techo.



Figura 3-10 Celenit

**Figura 3-11 Celenit**

Dicho sistema posee los siguientes coeficientes de absorción por frecuencias (que se adaptan a los valores de los tiempos de reverberación detectados en el local, muy elevados entre las frecuencias de 250 y 2000 Hz):

Hz	125	250	500	1000	2000	4000
α	0,25	0,57	1,08	0,86	0,81	1,04

Tabla 3-6 Coeficientes de absorción por frecuencias Celenit

Para el cálculo del coeficiente de absorción medio:

$$\alpha_m = \frac{\alpha(500\text{Hz}) + \alpha(1000\text{Hz}) + \alpha(2000\text{Hz})}{3} = 0,96$$

**Figura 3-12 Celenit**

Instalación de Tableros de madera perforada (Basel)

Se trata ejecutar tableros de madera perforada de 13 mm de espesor con 25,2% de perforación, dejando un plenum (descuelgue o cámara) de 20 cm respecto al techo de obra, e instalarle encima una capa de 40 mm de lana mineral de 50 Kg/m3 de densidad.

Dicho sistema posee los siguientes coeficientes de absorción por frecuencias (que se adaptan a los valores de los tiempos de reverberación detectados en el local, muy elevados entre las frecuencias de 250 y 2000 Hz):

Hz	125	250	500	1000	2000	4000
α	0,2	0,7	0,9	0,9	0,7	0,5

Tabla 3-7 Coeficientes de absorción por frecuencias Basel

Para el cálculo del coeficiente de absorción medio:

$$\alpha_m = \frac{\alpha(500Hz) + \alpha(1000Hz) + \alpha(2000Hz)}{3} = 0,83$$



Figura 3-13 Basel

3.3.2 Elementos de separación vertical (ESV)

Los elementos de separación verticales (ESV) son aquellas particiones verticales que separan una unidad de uso de cualquier recinto del edificio o que separan recintos de dicho edificio. Existen tres tipos de elementos de separación vertical genéricos según el DB-HR [1]:

- **Tipo 1: Elementos mixtos.** Elementos compuestos por un elemento base acústicamente homogéneo de una o dos hojas de fábrica, hormigón o paneles prefabricados pesados (Eb), sin un trasdosado o con un trasdosado por ambas caras (Tr).
- **Tipo 2: Elementos de fábrica con bandas elásticas.** Elementos de dos hojas de fábrica o paneles prefabricados pesados (Eb), con bandas elásticas en su perímetro dispuestas en los encuentros de, al menos, una de las hojas con forjados, suelos, techos, pilares y fachadas y otros elementos de separación vertical. En todos los elementos de dos hojas, la cámara debe ir rellena con un material absorbente acústico o amortiguador de vibraciones.
- **Tipo 3: Elementos de entramado.** Elementos formados por placas de yeso laminado y anclados a una estructura metálica autoportante (Ee).

En la siguiente imagen se puede observar de una forma gráfica la estructura de los tipos de ESV.

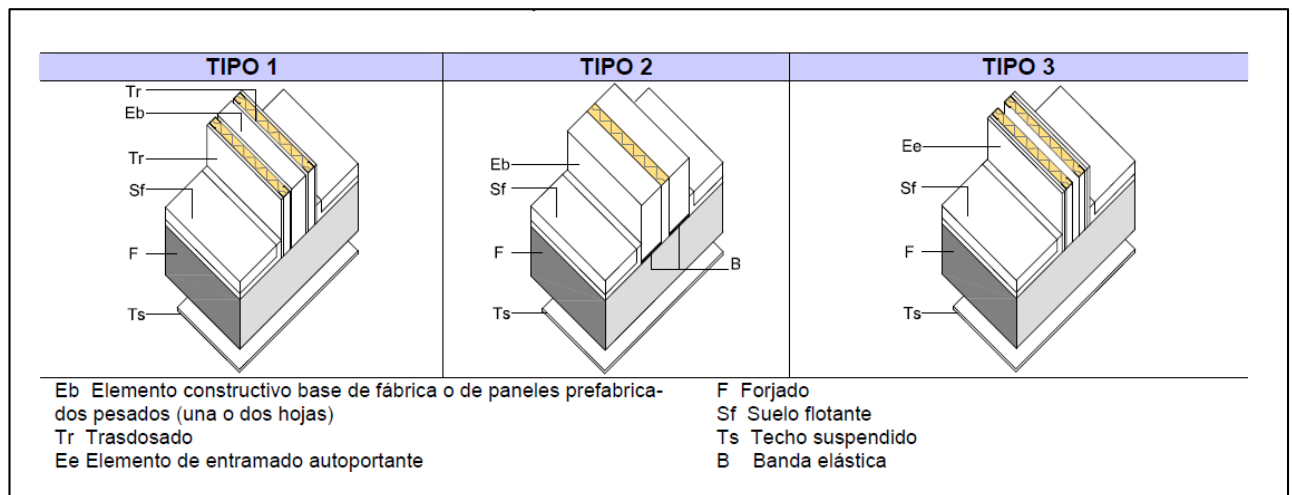


Figura 3-14 Estructura de los tipos de ESV [1]

En el presente Trabajo fin de grado el equipo de arquitectura solo pretende ejecutar entre aulas un ESV de tipo 1 sin trasdosado: **1/2 pie de ladrillo perforado mas yeso a dos caras. RI15 + LP115 + RI15 (med)**. Consiste en una capa de ladrillos perforados colocados con el lado de menor medida hacia tierra, con un revestimiento de yeso por cada cara de 15 mm. Características acústicas de este sistema: $m = 161 \text{ Kg/m}^2$; $R_A = 44 \text{ dBA}$. A continuación se muestra una leyenda para el entendimiento de la simbología y un gráfico de este ESV [2].

Leyenda:

- RI: Revestimiento interior
- LP: Ladrillo perforado

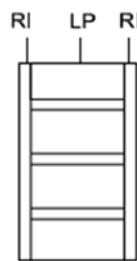


Figura 3-15 Estructura de los tipos de ESV [5]



Figura 3-16 Ladrillo perforado [2]

3.3.2.1 Parámetros acústicos para los ESV

Los parámetros que se utilizan para definir los elementos de separación vertical son los siguientes:

- **m**, masa por unidad de superficie del elemento base, en kg/m^2
- **R_A** , índice global de reducción acústica, ponderado A, del elemento base, en dBA.
- **ΔR_A** , mejora del índice global de reducción acústica, ponderado A, en dBA, debida al trasdosado. Mejora, incremento, en el aislamiento del elemento sobre el que se ejecute un trasdosado.

3.3.2.2 Trasdoso

Un trasdosado es un sistema constructivo formado por placas de yeso laminado situadas por una cara de la hoja principal de un ESV para mejorar las características térmicas y acústicas. En la siguiente imagen se puede observar un ejemplo gráfico de trasdosado.



Figura 3-17 Elementos de un trasdosado [6]

Existen los siguientes tipos de trasdosados [7]:

- **Trasdoso autoportante:** formado por placas de yeso laminado sujetas a una perfilera metálica autoportante, rellena con un material absorbente acústico (lana mineral de baja densidad o cualquier material de fibras sintéticas absorbente acústico, poroso y elástico) en la cámara. Se ejecuta sin tocar al elemento base.
- **Trasdoso adherido:** formado por un panel aislante adherido al elemento base con mortero o atornillado a una perfilera auxiliar anclada al mismo. El panel aislante debe estar compuesto por un material absorbente acústico y revestido por una placa de yeso laminado.
- **Trasdoso cerámico:** formado por un ladrillo hueco sencillo con bandas elásticas en todo su perímetro y un material absorbente acústico en la cámara de separación entre el elemento base y el trasdosado.

En el presente Trabajo fin de grado sólo se mencionará un tipo de trasdosado: **10 mm de separación con el tabique + perfilera de 48 mm con lana mineral en la cámara + una placa de**

yeso laminado de 15 mm. (SP10+ATMW48+YL15). Consiste en una separación de 10 mm con la hoja principal (tabique de obra) seguida de lana mineral de 48 mm en una perfilera y una placa de yeso laminado de 15 mm. Sus características acústicas son: $\Delta R_A = 19,5$ dBA por ser en ambas caras y $\Delta R_A = 13$ dBA si fuera por una cara [2].

A continuación se muestra una leyenda para el entendimiento de la simbología y un gráfico de este trasdosado.

Leyenda:

- SP: Separación de 10 mm
- HP: Hoja principal
- AT: Aislante (en este caso MW: Lana mineral)
- YL: Placa de yeso laminado

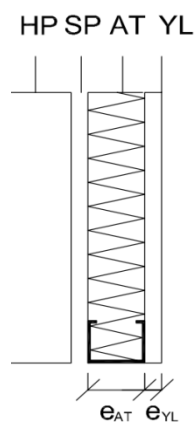


Figura 3-18 Estructura de trasdosado [5]

3.3.2.3 Tabiquería

La tabiquería está formada por el conjunto de particiones interiores de una unidad de uso. Existen tres tipos de tabiquería [1]:

- **Tipo 1:** Tabiquería de fábrica o de paneles prefabricados pesados con apoyo directo en el forjado, sin interposición de bandas elásticas.
- **Tipo 2:** Tabiquería de fábrica o de paneles prefabricados pesados con bandas elásticas dispuestas al menos en los encuentros inferiores con los forjados, o apoyada sobre el suelo flotante.
- **Tipo 3:** Tabiquería de entramado autoportante.

En la siguiente imagen se puede observar gráficamente los tres tipos de tabiquería citados anteriormente [1].

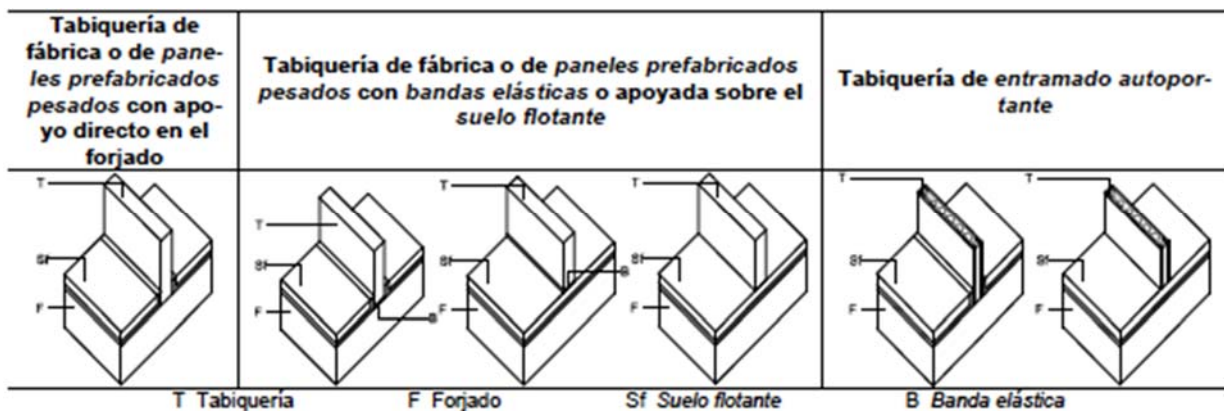


Figura 3-19 Estructuras de los tipos de tabiquería

3.3.2.4 Fachadas

Las fachadas son sistemas constructivos colindantes entre un recinto del edificio o unidad de uso con el exterior. Deben de tener unas características más exigentes y están formadas por la parte ciega y huecos. Los huecos son las ventanas y puertas, y la parte ciega el resto.

En el presente TFG sólo se mencionará un tipo de fachada, según proyecto, con su parte ciega y hueco [8] [4] [5]:

- **Parte ciega: LC 115 + RM + AT 60 + LH70 + RI15 (med).** Consiste en una hoja principal de ladrillo de cerámica (LC115), con un revestimiento intermedio (RM) y un aislante no hidrófilo (AT), seguido de una hoja de ladrillo hueco (LH70) y un revestimiento interior de yeso (RI15). Características acústicas de este sistema: $m = 240 \text{ Kg/m}^2$; $R_A = 49 \text{ dBA}$.
- **Huecos: ventanas oscilobatientes** con un índice de aislamiento acústico en laboratorio (a aportar por el fabricante) de $R'_{Atr} = 30 \text{ dBA}$. Son ventanas que poseen un cierre estanco.

A continuación se muestra una leyenda para el entendimiento de la simbología y un gráfico de fachada.

Leyenda:

- LC: Ladrillo de cerámica
- RM: Revestimiento medio
- LH: Ladrillo hueco
- AT: Aislante
- RI: Revestimiento interior

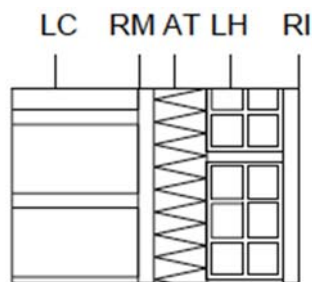


Figura 3-20 Estructura de parte ciega [5]

3.4 Softwares existentes actualmente para modelizaciones acústicas 3D

En el siguiente apartado se indicará una relación de los diferentes *softwares* existentes en el mercado para efectuar evaluaciones acústicas de edificaciones y se justificará la elección del *SONarchitect* para las modelizaciones efectuadas en el presente Trabajo fin de grado [2][9].

3.4.1 Relación de los principales software del mercado:

i. *SILENSIS* de la empresa *LABEIN*

La Asociación Española de Fabricantes de Ladrillos y Tejas HISPALYT, en colaboración con LABEIN Tecnalia, ha desarrollado el software de diseño acústico SILENSIS.

Esta herramienta engloba distintas soluciones constructivas cerámicas que cumplen el CTE. El objetivo consiste en facilitar la labor a arquitectos y proyectistas, en fase de proyecto, en el diseño de edificios que satisfagan las exigencias de aislamiento acústico establecidas frente al ruido procedente del exterior (en fachadas, cubiertas, etc.), contemplando a su vez el cumplimiento de los requisitos establecidos entre recintos (entre viviendas, con zonas comunes del edificio, y con recintos de instalaciones o actividad).

ii. *Acoubat-dBMat* del Gobierno Vasco

Se desarrolla dentro de la apuesta estratégica del Departamento de Vivienda, Obras Públicas y Transportes del Gobierno Vasco por dotar al sector de herramientas que faciliten la adopción de nuevos conocimientos persiguiendo la mejora del confort y la calidad de las viviendas ya que la aprobación en 2007 del Documento Básico de Protección frente al Ruido del Código Técnico de la Edificación (CTE DB-HR) planteó nuevos retos al sector.

iii. *SONarchitect* del grupo de investigación *Sonitum* de la Universidad de Vigo

Es un *software* inteligente que analiza el edificio en su conjunto, realiza la verificación integral de todos los requerimientos para todos los pares de recintos de un mismo inmueble y emite una hoja justificativa. Además le permite al proyectista dibujar con toda flexibilidad su edificio, visualizarlo en 3D y actuar sobre él, permitiendo así declarar la conformidad del edificio completo con respeto a las especificaciones del Código Técnico de Edificación.

Este *software* ha sido creado por la empresa *Sound of Numbers*, nacida del grupo de investigación *Sonitum* de la Universidad de Vigo.



Figura 3-21 SONarchitect

- iv. *CYPECAD MEP* de la empresa *CYPE Ingenieros*
- v. *dBKAisla* de la empresa *ICR*
- vi. Hojas de cálculo de la empresa *URSA*

3.4.2 Elección del software SONarchitect para evaluar el edificio del TFG

Tras realizar un estudio de los diferentes aspectos de los *softwares* mencionados anteriormente, se seleccionó el *SONarchitect* como herramienta para efectuar las modelizaciones acústicas por las siguientes razones:

- a) El equipo técnico de su desarrollo ha realizado la herramienta oficial gratuita del CTE para hacer proyectos acústicos. Existe pues una confianza del Ministerio de Fomento hacia este equipo.
- b) Es el programa del mercado que mejor modela (predice) el **índice de reducción vibracional (K_{ij})** de los distintos caminos de transmisión estructurales.
- c) Es un programa presente en una gran multitud de países de Europa y América.
- d) Se ha colaborado en la validación de su funcionamiento, pues la empresa de ingeniería G.O.C. S.A ha evaluado sus predicciones mediante ensayos según UNE EN ISO 140.

A continuación se describen algunas características de este software y se explican las propiedades que nos han permitido seleccionarlo:

- La herramienta oficial de cálculo que da soporte a la opción general del CTE DB-HR, incluye multitud de hojas Excel que permiten calcular el aislamiento acústico de un par de recintos teniendo en cuenta la casuística geométrica del encuentro entre ambos. Contiene por tanto casos para 4 aristas coincidentes, tres aristas coincidentes... Tanto para transmisión vertical como para transmisión horizontal. Para dar conformidad a un proyecto debería seleccionarse los casos peores para proceder al cálculo. El sentir general es que los recintos con 4 aristas coincidentes suelen comportarse peor que otras casuísticas que tienden a tener mayor aislamiento, si bien este hecho no es siempre cierto y encontrar el

“caso peor” a menudo, además de mucho conocimiento técnico requiere de cierto grado de inspiración del que no siempre se dispone.

- En este contexto, el software *SONarchitec* **permite calcular el 100 % de todos los recintos de un edificio de forma automática**, de modo que se pueden localizar aquellos pares de recintos que "a priori" (antes de acometer el ensayo) son candidatos a presentar las peores prestaciones acústicas de un edificio completo.
- El software ha sido validado en obra real y sigue la misma filosofía de interpretación de las normas de cálculo de la familia UNE EN-12354 que la herramienta oficial de cálculo. Se han realizado algunas extensiones en el método de cálculo, especialmente en lo relativo a mejoras de los Coeficientes de Reducción Vibracional, K_{ij} . Por tanto, el objetivo de *SONarchitect* es facilitar la realización del proyecto de aislamiento acústico, verificando el cumplimiento de los requerimientos del CTE DB HR, utilizando para ello la opción general de cálculo detallada en el documento, que coincide con método simplificado desarrollado en la familia de normas UNE-EN 12354-1. Internamente, el software está organizado en un intérprete geométrico, un motor de cálculo acústico y una base de datos que contiene los datos acústicos de los elementos constructivos (los procedentes del catálogo oficial de elementos constructivos y las bases de datos de ATEDY/AFELMA y de la empresa alemana BSW).
- La interfaz gráfica permite introducir de forma sencilla y sin restricciones (en cuanto a la forma de dibujar, orden de nodos, etc) la planta del edificio. Se puede importar un fichero en formato “.dxf”, que serviría como plantilla para dibujar sobre ella el “plano acústico”, donde algunos aspectos de la geometría deben simplificarse (columnas, shunts, bajantes, etc). El programa permite replicar completamente las plantas que tienen idéntica distribución o añadir nuevas pisos con solución constructiva o distribuciones diferentes, como suele suceder con los aprovechamientos bajo cubierta y la planta baja donde se ubicarán bajos comerciales o locales de actividad. El proceso de modelización es el siguiente:
 - i. Se introduce la geometría de la planta del edificio mediante una herramienta de dibujo, que permite utilizar como plantilla un fichero en formato “.dxf” importado.
 - ii. Se seleccionan las uniones en las que existen bandas elásticas.
 - iii. Se asignan los elementos constructivos correspondientes a fachadas, forjados y elementos verticales.
 - iv. Se definen las unidades de uso y el tipo de recinto en función de la clasificación que proporciona el CTE DB-HR.
 - v. Finalmente se obtiene la geometría del edificio en 3D, que será verificada y rastreada por el intérprete geométrico.
- El Proceso de Cálculo es el principal motivo de nuestra elección: El procesador geométrico, una vez introducida la geometría identifica todos los pares de recintos

adyacentes en el edificio, estableciendo una estructura en árbol que permite identificar todas las vías de transmisión asociadas. El procesador detecta también si un encuentro entre paramentos conforman una unión tipo “T” o tipo “+”, pasando esta información al motor acústico. **Finalmente, será el motor acústico el que decida de forma automática cómo calcula el índice de reducción vibracional asociado a cada vía de transmisión aplicando la ecuación y el modelado adecuado a cada configuración. Además de las ecuaciones de la norma, se han elaborado nuevas ecuaciones a partir de mediciones de Kij realizadas en modelos a escala y a cálculos realizados mediante métodos numéricos.** Así, Algunas de las Kij no contempladas por las normas y recogidas por el programa son:

- Uniones en cruz entre tabiquería simple y paredes dobles (por ejemplo las que se dan a menudo entre la tabiquería interior y la pared divisoria entre unidades de uso.
- Uniones entre paredes dobles.
- Uniones entre paredes dobles y forjados, tanto con bandas perimetrales elásticas como en apoyo rígido.
- Diferentes uniones con fachadas de doble hoja.

Se debe destacar que en ningún momento el usuario debe tomar la decisión sobre el tipo de unión, ya que el motor de cálculo detecta automáticamente la tipología de la unión en función de la geometría y la solución constructiva adoptada. **El programa permite en cada caso identificar las contribuciones de cada vía de transmisión.**

- **Ejemplo en el que G.O.C. S.A ha participado en la valoración de este programa de cálculo:** Para la validación y verificación de la calidad acústica se seleccionó un edificio de protección oficial, promovido por el Instituto Gallego de la Vivienda y Suelo (IGSV) de la Xunta de Galicia. Se trató de un edificio de 12 plantas con bajos comerciales, con 16 viviendas por planta, distribuidas en 4 grupos, con acceso por portales independientes (4 viviendas por portal), lo que hace un total de 192 viviendas. Por tipología de recintos, la promoción contiene 4 recintos de instalaciones (uno por escalera), 96 zonas comunes, 564 recintos habitables, 612 dormitorios y 192 estancias. En total, se necesitó la aplicación del método general de cálculo a un total de 11825 particiones, cálculos que *SONarchitect* realizó en apenas 2 segundos. Como se ha indicado, la campaña de medidas “*in situ*” fue realizada por la ingeniería G.O.C. S.A, que realizó los ensayos en los recintos que se le indicó en plano. El resultado del muestreo efectuado mostró una excelente correlación entre los cálculos y las mediciones realizadas.

4 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EDIFICIO Y RECINTOS EXISTENTES

La edificación evaluada es un edificio multiusos (con exigencias restrictivas por la presencia de aulas) de la Universidad Pontificia de Salamanca (UPSA). Es un edificio de 3700 m² construidos y un presupuesto de ejecución de dos millones de euros [8]. En la siguientes imagenes se aprecia la situación geográfica del edificio en la UPSA:



Figura 4-1 Imagen aérea del edificio evaluado (1)



Figura 4-2 Imagen aérea del edificio evaluado (2)



Figura 4-3 Imagen aérea del edificio evaluado (3)



Figura 4-4 Imagen aérea del edificio evaluado (4)

El edificio está formado por un sótano y cuatro plantas:

- Sótano
- Planta baja
- Planta primera
- Planta segunda
- Planta casetón

En las siguientes tablas y planos se muestran las características y distribución del edificio:

Superficies planta sótano	Útil	Construida
Almacén de libros	---	174.07 m2
Común almacén de libros	---	6.75 m2
Garaje (no computable)	---	581.80 m2
Común garaje (escalera 1 y 2) (no computable)	---	79.98 m2
Instalaciones (no computable)	---	67.48 m2

Común instalaciones (no computable)	---	5.15 m2
Cuarto basuras (no computable)	---	9.79 m2
Ascensor (no computable)	---	4.64 m2
Montcargas (no computable)	---	3.63 m2
Total Sup. Construida		933.29 m2
Total Sup. Computable		180.82 m2

Tabla 4-1 Superficies planta sótano

Superficies planta baja	Útil	Construida
Centro de educación (aulas, aseos, etc)	249.00 m2	280.50 m2
Biblioteca (zona de lectura, recepción, etc)	554.45 m2	599.31 m2
Común (escaleras)	---	62.50 m2
Ascensor (no computable)	---	4.64 m2
Montcargas (no computable)	---	3.63 m2
Hueco ventilación (no computable)	---	1.13 m2
Total Sup. Construida		948.08 m2

Total Sup. Computable	938.58 m2
--------------------------	-----------

Tabla 4-2 Superficies planta baja

Superficies planta primera	Útil	Construida
Dependencias (aulas, aseos,etc)	766.56 m2	834.80 m2
Común (escaleras)	---	46.05 m2
Ascensor (no computable)	---	4.64 m2
Hueco ventilación (no computable)	---	1.13 m2
Total Sup. Construida		886.62 m2
Total Sup. Computable		880.85 m2

Tabla 4-3 Superficies planta primera

Superficies planta segunda	Útil	Construida
Dependencias (aulas, aseos,etc)	766.56 m2	834.80 m2
Común (escaleras)	---	46.05 m2
Ascensor (no computable)	---	4.64 m2
Hueco ventilación (no computable)	---	1.13 m2

Total Sup. Construida	886.62 m2
Total Sup. Computable	880.85 m2

Tabla 4-4 Superficies planta segunda

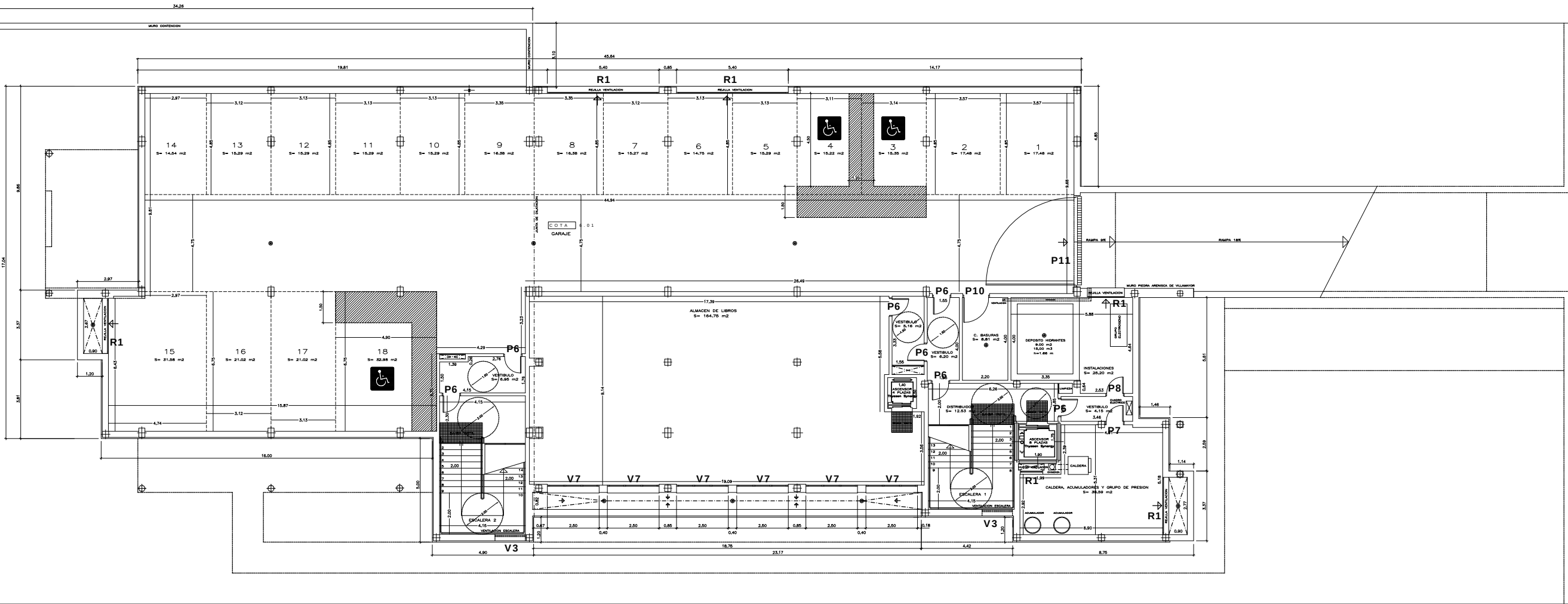
Superficies planta casetón	Útil	Construida
Salida a terraza de cubierta	---	18.70 m2
Hueco escalera (no computable)	---	18.63 m2
Ascensor (no computable)	---	4.64 m2
Hueco ventilación (no computable)	---	1.13 m2
Total Sup. Construida		43.10 m2
Total Sup. Computable		18.70 m2

Tabla 4-5 Superficies planta casetón

Superficies total edificio	Útil	Construida
Total Sup. Construida	---	3697.71 m2
Total Sup. Computable	---	2899.90 m2

Tabla 4-6 Superficies total edificio

En función de los datos anteriores, nos encontramos con un edificio que presenta una necesidad de actuar de modo preventivo con una revisión de su proyecto constructivo, pues posee unos recintos a proteger acústicamente (como aulas y biblioteca) por ser muy sensibles a posibles problemas acústicos. Por ello, la modelización inicial 3D es un instrumento que el constructor quiere emplear para detectar puntos susceptibles de mejora antes de su construcción, donde la corrección de fallos sería prácticamente inviable y más costosa.



PLANTA SOTANO

SUPERFICIES		
PLANTA SOTANO	UTIL	CONSTRUIDA
—ALMACEN DE LIBROS	---	174.07 m2
—COMUN ALMACEN LIBROS	---	6.75 m2
—GARAJE (NO COMPUTABLE)	---	581.80 m2
—COMUN GARAJE	ESCALERA 1 ESCALERA 2 (NO COMPUTABLE)	79.98 m2
—INSTALACIONES (NO COMPUTABLE)	---	67.48 m2
—COMUN INSTALACIONES (NO COMPUTABLE)	---	5.15 m2
—CUARTO BASURAS (NO COMPUTABLE)	---	9.79 m2
—ASCENSOR (NO COMPUTABLE)	---	4.64 m2
—MONTACARGAS (NO COMPUTABLE)	---	3.63 m2
TOTAL SUP. CONSTRUIDA		933.29 m2
TOTAL SUP. COMPUTABLE		180.82 m2

PROYECTO BASICO Y DE EJECUCION DE
CENTRO DE EDUCACION INFANTIL,
BIBLIOTECA Y AULARIO.
C/ HENRY COLLET, 81-85
SALAMANCA

PROMOTOR:
UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE S

PLANTA SOTANO

COTAS Y SUPERFICIES

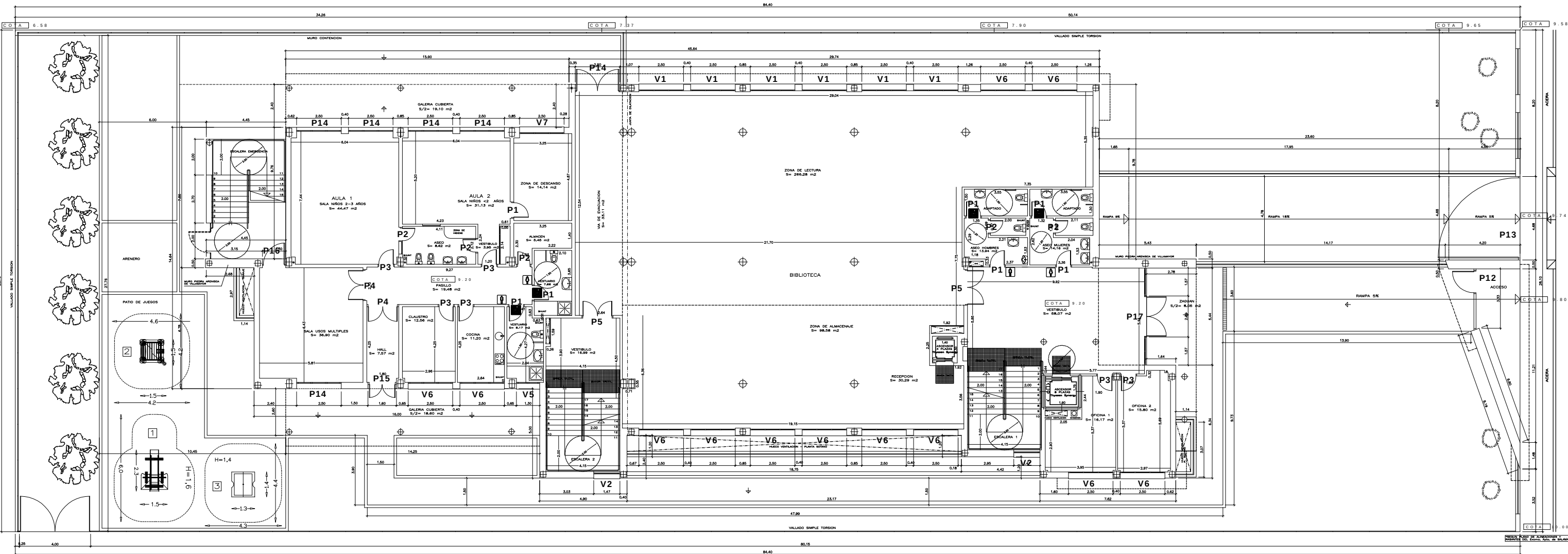
3.1

11 05 07

JUNIO 20

ESCALA:

LA UTILIZACION TOTAL O PARCIAL DE ESTE PLANO, ASÍ COMO CUALQUIER REPRODUCCION O CESION A TERCEROS, REQUERIRA LA PREVA AUTORIZACION EXPRESA DEL AUTOR. QUEDANDO EN TODO CASO PROHIBIDA CUALQUIER MODIFICACION UNILATERAL DEL MISMO.



PLANTA BAJA

SUPERFICIES		
PLANTA BAJA	UTIL	CONSTRUIDA
-CENTRO DE EDUCACION (AULAS, ASEOS, PASILLO, CLAUSTRIO, COCINA, ETC.)	249.00 m2	280.50 m2
-BIBLIOTECA (ZONA DE LECTURA, RECEPCION, VESTIBULO, ASEOS, OFICINAS, ETC.)	554.45 m2	599.31 m2
-COMUN (ESCALERAS)	---	62.50 m2
-ASCENSOR (NO COMPUTABLE)	---	4.64 m2
-MONTACARROS (NO COMPUTABLE)	---	3.63 m2
-HUECO VENTILACION (NO COMPUTABLE)	---	1.13 m2
TOTAL SUP. CONSTRUIDA		948.08 m2
TOTAL SUP. COMPUTABLE		938.68 m2

PROYECTO BASICO Y DE EJECUCION DE CENTRO DE EDUCACION INFANTIL, BIBLIOTECA Y AULARIO.
C/ HENRY COLLET, 81-85
SALAMANCA

PROMOTOR:
UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE S

PLANTA BAJA

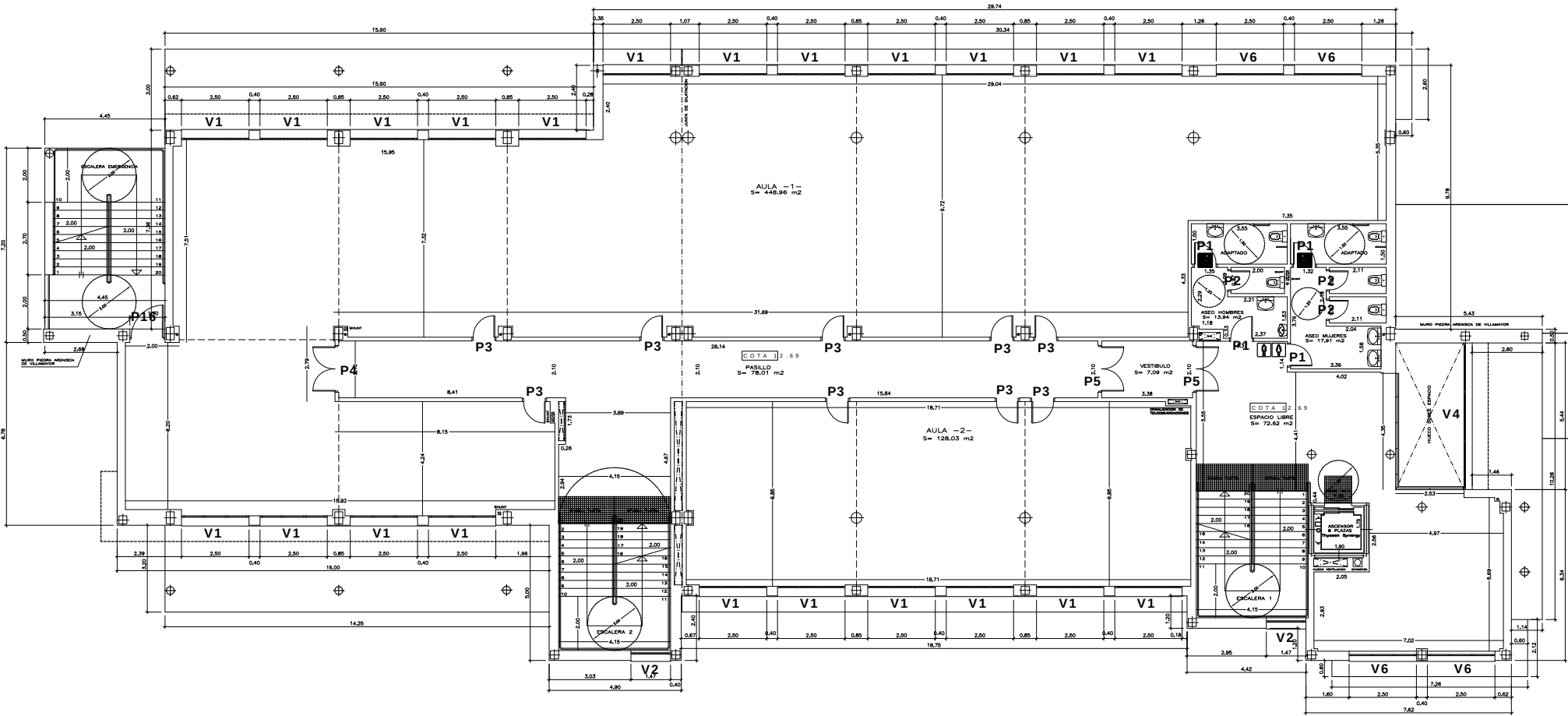
COTAS Y SUPERFICIES

3.2

11 05 07

JUNIO 20

ESCALA:



PLANTA PRIMERA
----- POSIBLES DIVISIONES DE AULAS

SUPERFICIES		
PLANTA PRIMERA	UTIL	CONSTRUIDA
-DEPENDENCIAS (AULAS, ESPACIO LIBRE, PASILLO, HUECO Y VESTIBULO)	766,56 m2	834,80 m2
-COMUN (ESCALERAS)	-- --	46,05 m2
-ASCENSOR (NO COMPUTABLE)	-- --	4,64 m2
-HUECO VENTILACION (NO COMPUTABLE)	-- --	1,13 m2
TOTAL SUP. CONSTRUIDA		886,62 m2
TOTAL SUP. COMPUTABLE		880,85 m2

PROYECTO BASICO Y DE EJECUCION DE
CENTRO DE EDUCACION INFANTIL,
BIBLIOTECA Y AULARIO.
C/ HENRY COLLET, 81-85
SALAMANCA

PROMOTOR:
UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE S

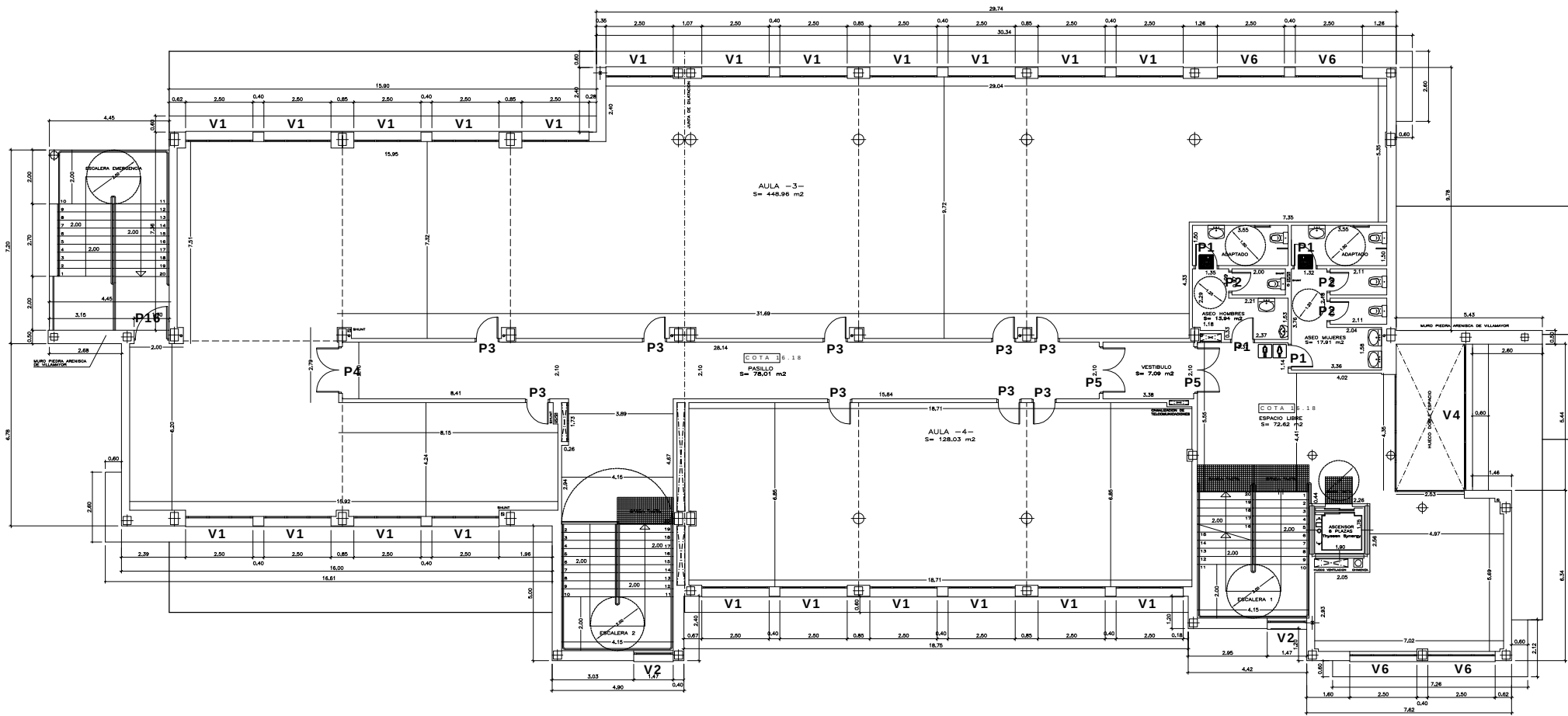
PLANTA PRIMERA

COTAS Y SUPERFICIES

3.3

11 05 07
JUNIO 20
ESCALA:

LA UTILIZACION TOTAL O PARCIAL DE ESTE PLANO, ASI COMO CUALQUIER REPRODUCCION O CESION A TERCEROS, REQUERIRA LA PREVA AUTORIZACION EXPRESA DEL AUTOR SUJETADO EN TODO CASO PROHIBIDA CUALQUIER MODIFICACION UNILATERAL DEL MISMO.



PLANTA SEGUNDA

----- POSIBLES DIVISIONES DE AULAS

SUPERFICIES		
PLANTA SEGUNDA	UTIL	CONSTRUIDA
—DEPENDENCIAS (AULAS, ESPACIO LIBRE, PASILLO, ASOS Y VESTIBULOS)	766.56 m2	834.80 m2
—COMUN (ESCALERIAS)	— — —	46.05 m2
—ASCENSOR (NO COMPUTABLE)	— — —	4.64 m2
—HUECO VENTILACION (NO COMPUTABLE)	— — —	1.13 m2
TOTAL SUP. CONSTRUIDA		886.62 m2
TOTAL SUP. COMPUTABLE		880.85 m2

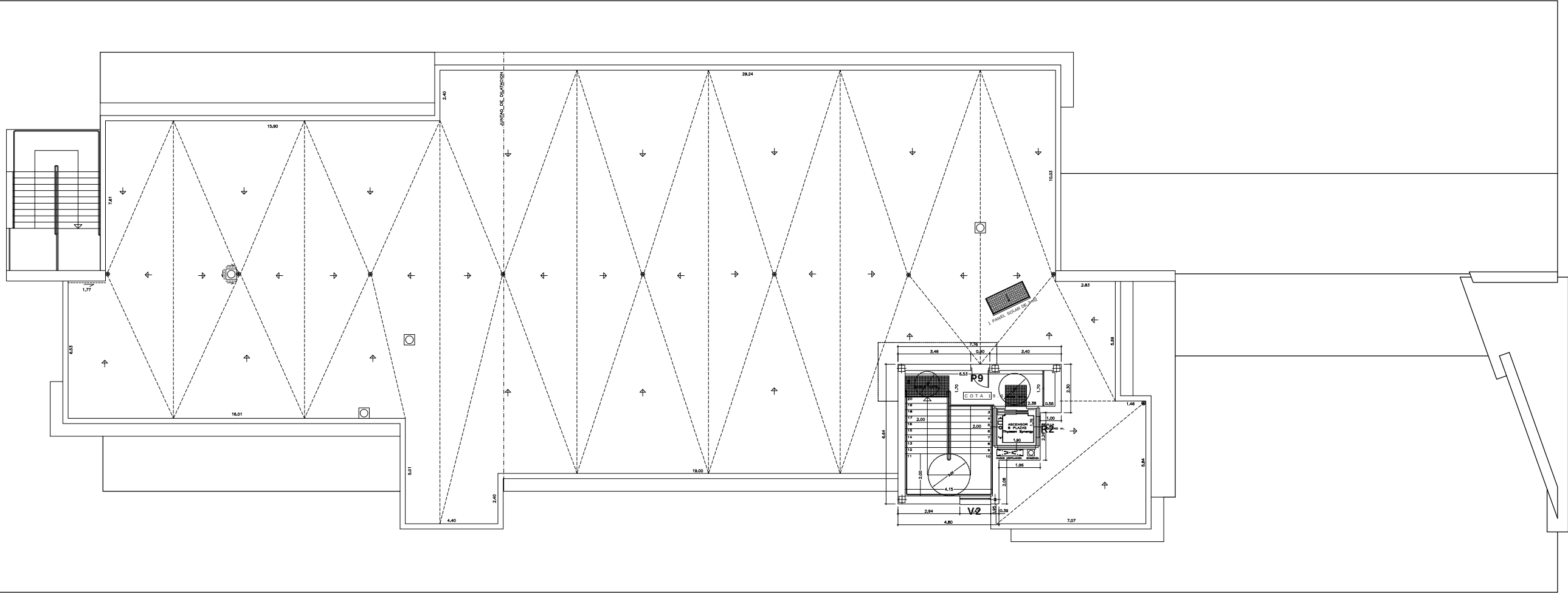
PROYECTO BASICO Y DE EJECUCION DE
CENTRO DE EDUCACION INFANTIL,
BIBLIOTECA Y AULARIO.
C/ HENRY COLLET, 81-85
SALAMANCA

PROMOTOR:
UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE S

PLANTA SEGUNDA
COTAS Y SUPERFICIES

3.4

11 05 07
JUNIO 20
ESCALA:



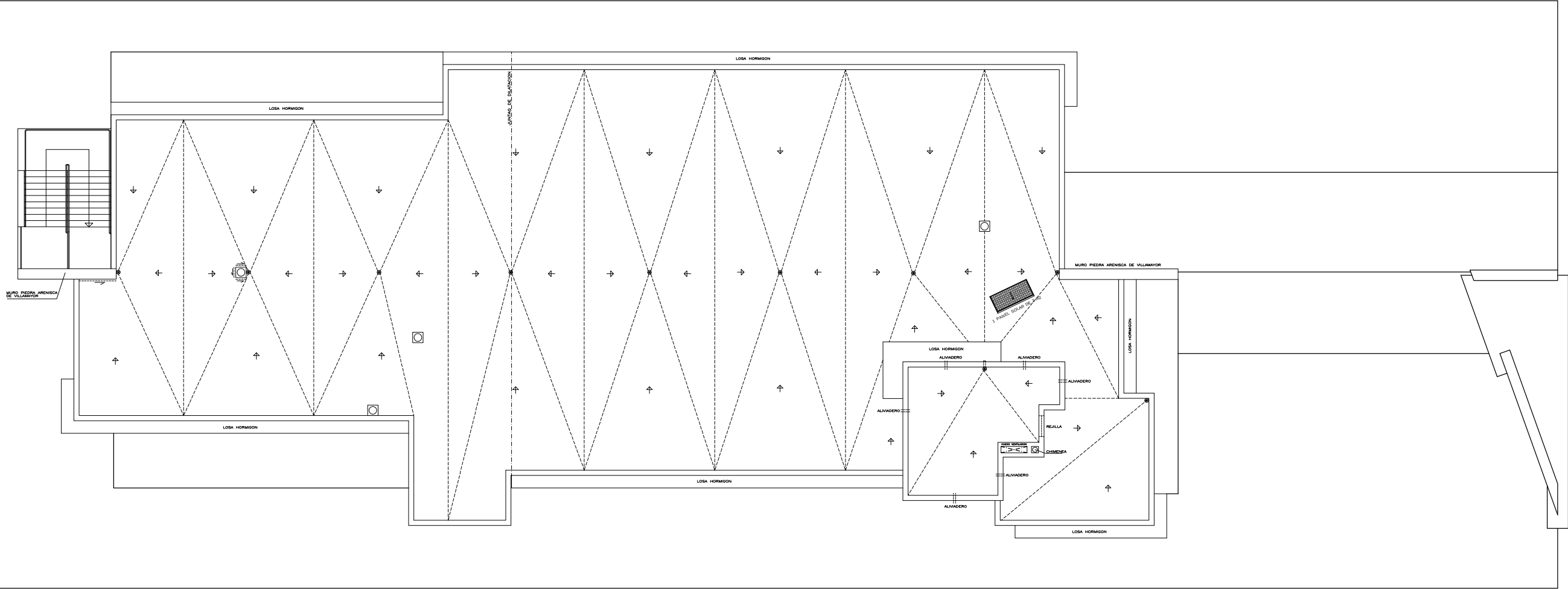
PLANTA CASETON

SUPERFICIES		
PLANTA CASETON	UTIL	CONSTRUIDA
-SALIDA A TERRAZA DE CUBIERTA	---	18.70 m2
-HUECO ESCALERA (NO COMPUTABLE)	---	18.63 m2
-ASCENSOR (NO COMPUTABLE)	---	4.64 m2
-HUECO VENTILACION (NO COMPUTABLE)	---	1.13 m2
TOTAL SUP. CONSTRUIDA		43.10 m2
TOTAL SUP. COMPUTABLE		18.70 m2

TOTAL EDIFICIO	
SUPERFICIE CONSTRUIDA TOTAL	----- 3697.71 m2
SUPERFICIE COMPUTABLE TOTAL	----- 2899.90 m2

PROYECTO BASICO Y DE EJECUCION DE
CENTRO DE EDUCACION INFANTIL,
BIBLIOTECA Y AULARIO.
C/ HENRY COLLET, 81-85
SALAMANCA

PROMOTOR: UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE S		
PLANTA CASETON	3.5	11 05 07
COTAS Y SUPERFICIES		JUNIO 20
		ESCALA:

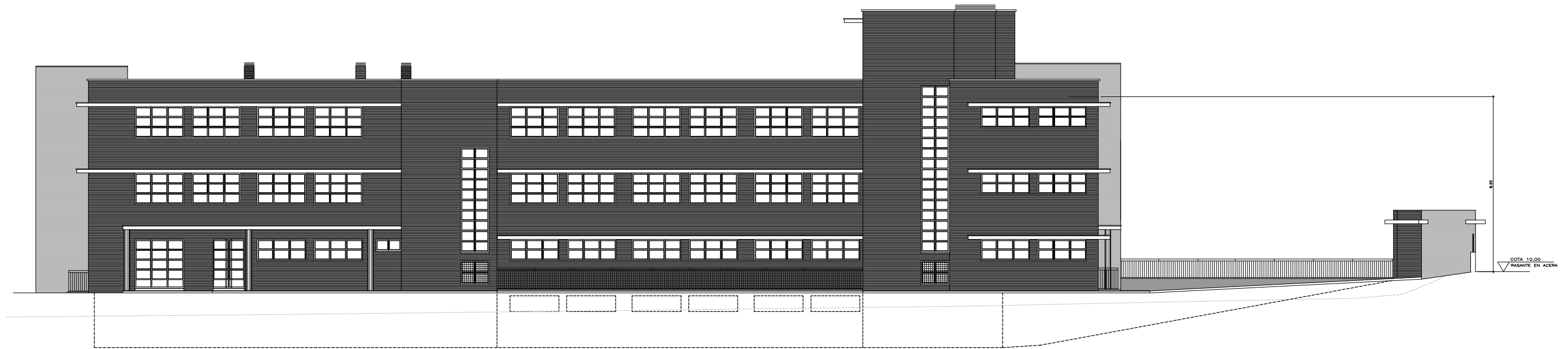


CUBIERTA

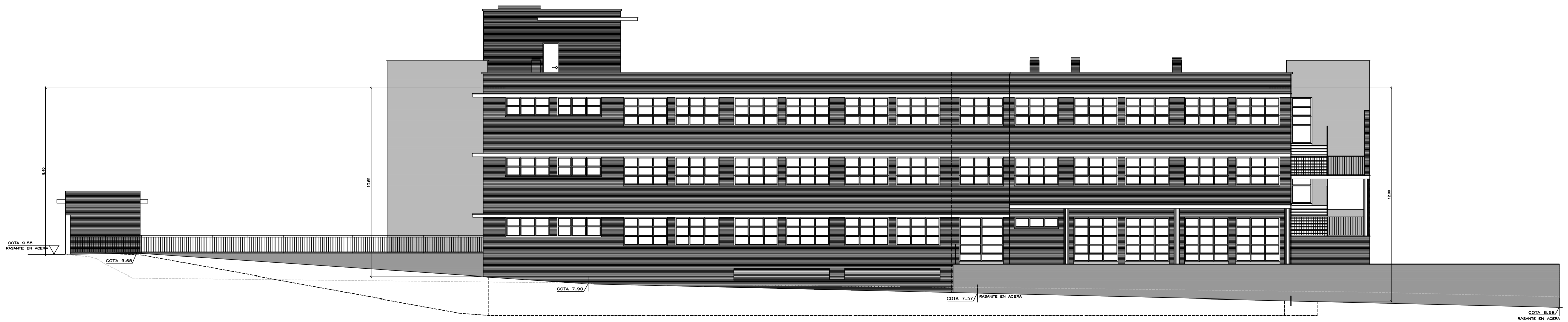
PROYECTO BASICO Y DE EJECUCION DE
CENTRO DE EDUCACION INFANTIL,
BIBLIOTECA Y AULARIO.
C/ HENRY COLLET, 81-85
SALAMANCA

PROMOTOR: UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE S		
CUBIERTA	7	11 05 07
		JUNIO 20
		ESCALA:

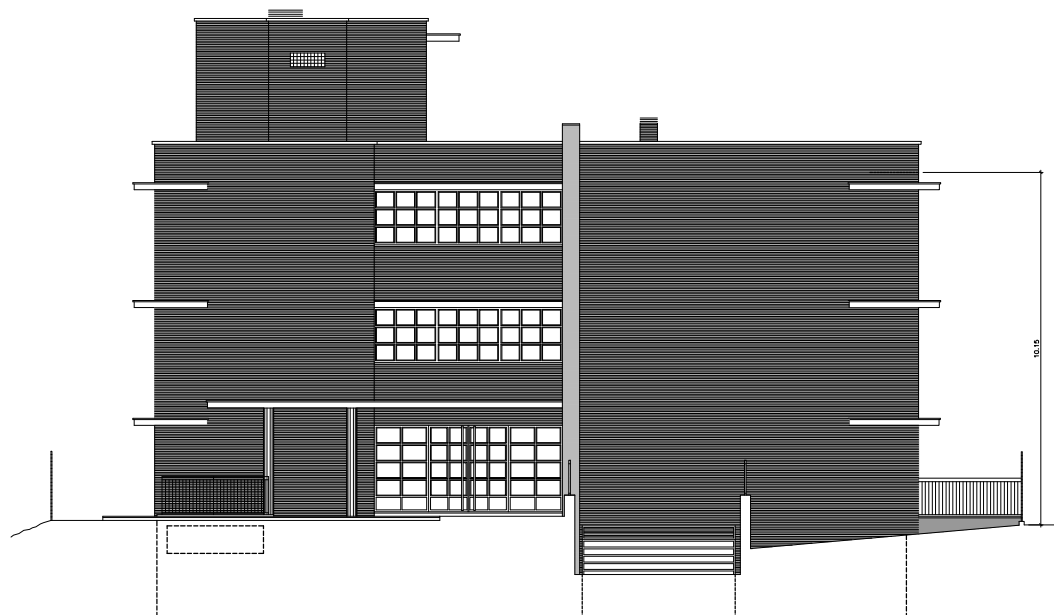
LA UTILIZACION TOTAL O PARCIAL DE ESTE PLANO, ASI COMO CUALQUIER REPRODUCCION O CESION A TERCEROS, REQUERIRA LA PREVIA AUTORIZACION EXPRESA DEL AUTOR. Quedando en todo caso prohibida cualquier modificacion unilateral del mismo.



ALZADO LATERAL IZQUIERDO. NORTE



ALZADO LATERAL DERECHO. SUR



ALZADO A CALLE HENRY COLLET



ALZADO A C/ Dr. RAMOS DEL MANZANO

PROYECTO BASICO Y DE EJECUCION DE
CENTRO DE EDUCACION INFANTIL,
BIBLIOTECA Y AULARIO.
C/ HENRY COLLET, 81-85
SALAMANCA

PROMOTOR:

UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE S

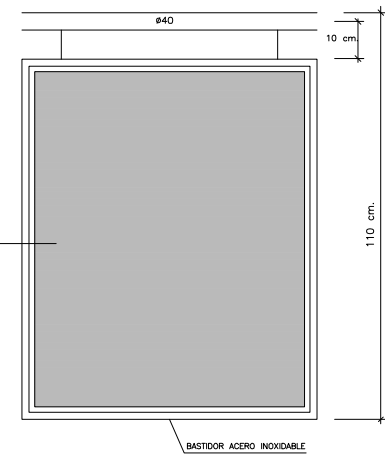
ALZADOS

6.1

11 05 07

JUNIO 20

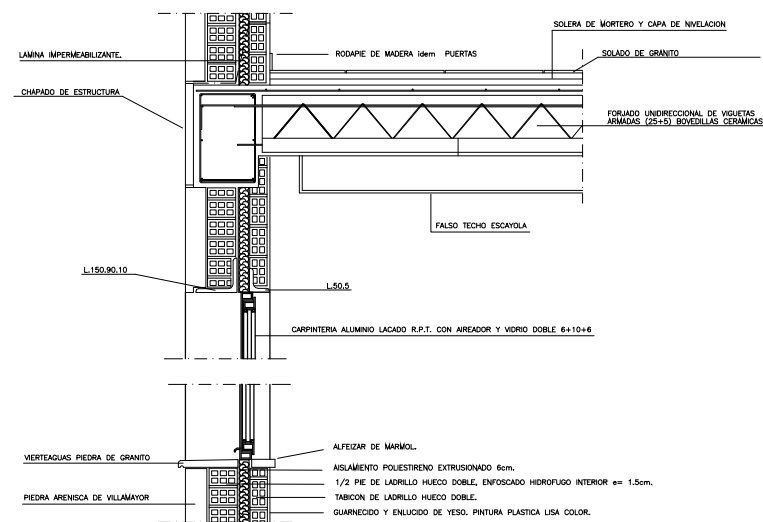
ESCALA:



Sistema 4200 **NOTA: 3 SEUS DIMENSIONI (Classe 1-0)**

SECCION A-A

100 100 100

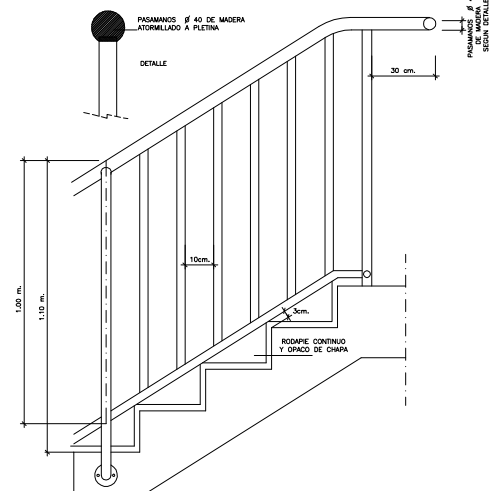


SISTEMA 3000 **PARABRENTI E PARABACCHI** **PROTEZIONE CANTIERE (Classe 1-10)**

SEZIONE A - A

The drawing consists of two parts. The top part is a side view labeled 'SEZIONE A - A'. It shows a vertical mast on the left with several horizontal cross-braces. A horizontal beam extends from the mast to the right, supporting a safety net. The net is divided into sections by vertical and horizontal lines. The bottom part is a top view of the square frame, showing a diagonal cross structure with small circles at the corners and midpoints of the sides.

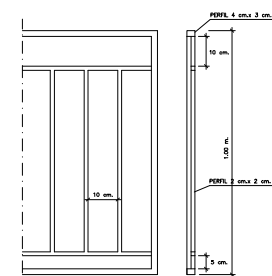
DETALLE PERFIL DE CARPINTERIA
S/E

[illegible]

DETALLE DE PASAMANOS EN PARAMENTO DE ESCALERA

ESC. 1/10

DETALLE DE PASAMANOS EN PARAMENTO DE PASILLO
Esc. 1/10



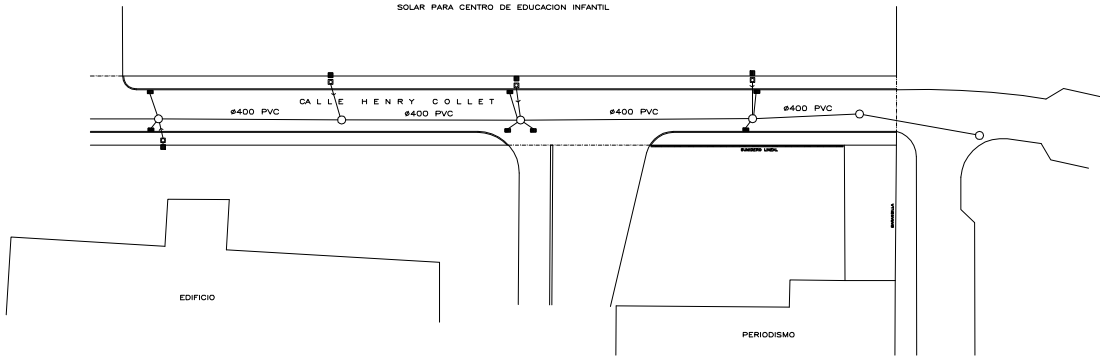
DETALLE DE BARANDILLA EXTERIOR
RAMPA GARAJE, PATIOS VENTILACION GARAJE
ESC. 1/10

DETALLES CONSTRUCTIVOS

16

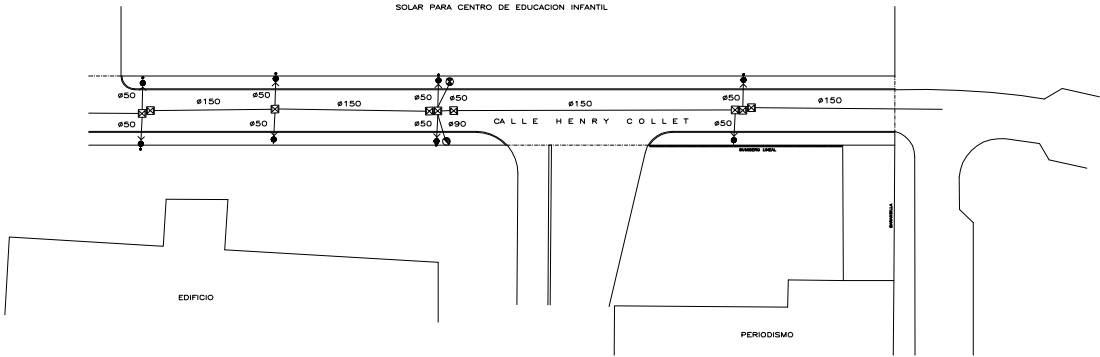
11	05	0
JUNIO		2
ESCALA: 1		

LA UTILIZACION TOTAL O PARCIAL DE ESTE PLANO, ASI COMO CUALQUIER REPRODUCCION O CESION A TERCEROS, REQUERIRIA LA NUEVA AUTORIZACION EXPRESA DEL AUTOR QUEDANDO EN TODO CASO PROHIBIDA CUALQUIER MODIFICACION MATERIAL DEL MISMO.



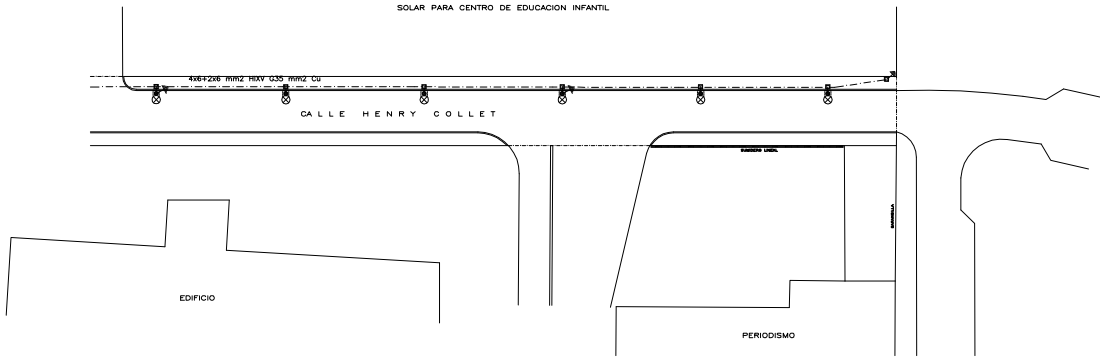
SANEAMIENTO

- RED UNITARIA.
- RED UNITARIA EXISTENTE.
- POZO DE LIMPIA.
- SUMIDERO.
- ACOMETIDA.
- POZO DE REGISTRO.
- REGISTRO ACOMETIDA.



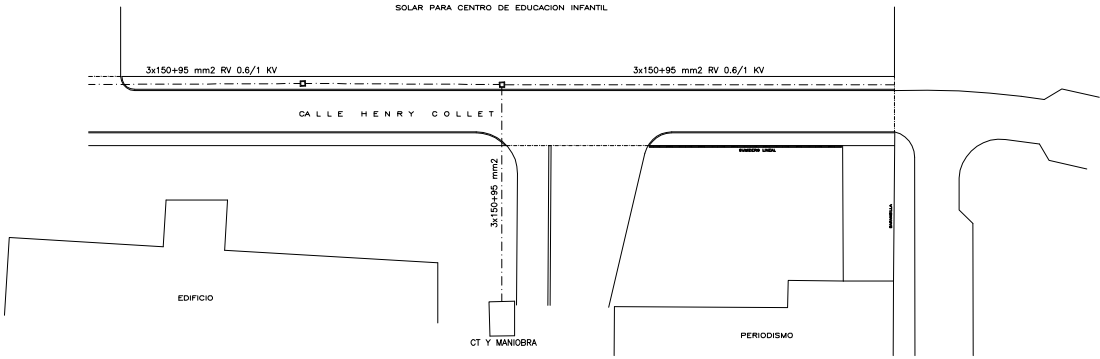
ABASTECIMIENTO

- RED DE FUNDICION #150.
- LLAVE DE COMPUERTA.
- BOCA DE RIEGO.
- VENTOSA.
- ARQUETA DE DERIVACION O ENGANCHE.
- BOCA DE INCENDIOS.
- VALVULA DE COMPUERTA ENTERRADA.



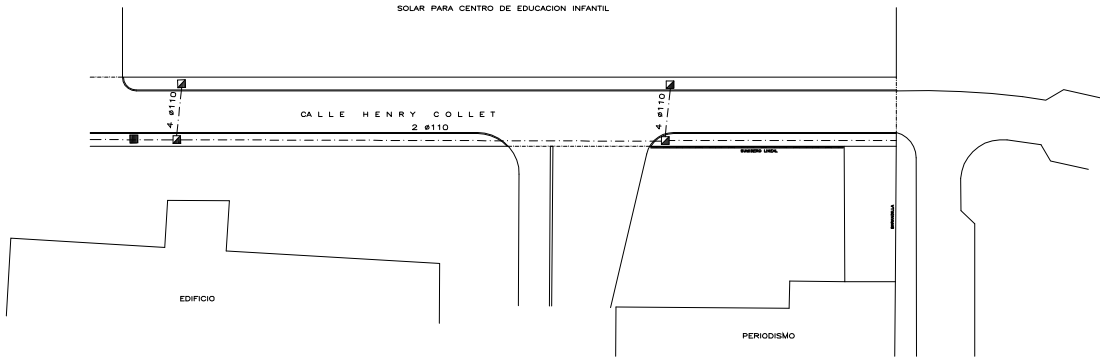
LEYENDA ALUMBRADO PUBLICO

- LUMINARIA TIPO I VSAP 150 W EN COLUMNA DE 8 m (PROYECTADA)
- LUMINARIA TIPO II VSAP 100 W EN COLUMNA DE 4 m (PROYECTADA)
- ARQUETA DE ALUMBRADO 40x40 cm
- CANALIZACION SUBTERRANEA
- TOMA DE TIERRA



LEYENDA DISTRIBUCCION ELECTRICA

- ARQUETA
- LINEA SUBTERRANEA PROYECTADA



TELEFONIA

- LINEA SUBTERRANEA.
- ARQUETA TIPO H.
- ARQUETA TIPO M.

PROYECTO BASICO Y DE EJECUCION DE
CENTRO DE EDUCACION INFANTIL,
BIBLIOTECA Y AULARIO.
C/ HENRY COLLET, 81-85
SALAMANCA

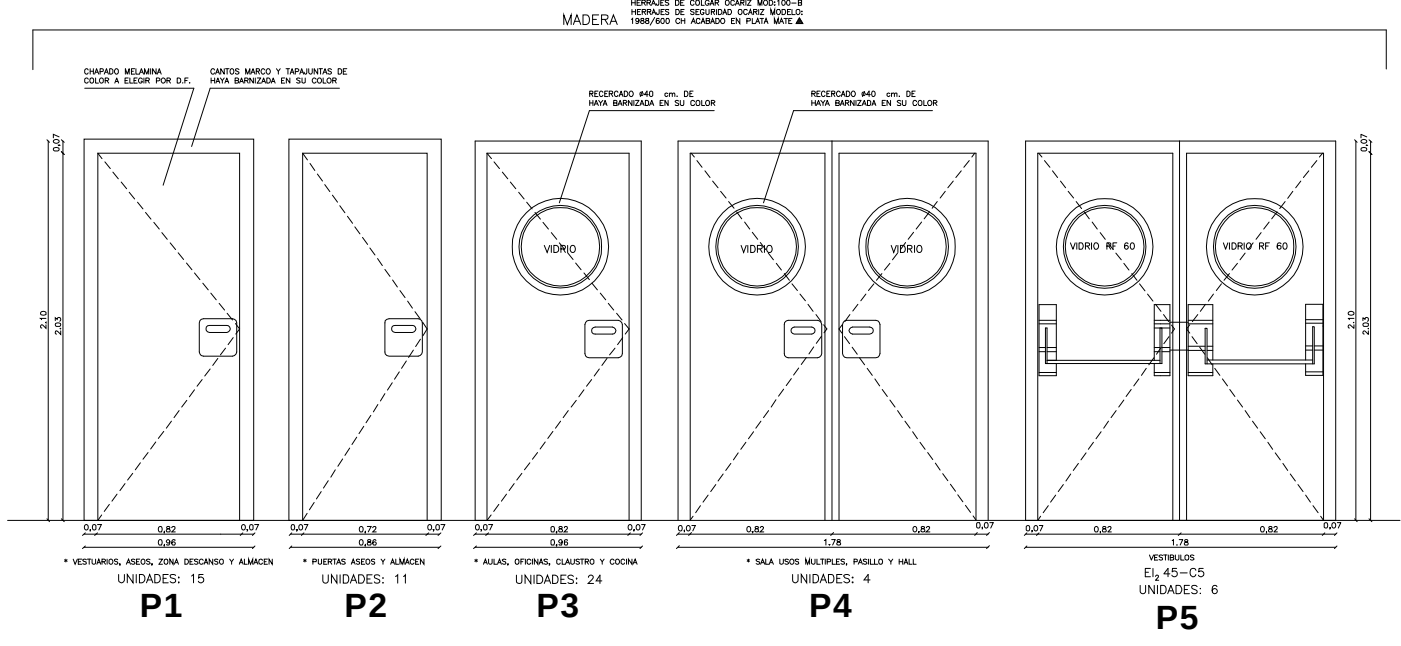
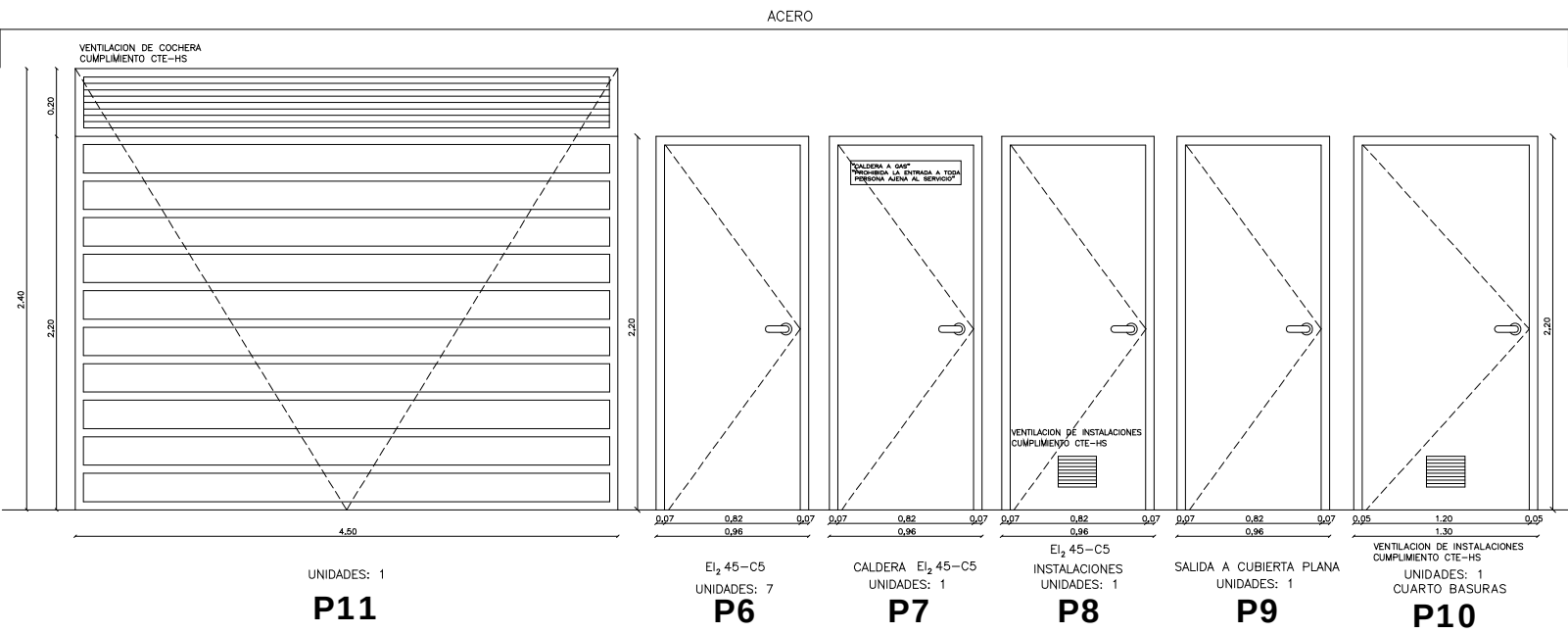
PROMOTOR:

UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE S

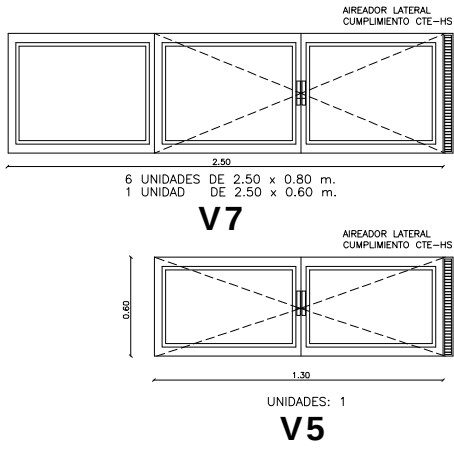
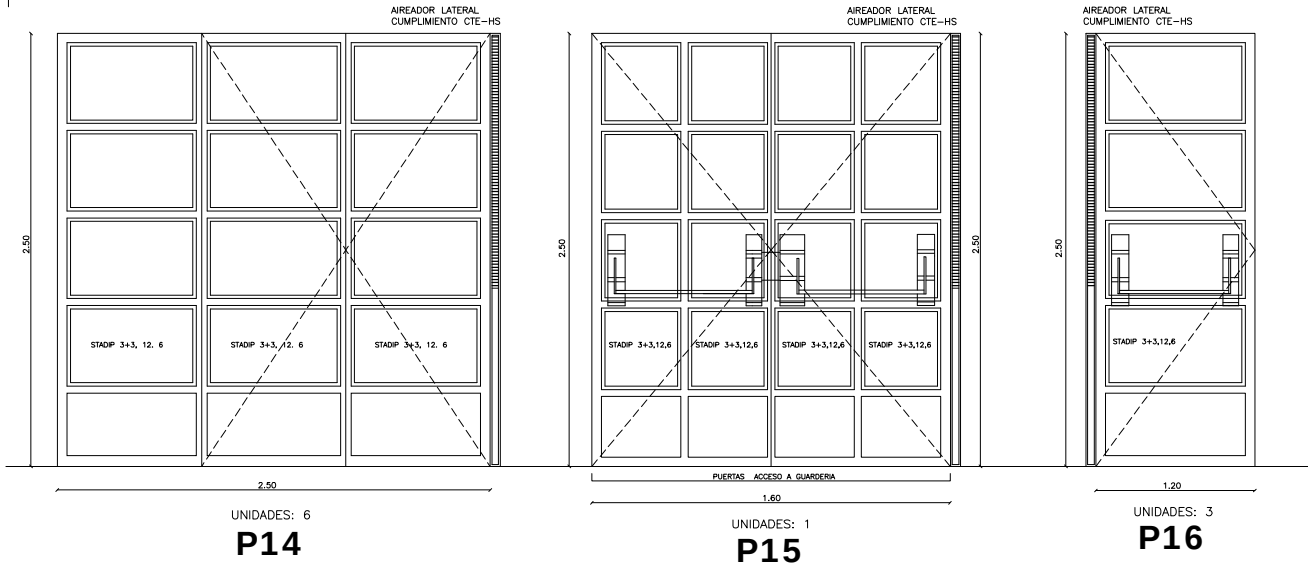
PLANO DE INFRAESTRUCTURAS
EXISTENTES EN C/ HENRY COLLET

2

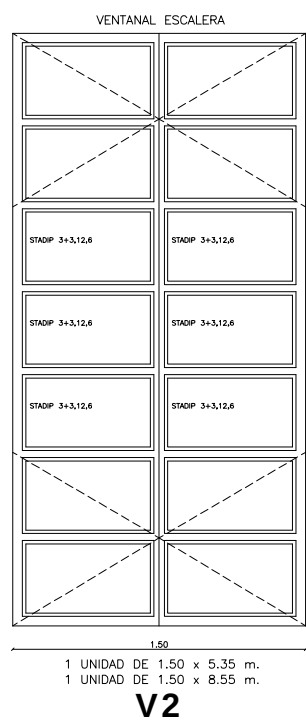
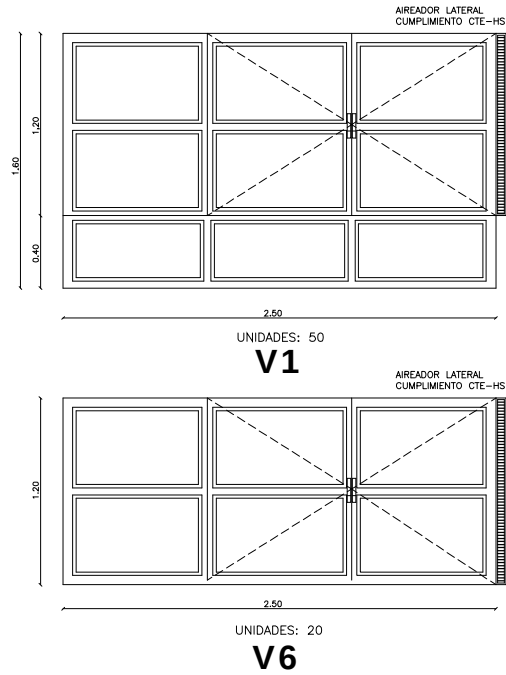
11 05 07
JUNIO 20
ESCALA:



PERFILERIA DE ALUMINIO LACADO, CON RUPTURA DE PUENTE TERMICO



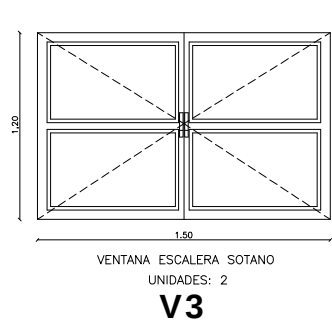
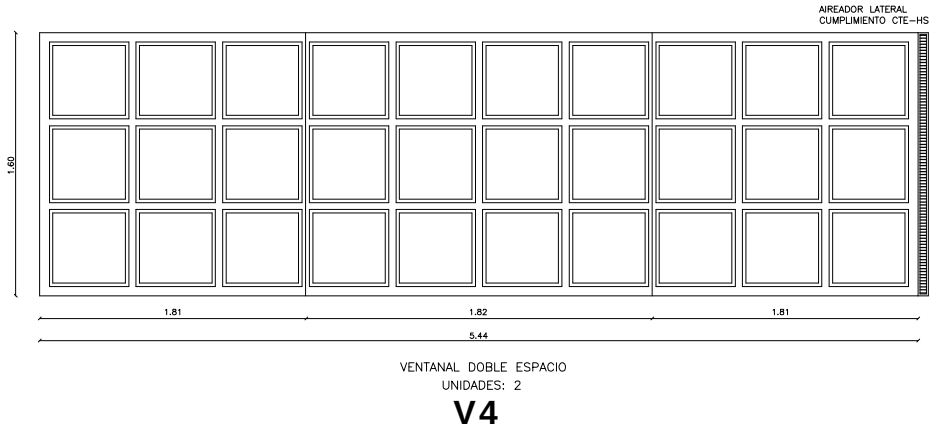
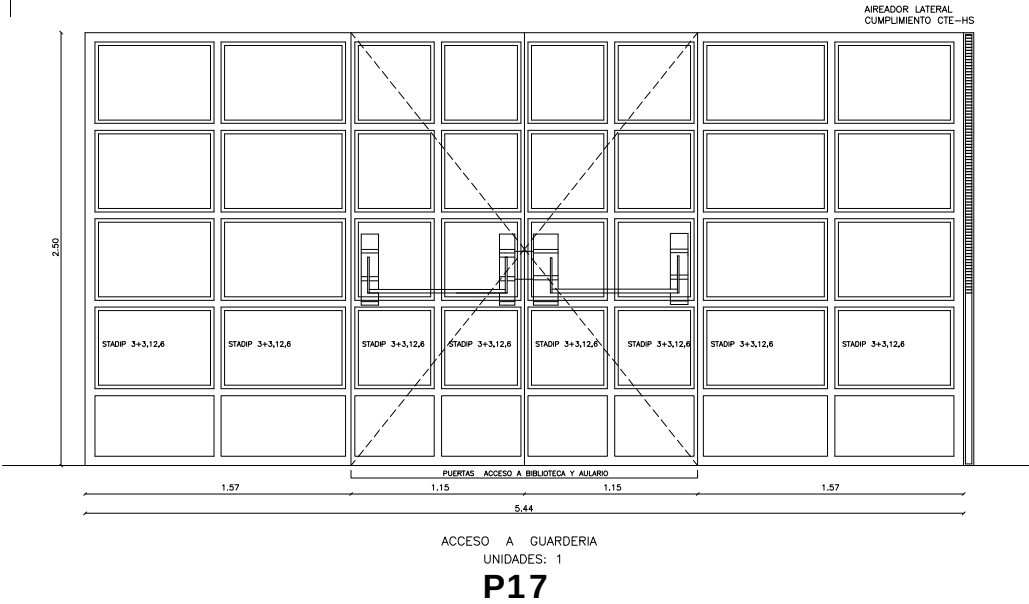
AIREADORES LATERALES CUMPLIMIENTO CTE-HS	
10 l/s	AULAS, BIBLIOTECA
25 l/s	COMEDOR DEPENDIENDO DEL NUMERO DE OCUPANTES 3 l/s x OCUP.
15 l/s	VESTUARIOS Y ASEOS
15 l/s	COCINA 2 l/s x m2 util



MEMORIA DE CARPINTERIA

ESCALA: 1/20

PERFILERIA DE ALUMINIO LACADO, CON RUPTURA DE PUENTE TERMICO



ACERO — REJILLAS VENTILACION

R1	R2
REJA DE ACERO TRAMEX GALVANIZADO	REJA DE ACERO TRAMEX GALVANIZADO
REJILLA VENTILACION GARAJE E INST.	REJILLA VENTILACION ASCENSOR
1 UNIDAD DE 1.00 x 0.60 m. 1 UNIDAD DE 1.80 x 0.60 m. 1 UNIDAD DE 2.67 x 0.80 m. 1 UNIDAD DE 2.77 x 0.80 m. 2 UNIDADES DE 5.40 x 0.80 m.	1 UNIDAD DE 1.00 x 0.40 m.

PROYECTO BASICO Y DE EJECUCION DE CENTRO DE EDUCACION INFANTIL, BIBLIOTECA Y AULARIO. C/ HENRY COLLET, 81-85 SALAMANCA		
PROMOTOR: UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE S		
MEMORIA DE CARPINTERIA	15	11 05 07 JUNIO 20
ESCALA: E		

5 MODELIZACIONES ACÚSTICAS 3D

En el siguiente capítulo se detallan las diferentes etapas que se han llevado a cabo para efectuar las dos modelizaciones acústicas: una modelización inicial según los sistemas de proyecto y otra modelización final con propuestas constructivas de mejora. Por otra parte se explicarán las exigencias del DB-HR según las características del edificio. Para terminar este capítulo se relacionaran los elementos constructivos según el proyecto y los propuestos para conseguir el cumplimiento normativo.

5.1 Etapas en la modelización del edificio

En el caso del presente Trabajo fin de grado se empleó el método general del DB-HR para obtener unos resultados optimizados.

A continuación se muestran las distintas etapas llevadas a cabo para la modelización del edificio, necesarias para la obtención de resultados y su valoración. Como se mencionó en capítulos anteriores, dicha modelización se realizó a través del software “*SONarchitect*” [9] [2].

- i. **Dibujo de todas las plantas del edificio.** Etapa que se realiza manualmente o importando capas de un archivo DXF de alguna herramienta CAD (por ejemplo AutoCAD) que sirvan como plantilla para obtener el modelo simplificado del edificio. El cálculo acústico según el DB-HR requiere de un modelo simplificado del edificio, para que los resultados sean acústicamente significativos. **En la siguiente imagen se puede observar como se dibuja encima de los planos pdf aportados con la herramienta “Lápiz” situada en la parte superior del software.**

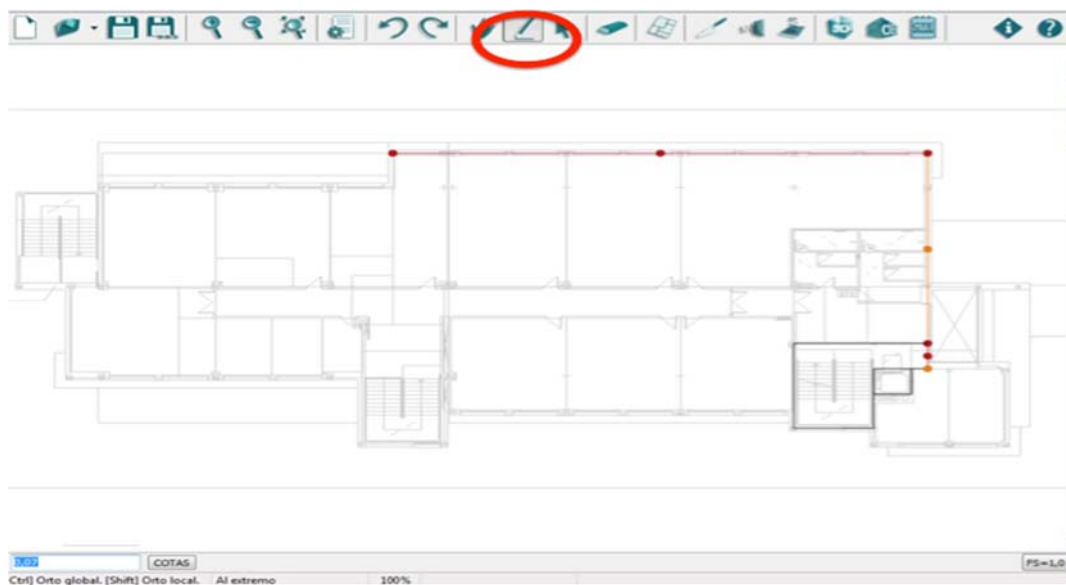


Figura 5-1 Dibujo de las plantas en el software

- ii. **Determinación y asignación de la tipología de cada recinto** en función de la clasificación introducida por el Documento Básico “Protección frente al ruido” DB-HR del CTE (recinto de actividad, recinto de instalaciones, recinto habitable, recinto protegido).
- iii. **Asignación de usos y unidades de uso.** Se define el uso general del edificio (docente), las diferentes unidades de uso y se asignan los usos de cada recinto. Resaltar que recintos pequeños que no tienen exigencia de aislamiento acústico (como puede ser un aseo) se les asigna un uso común sin reverberación para evitar que el programa detecte una anomalía acústica debido al tiempo de reverberación en esos microrecintos. En las siguiente imagen se puede observar como se asigna el uso que se le va a dar a un recinto. **Se selecciona el recinto se pulsa el uso que se le quiere dar en la parte derecha del software.**

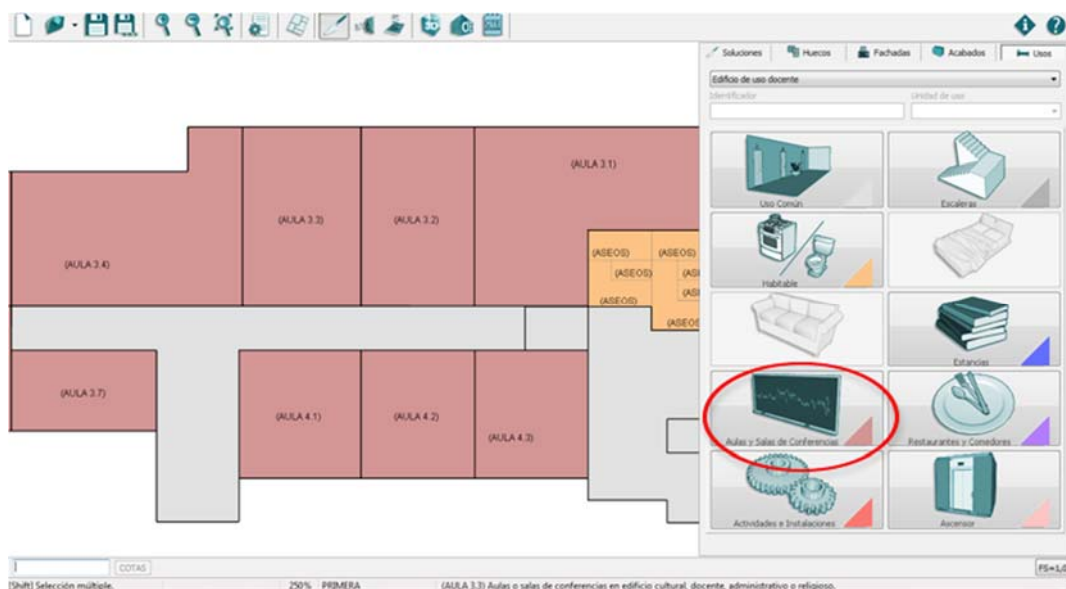


Figura 5-2 Asignación de un uso a un recinto en el software

- iv. **Asignación de las soluciones constructivas y huecos.** Una vez definida la estructura geométrica del edificio, se asigna las soluciones constructivas y los huecos (puerta, ventanas...). En la base de datos del “SONarchitect” se incluye el *Catálogo de Elementos Constructivos* del Código Técnico de la Edificación y además otros catálogos de ciertos fabricantes (también se puede introducir manualmente una solución constructiva específica). En la siguiente imagen se puede observar como se instala un techo suspendido en la sala de calderas. **En la parte derecha de la imagen se selecciona el elemento constructivo deseado, se selecciona en el plano dónde se quiere instalar dicho elemento y se pulsa “Asignar”.**

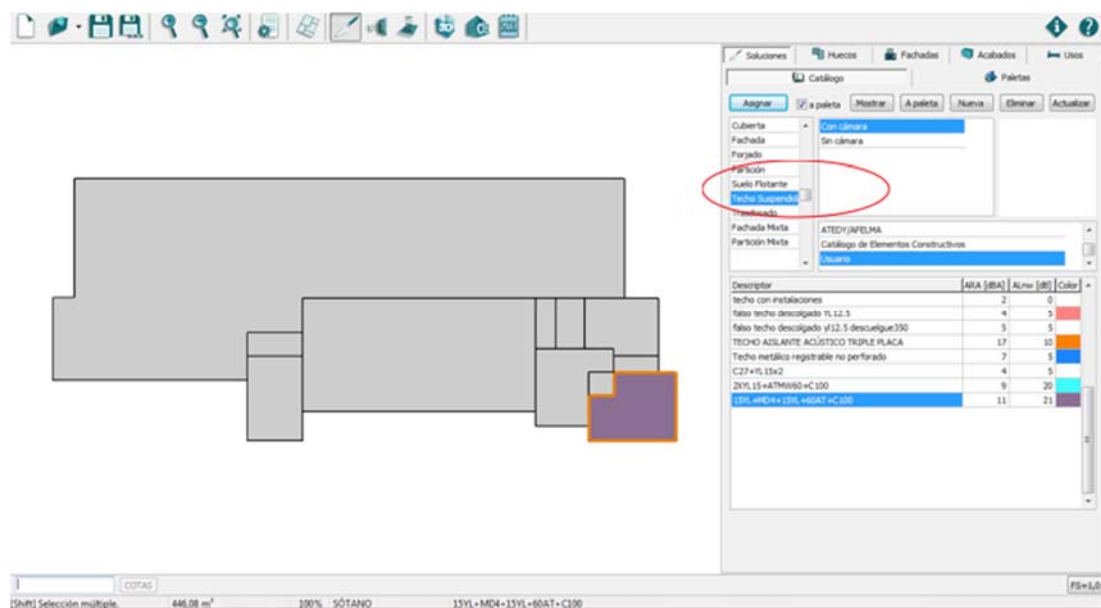


Figura 5-3 Asignación de un techo suspendido en el software

5.2 Consideraciones normativas en función del DB-HR y de las peculiaridades del edificio evaluado

Teniendo en cuenta los condicionantes normativos y las peculiaridades del edificio, se han considerado los siguientes aspectos [2] [1]:

- El edificio se considera de uso docente.
- Cada planta recibe tratamiento de unidad de uso respecto a las plantas colindantes a efectos de aislamiento acústico a ruido aéreo y a nivel de ruido de impacto, por tanto, las exigencias acústicas son:
 - Exigencias normativas de aislamiento a ruido aéreo de $D_{nT,A} \geq 55$ dBA en planta baja respecto a planta sótano (en la cual existe un recinto de instalaciones – caldera, acumuladores y grupo de presiones- y garaje, planta que se ha de considerar como recinto de actividad).

- Exigencias normativas de $D_{nT,A} \geq 50$ dBA entre plantas primera y planta baja; y exigencia de nivel de ruido de impacto de $L'_{nT,w} \leq 65$ dBA en planta baja respecto a planta primera.
 - Exigencias normativas de $D_{nT,A} \geq 50$ dBA entre plantas segunda y planta primera; y exigencia de $L'_{nT,w} \leq 65$ dBA en planta primera respecto a planta segunda.
 - Exigencias normativas de $D_{nT,A} \geq 55$ dBA entre planta casetón de instalaciones y planta segunda; y exigencia de $L'_{nT,w} \leq 60$ dBA en planta segunda respecto a casetón.
 - **Nota:** aunque normativamente no ha de protegerse la planta sótano respecto a la planta baja, en ésta última se colocará igualmente suelo flotante para conseguir niveles de ruido de impacto adecuados ($L'_{nT,w} \leq 65$ dBA) entre los recintos colindantes horizontalmente de esta planta.
- c) Se consideran unidades de uso dentro de cada planta los siguientes recintos (considerándose además tales recintos como protegidos):

En planta baja:

- Aula 1
- Aula 2
- Zona de descanso
- Sala de usos múltiples
- Biblioteca (englobando zona de lectura, biblioteca y zona de almacenaje)
- Conjunto de Oficinas (1 y 2), protegido respecto al ruido exterior.

En planta primera y segunda:

- Aula 1
- Aula 2

Por tanto, de ello se deriva [1]:

- El aislamiento entre unidades de uso anteriormente indicadas, cuando sean colindantes horizontalmente entre sí, o entre una unidad de uso y otro recinto no perteneciente a ella, ha de proyectarse en $D_{nT,A} \geq 50$ dBA y $L'_{nT,w} \leq 65$ dB.
- El aislamiento a ruido aéreo, entre un recinto habitable y cualquier otro recinto habitable o protegido del edificio no perteneciente a la misma unidad de uso y que no sea recinto de instalaciones o de actividad, colindante vertical u horizontalmente con él, no será menor que 45 dBA, siempre que no compartan puertas o ventanas.

- Cuando los recintos anteriores (protegidos) sean colindantes con las zonas comunes (pasillos) mediante puertas, entonces se exige: $R_A \geq 50$ dBA (aislamiento de laboratorio) para la tabiquería y $R_A \geq 30$ dBA para las puertas (dato que ha de aportar el fabricante).
- Cuando los recintos protegidos (zona despachos) sean colindantes con zonas no habitables (hueco ascensor) se exige un $R_A \geq 50$ dBA.
- El aislamiento entre otros recintos colindantes, al considerarse como pertenecientes a una misma unidad de uso (zona despachos), ha de cumplir: $R_A \geq 33$ dBA.
- En relación al aislamiento respecto al ruido exterior, se considera, dado el entorno geográfico del edificio, un valor del índice de ruido día: $60 < L_d \leq 65$; de modo que el aislamiento de las fachadas de los recintos protegidos ha de situarse en $D_{2m,nT,Atr} \geq 32$ dBA para estancias y $D_{2m,nT,Atr} \geq 30$ dBA para las aulas.
- Ejecución de techos absorbentes: en aquellas zonas comunes (pasillos) que limiten con recintos protegidos mediante puertas, se han de instalar techos absorbentes para conseguir que, por lo menos, el área de absorción acústica equivalente (A) sea de $0,2 \text{ m}^2$ por cada m^3 del volumen del recinto.
- El DB-HR obliga a proyectar un tiempo de reverberación $\leq 0,7$ segundos en aulas y salas de conferencias vacías (sin ocupación y sin mobiliario) o bien un tiempo de reverberación $\leq 0,5$ segundos sin ocupación pero con butacas, cuando su volumen sea inferior a 350 m^3 . En este sentido, en las aulas de planta primera y planta segunda se cumplirá el requisito anterior de volumen inferior a 350 m^3 si se ejecutan divisiones interiores de éstas. En todo caso, se han de proyectar techos acústicos absorbentes en ambas circunstancias (para cumplimiento del DB-HR y para conseguir confort acústico aunque quedasen fuera del ámbito de aplicación).

Nota: Todas estas exigencias que deben de cumplirse vienen reflejadas en [1] y puede ser utilizada [7] para su aplicación.

A continuación se muestran unas imágenes del “software” con las unidades de uso planteadas y la tipología de cada recinto en función de la clasificación introducida por el Documento Básico “Protección frente al ruido” DB-HR del CTE [1] (recinto de actividad, recinto de instalaciones, recinto habitable, recinto protegido).

- Planta sótano:

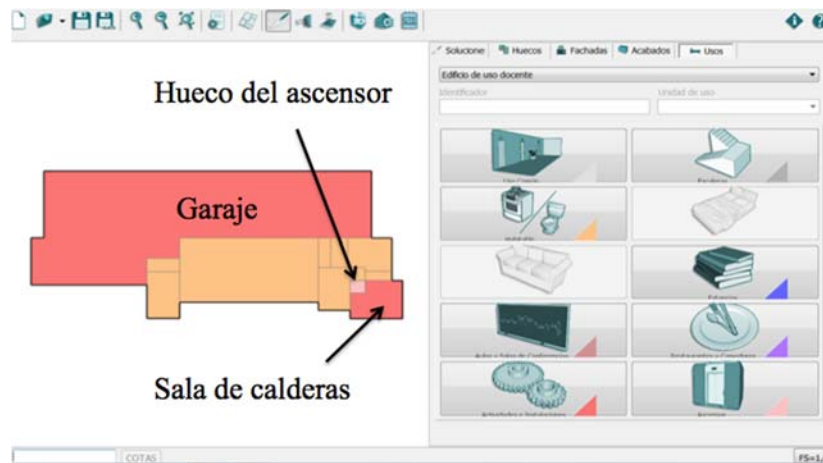


Figura 5-4 Planta sótano

Características de esta planta:

- La planta entera se plantea como unidad de uso.
- El garaje y la sala de calderas se consideran como recinto de instalaciones.
- El hueco del ascensor no se considera como recinto de instalaciones debido a que la maquinaria esta fija en la parte superior del edificio, se considera recinto no habitable respetando la exigencia del DB-HR.
- El resto de recintos se consideran como recintos habitables.

- Planta baja:

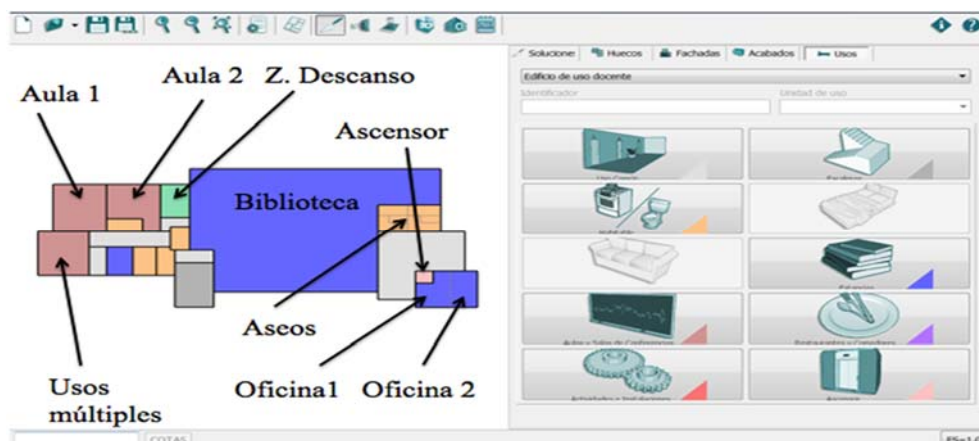


Figura 5-5 Planta baja

Características de esta planta:

- La planta entera se plantea como unidad de uso.
 - El aula 1, aula 2, zona de descanso, sala de usos múltiples, biblioteca, oficina 1 y oficina 2 se plantean como unidad de uso y a su vez como recintos protegidos.
 - Los aseos y el resto de recintos se consideran como zona habitable.
 - El hueco del ascensor no se considera como sala de instalaciones debido a que la maquinaria esta fija en la parte superior del edificio, se considera recinto no habitable respetando la exigencia del DB-HR.
- Planta primera y segunda:

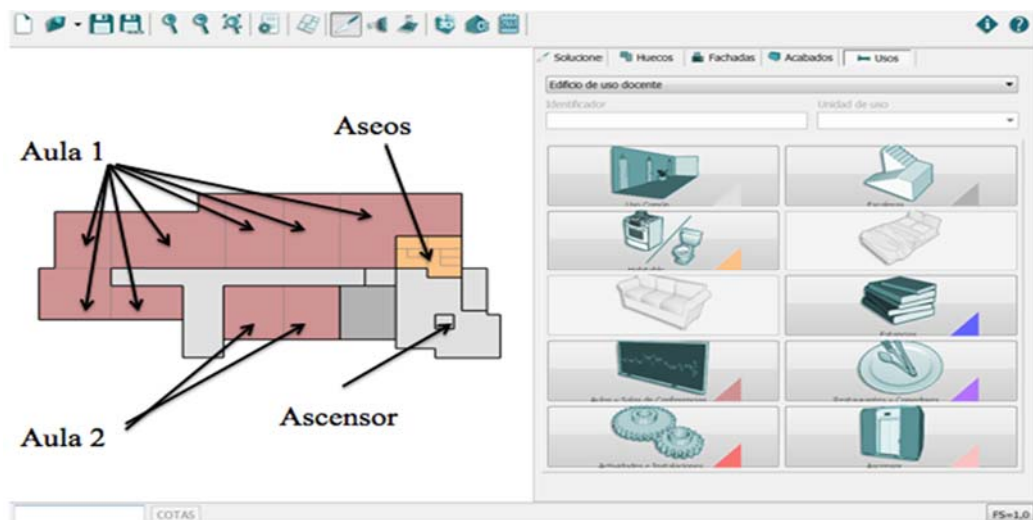


Figura 5-6 Planta primera y segunda

Características de esta planta:

- La planta entera se plantea como unidad de uso.
- Las aulas tipo 1 y 2 se plantean como unidad de uso. A su vez se consideran como recintos protegidos.
- El resto de la planta se considera como zona habitable.
- El hueco del ascensor no se considera como sala de instalaciones debido a que la maquinaria esta fija en la parte superior del edificio, se considera recinto no habitable respetando la exigencia del DB-HR.

- Planta casetón:

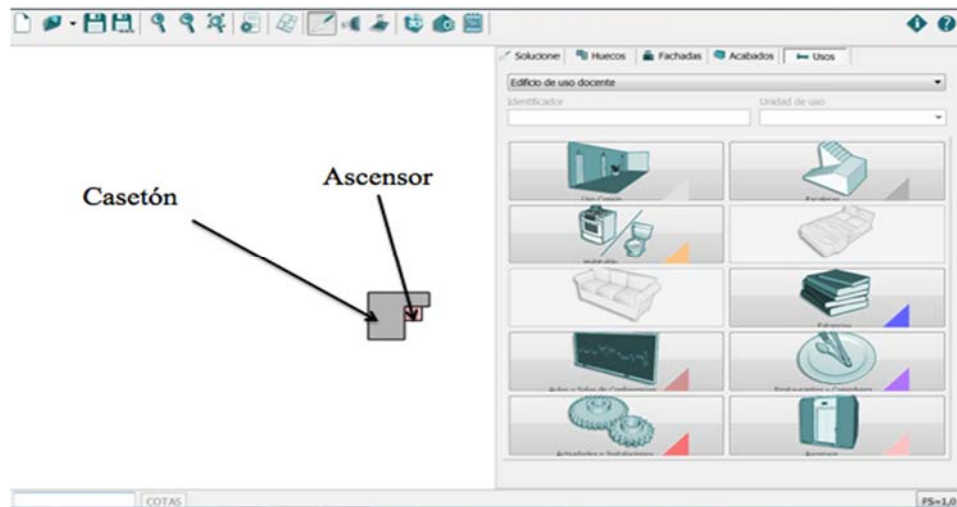


Figura 5-7 Planta casetón

Características de esta planta:

- La planta entera se plantea como unidad de uso.
- El casetón se considera recinto habitable.
- El hueco del ascensor no se considera como sala de instalaciones debido a que la maquinaria esta fija en la parte superior del edificio, se considera recinto no habitable respetando la exigencia del DB-HR.

5.3 Modelización inicial según proyecto de ejecución y propuestas de mejora

A continuación se reflejan los sistemas constructivos empleados en las modelizaciones según especificaciones de proyecto, los resultados de su modelización 3D y los sistemas constructivos correctivos propuestos que permiten el cumplimiento normativo en los casos problemáticos (DB-HR). Los informes generados por el *software* de cada una de estas modelizaciones se aportan en los anexos del presente Trabajo fin de grado.

5.3.1 Forjado

Modelo 1: Modelización inicial según especificaciones de proyecto de ejecución

Modelo 2: Modelización final con medidas correctivas propuestas

Forjado Unidireccional de Bovedilla de cerámica U _{BC} 350 mm (30+5 cm). Características acústicas: m= 360 Kg/m ² ; R _A = 55 dBA.	Forjado Unidireccional de Bovedilla de cerámica U _{BC} 350 mm (30+5 cm). Características acústicas: m= 360 Kg/m ² ; R _A = 55 dBA.
--	--

Tabla 5-1 Modelizaciones en forjado

Por tanto, se mantiene el sistema constructivo del forjado indicado por el equipo de proyecto, no obstante, véase punto siguiente.

5.3.2 Suelo flotante

Modelo 1: Modelización inicial según especificaciones de proyecto de ejecución

Recrecido con mortero de 50 mm y con un acabado de solado rígido. Características acústicas: $\Delta R_A = 3$ dBA; $\Delta L_W = 0$ dB.

Tabla 5-2 Modelización inicial en suelo flotante

En la siguiente imagen se puede observar que tras realizar la modelización con los sistemas constructivos planteados por el equipo de arquitectura no se cumple con las exigencias: en la parte derecha de la imagen se observa que no se cumple con la exigencia de nivel de ruido de impacto entre las dos plantas que debe ser $L'_{nT,w} \leq 65$ dBA.

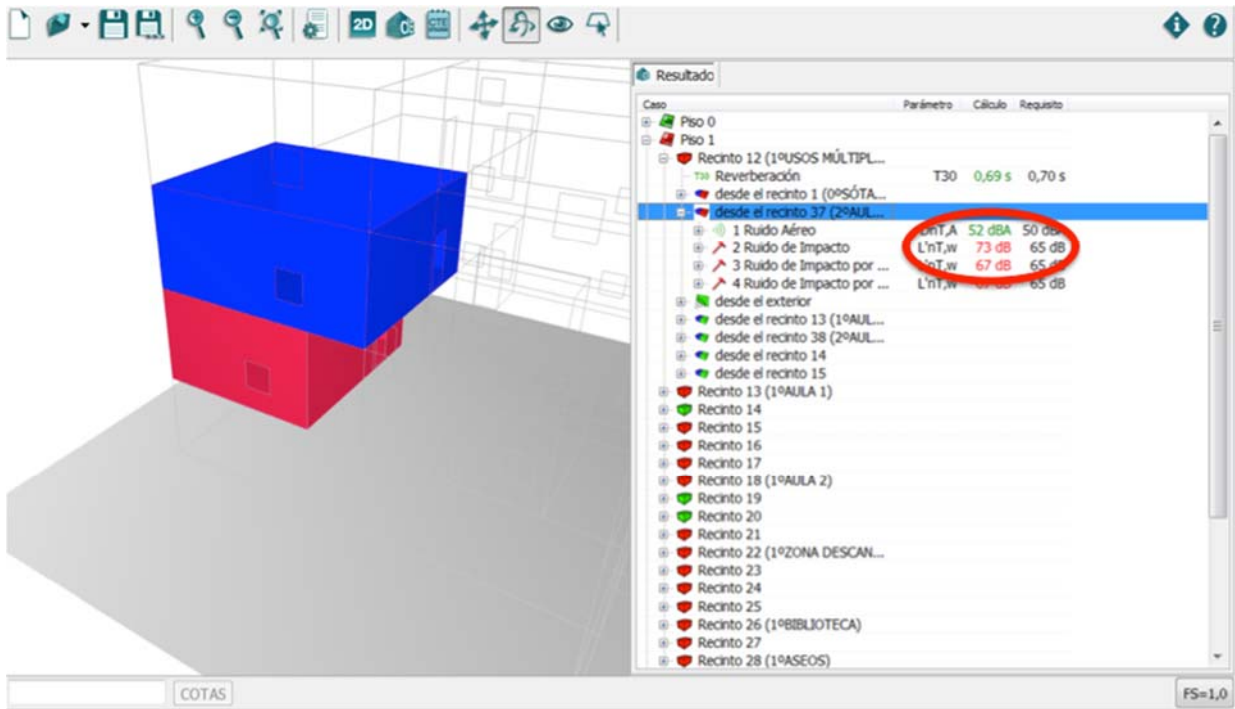


Figura 5-8 Modelización 1

Modelo 2: Modelización final con medidas correctivas propuestas

Para el cumplimiento normativo se ha de ejecutar suelo flotante encima del forjado. Para ello se empleará un elemento elástico entre la capa de compresión del forjado y el solado. El elemento elástico que se propone será de polietileno expandido de 10 mm.

Es decir: Acabado + mortero de 50 mm + elemento elástico en base a polietileno expandido de 10 mm. (AC + M50 + ARPE10).

Sus características acústicas son: $\Delta R_A = 0$ dBA; $\Delta L_w = 20$ dB.

Al emplear el elemento elástico se observa que se cumple la exigencia de nivel de ruido de impactos entre plantas.

Tabla 5-3 Modelización final en suelo flotante

En la siguiente imagen se observa que, efectivamente, tras proyectar el suelo flotante anterior se consigue cumplir con la exigencia de nivel de ruido de impacto $L'_{nT,w} \leq 65$ dBA.

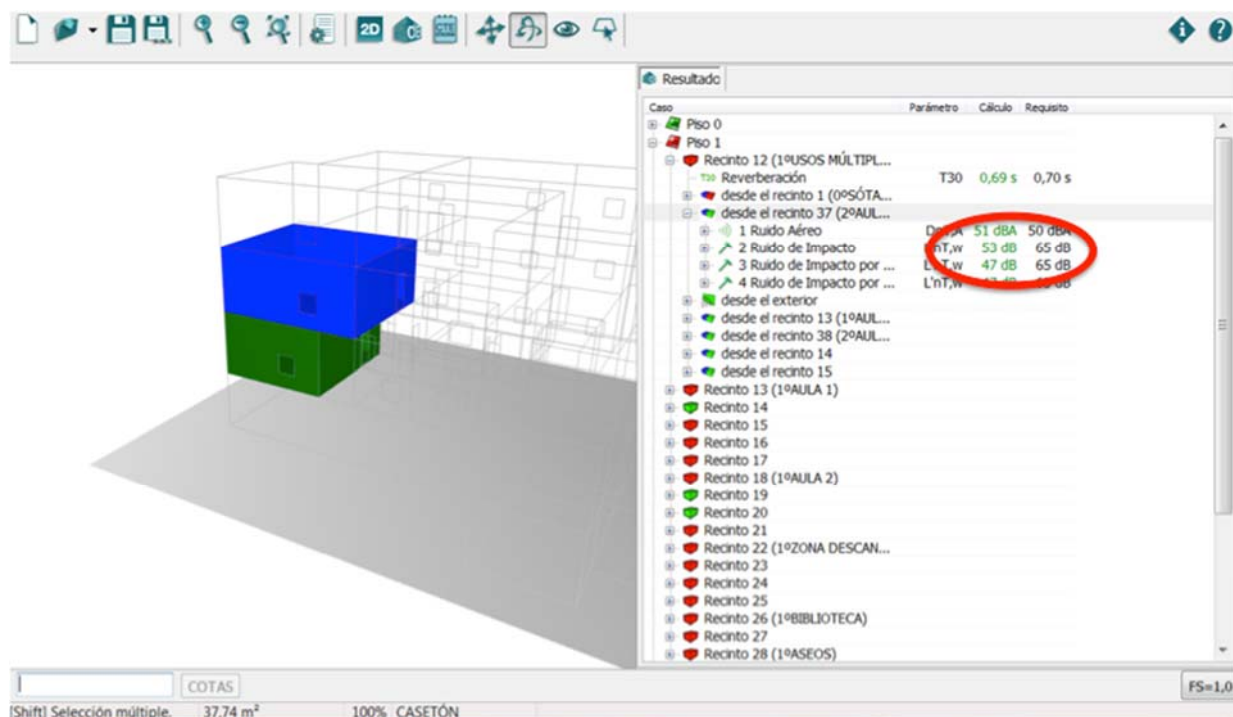


Figura 5-9 Modelización 2

5.3.3 Techos acústicos aislantes

Modelo 1: Modelización inicial según especificaciones de proyecto de ejecución

No se proyectan.

Tabla 5-4 Modelización inicial en techos acústicos aislantes

En la siguiente imagen se puede observar que tras realizar la modelización con los sistemas constructivos planteados por el equipo de arquitectura no se cumple con las exigencias: en la parte derecha de la imagen se observa que no se cumple con la exigencia de aislamiento a ruido aéreo entre las dos plantas que debe ser $D_{nT,A} \geq 55$ dBA.

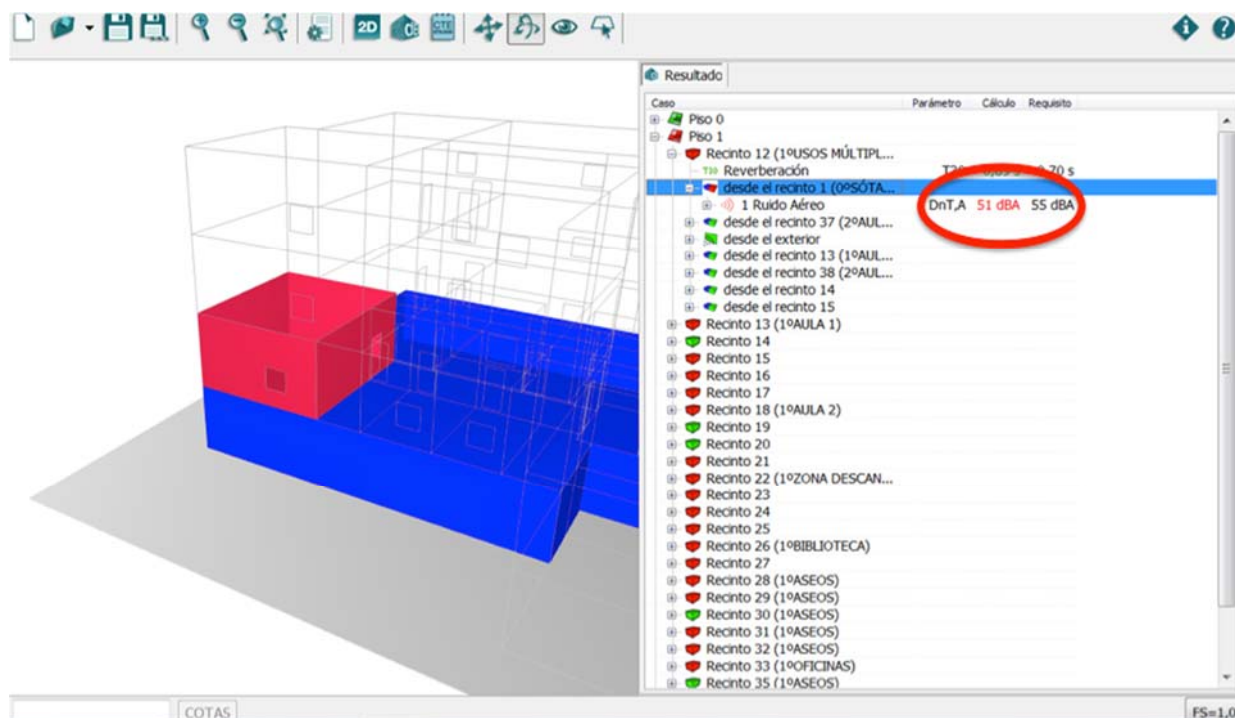


Figura 5-10 Modelización 1

Modelo 2: Modelización final con medidas correctivas propuestas

Para el cumplimiento normativo se ha de ejecutar un techo acústico aislante.

Pues se han de reforzar los recintos de instalaciones de planta sótano mediante un techo acústico aislante. Para ello se propone:

Placa de yeso laminado de 15 mm + lámina de betún elástico tipo MAD de Danosa de 4 mm + placa de yeso laminado de 15 mm + perfilera con lana mineral de 60 mm encima + formando cámara con el forjado superior de 100 mm. (YL15 + MAD4 + 15YL + ATMW 60 + C100).

Características acústicas de este techo aislante: $\Delta R_A = 13$ dBA; $\Delta L_W = 21$ dB.

Este sistema permitirá conseguir un aislamiento de $D_{nT,A} \geq 55$ dBA entre los recintos de instalaciones y los recintos colindantes verticalmente a ellos de la planta baja.

Tabla 5-5 Modelización final en techos acústicos aislantes

En la siguiente imagen se observa que efectivamente tras realizar los cambios de los elementos constructivos se consigue cumplir con la exigencia de aislamiento a ruido aéreo entre las dos plantas que debe ser $D_{nT,A} \geq 55$ dBA.

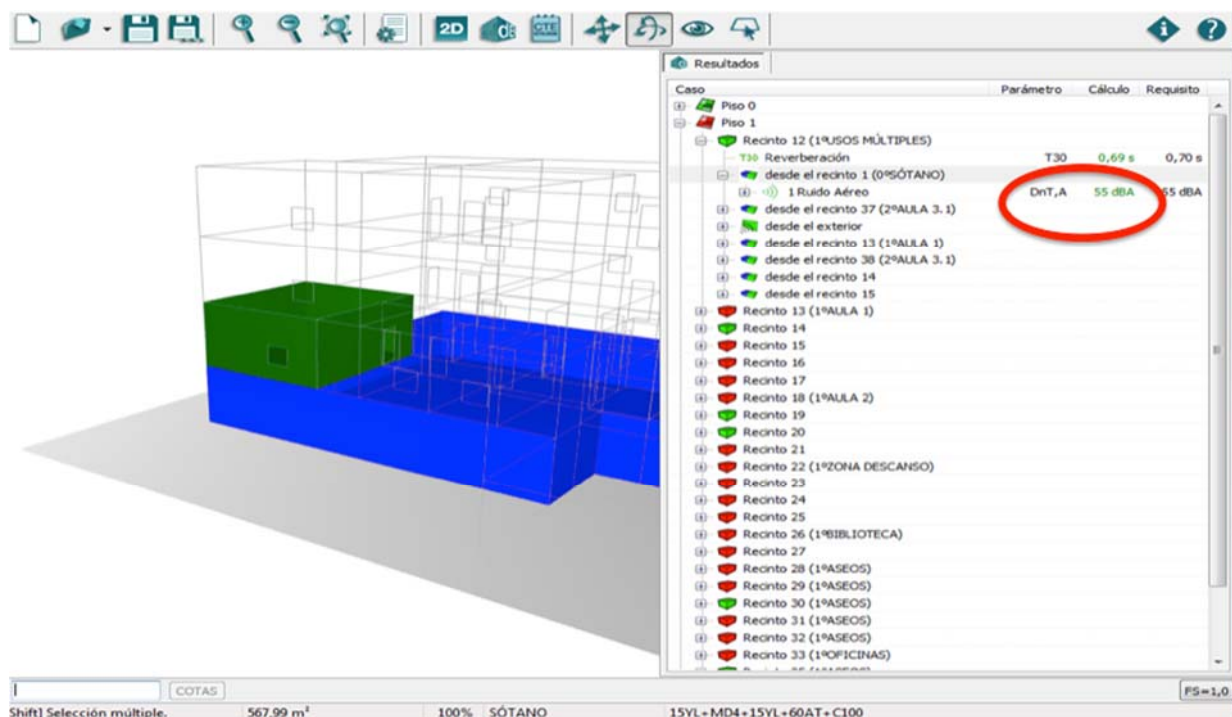


Figura 5-11 Modelización 2

5.3.4 Elementos de separación vertical entre recintos (sin existencia de puertas)

Modelo 1: Modelización inicial según especificaciones de proyecto

En planta baja el proyecto propone la separación entre aulas con 1/2 pie de ladrillo perforado con yeso a dos caras: RI15 + LP115 + RI15 (med). También en separación con la biblioteca. Características acústicas: $m = 161 \text{ Kg/m}^2$; $R_A = 44 \text{ dBA}$.

Tabla 5-6 Modelización inicial en elementos de separación vertical entre recintos (sin puertas)

En la siguiente imagen se puede observar que tras realizar la modelización con los sistemas constructivos planteados por el equipo de arquitectura no se cumple con las exigencias. En la parte derecha de la imagen se observa que no se cumple con la exigencia de aislamiento a ruido aéreo entre las dos plantas que debe ser $D_{nT,A} \geq 50 \text{ dBA}$.

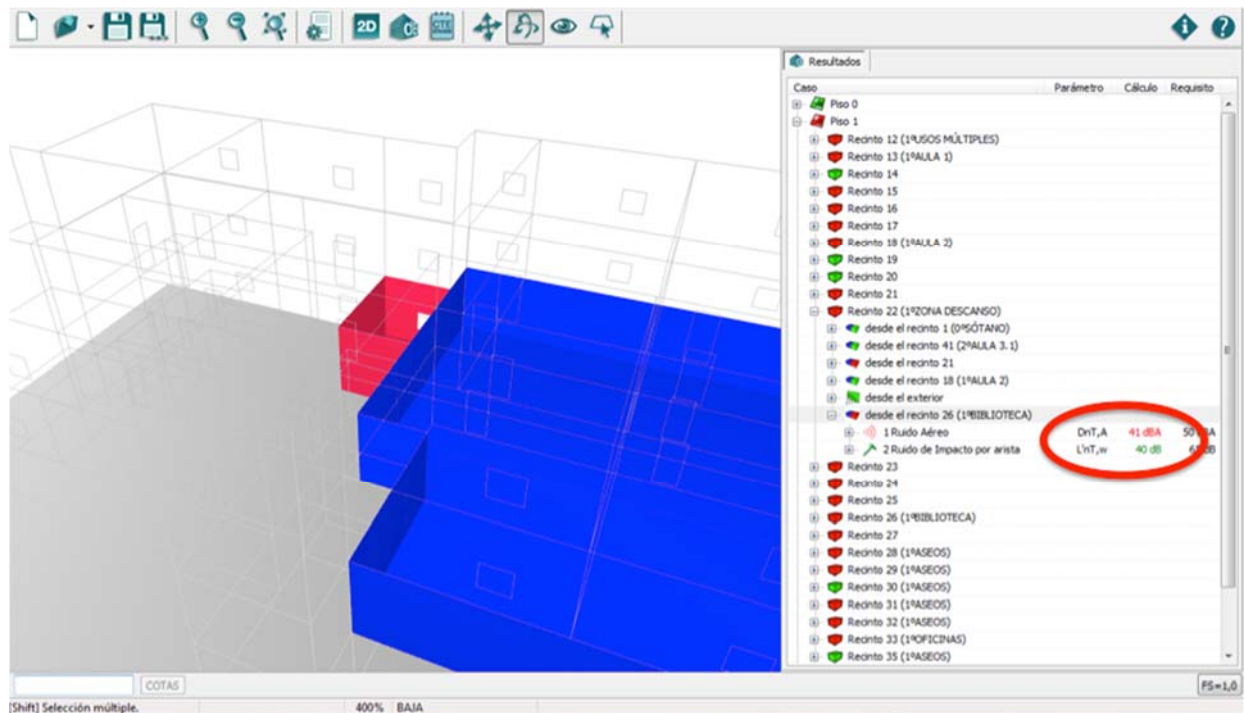


Figura 5-12 Modelización 1

Modelo 2: Modelización final con medidas correctivas propuestas

Para el cumplimiento normativo se propone ejecutar trasdosados en el ESV:

- En planta baja la separación entre aulas 1 y 2 mediante: 1/2 pie de ladrillo perforado + trasdosado por ambas caras. El trasdosado estará constituido por 10 mm de separación con el tabique + perfilera de 48 mm con lana mineral en la cámara + una placa de yeso laminado de 15 mm. (SP10+ATMW48+YL15).
- Entre aula y usos múltiples el 1/2 pie de ladrillo debiera de trasdosarse igualmente por las dos caras: SP10+ATMW48+YL15. Características acústicas: $\Delta R_A = 19,5$ dBA por ser en ambas caras.
- En planta baja, separación entre oficinas y otros recintos: 1/2 pie de ladrillo perforado + trasdosado por ambas caras con SP10+ATMW48+YL15.
- Entre el Aula 1 de P1 y el Aula 2 de P2 con los baños el sistema separador debe de trasdosarse por ambas caras. (SP10+ATMW48+YL15).
- Entre Biblioteca / baño (Planta Baja) el sistema vertical separador debe de trasdosarse por ambas caras. (SP10+ATMW48+YL15).
- Entre Cocina / Claustro (Planta Baja) el sistema vertical separador debe de trasdosarse por ambas caras. (SP10+ATMW48+YL15).

- Los trasdosados planteados permitirán conseguir un aislamiento de $D_{nT,A} \geq 50$ dBA entre las parejas de los recintos indicados.

Tabla 5-7 Modelización final en elementos de separación vertical entre recintos (sin puertas)

En la siguiente imagen se observa que efectivamente tras realizar los cambios de los elementos constructivos se consigue cumplir con la exigencia de aislamiento a ruido aéreo entre las dos plantas que debe ser $D_{nT,A} \geq 50$ dBA.

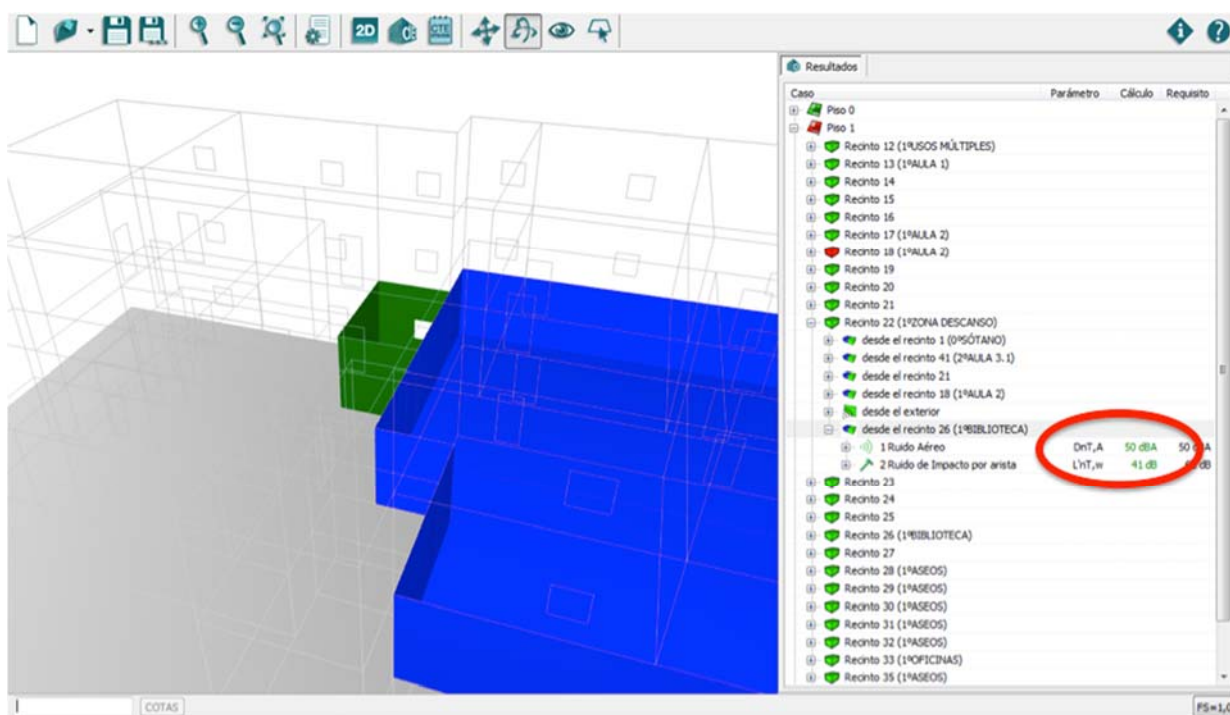


Figura 5-13 Modelización 2

5.3.5 Elementos de separación vertical entre recintos (con existencia de puertas)

Modelo 1: Modelización inicial según especificaciones de proyecto

La separación entre aulas y pasillos según sistemas de proyecto: 1/2 pie de Ladrillo cara vista y yeso a una cara, con posibilidad de trasdosarlo mediante el sistema “pladur + perfilera de 48 mm”. Características acústicas sin el trasdosado: $m = 161 \text{ Kg/m}^2$; $R_A = 44 \text{ dBA}$.

Tabla 5-8 Modelización inicial en elementos de separación vertical entre recintos (con puertas)

En la siguiente imagen se puede observar que tras realizar la modelización con los sistemas constructivos planteados por el equipo de arquitectura no se cumple con las exigencias. En la parte derecha de la imagen se observa que no se cumple con el valor teórico de aislamiento: $R_A \geq 50 \text{ dBA}$ en tabiquería y $R_A \geq 30 \text{ dBA}$ en puertas.

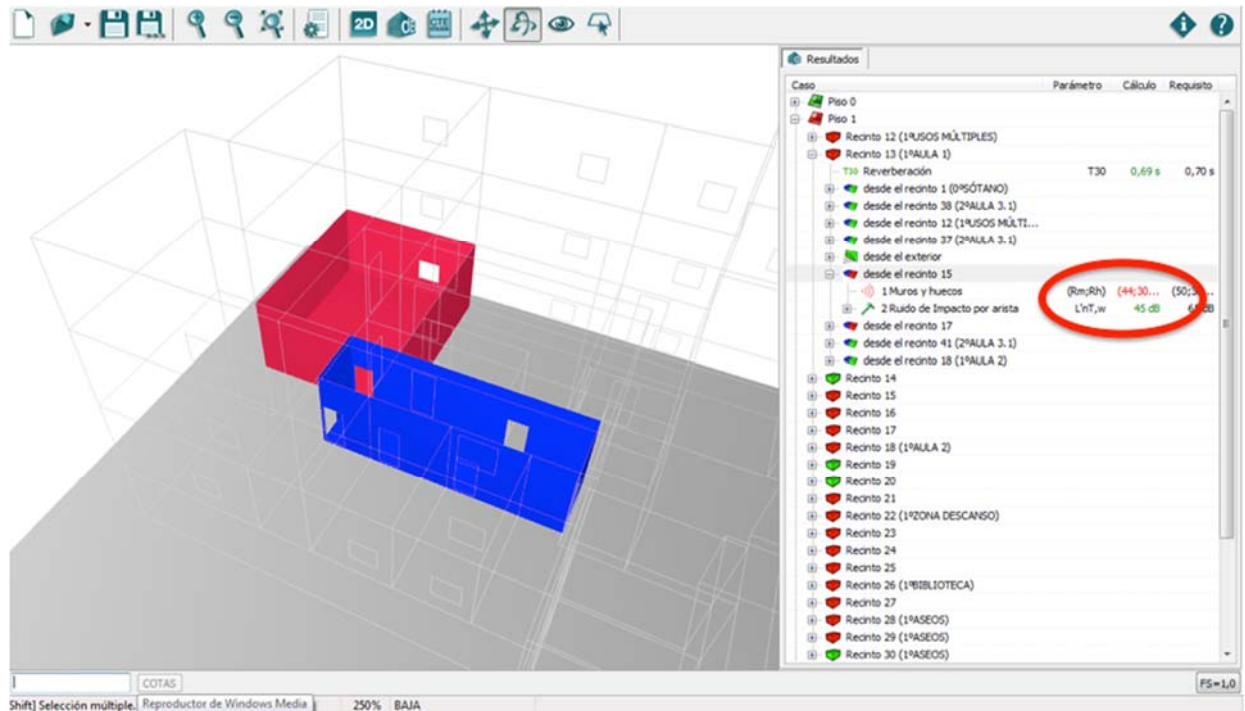


Figura 5-14 Modelización 1

Modelo 2: Modelización final con medidas correctivas propuestas

Para el cumplimiento normativo se podría ejecutar:

Como las aulas limitan con pasillos mediante puertas, es necesario proyectar unos sistemas constructivos que cumplan un determinado valor teórico de aislamiento de $R_A \geq 50$ dBA (lo que no se consigue solo con 1/2 pie proyectado), por lo que debieran de ejecutarse trasdosados por la parte exterior de este tabique. Por otra parte, las puertas de las aulas han de poseer un aislamiento R_A mayor de 30 dBA (dato que ha de aportar el fabricante).

- Así, entre aulas / pasillo (PB, P1 y P2) se propone trasdosar el tabique 1/2 pie cuando éste limite con pasillo (necesario para el cumplimiento normativo) mediante: 10 mm de separación con el tabique + perfilera de 48 mm con lana mineral en la cámara + una placa de yeso laminado de 15 mm. (SP10+ATMW48+YL15). Características acústicas: $\Delta R_A = 13$ dBA.
- En planta baja la separación entre aula 2 y zona de descanso: 1/2 pie de ladrillo perforado + trasdosado por una cara. (SP10+ ATMW48+YL15).
- Entre zona de almacenaje de biblioteca y vestibulo debe de trasdosarse por una cara el elemento separador SP10+ATMW48+YL15.
- Entre oficinas de PB y zona común debe de trasdosarse por una cara el elemento separador SP10+ATMW48+YL15.

- Entre Aulas de P1 y P2 / baños, debe de trasdosarse por una cara el elemento separador SP10+ATMW48+YL15.
- Mediante la aplicación del trasdosado indicado conseguimos el valor teórico de aislamiento: $R_A \geq 50$ dBA.

Tabla 5-9 Modelización final en elementos de separación vertical entre recintos (con puertas)

En la siguiente imagen se observa que efectivamente tras instalar un trasdosado se consigue cumplir con el valor teórico de aislamiento: $R_A \geq 50$ dBA en tabiquería y $R_A \geq 30$ dBA en puertas.

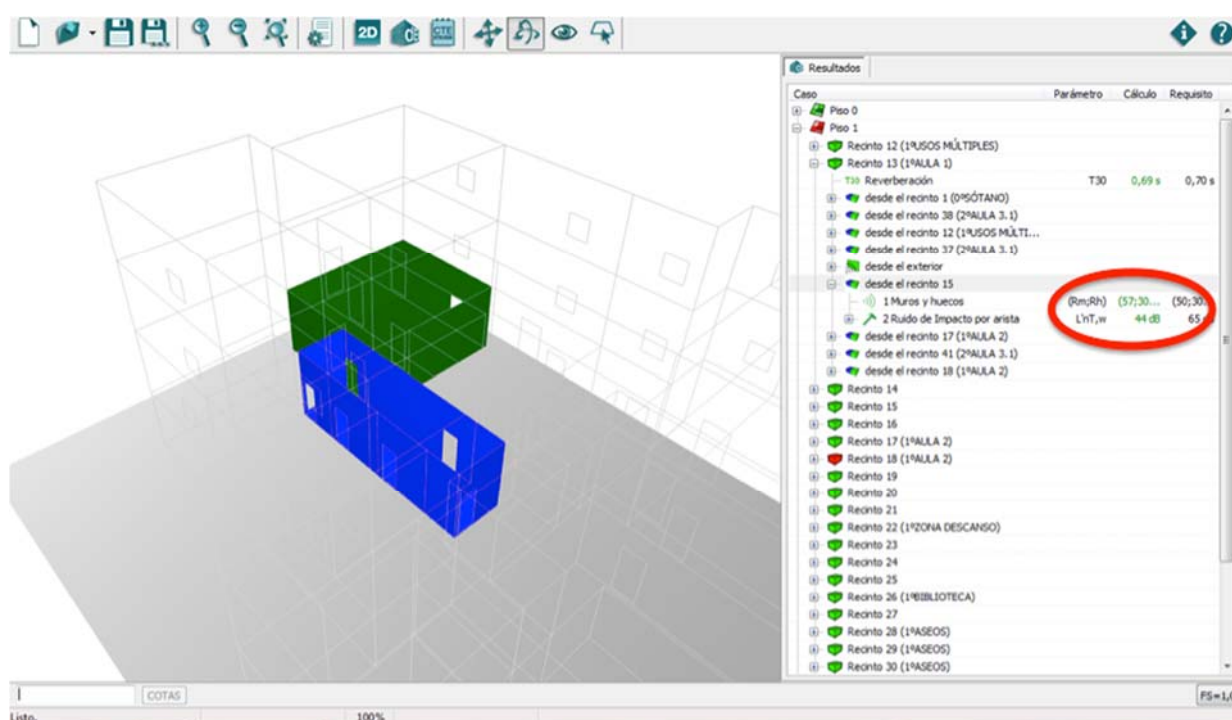


Figura 5-15 Modelización 2

5.3.6 Hueco de ascensor

Modelo 1: Modelización inicial según especificaciones de proyecto

1/2 pie de ladrillo perforado mas yeso a dos caras. RI15 + LP115 + RI15 (med).
Características acústicas: $m = 161 \text{ Kg/m}^2$; $R_A = 44$ dBA.

Tabla 5-10 Modelización inicial en ascensor

En la siguiente imagen se puede observar que tras realizar la modelización con los sistemas constructivos planteados por el equipo de arquitectura no se cumple con las exigencias en el punto crítico que existe entre el hueco del ascensor y las oficinas de la planta baja. En la parte derecha de la imagen se observa que no se cumple con el valor teórico de aislamiento: $R_A \geq 50$ dBA en tabiquería.

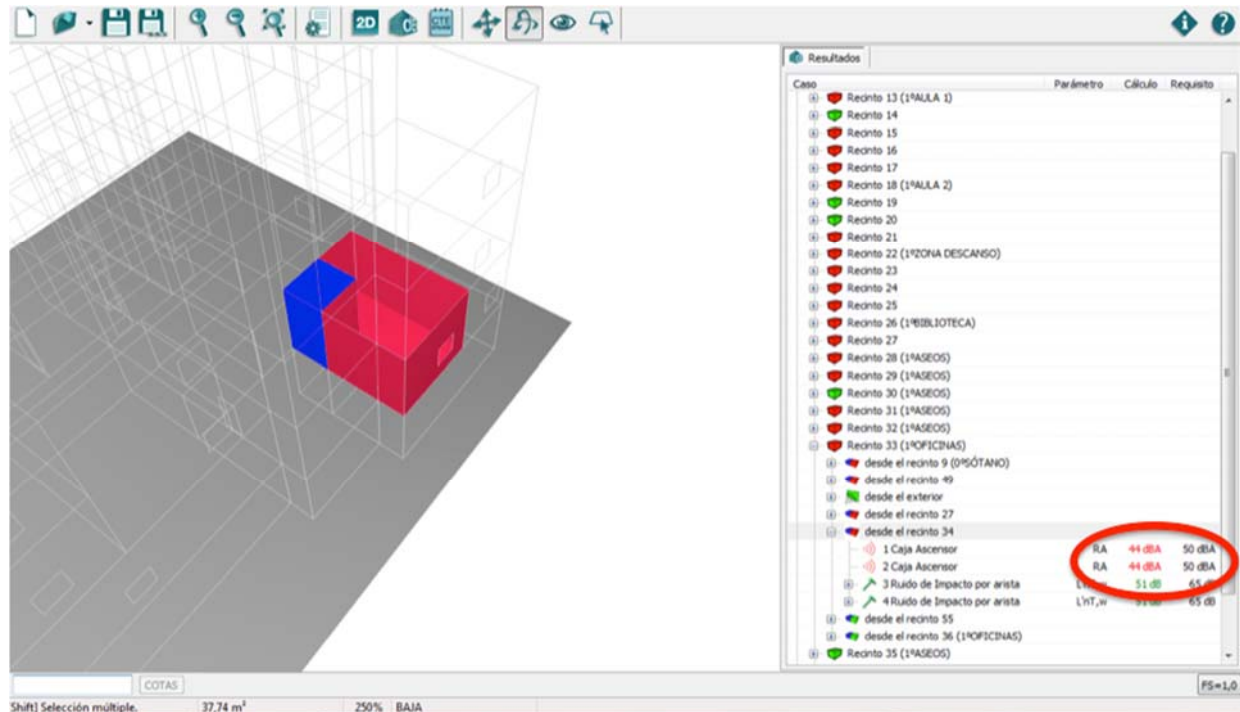


Figura 5-16 Modelización 1

Modelo 2: Modelización final con medidas correctivas propuestas

En relación al muro de ascensor, existe un punto crítico en planta baja (colindante con oficina), en este caso se ha de proyectar un $R_A \geq 50$ dBA, para lo cual acústicamente sería suficiente un trasdosado en la oficina de 10 mm de separación con el tabique + perfilera de 48 mm con lana mineral en la cámara + una placa de yeso laminado de 15 mm. (SP10+ATMW48+YL15). Características acústicas: $\Delta R_A = 13$ dBA.

Con el trasdosado indicado conseguimos un $R_A \geq 50$ dBA para el ESV (elemento de separación vertical).

Tabla 5-11 Modelización final en ascensor

En la siguiente imagen se observa que efectivamente tras instalar un trasdosado por la cara interior de la oficina 1 se consigue cumplir con el valor teórico de aislamiento: $R_A \geq 50$ dBA en tabiquería.

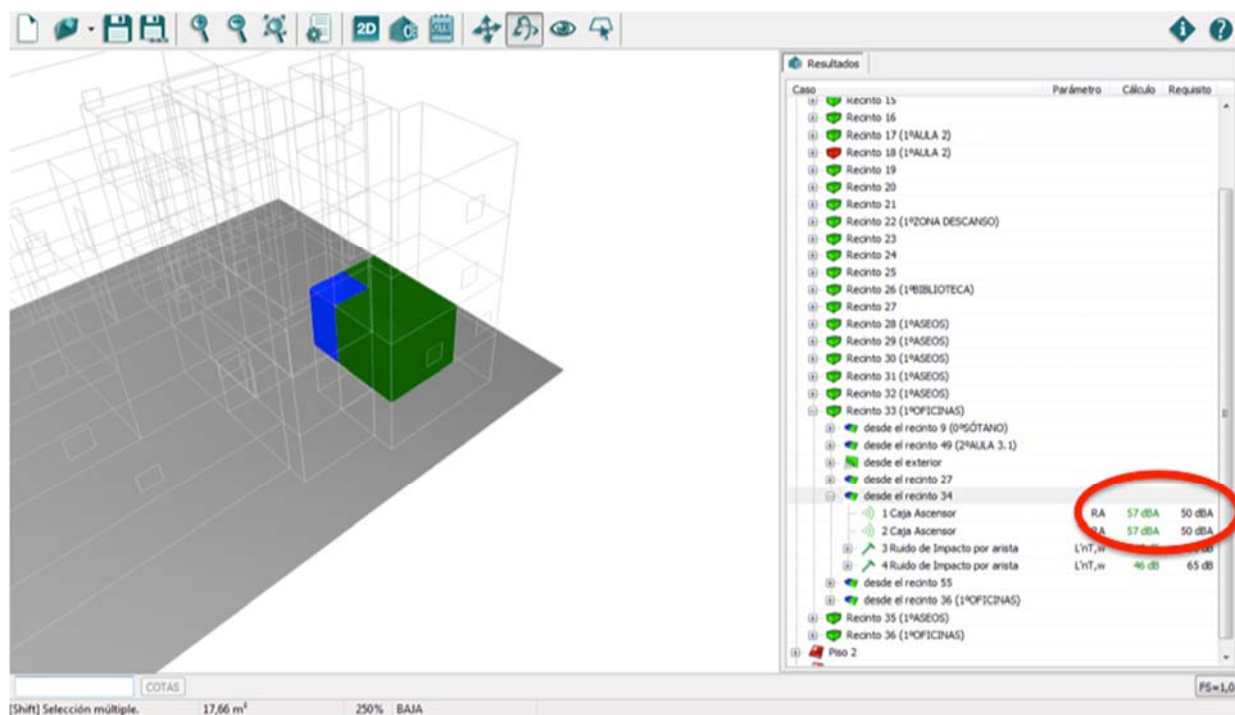


Figura 5-17 Modelización 2

5.3.7 Techos acústicos absorbentes

Modelo 1: Modelización inicial según especificaciones de proyecto

Techo modelo Aralar con velo negro semi-visto. Características acústicas: coeficiente de absorción acústica $\alpha=0,5$.

Tabla 5-12 Modelización inicial en techos acústicos absorbentes

En la siguiente imagen se puede observar que tras realizar la modelización con los sistemas constructivos planteados por el equipo de arquitectura no se cumple con las exigencias en las aulas y biblioteca. En la parte derecha de la imagen se observa que no se cumple un tiempo de reverberación $\leq 0,7$ segundos.

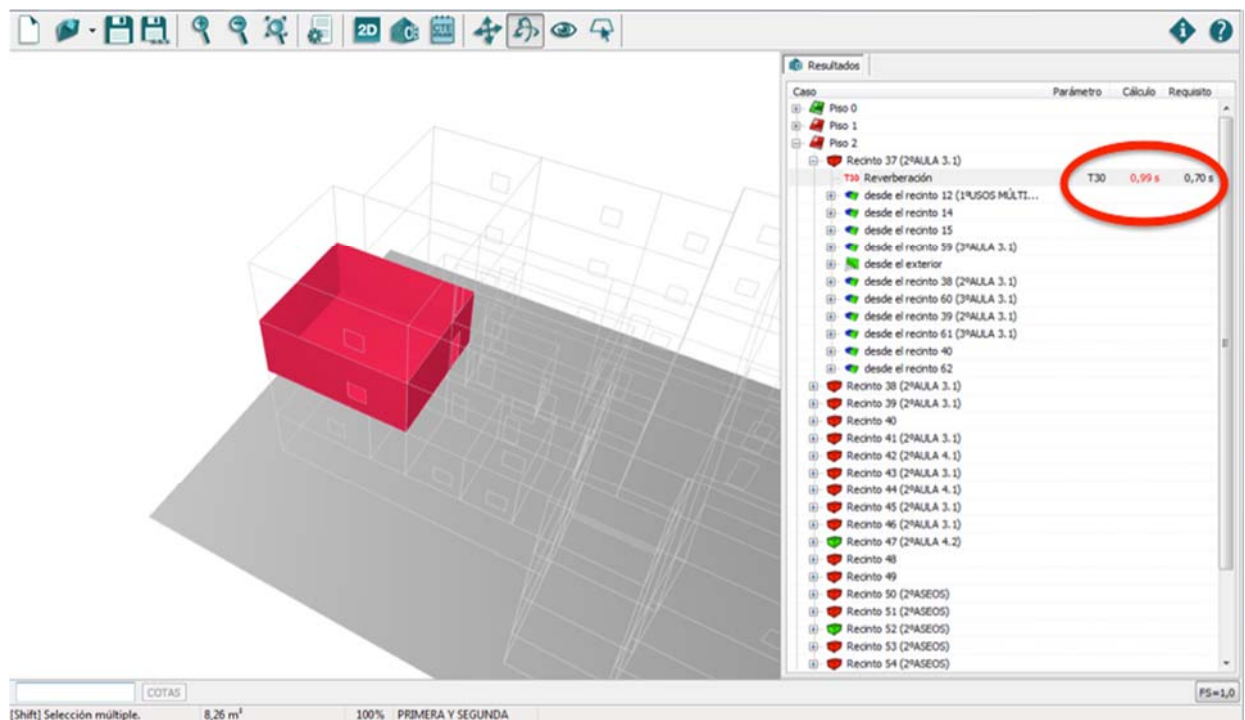


Figura 5-18 Modelización 1

Modelo 2: Modelización final con medidas correctivas propuestas

Para el cumplimiento normativo de un tiempo de reverberación $\leq 0,7$ segundos en aulas, se puede emplear por ejemplo un techo acústico en base a panel aglomerado de fibras de madera con un $\alpha=0,7$.

Tabla 5-13 Modelización final en techos acústicos absorbentes

En la siguiente imagen se observa que efectivamente tras instalar un techo acústico absorbente con mayor coeficiente de absorción se consigue cumplir con el tiempo de reverberación $\leq 0,7$ segundos.

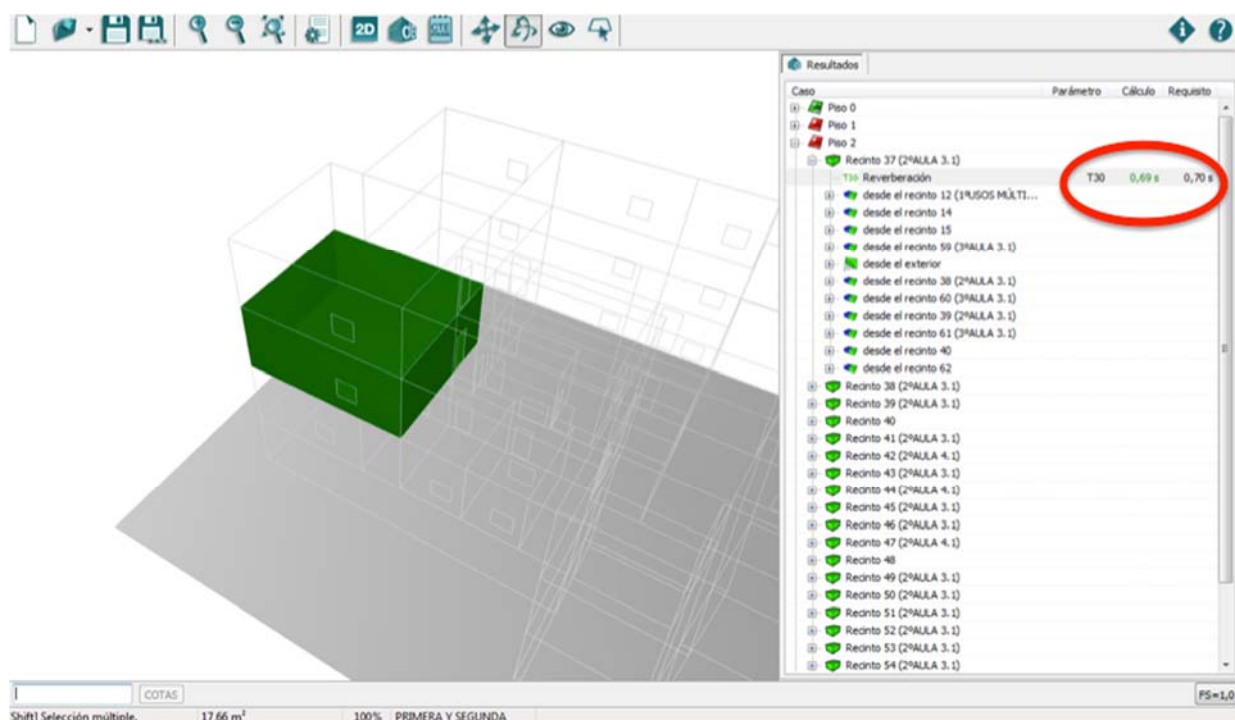


Figura 5-19 Modelización 2

Nota: si las aulas no se dividen, no serían de aplicación las exigencias de tiempos de reverberación mínimos; no obstante, para obtener buenas condiciones acústicas debiera de ejecutarse, igualmente, el techo absorbente indicado.

5.3.8 Fachadas

Modelo 1: Modelización inicial según especificaciones de proyecto

Parte ciega: LC 115 + RM + AT 60 + LH70 + RI15 (med).
Características acústicas: $m = 240 \text{ Kg/m}^2$; $R_A = 49 \text{ dBA}$.

Huecos: ventanas oscilobatientes con unos índices de aislamiento acústico (a aportar por el fabricante) de $R'_{Atr} = 30 \text{ dBA}$.

Modelo 2: Modelización final con medidas correctivas propuestas

Parte ciega: LC 115 + RM + AT 60 + LH70 + RI15 (med).
Características acústicas: $m = 240 \text{ Kg/m}^2$; $R_A = 49 \text{ dBA}$.

Huecos: ventanas oscilobatientes con unos índices de aislamiento acústico mínimo (a aportar por el fabricante) de $R'_{Atr} = 30 \text{ dBA}$.

Tabla 5-14 Modelizaciones en fachadas

Por tanto los sistemas de proyecto para fachadas se consideran adecuados ya que conseguimos un $D_{2m,nT,Atr} \geq 30$ dBA.

En la siguiente imagen se observa que efectivamente con los sistemas constructivos propuestos por el equipo de arquitecturas en fachadas se consigue cumplir con un $D_{2m,nT,Atr} \geq 30$ dBA.

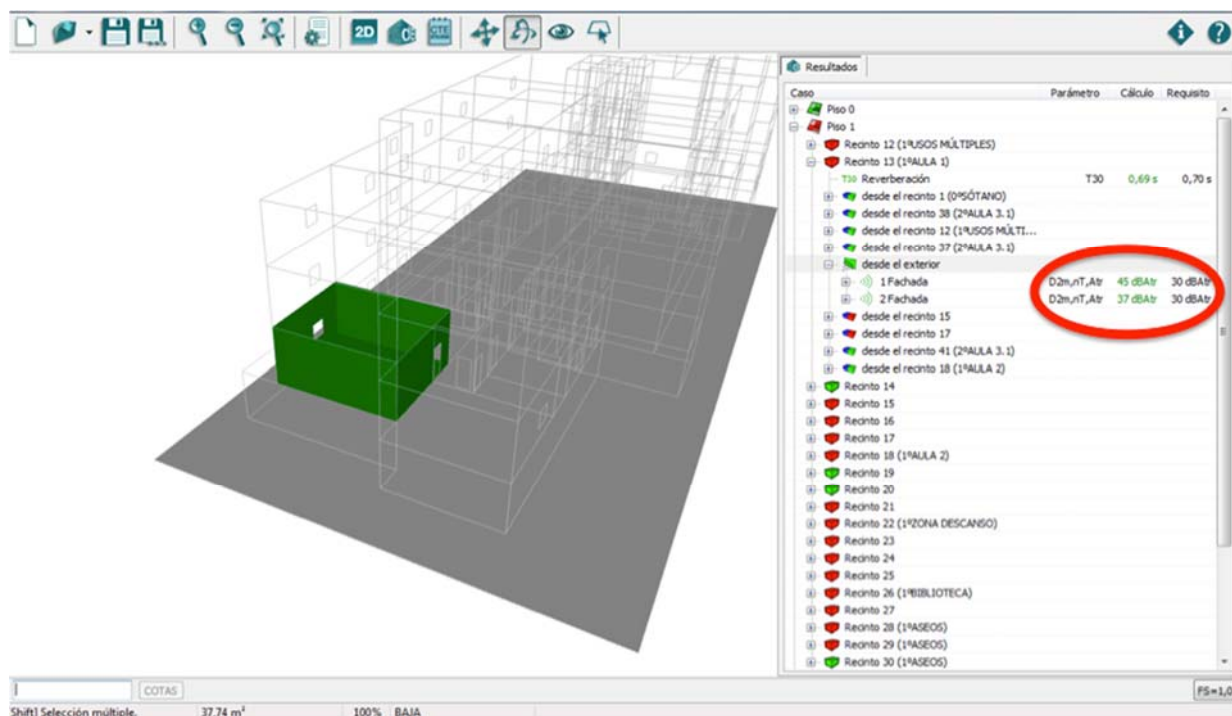


Figura 5-20 Modelización 1

5.4 Valoración económica de las medidas correctivas propuestas

A continuación se muestra una tabla resumen que contiene los elementos constructivos que se han propuesto en el presente Trabajo fin de grado, una vez revisado el proyecto inicial, para conseguir su adaptación a las exigencias del Documento Básico DB-HR, además del valor en euros por metro cuadrado de ellos y el incremento en el coste que implica el cumplimiento normativo [6] [10] [11]:

Elemento constructivo propuesto

Cantidad y coste

Trasdosado			Yeso laminado	
YL 15+MW48+SP(160<m=180kg/m²)				
f				
m [kg/m²]	R _a [dBA]	L _{n,w} [dB]	ΔR _a [dBA]	ΔL _{n,w} [dB]
-	-	-	13,00	0,00

Diagram illustrating the construction of the wall, showing a brick wall (SP) and a plasterboard (YL) layer.

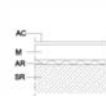


- 1.458,10 m² de trasdosado

- 19,25 €/m²

- **28.068,40 €**

Suelo Flotante		Con capa de mortero		
AC+M50+ARPE10(m>350kg/m²)				
<i>f</i>				
<i>m</i> [kg/m²]	<i>R_a</i> [dBA]	<i>L_{n,w}</i> [dB]	ΔR_a [dBA]	$\Delta L_{n,w}$ [dB]
-	-	-	0,00	20,00



- 2.559,30 m² de elemento aislante a ruido de impacto en suelos flotantes (polietileno reticulado de 10 mm de espesor, ARPE10)

- 1,52 €/m²

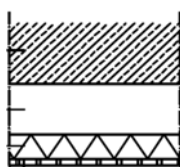
- **3.890,10 €**

Techo Suspendido			Con cámara	
15YL+MD4+15YL+60AT+C100				
f				
m [kg/m²]	R _a [dBA]	L _{n,w} [dB]	ΔR _a [dBA]	ΔL _w [dB]
-	-	-	11.00	21.00

- 37,12 m² de techo suspendido aislante

- 26,12 €/m²

- **969,50 €**



- 925,20 m² de techo suspendido absorbente

- 17,50 €/m²

- **16.191,00 €**

Coste total de las medidas propuestas

49.119,00 €

Tabla 5-15 Valoración económica

Por tanto, puede concluirse que el edificio tras los cambios realizados cumple las condiciones acústicas superando de modo amplio las exigencias legales mínimas de aislamiento acústico establecidas (Documento Básico DB-HR “Protección frente al ruido” del CTE), con un incremento en el coste poco significativo en relación al inicialmente propuesto, ya que como se especificó anteriormente, pues se han utilizado unos sistemas constructivos más económicos del mercado en relación a los costes de materia prima y de ejecución .

6 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

El proceso de aplicación de los principios de Ingeniería Acústica en Edificación necesariamente ha de considerar que la sensibilidad creciente por la adopción de criterios de sostenibilidad se ha extendido a todos los ámbitos de actividad y está comportando nuevas exigencias de actuación, algunas de ellas derivadas de nuevas directrices normativas, buscando incrementar la calidad de la edificación.

Así, el marco normativo regulador de las condiciones acústicas, Documento Básico “*DB-HR Protección frente al ruido*” del Código Técnico de la Edificación (CTE), introduce, entre otros, nuevos criterios de aislamiento acústico, exigencias de acondicionamiento acústico de determinados recintos y la posibilidad de verificación “*in situ*” del cumplimiento de los requisitos establecidos.

El objeto del presente Trabajo fin de grado residió en evaluar las condiciones acústicas del proyecto de ejecución de un edificio universitario de investigación en relación con el comportamiento normativo de los sistemas constructivos. Los resultados obtenidos se podrán considerar, a modo de ejemplo, para proyectar recintos de nueva ejecución, o mejorar los recintos existentes, de los edificios de Defensa. Pues, esta actuación constructiva evaluada, para uso de laboratorio y docente, posee recintos exigentes acústicamente como: *Aulas, Biblioteca, Salón de actos, Sala reuniones, Sala de descanso, Despacho director...*

En este sentido, inicialmente, mediante modelización acústica 3D, se desarrolló un análisis de las condiciones acústicas del proyecto de ejecución enviado por el equipo de redacción del proyecto.

Procediéndose a comprobar separadamente para parejas de recintos descriptores de las diferentes situaciones posibles de la edificación (distintas unidades de uso, unidad de uso y recinto de instalaciones, unidad de uso y recinto de actividad...) si las soluciones constructivas proporcionan el aislamiento acústico requerido entre ambos recintos; obteniendo, al final del cálculo, dicho aislamiento cuantificado con la magnitud acústica que define la exigencia: $D_{nT,A}$ (para el aislamiento a ruido aéreo entre recintos), $L'_{nT,w}$ (para el nivel de ruido de impacto) y $D_{2m,nT,Atr}$ (para el aislamiento a ruido aéreo respecto al exterior).

Tras modelizar el edificio de investigación según las especificaciones de proyecto constructivo se observó que no cumplía la mayoría de las exigencias establecidas en el Documento Básico DB-HR “Protección frente al ruido” del CTE para un edificio docente, y ya desde un principio se apreció que dicho proyecto necesitaba una optimización para mejorar su calidad acústica.

Así, para mejorar la calidad de un edificio acústicamente hay que efectuar una evaluación exacta y precisa, observar que límites acústicos no se respetan, realizar un estudio de cuál o cuales son los

elementos constructivos que hacen que no se cumplan dichos límites y terminar proponiendo soluciones constructivas fijándonos tanto en la calidad del elemento como en el presupuesto.

Tras el desarrollo del presente Trabajo fin de grado se ha apreciado que con la modificación de un solo elemento constructivo no se cumplen con las exigencias, existen casos en los cuáles hay que modificar varios elementos constructivos: así para conseguir un aislamiento acústico $D_{nT,A}$ superior a 55 dBA entre planta baja y sótano, no bastaba con la implantación de un forjado unidireccional de bovedilla de cerámica de 350 mm, se tubo que introducir un techo acústico aislante.

Además, durante la búsqueda de soluciones constructivas para cumplir con las exigencias acústicas no solo hay que centrarse en el *Catálogo de elementos constructivos del CTE* [3], es necesario saber que existe un amplio abanico de elementos constructivos en diferentes catálogos comerciales.

El edificio tras introducir las medidas correctivas propuestas ofrece unos estándares de calidad elevados, superando de modo amplio las exigencias legales mínimas de aislamiento acústico establecidas (Documento Básico DB-HR “Protección frente al ruido” del CTE [1]).

En este contexto, Defensa busca la máxima calidad de todos sus edificios para así favorecer la eficiencia en el trabajo de todo su personal. Para ello debe cumplir con las exigencias de acondicionamiento acústico de determinados recintos y los nuevos criterios de aislamiento acústico que están presentes en el marco normativo regulador de las condiciones acústicas, Documento Básico “DB-HR Protección frente al ruido” del Código Técnico de la Edificación (CTE).

De modo que el desarrollo del presente Trabajo fin de grado ha permitido adquirir unos conocimientos muy importantes sobre acústica para ser aplicados a la construcción de futuros edificios de Defensa. No solo pueden ser utilizados a edificios de futura construcción, también pueden ser aplicados en edificios ya construidos que necesitan una mejora importante en el aislamiento y acondicionamiento acústico.

El edificio evaluado tiene una gran similitud con edificios existentes de Defensa y con edificios de futura construcción, pues en este Trabajo fin de grado se han evaluado las características acústicas de recintos de todo tipo como son: Aulas, Biblioteca, Oficinas, Sala de reuniones, Sala de descanso. Este es el motivo principal por el cuál el desarrollo del presente Trabajo fin de grado puede ayudar de una forma considerable en el diseño, proyecto y remodelización de edificios de Defensa.

Como líneas futuras se propone el desarrollo de ensayos de aislamiento acústico “*in situ*” en recintos de edificios de Defensa para la evaluación de sus condiciones acústicas. Por otra parte, el trabajo realizado a permitido comprobar la eficacia de desarrollar preventivamente, antes de la construcción, una modelización acústica 3D de los proyectos constructivos de Defensa, con el objetivo de detectar posibles situaciones que puedan ser optimizadas y solucionadas.

7 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Secretaría de estado de vivienda y actuaciones urbanas, Dirección general de Arquitectura y Política de vivienda, “Documento Básico HR, Protección frente al ruido con comentarios del ministerio de fomento”, 2009.
- [2] Francisco Javier Rodríguez Rodríguez, “Informes de Ingeniería, G.O.C.; S.A.”, 2007-2014
- [3] Francisco Javier Rodríguez Rodríguez, Javier de la Puente Crespo, César Díaz Sanchidrián, “Guía acústica de la Construcción”, 2ª ed. Dossat 2000, Edición 2008.
- [4] Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico “DB-HR Protección frente al ruido” del Código Técnico de la Edificación
- [5] Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, “Catálogo de elementos constructivos”, 2010.
- [6] <https://www.pladur.com/>
- [7] Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, “Guía de Aplicación del DB HR, Protección frente al ruido”, 2009.
- [8] Proyecto constructivo del edificio universitario de investigación y docencia de la Universidad Pontificia de Salamanca (UPSA) localizado en la calle Henry Collet 81-85.
- [9] F. Julio Martín Herrero, “Manual del Usuario Sonarchitec”, 2009.
- [10] <http://www.danosa.com/>
- [11] <http://www.isover.es/>

ANEXO I: EXPLICACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LOS INFORMES DE LOS ANEXOS II Y III

Como paso final en la revisión del proyecto en cuanto al cumplimiento o no de los parámetros acústicos según el CTE, se generan los informes, es decir, las fichas justificativas del cumplimiento de dicho aislamiento. Así, con el programa *SonArchitect* se genera un archivo Pdf en el que están contenidos los resultados necesarios para la justificación. El contenido del informe lo puede configurar el usuario.



Figura A1-1 Generación del informe

Son estos datos de salida los que van a determinar la estructura del documento informe justificativo del DB-HR. En él se incluye:

- Portada.
- Clasificación acústica del edificio.
- Resultados globales.
- Mediciones.
- Reverberación.
- Fichas justificativas.

Clasificación acústica del edificio:

Permite clasificar el aislamiento de cada recinto en los niveles de calidad (A/B/C/D/E), y dado que dispone del resultado del aislamiento en todos los recintos, puede clasificar también el edificio entero en base a los valores del aislamiento máximo, mínimo y medio. Se adjuntan 6 histogramas que representan los niveles de aislamiento de todo el edificio.

La estructura del histograma es la siguiente:

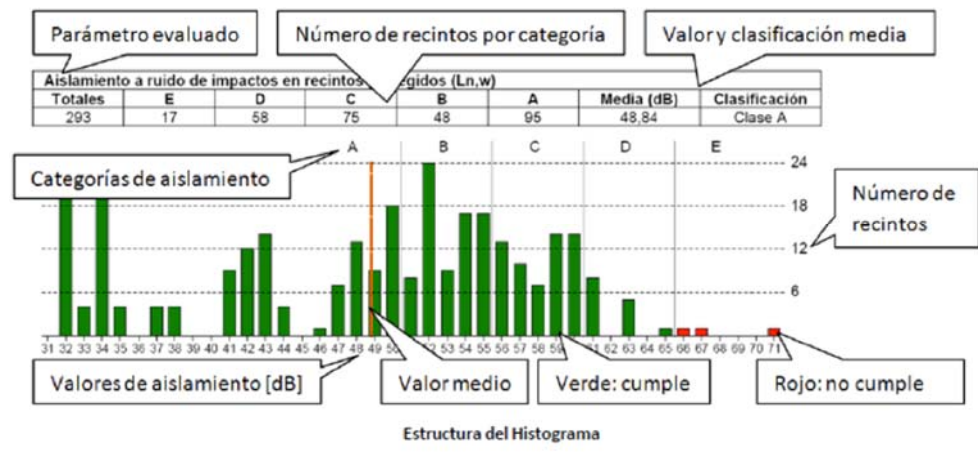


Figura A1-2 Estructura del Histograma

Se disponen de histogramas para:

- Aislamiento a ruido aéreo en recintos habitables (DnT, A).
- Aislamiento a ruido aéreo en recintos protegidos (DnT, A).
- Aislamiento a ruido de impactos en recintos protegidos (Ln,w).
- Aislamiento a ruido de impactos en recintos protegidos frente a instalaciones (Ln,w).
- Aislamiento a ruido aéreo en recintos protegidos frente a instalaciones (DnT, A).
- Aislamiento a ruido exterior en recintos protegidos (D2m,nT,Atr).

Resultados globales:

Es una página del informe en la que se resume el cumplimiento acorde con el DB-HR de todos los recintos del edificio. Para ello se computan todos los recintos clasificándolos por tipología, por exigencias de aislamiento y por exigencias de tiempo de reverberación. En cada una de las categorías se indica el total de recintos encuadrado en ella, el número de ellos que cumplen con lo exigido y el restante número que no cumple.

Mediciones:

Como ayuda para la puesta en obra y la elaboración de presupuestos, se elabora una serie de hojas que contienen la superficie en metros cuadrados de cada una de las distintas soluciones contractivas utilizadas en el proyecto. Los datos se disponen como el siguiente:

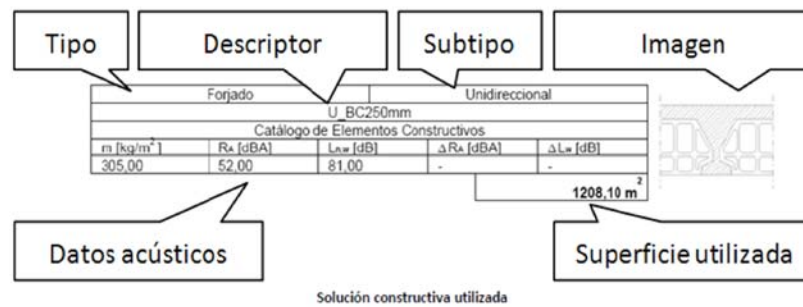


Figura A1-3 Solución constructiva utilizada

Reverberación:

Ya que el tiempo de reverberación es un parámetro que se debe evaluar en recintos de Uso común, Aulas, y salas para uso docente, administrativo, cultural, además de en Restaurantes y Comedores, se crea una lista en el informe de todos los recintos destinados a estos usos indicando su nombre (denominación del usuario y planta), su tipo, volumen, tiempo de reverberación, requisito y el dictamen de cumplimiento o no de lo requerido por el DB-HR.

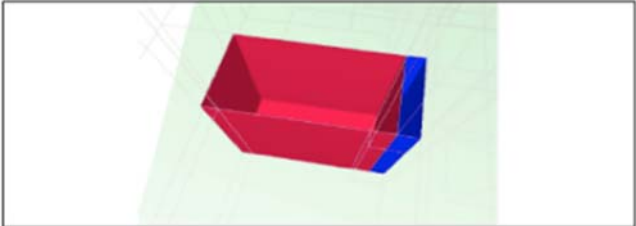
Fichas justificativas:

Dado que la finalidad de este proyecto es la de evaluar el aislamiento entre cada par de recintos de un edificio, y dejar constancia de ello mediante un informe, ficha justificativa, *SONarchitect* ofrece el análisis de aquellos pares de recintos que el usuario desee. Normalmente se elige la opción de “fichas justificativas mínimas”, en donde se incluyen los casos más limitativos de todos los posibles tipos distintos de enfrentamientos o cálculos. Todas estas fichas tienen la misma estructura de datos:

- Representación gráfica en 3D del par de recintos (excepto para el aislamiento exterior que solo se representa el recinto dado).
- Descripción del recinto emisor (o fachada): Tipo de Recinto, Nombre, Unidad de Uso y volumen.
- Datos acústicos de los flancos pertenecientes al recinto emisor (fachada) implicados en el cálculo de aislamiento.
- Descripción del recinto receptor: Tipo de Recinto, Nombre, Unidad de Uso y volumen.
- Histograma de los valores de aislamiento y la posición del valor de aislamiento entre ese par de recintos con respecto a la distribución de valores en el resto del edificio: Siguiendo la estructura definida anterior.
- Resumen del cumplimiento de los niveles de aislamiento según el DB-HR, indicando, según corresponda el Aislamiento a Ruido Aéreo, el Nivel de Presión de ruido de Impactos, o ambos.

CTE Documento Básico HR Protección frente al ruido
 Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impacto

Proyecto: **Proyecto Académico** Fecha: **17/02/2023** Ref: **E-RSP3**
 Autor: **Lore Rayenah** Página: **1 de 12** Hoja: **1**



RECINTO EMISOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V (m³)
LABORATORIO		LABORATORIO	1,15

Soluciones Constructivas

G1	REJILLA-C10-R-100mm
F1	LA-B0100mm
F2	LA-B0100mm
F3	REJILLA-C10-R-100mm
F4	REJILLA-C10-R-100mm

Parámetros Acústicos

	$\alpha_{0.50}$	$\alpha_{1.00}$	$\alpha_{2.00}$	$\alpha_{3.15}$	$\alpha_{5.00}$	$\alpha_{6.30}$	$\alpha_{8.00}$
G1	0.83	0.80	88.00	78.00	-	0.00	0.00
F1	0.48	0.80	100.00	78.00	81.00	0.00	25.00
F2	0.48	0.80	100.00	78.00	81.00	0.00	25.00
F3	0.77	0.80	88.00	78.00	-	0.00	0.00
F4	0.77	0.80	100.00	78.00	-	0.00	0.00

RECINTO RECEPTOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V (m³)
LABORATORIO		LABORATORIO	9.95

Soluciones Constructivas

G1	REJILLA-C10-R-100mm
F1	LA-B0100mm
F2	LA-B0100mm
F3	REJILLA-C10-R-100mm
F4	REJILLA-C10-R-100mm

Parámetros Acústicos

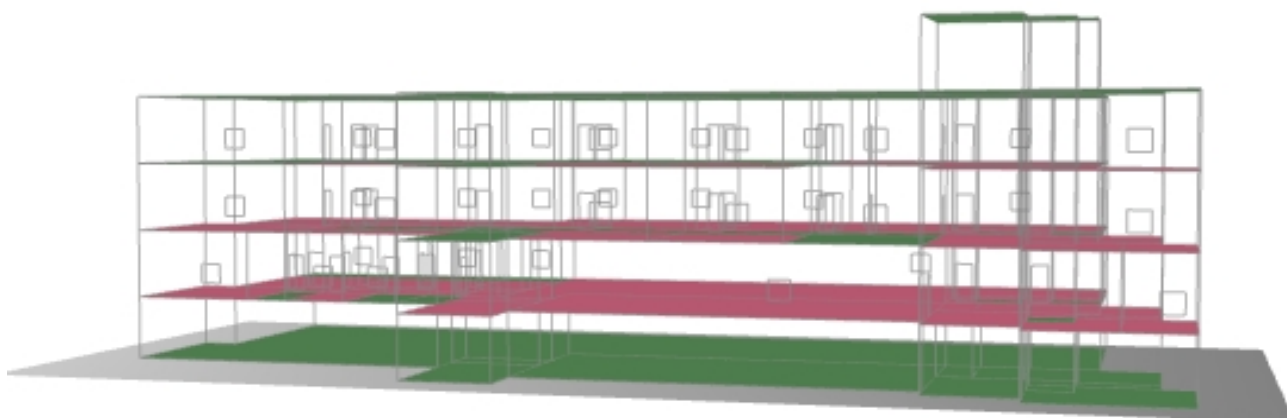
	$\alpha_{0.50}$	$\alpha_{1.00}$	$\alpha_{2.00}$	$\alpha_{3.15}$	$\alpha_{5.00}$	$\alpha_{6.30}$	$\alpha_{8.00}$
G1	0.83	0.80	88.00	78.00	-	0.00	0.00
F1	0.48	0.80	100.00	78.00	81.00	0.00	25.00
F2	0.48	0.80	100.00	78.00	81.00	0.00	25.00
F3	0.83	0.80	88.00	78.00	-	0.00	0.00
F4	0.83	0.80	88.00	78.00	-	0.00	0.00

Ficha justificativa (Página 1)

Figura A1-4 Ficha justificativa

Nota: Debido a que el software utilizado para el presente Trabajo fin de grado está a nombre del tutor del mismo, los informes de los anexos II y III aparecen con esta referencia.

ANEXO II: INFORME DE MODELIZACIÓN ACÚSTICA 3D INICIAL (SEGÚN PROYECTO)



**Proyecto Acústico según Documento Básico
DB HR Protección frente al ruido
CED UPS**

Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez
Organización	GOC
Referencia	
Fecha	01/04/2015

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez		Hoja	2

RECINTOS POR TIPOLOGIA			
Tipología	Totales	CUMPLEN	NO CUMPLE
Espacios de uso común	14	5	9
Escaleras	3	2	1
Recintos de actividad o instalaciones	2	2	0
Ascensores	3	3	0
Recintos habitables	32	18	14
Dormitorios	1	0	1
Estancias en edificio residencial o sanitario	0	0	0
Estancias en edificio cultural, docente, administrativo o religi	4	0	4
Aulas en edificio cultural, docente, administrativo o religioso	21	5	16
Restaurantes y comedores	0	0	0
TOTAL	80	35	45

TIPOS DE EXIGENCIAS EN AISLAMIENTO			
Tipología	Totales	CUMPLEN	NO CUMPLE
Habitables con huecos en el separador	36	19	17
Habitables	114	86	28
Misma unidad de uso	176	176	0
Protegidos con huecos en el separador	26	21	5
Protegidos	235	161	74
Protegidos frente a instalaciones	8	1	7
Ruido Exterior	58	58	0
Habitables frente a instalaciones con huecos	0	0	0
Habitables frente a instalaciones (impacto)	0	0	0
Habitables o protegidos frente a ascensores	4	2	2
TOTAL	657	524	133

TIPOS DE EXIGENCIAS EN REVERBERACION			
Tipología	Totales	CUMPLEN	NO CUMPLE
Espacios de uso común	14	6	8
Aulas y salas de conferencias	21	21	0
Restaurantes y comedores	0	0	0
TOTAL	35	27	8

Declaración de No Cumplimiento

El edificio presenta un total de 80 recintos, de los que 80 están sujetos al cumplimiento de los requisitos de aislamiento acústico incluidos en el apartado 2.1 del Documento Básico de Protección Frente al Ruido del Código Técnico de la Edificación (DB-HR). De ellos 35 recintos cumplen los requisitos de aislamiento calculados según el método general expuesto en el apartado 3.1.3 del DB-HR y 45 no los cumplen.

Por otro lado, el edificio presenta 35 recintos que están sujetos al cumplimiento de los requisitos de reverberación incluidos en el apartado 2.2 del Documento Básico de Protección Frente al Ruido del Código Técnico de la Edificación (DB-HR). De ellos 27 recintos cumplen los requisitos de reverberación calculados según el método general expuesto en el apartado 3.2.2 del DB-HR y 8 no los cumplen.

Dado que existen recintos susceptibles de cumplir las exigencias del DB HR que no las cumplen se colije que, el proyecto de aislamiento acústico con nombre

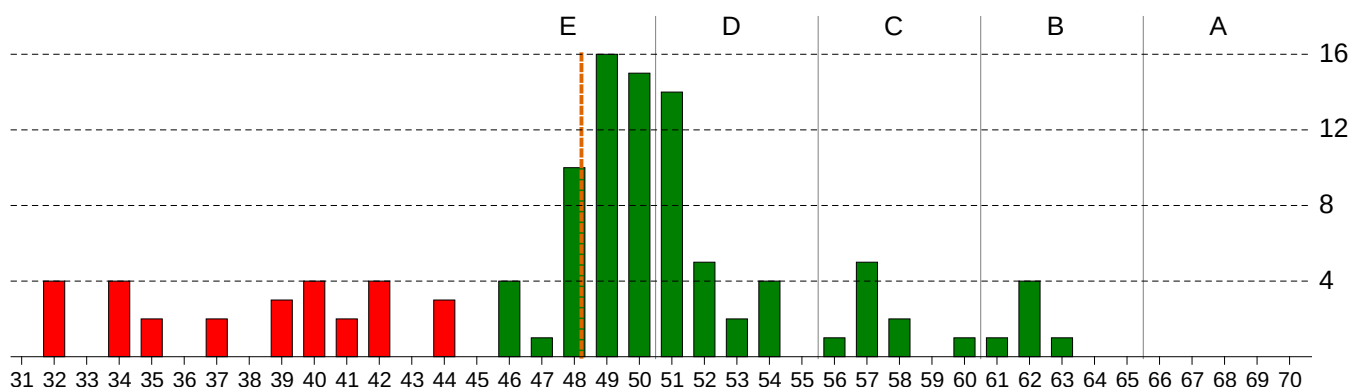
CED UPS

NO CUMPLE los requisitos del DB HR.

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez		Hoja	3

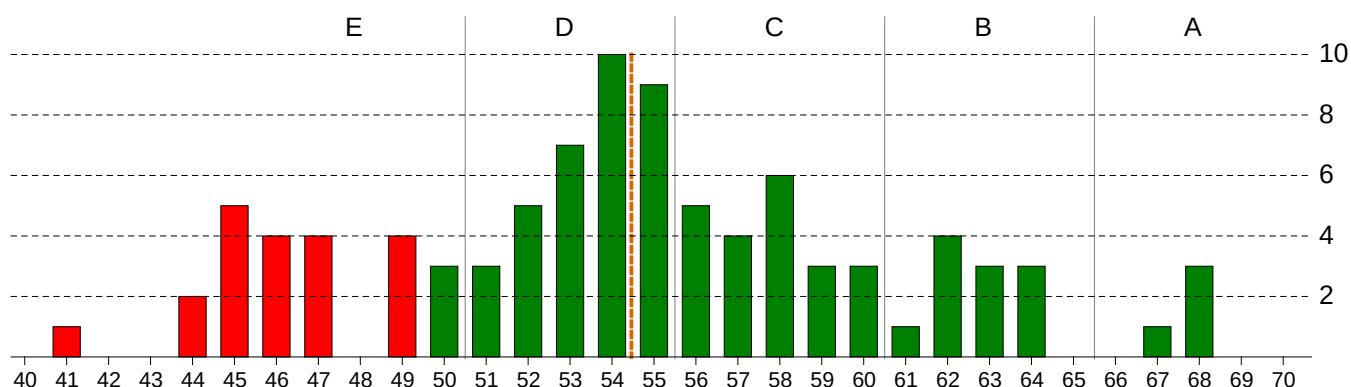
Aislamiento a ruido aéreo en recintos habitables (DnT,A)

Totales	E	D	C	B	A	Media (dBA)	Clasificación
114	74	25	9	6	0	48,22	Clase E



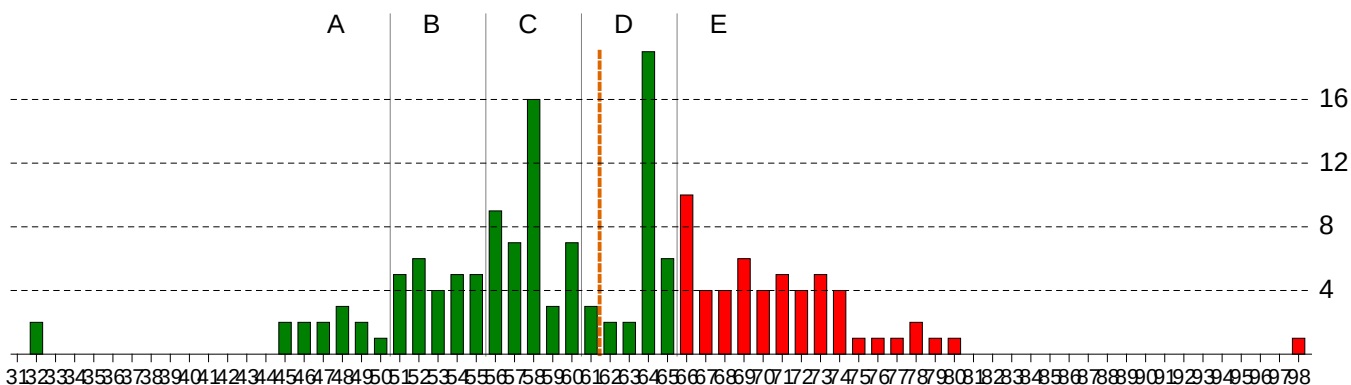
Aislamiento a ruido aéreo en recintos protegidos (DnT,A)

Totales	E	D	C	B	A	Media (dBA)	Clasificación
93	23	34	21	11	4	54,46	Clase D



Aislamiento a ruido de impactos en recintos protegidos (Ln,w)

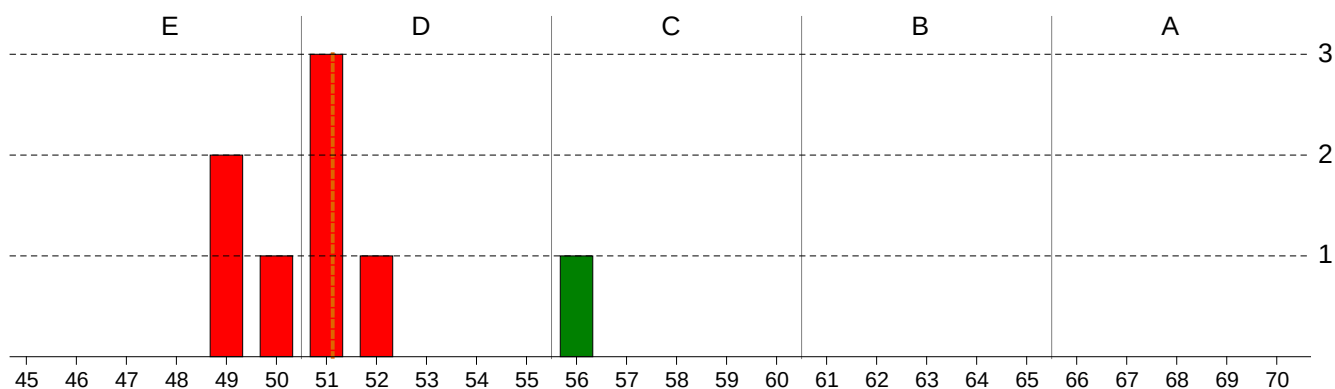
Totales	E	D	C	B	A	Media (dB)	Clasificación
167	54	32	42	25	14	61,45	Clase D



Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez		Hoja	4

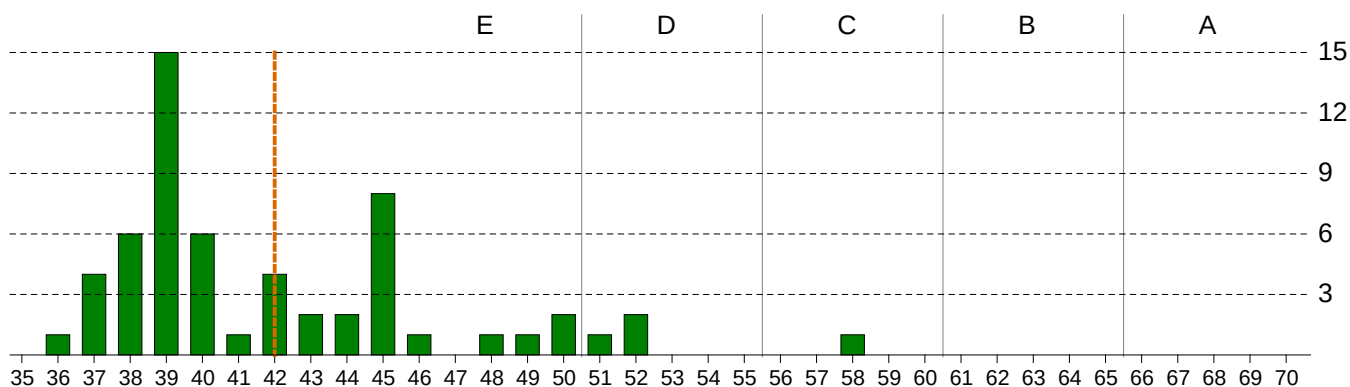
Aislamiento a ruido aéreo en recintos protegidos frente a instalaciones (DnT,A)

Totales	E	D	C	B	A	Media (dBA)	Clasificación
8	3	4	1	0	0	51,13	Clase D

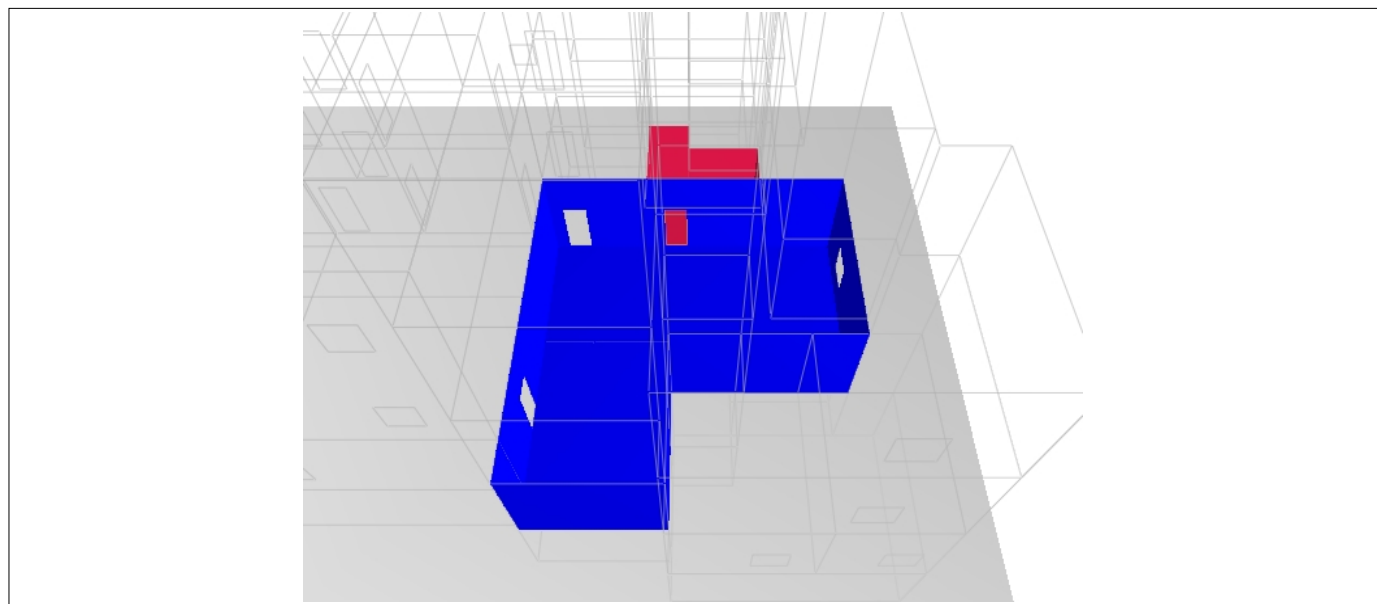


Aislamiento a ruido exterior en recintos protegidos (D2m,nT,Atr)

Totales	E	D	C	B	A	Media (dBAtr)	Clasificación
58	54	3	1	0	0	42,00	Clase E



Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	1 de 18	Hoja 5



RECINTO EMISOR			
Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Uso Común		1º	286,72

Soluciones Constructivas	
D1	RI15+LHD70+RI15(med)
F1	U_BC350mm+AC+50 Mortero
F2	U_BC350mm+AC+50 Mortero
F3	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
F4	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
F5	U_BC350mm

Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
D1	13,38	0,00	97,00	37,00	-	0,00	0,00
F1	9,99	0,54	360,00	55,00	78,00	3,00	0,00
F2	28,01	3,28	360,00	55,00	78,00	3,00	0,00
F3	12,26	3,50	130,00	44,00	-	0,00	0,00
F4	9,85	3,50	240,00	49,00	-	0,00	0,00
F5	5,05	3,82	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00

RECINTO RECEPTOR			
Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Habitable		1º ASEOS	25,41

Soluciones Constructivas	
d1	RI15+LHD70+RI15(med)
f1	U_BC350mm+AC+50 Mortero
f2	RI15+LHD70+RI15(med)
f3	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
f4	U_BC350mm

Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	13,38	0,00	97,00	37,00	-	0,00	0,00
f1	7,26	0,54	360,00	55,00	78,00	3,00	0,00
f2	5,18	3,50	97,00	37,00	-	0,00	0,00
f3	5,18	3,50	240,00	49,00	-	0,00	0,00
f4	4,64	3,82	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impacto

SONarchitect Profesional

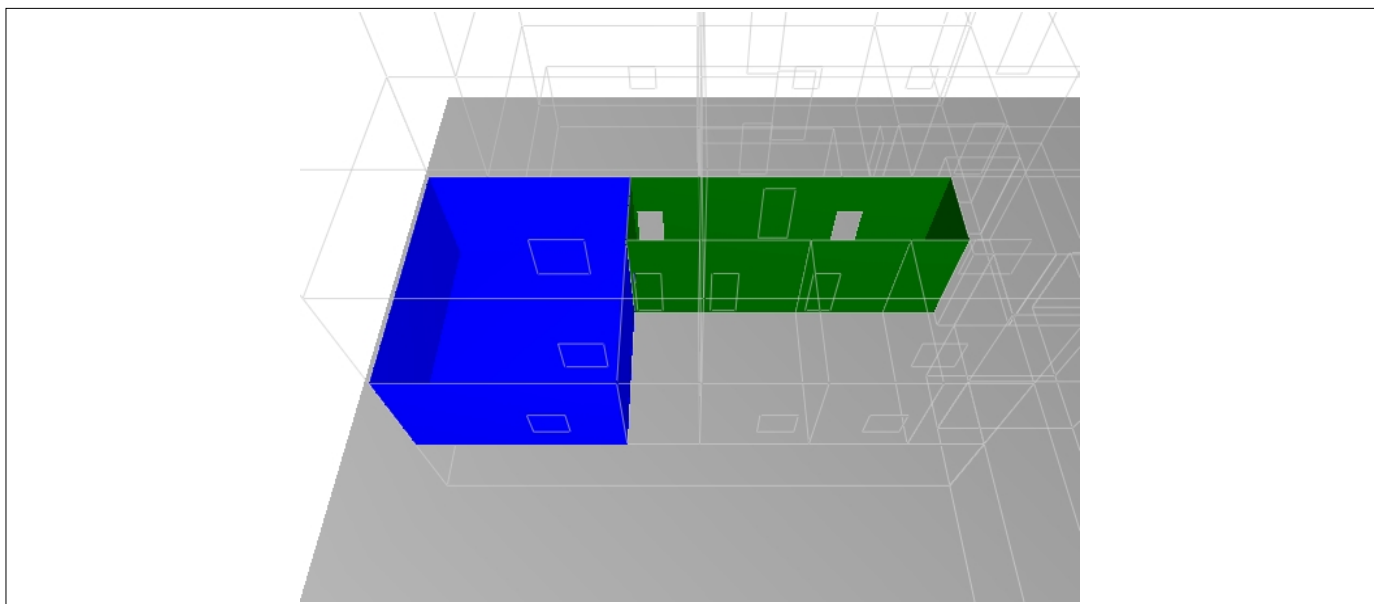
Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	1 de 18	Hoja 6

Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	I [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]

Ventanas, Puertas y Capialzados				
Descriptor	S [m ²]	R _A [dBA]	C _{tr} [dB]	DR _A [dBA]
Puerta (30dB)	1,70	30,00	-3,00	0,00

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo	D _{nT,A} [dBA]	32	-	-
El recinto NO CUMPLE los requisitos del DB-HR a ruido aéreo dado que el índice global de reducción acústica del muro RA=37,00 dBA es menor de 50 dBA.				

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	2 de 18	Hoja 7



RECINTO EMISOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Aula cult/doc/admin/relig		1º USOS MÚLTIPLES	143,25

Soluciones Constructivas

D1	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m²)
F1	U_BC350mm+AC+50 Mortero
F2	U_BC350mm
F3	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m²)
F4	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m²)

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
D1	8,47	0,00	161,00	44,00	-	13,00	0,00
F1	40,93	2,42	360,00	55,00	78,00	3,00	0,00
F2	40,93	2,42	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
F3	14,75	3,50	161,00	44,00	-	13,00	0,00
F4	15,55	3,50	161,00	44,00	-	13,00	0,00

RECINTO RECEPTOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Uso Común		1º	80,30

Soluciones Constructivas

d1	RI15+LP115+RI15(med)
f1	U_BC350mm+AC+50 Mortero
f2	U_BC350mm
f3	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
f4	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	8,47	0,00	161,00	44,00	-	0,00	0,00
f1	22,94	2,42	360,00	55,00	78,00	3,00	0,00
f2	4,92	2,42	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
f3	7,11	3,50	130,00	44,00	-	0,00	0,00
f4	7,13	3,50	130,00	44,00	-	0,00	0,00

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impacto

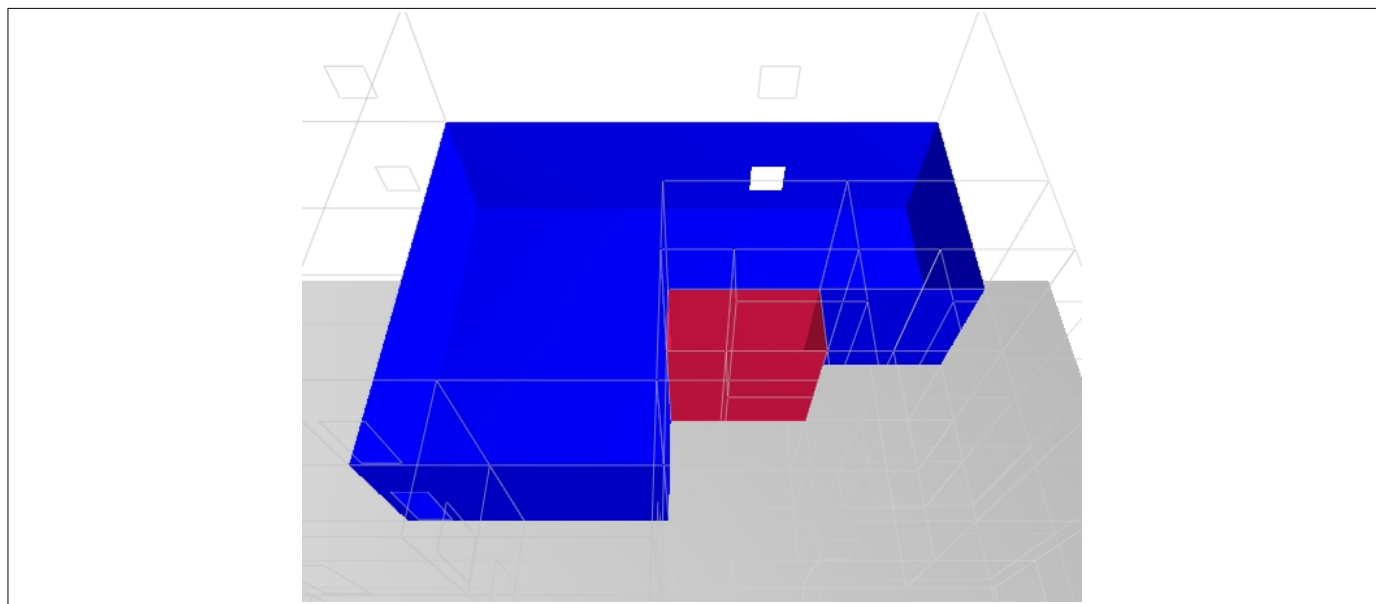
SONarchitect Profesional

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	2 de 18	Hoja 8

Ventanas, Puertas y Capialzados				
Descriptor	S [m ²]	R _A [dBA]	C _{tr} [dB]	DR _A [dBA]
Puerta (30dB)	3,45	30,00	-3,00	-1,00

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo	D _{nT,A} [dBA]	39	-	-
El recinto CUMPLE los requisitos del DB-HR a ruido aéreo dado que el índice global de reducción acústica del muro RA=57,00 dBA no es menor de 50 dBA y el índice global de reducción acústica de los huecos RA=30,00 dBA no es menor de 20 dBA.				

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	3 de 18	Hoja 9



RECINTO EMISOR			
Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Aula cult/doc/admin/relig		2º AULA 3.1	358,25

Soluciones Constructivas	
D1	RI15+LHD70+RI15(med)
F1	RI15+LHD70+RI15(med)
F2	U_BC350mm+AC+50 Mortero
F3	U_BC350mm

Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
D1	12,26	0,00	97,00	37,00	-	0,00	0,00
F1	13,38	3,50	97,00	37,00	-	0,00	0,00
F2	102,36	3,50	360,00	55,00	78,00	3,00	0,00
F3	102,36	3,50	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00

RECINTO RECEPTOR			
Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Habitable		2º ASEOS	20,15

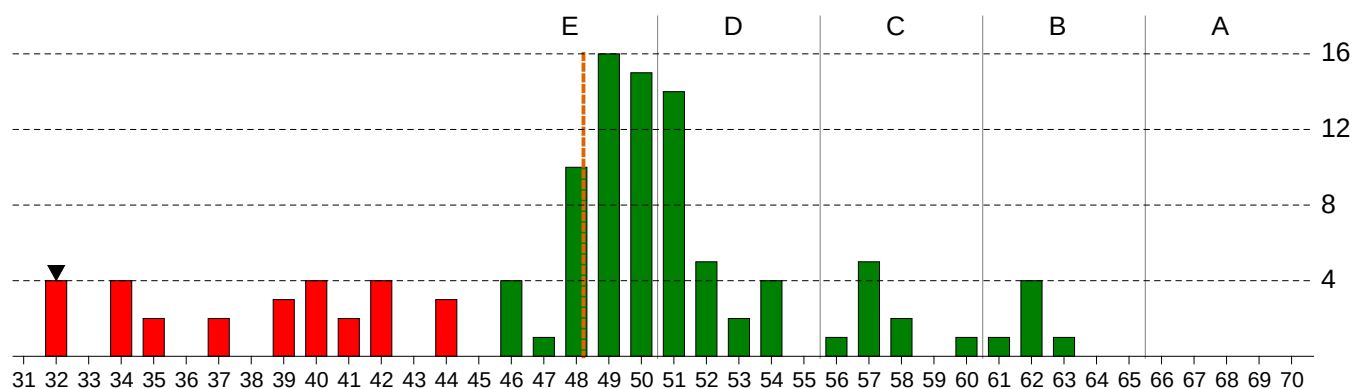
Soluciones Constructivas	
d1	RI15+LHD70+RI15(med)
f1	RI15+LHD70+RI15(med)
f2	RI15+LHD70+RI15(med)
f3	U_BC350mm+AC+50 Mortero
f4	U_BC350mm

Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	12,26	0,00	97,00	37,00	-	0,00	0,00
f1	5,75	3,50	97,00	37,00	-	0,00	0,00
f2	5,75	3,50	97,00	37,00	-	0,00	0,00
f3	5,76	3,50	360,00	55,00	78,00	3,00	0,00
f4	5,76	3,50	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00

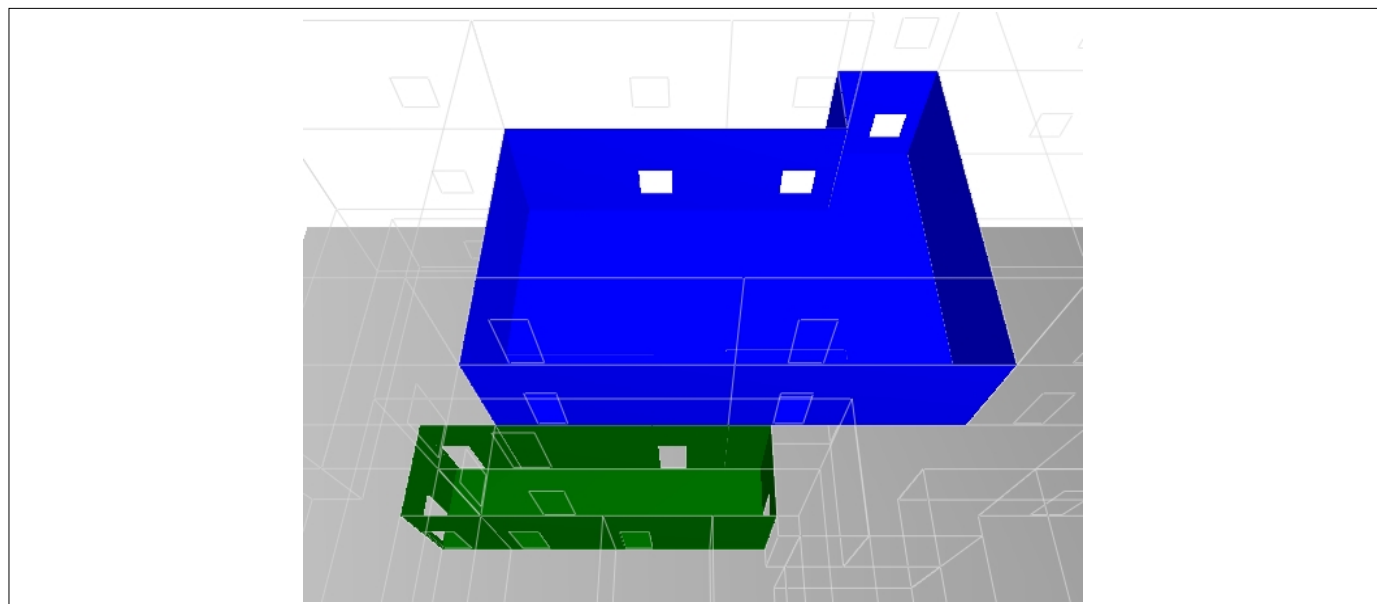
Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	3 de 18	Hoja 10

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo	$D_{nT,A}[dBA]$	32	45	NO CUMPLE

HISTOGRAMAS
Aislamiento a Ruido Aéreo $D_{nT,A}[dBA]$



Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	4 de 18	Hoja 11



RECINTO EMISOR			
Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Aula cult/doc/admin/relig		2º AULA 3.1	354,64

Soluciones Constructivas	
D1	U_BC350mm+AC+50 Mortero
F1	U_BC350mm+AC+50 Mortero
F2	U_BC350mm+AC+50 Mortero
F3	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m²)
F4	U_BC350mm+AC+50 Mortero
F5	U_BC350mm+AC+50 Mortero
F6	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m²)

Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
D1	0,01	0,00	360,00	55,00	78,00	3,00	0,00
F1	1,82	0,00	360,00	55,00	78,00	3,00	0,00
F2	5,89	1,17	360,00	55,00	78,00	3,00	0,00
F3	22,46	1,17	161,00	44,00	-	13,00	0,00
F4	37,74	2,07	360,00	55,00	78,00	3,00	0,00
F5	8,76	4,21	360,00	55,00	78,00	3,00	0,00
F6	21,98	6,28	161,00	44,00	-	13,00	0,00

RECINTO RECEPTOR			
Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Uso Común		1º	80,30

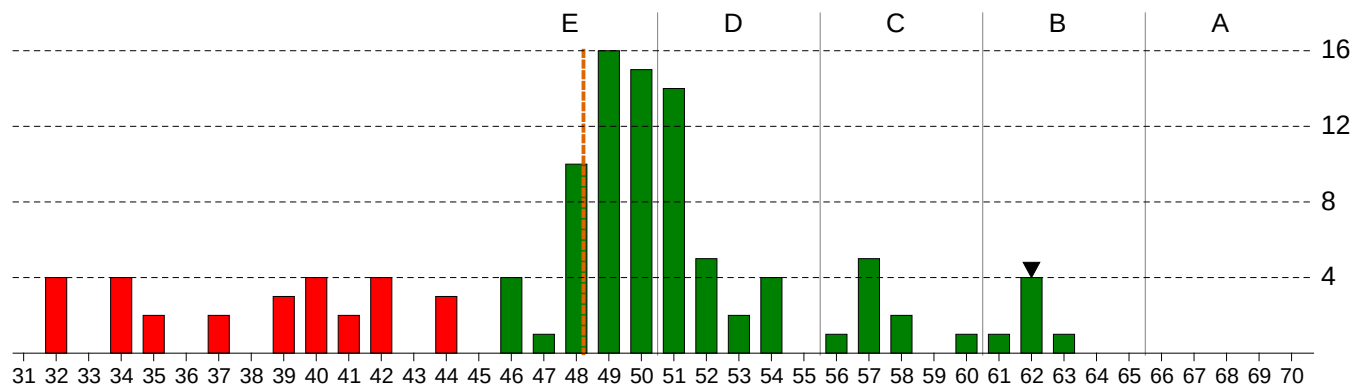
Soluciones Constructivas	
d1	U_BC350mm
f1	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
f2	RI15+LP115+RI15(med)
f3	U_BC350mm
f4	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
f5	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	4 de 18	Hoja 12

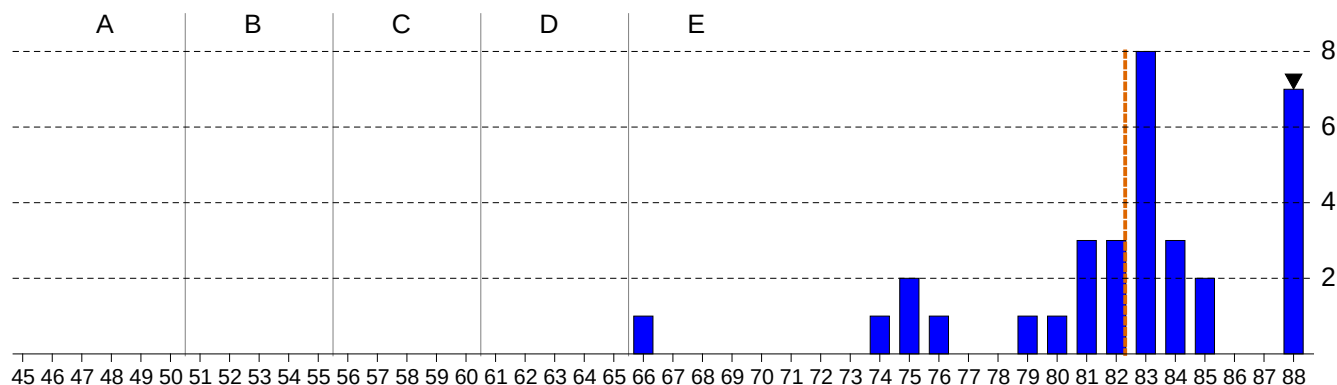
Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	0,01	0,00	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
f1	8,47	0,00	130,00	44,00	-	0,00	0,00
f2	4,08	1,17	161,00	44,00	-	0,00	0,00
f3	18,01	1,17	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
f4	7,24	2,07	130,00	44,00	-	0,00	0,00
f5	14,74	4,21	130,00	44,00	-	0,00	0,00

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo		D _{nT,A} [dBA]	62	45
Nivel de Presión de Ruido de Impactos		L' _{nT,w} [dB]	88	-
				CUMPLE

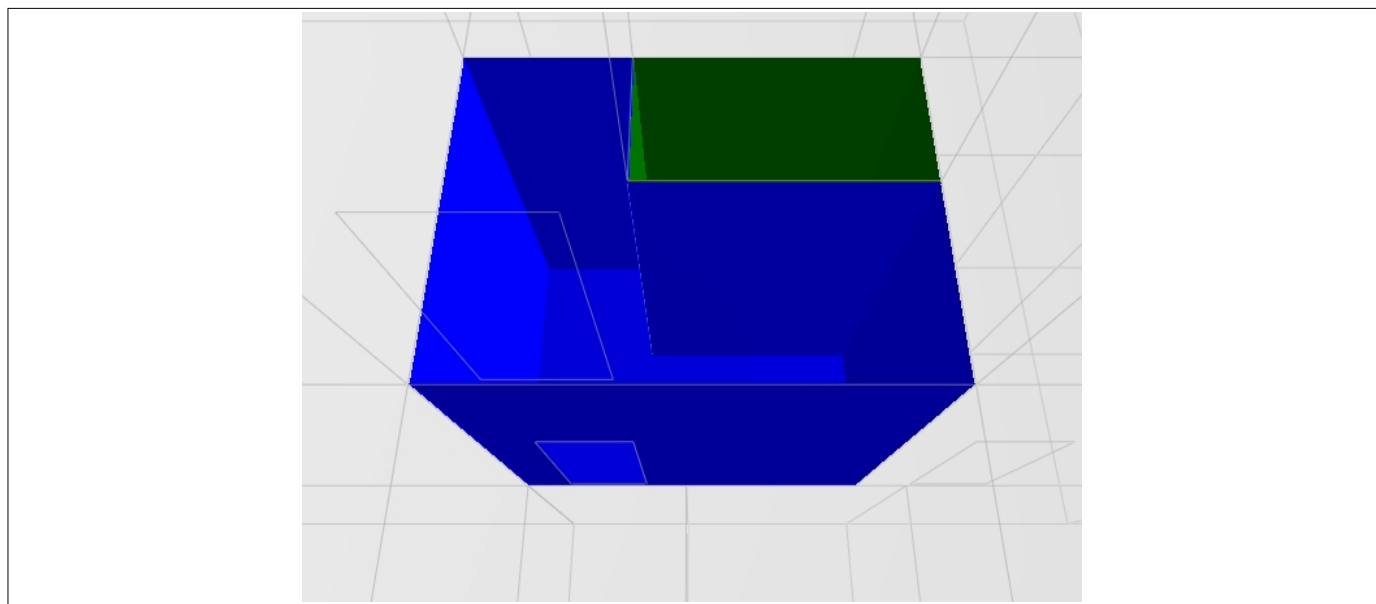
HISTOGRAMAS
Aislamiento a Ruido Aéreo D _{nT,A} [dBA]



Nivel de Presión de Ruido de Impactos L' _{nT,w} [dB]



Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	5 de 18	Hoja 13



RECINTO EMISOR			
Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Habitable		1º ASEOS	23,21

Soluciones Constructivas	
D1	RI15+LHD70+RI15(med)
F1	U_BC350mm+AC+50 Mortero
F2	U_BC350mm
F3	RI15+LHD70+RI15(med)

Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
D1	7,72	0,00	97,00	37,00	-	0,00	0,00
F1	6,63	2,21	360,00	55,00	78,00	3,00	0,00
F2	6,63	2,21	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
F3	5,18	3,50	97,00	37,00	-	0,00	0,00

RECINTO RECEPTOR			
Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Habitable		1º ASEOS	8,58

Soluciones Constructivas	
d1	RI15+LHD70+RI15(med)
f1	U_BC350mm+AC+50 Mortero
f2	U_BC350mm
f3	RI15+LHD70+RI15(med)
f4	RI15+LHD70+RI15(med)

Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	7,72	0,00	97,00	37,00	-	0,00	0,00
f1	2,45	2,21	360,00	55,00	78,00	3,00	0,00
f2	2,45	2,21	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
f3	3,89	3,50	97,00	37,00	-	0,00	0,00
f4	3,89	3,50	97,00	37,00	-	0,00	0,00

Documento Básico HR Protección frente al ruido

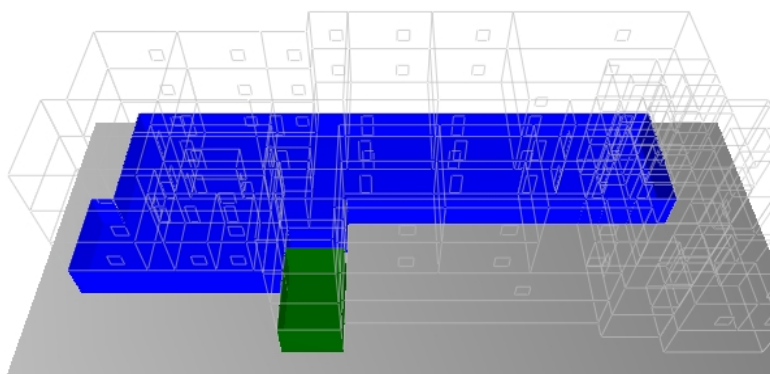
Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impacto

SONarchitect Profesional

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	5 de 18	Hoja 14

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo	$D_{nT,A}$ [dBA]	30	-	-
El recinto CUMPLE los requisitos del DB-HR ya que el índice global de reducción acústica del tabique $RA=37,00$ dBA entre dos recintos de una misma unidad de uso no es menor de 33 d				

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	6 de 18	Hoja 15



RECINTO EMISOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Actividad/Instalaciones		Bajo SÓTANO	1817,60

Soluciones Constructivas

D1	RI15+LP115+RI15(med)
F1	LA SCC200mm
F2	U BC350mm
F3	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
F4	RI15+LP115+RI15(med)

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
D1	6,32	0,00	161,00	44,00	-	0,00	0,00
F1	567,99	1,97	282,00	51,00	82,00	0,00	0,00
F2	9,35	1,97	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
F3	51,17	3,20	130,00	44,00	-	0,00	0,00
F4	6,32	3,20	161,00	44,00	-	0,00	0,00

RECINTO RECEPTOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Habitable		Bajo SÓTANO	100,08

Soluciones Constructivas

d1	RI15+LP115+RI15(med)
f1	LA SCC200mm
f2	U BC350mm
f3	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
f4	RI15+LP115+RI15(med)

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	6,32	0,00	161,00	44,00	-	0,00	0,00
f1	31,27	1,97	282,00	51,00	82,00	0,00	0,00
f2	31,27	1,97	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
f3	15,86	3,20	130,00	44,00	-	0,00	0,00
f4	14,44	3,20	161,00	44,00	-	0,00	0,00

Documento Básico HR Protección frente al ruido

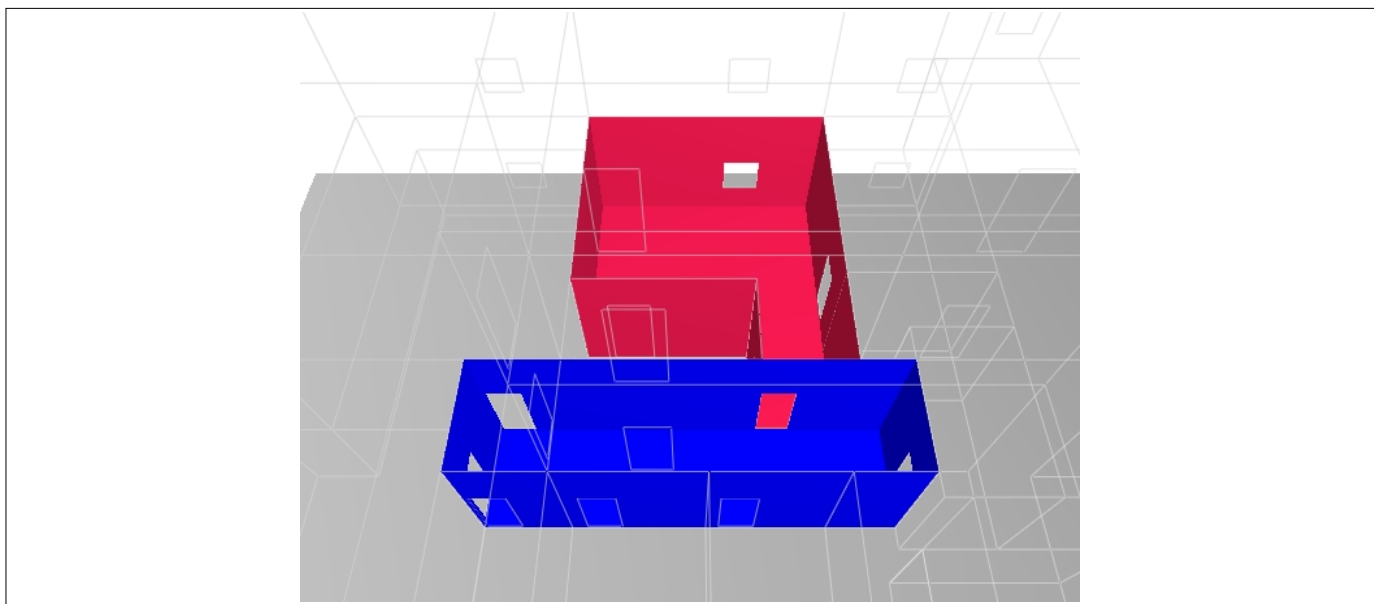
Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impacto

SONarchitect Profesional

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	6 de 18	Hoja 16

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo	$D_{nT,A}$ [dBA]	46	-	-
El recinto CUMPLE los requisitos del DB-HR ya que el índice global de reducción acústica del tabique $RA=44,00$ dBA entre dos recintos de una misma unidad de uso no es menor de 33 d				

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	7 de 18	Hoja 17



RECINTO EMISOR			
Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Uso Común		1º	80,30

Soluciones Constructivas	
D1	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
F1	U_BC350mm+AC+50 Mortero
F2	U_BC350mm
F3	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
F4	RI15+LP115+RI15(med)

Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
D1	7,24	0,00	130,00	44,00	-	0,00	0,00
F1	22,94	2,07	360,00	55,00	78,00	3,00	0,00
F2	0,01	2,07	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
F3	14,74	3,50	130,00	44,00	-	0,00	0,00
F4	4,08	3,50	161,00	44,00	-	0,00	0,00

RECINTO RECEPTOR			
Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Aula cult/doc/admin/relig		1º AULA 2	132,09

Soluciones Constructivas	
d1	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
f1	U_BC350mm+MD+ARPE2
f2	U_BC350mm
f3	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
f4	RI15+LP115+RI15(med)

Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	7,24	0,00	130,00	44,00	-	0,00	0,00
f1	37,74	2,07	360,00	55,00	78,00	2,00	11,00
f2	37,74	2,07	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
f3	7,28	3,50	130,00	44,00	-	0,00	0,00
f4	7,90	3,50	161,00	44,00	-	0,00	0,00

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impacto

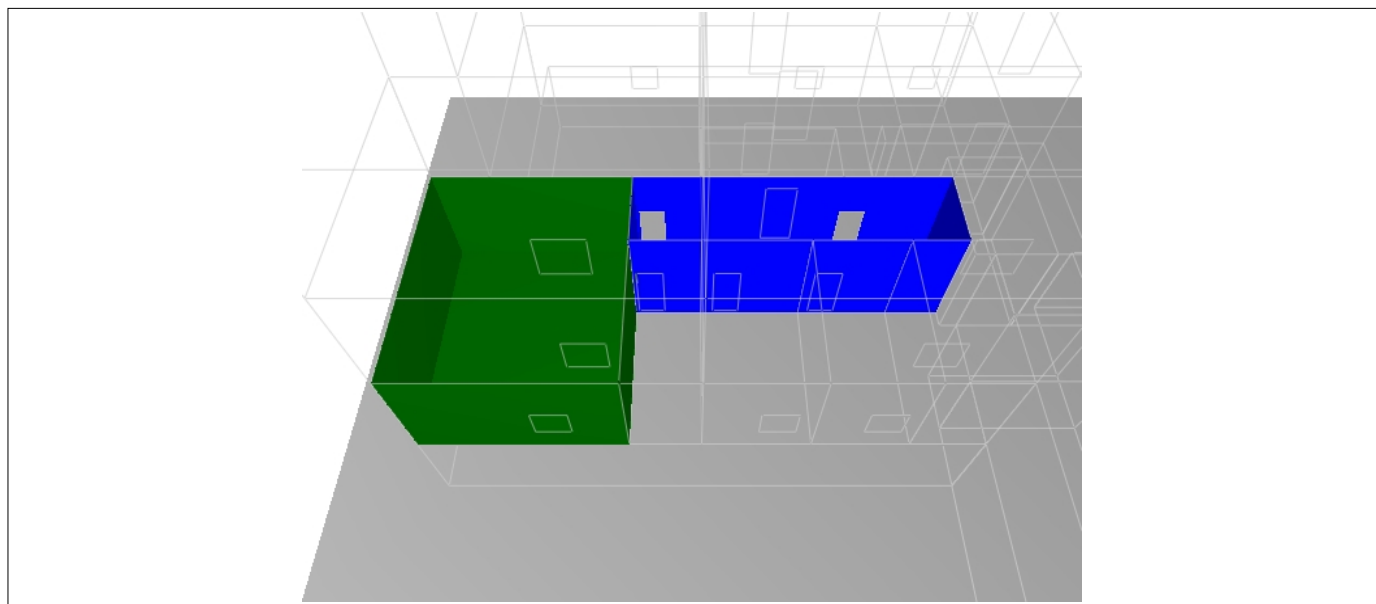
SONarchitect Profesional

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	7 de 18	Hoja 18

Ventanas, Puertas y Capialzados				
Descriptor	S [m ²]	R _A [dBA]	C _{tr} [dB]	DR _A [dBA]
Puerta (30dB)	1,70	30,00	-3,00	0,00

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo	D _{nT,A} [dBA]	43	-	-
El recinto NO CUMPLE los requisitos del DB-HR a ruido aéreo dado que el índice global de reducción acústica del muro RA=44,00 dBA es menor de 50 dBA.				

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	8 de 18	Hoja 19



RECINTO EMISOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Uso Común		1º	80,30

Soluciones Constructivas

D1	RI15+LP115+RI15(med)
F1	U_BC350mm+AC+50 Mortero
F2	U_BC350mm
F3	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
F4	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
D1	8,47	0,00	161,00	44,00	-	0,00	0,00
F1	22,94	2,42	360,00	55,00	78,00	3,00	0,00
F2	4,92	2,42	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
F3	7,11	3,50	130,00	44,00	-	0,00	0,00
F4	7,13	3,50	130,00	44,00	-	0,00	0,00

RECINTO RECEPTOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Aula cult/doc/admin/relig		1º USOS MÚLTIPLES	143,25

Soluciones Constructivas

d1	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m²)
f1	U_BC350mm+AC+50 Mortero
f2	U_BC350mm
f3	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m²)
f4	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m²)

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	8,47	0,00	161,00	44,00	-	13,00	0,00
f1	40,93	2,42	360,00	55,00	78,00	3,00	0,00
f2	40,93	2,42	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
f3	14,75	3,50	161,00	44,00	-	13,00	0,00
f4	15,55	3,50	161,00	44,00	-	13,00	0,00

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impacto

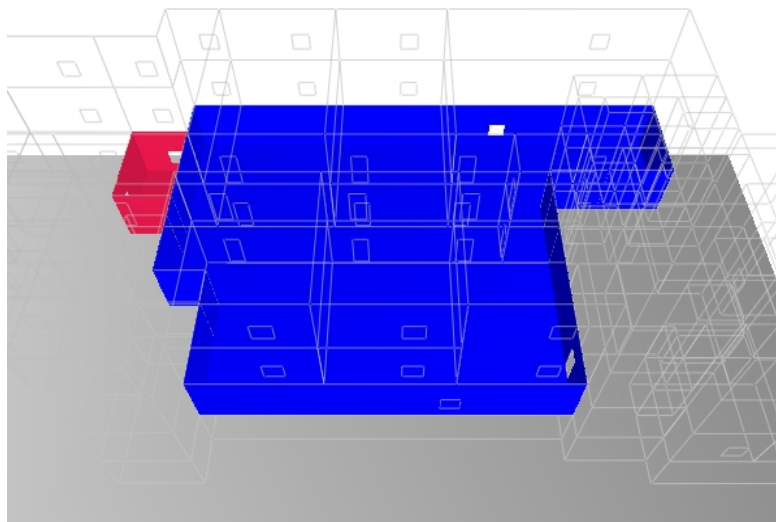
SONarchitect Profesional

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	8 de 18	Hoja 20

Ventanas, Puertas y Capialzados				
Descriptor	S [m ²]	R _A [dBA]	C _{tr} [dB]	DR _A [dBA]
Puerta (30dB)	3,45	30,00	-3,00	-1,00

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo	D _{nT,A} [dBA]	41	-	-
El recinto CUMPLE los requisitos del DB-HR a ruido aéreo dado que el índice global de reducción acústica del muro RA=57,00 dBA no es menor de 50 dBA y el índice global de reducción acústica de los huecos RA=30,00 dBA no es menor de 30 dBA.				

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	9 de 18	Hoja 21



RECINTO EMISOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Estancia cult/doc/admin/r		1º BIBLIOTECA	1561,30

Soluciones Constructivas

D1	RI15+LP115+RI15(med)
F1	RI15+LP115+RI15(med)
F2	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
F3	U_BC350mm+AC+50 Mortero
F4	U_BC350mm

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
D1	18,02	0,00	161,00	44,00	-	0,00	0,00
F1	5,08	3,50	161,00	44,00	-	0,00	0,00
F2	8,49	3,50	240,00	49,00	-	0,00	0,00
F3	265,60	5,15	360,00	55,00	78,00	3,00	0,00
F4	29,56	5,15	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00

RECINTO RECEPTOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Dormitorio resid/sanit		1º ZONA DESCANSO	61,44

Soluciones Constructivas

d1	RI15+LP115+RI15(med)
f1	RI15+LP115+RI15(med)
f2	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
f3	U_BC350mm+MD+ARPE2
f4	U_BC350mm

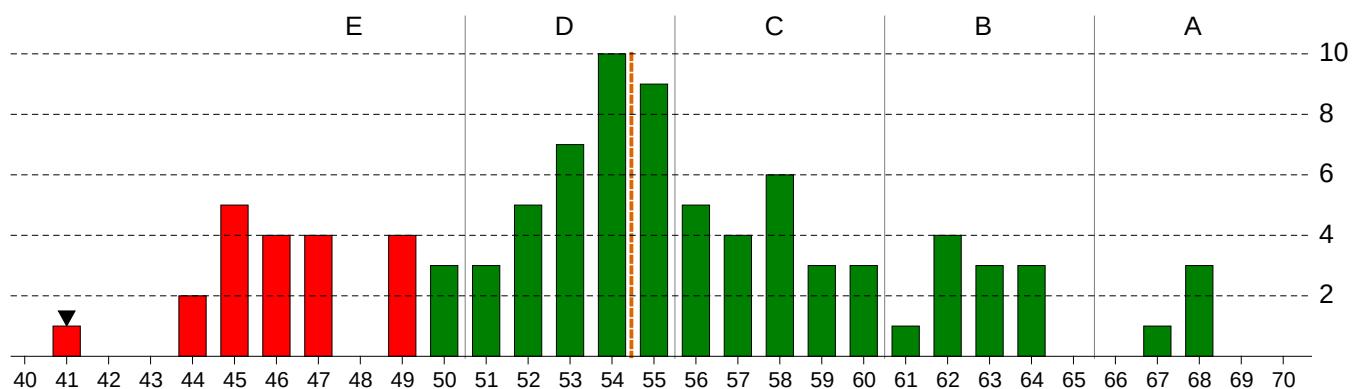
Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	18,02	0,00	161,00	44,00	-	0,00	0,00
f1	11,94	3,50	161,00	44,00	-	0,00	0,00
f2	11,94	3,50	240,00	49,00	-	0,00	0,00
f3	17,55	5,15	360,00	55,00	78,00	2,00	11,00
f4	17,55	5,15	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00

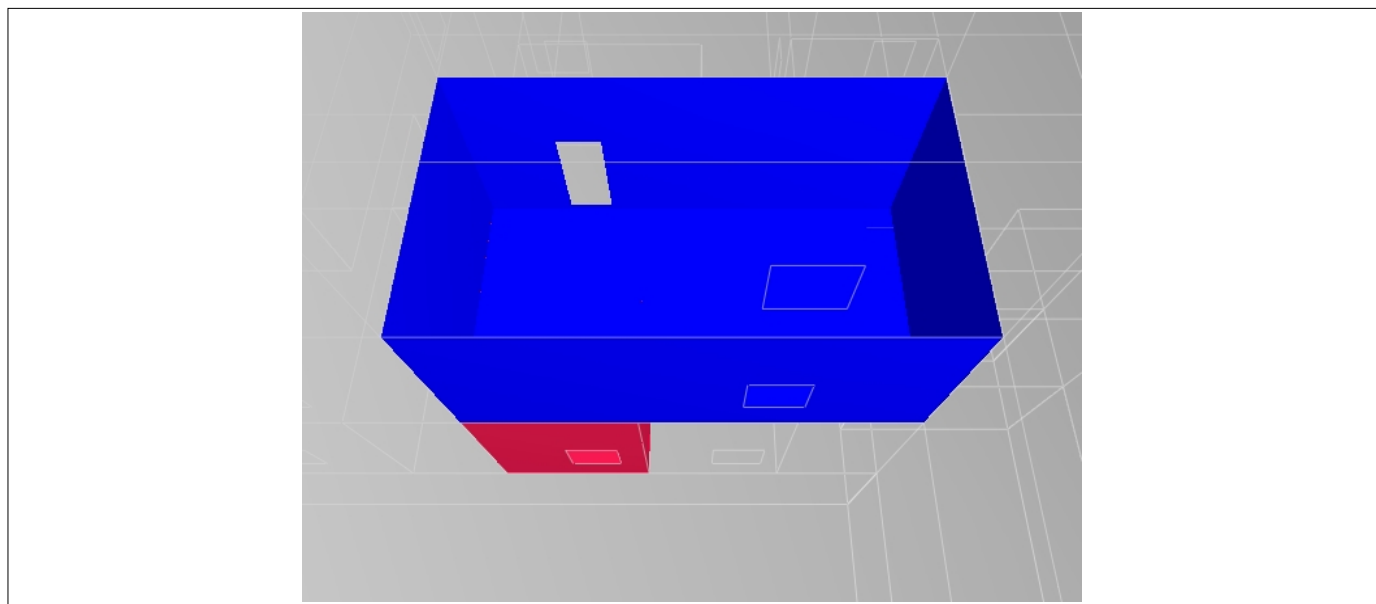
Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.		
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	9 de 18	Hoja	22

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo	D _{nT,A} [dBA]	41	50	NO CUMPLE

HISTOGRAMAS

Aislamiento a Ruido Aéreo $D_{nT,A}$ [dBA]

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	10 de 18	Hoja 23



RECINTO EMISOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Aula cult/doc/admin/relig		2º AULA 3.1	124,26

Soluciones Constructivas

D1	U_BC350mm+AC+50 Mortero
F1	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
F2	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m²)
F3	U_BC350mm+AC+50 Mortero
F4	YL2x12,5+ATMW48+YL12,5+SP+ATMW48+YL2x12,5(PA)

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
D1	13,63	0,00	360,00	55,00	78,00	3,00	0,00
F1	27,97	3,07	240,00	49,00	-	0,00	0,00
F2	27,97	3,07	161,00	44,00	-	13,00	0,00
F3	12,25	4,44	360,00	55,00	78,00	3,00	0,00
F4	15,55	4,44	55,00	58,00	-	0,00	0,00

RECINTO RECEPTOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Estancia cult/doc/admin/r		1º	47,70

Soluciones Constructivas

d1	U_BC350mm
f1	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
f2	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
f3	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
f4	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	13,63	0,00	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
f1	10,74	3,07	240,00	49,00	-	0,00	0,00
f2	10,74	3,07	130,00	44,00	-	0,00	0,00
f3	15,55	4,44	130,00	44,00	-	0,00	0,00
f4	15,55	4,44	130,00	44,00	-	0,00	0,00

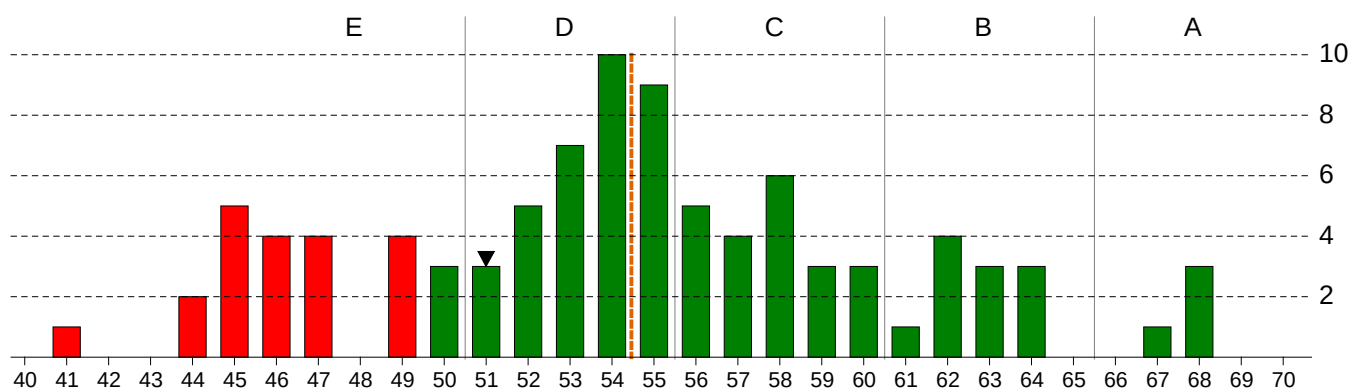
Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	10 de 18	Hoja 24

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR

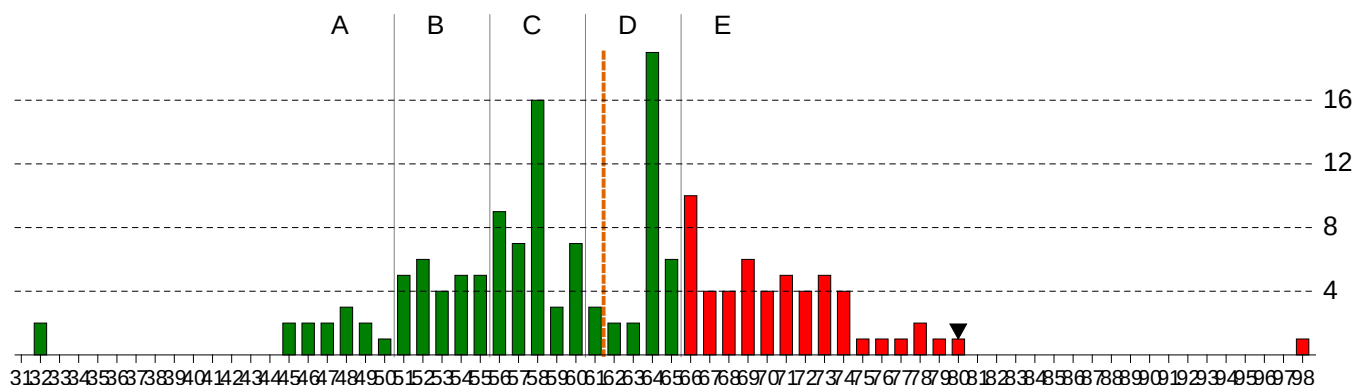
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo	$D_{nT,A}$ [dBA]	51	50	CUMPLE
Nivel de Presión de Ruido de Impactos	$L'_{nT,w}$ [dB]	80	65	NO CUMPLE

HISTOGRAMAS

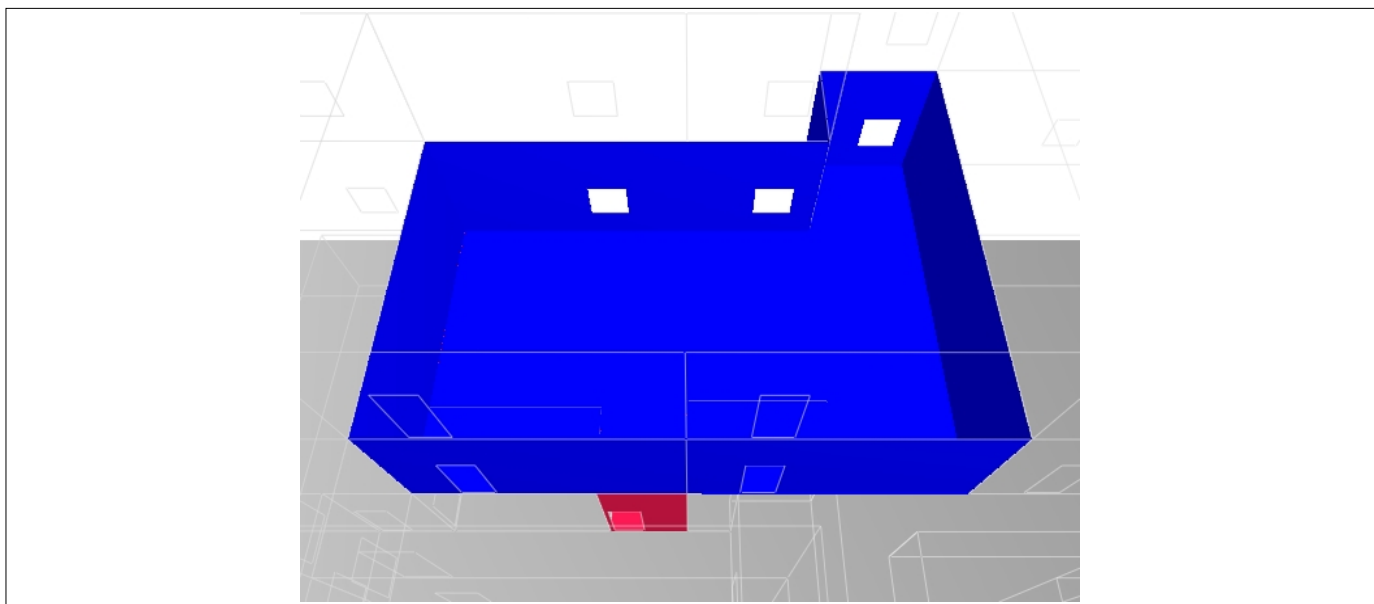
Aislamiento a Ruido Aéreo $D_{nT,A}$ [dBA]



Nivel de Presión de Ruido de Impactos $L'_{nT,w}$ [dB]



Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	11 de 18	Hoja 25



RECINTO EMISOR			
Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Aula cult/doc/admin/relig		2º AULA 3.1	354,64

Soluciones Constructivas	
F1	U_BC350mm

Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
F1	0,01	2,07	360,00	55,00	78,00	3,00	0,00

RECINTO RECEPTOR			
Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Aula cult/doc/admin/relig		1º AULA 2	132,09

Soluciones Constructivas	
f1	U_BC350mm
f2	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)

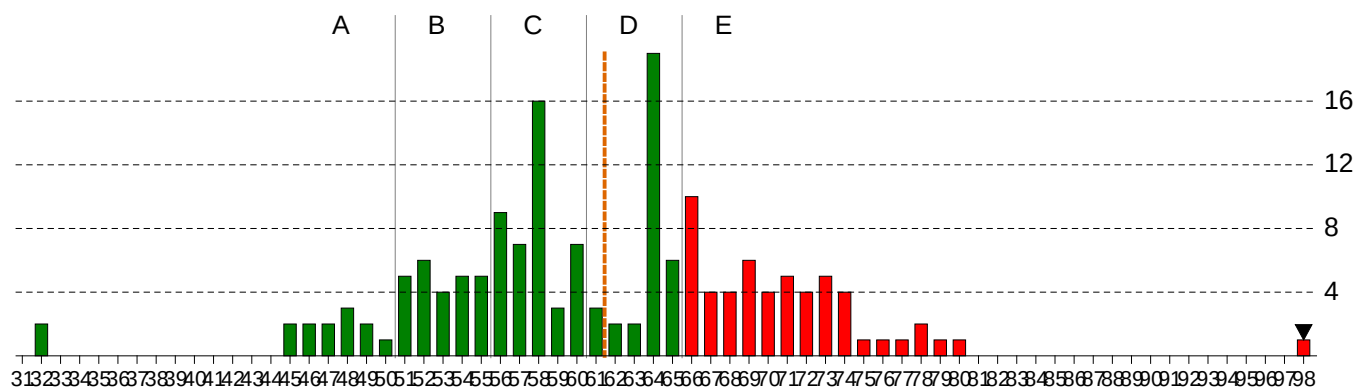
Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
f1	37,74	2,07	360,00	55,00	78,00	3,00	0,00
f2	7,24	2,07	130,00	44,00	-	0,00	0,00

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Nivel de Presión de Ruido de Impactos	L' nT,w [dB]	98	65	NO CUMPLE

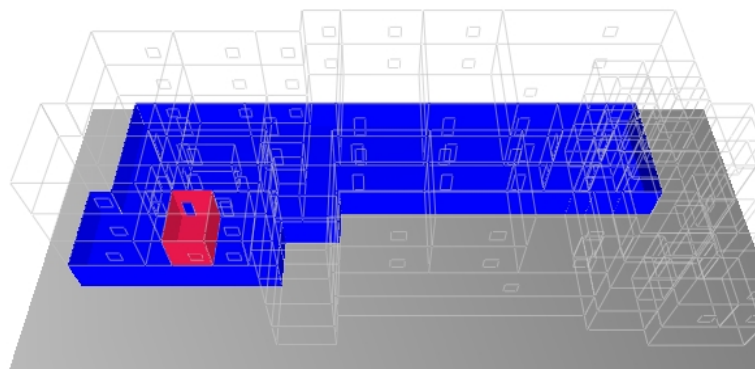
Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	11 de 18	Hoja 26

HISTOGRAMAS

Nivel de Presión de Ruido de Impactos $L'_{nT,w}$ [dB]



Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	12 de 18	Hoja 27



RECINTO EMISOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Actividad/Instalaciones		Bajo SÓTANO	1817,60

Soluciones Constructivas

D1	U_BC350mm
F1	U_BC350mm
F2	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
F3	U_BC350mm
F4	U_BC350mm

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
D1	13,63	0,00	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
F1	22,94	3,07	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
F2	51,17	3,07	130,00	44,00	-	0,00	0,00
F3	9,02	4,44	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
F4	12,25	4,44	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00

RECINTO RECEPTOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Estancia cult/doc/admin/r		1º	47,70

Soluciones Constructivas

d1	U_BC350mm+AC+50 Mortero
f1	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
f2	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
f3	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
f4	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)

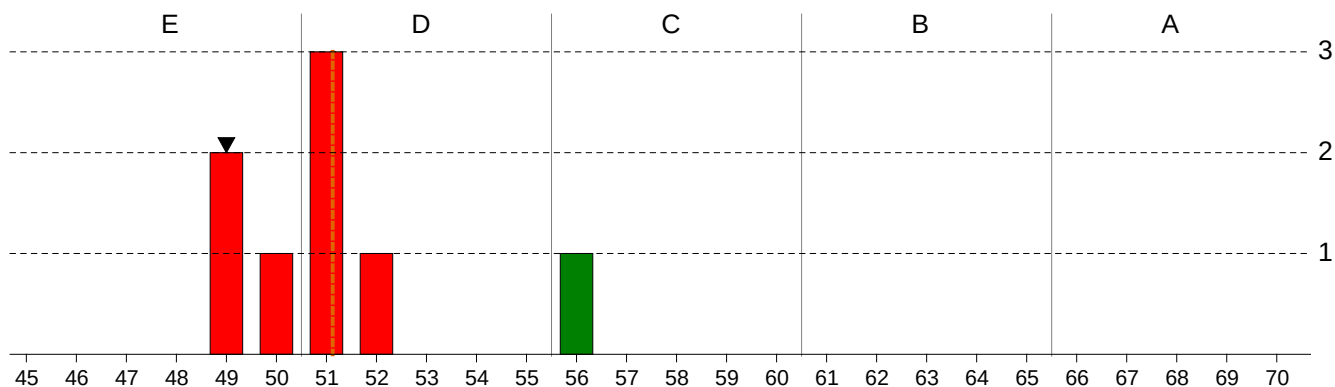
Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	13,63	0,00	360,00	55,00	78,00	3,00	0,00
f1	10,74	3,07	240,00	49,00	-	0,00	0,00
f2	10,74	3,07	130,00	44,00	-	0,00	0,00
f3	15,55	4,44	130,00	44,00	-	0,00	0,00
f4	15,55	4,44	130,00	44,00	-	0,00	0,00

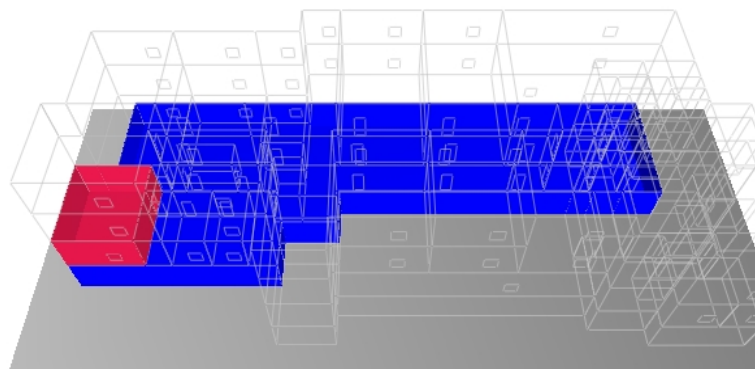
Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	12 de 18	Hoja 28

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo		$D_{nT,A}$ [dBA]	49	55
				NO CUMPLE

HISTOGRAMAS
Aislamiento a Ruido Aéreo $D_{nT,A}$ [dBA]



Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	13 de 18	Hoja 29



RECINTO EMISOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Actividad/Instalaciones		Bajo SÓTANO	1817,60

Soluciones Constructivas

D1	U_BC350mm
F1	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
F2	U_BC350mm
F3	U_BC350mm
F4	U_BC350mm
F5	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
F6	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
D1	40,93	0,00	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
F1	5,61	1,75	130,00	44,00	-	0,00	0,00
F2	22,94	2,42	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
F3	46,28	4,21	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
F4	9,02	4,44	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
F5	51,17	5,96	130,00	44,00	-	0,00	0,00
F6	21,96	6,86	130,00	44,00	-	0,00	0,00

RECINTO RECEPTOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Aula cult/doc/admin/relig		1º USOS MÚLTIPLES	143,25

Soluciones Constructivas

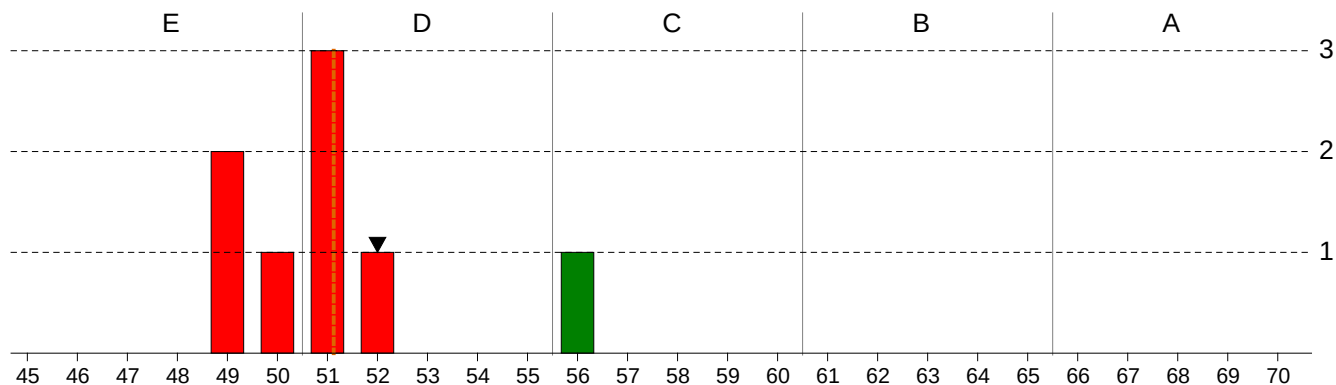
d1	U_BC350mm+AC+50 Mortero
f1	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
f2	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²)
f3	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²)
f4	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²)
f5	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
f6	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	13 de 18	Hoja 30

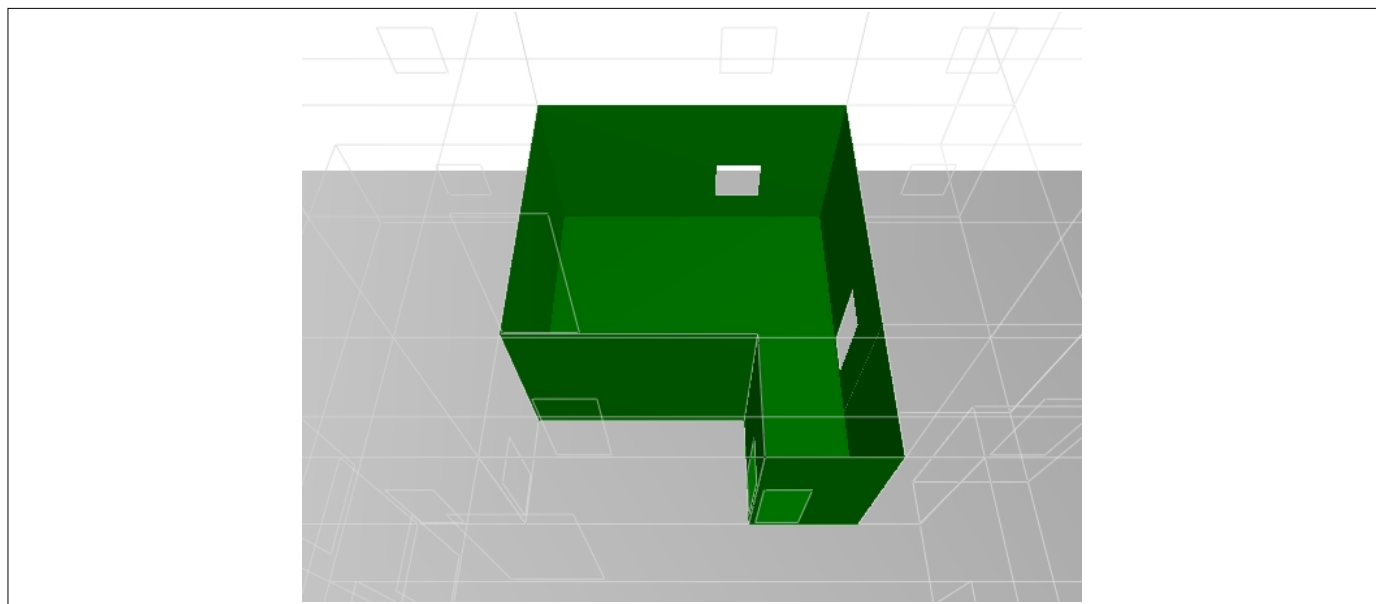
Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	40,93	0,00	360,00	55,00	78,00	3,00	0,00
f1	6,13	1,75	130,00	44,00	-	0,00	0,00
f2	8,47	2,42	161,00	44,00	-	13,00	0,00
f3	14,75	4,21	161,00	44,00	-	13,00	0,00
f4	15,55	4,44	161,00	44,00	-	13,00	0,00
f5	20,88	5,96	240,00	49,00	-	0,00	0,00
f6	24,02	6,86	240,00	49,00	-	0,00	0,00

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo		D _{nT,A} [dBA]	52	55
				NO CUMPLE

HISTOGRAMAS
Aislamiento a Ruido Aéreo D _{nT,A} [dBA]



Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	14 de 18	Hoja 31



FACHADA

Tipo de Ruido Exterior	L_d [dB]
Automóviles y Ferrocarriles	60,00

Soluciones Constructivas

D1	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
F1	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
F2	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
F3	P+Fi+D+Csa+I+Cs+AT+B+FP+FU BP EPSmec-enr250mm
F4	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	C _{tr} [dB]	Forma	DL _{fs} [dB]
D1	21,98	0,00	240,00	49,00	-	-	0,00
F1	21,87	3,50	240,00	49,00	-	-	0
F2	11,94	3,50	240,00	49,00	-	-	0
F3	38,65	6,28	200,00	45,00	-	-	0
F4	21,98	6,28	240,00	49,00	-	-	0

RECINTO RECEPTOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Aula cult/doc/admin/relig		1º AULA 2	132,09

Soluciones Constructivas

d1	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
f1	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m²)
f2	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m²)
f3	U_BC350mm+MD+ARPE2
f4	U_BC350mm

Parámetros Acústicos

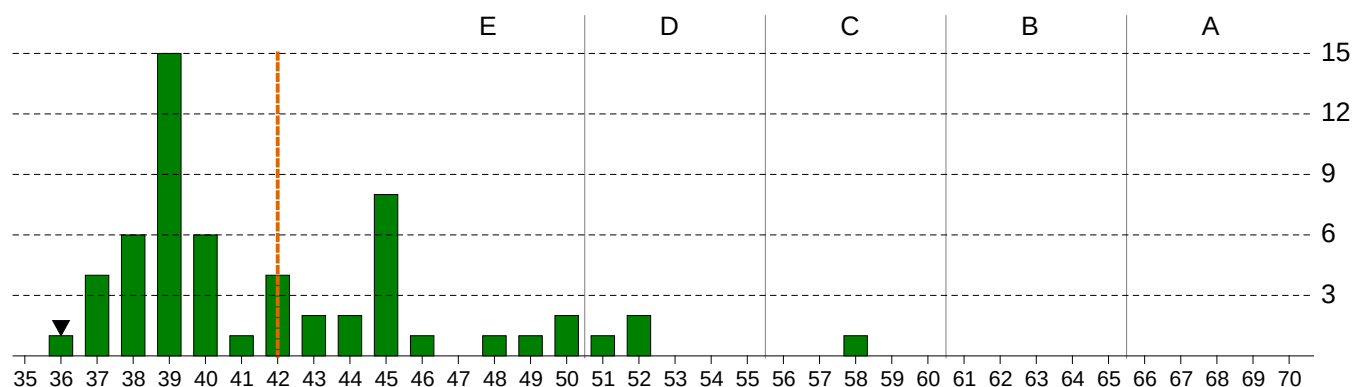
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	21,98	0,00	240,00	49,00	-	0,00	0,00
f1	18,64	3,50	161,00	44,00	-	13,00	0,00
f2	18,02	3,50	161,00	44,00	-	13,00	0,00
f3	37,74	6,28	360,00	55,00	78,00	2,00	11,00
f4	37,74	6,28	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	14 de 18	Hoja 32

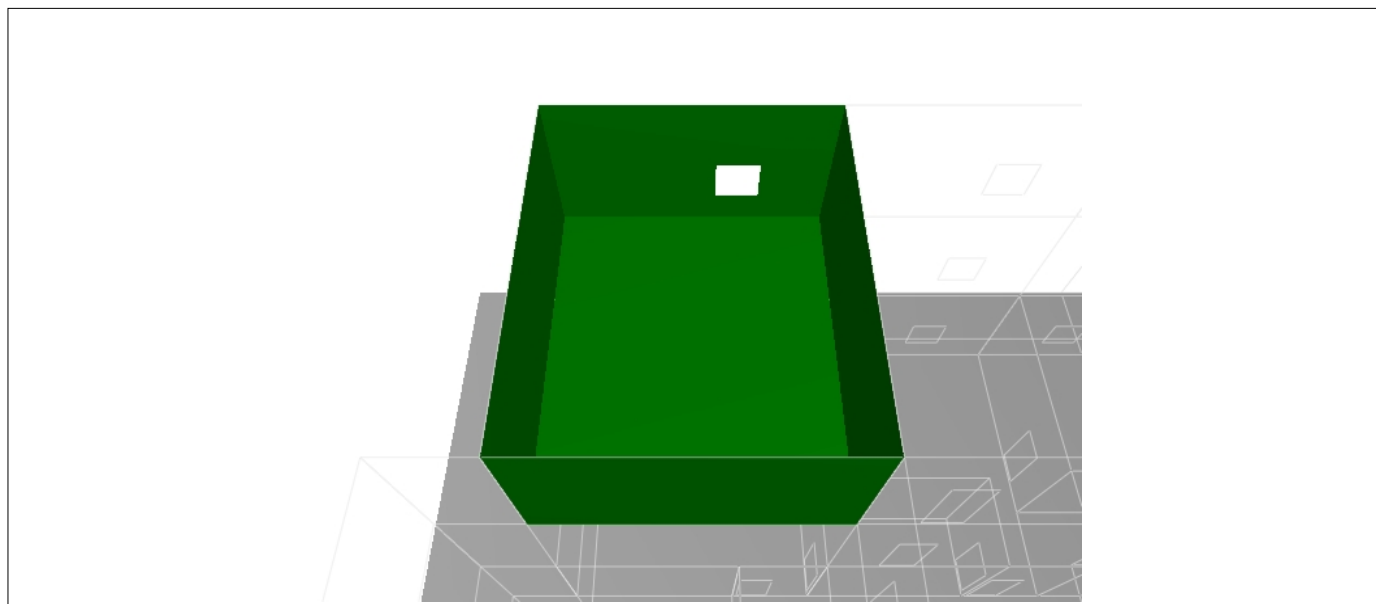
Ventanas, Puertas y Capialzados				
Descriptor	S [m ²]	R _A [dBA]	C _{tr} [dB]	DR _A [dBA]
Sen_OSC/NP6-(6...16)-10+10	12,50	35,00	-4,00	-3,00

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo		D _{2m,nT,Atr} [dBAtr]	30	CUMPLE

HISTOGRAMA
Aislamiento a Ruido Aéreo D _{2m,nT,A} [dBA]



Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	15 de 18	Hoja 33



CUBIERTA

Tipo de Ruido Exterior	L_d [dB]
Automóviles y Ferrocarriles	60,00

Soluciones Constructivas

D1	P+Fi+D+Csa+I+Cs+AT+B+FP+FU_BP_EPSmec-enr250mm
F1	P+Fi+D+Csa+I+Cs+AT+B+FP+FU_BP_EPSmec-enr250mm
F2	P+Fi+D+Csa+I+Cs+AT+B+FP+FU_BP_EPSmec-enr250mm

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	C _{tr} [dB]	Forma	DL _{fs} [dB]
D1	46,28	0,00	200,00	45,00	-	-	0
F1	54,88	6,25	200,00	45,00	-	-	0
F2	101,33	7,41	200,00	45,00	-	-	0

RECINTO RECEPTOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Aula cult/doc/admin/relig		3º AULA 3.1	161,97

Soluciones Constructivas

d1	P+Fi+D+Csa+I+Cs+AT+B+FP+FU_BP_EPSmec-enr250mm
f1	YL2x12,5+ATMW48+YL12,5+SP+ATMW48+YL2x12,5(PA)
f2	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
f3	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
f4	YL2x12,5+ATMW48+YL12,5+SP+ATMW48+YL2x12,5(PA)

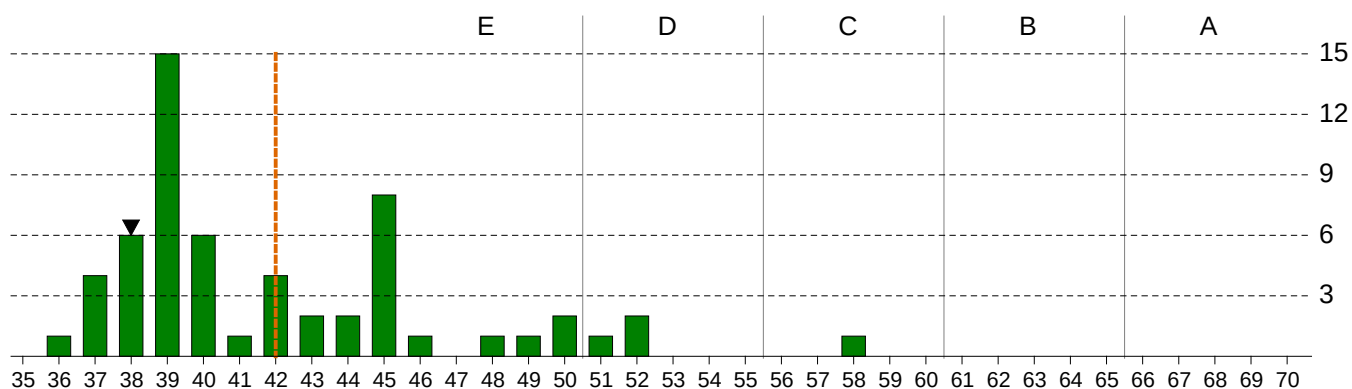
Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	46,28	0,00	200,00	45,00	88,00	0,00	0,00
f1	21,87	6,25	55,00	58,00	-	0,00	0,00
f2	21,87	6,25	240,00	49,00	-	0,00	0,00
f3	25,92	7,41	240,00	49,00	-	0,00	0,00
f4	25,92	7,41	55,00	58,00	-	0,00	0,00

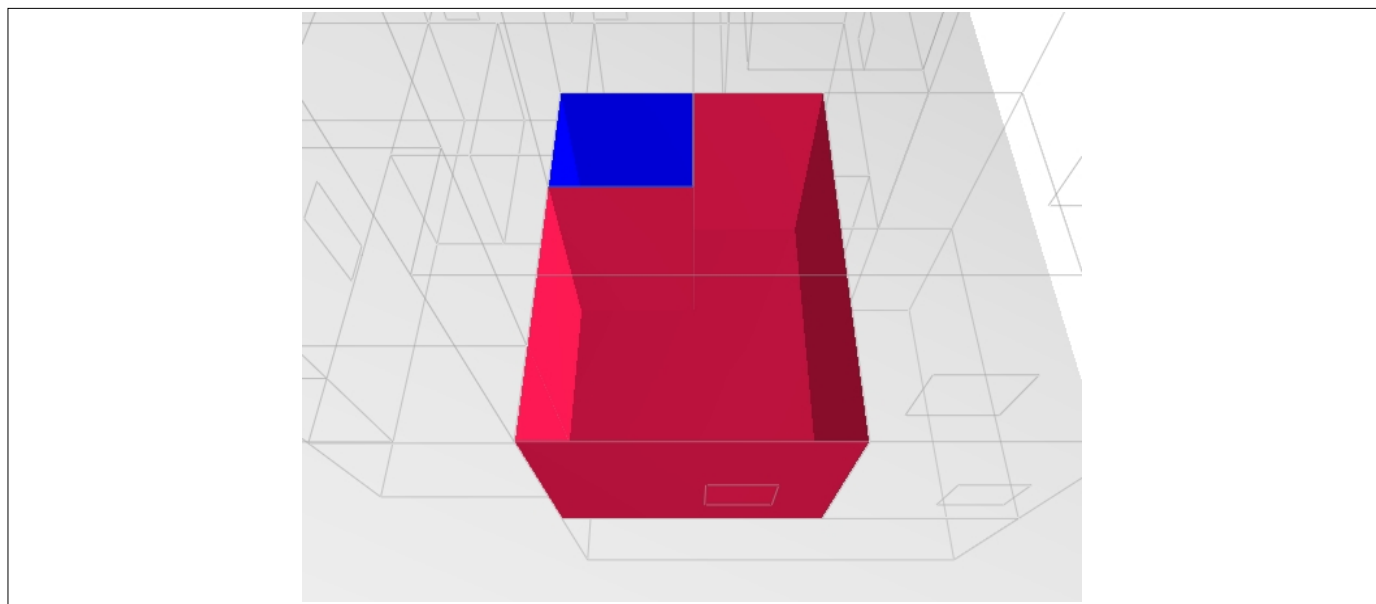
Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	15 de 18	Hoja 34

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo	$D_{2m,nT,Atr}$ [dBAtr]	38	30	CUMPLE

HISTOGRAMA
Aislamiento a Ruido Aéreo $D_{2m,nT,A}$ [dBA]



Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	16 de 18	Hoja 35



RECINTO EMISOR			
Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Ascensor		1º	13,68

Soluciones Constructivas	
D1	RI15+LP115+RI15(med)
F1	U_BC350mm+AC+50 Mortero
F2	U_BC350mm
F3	RI15+LP115+RI15(med)

Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
D1	7,28	0,00	161,00	44,00	-	0,00	0,00
F1	3,91	2,08	360,00	55,00	78,00	3,00	0,00
F2	3,91	2,08	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
F3	6,58	3,50	161,00	44,00	-	0,00	0,00

RECINTO RECEPTOR			
Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Estancia cult/doc/admin/r		1º OFICINAS	68,13

Soluciones Constructivas	
d1	RI15+LP115+RI15(med)
f1	U_BC350mm+AC+50 Mortero
f2	U_BC350mm
f3	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
f4	RI15+LP115+RI15(med)

Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	7,28	0,00	161,00	44,00	-	0,00	0,00
f1	19,47	2,08	360,00	55,00	78,00	3,00	0,00
f2	19,47	2,08	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
f3	8,92	3,50	130,00	44,00	-	0,00	0,00
f4	6,58	3,50	161,00	44,00	-	0,00	0,00

Documento Básico HR Protección frente al ruido

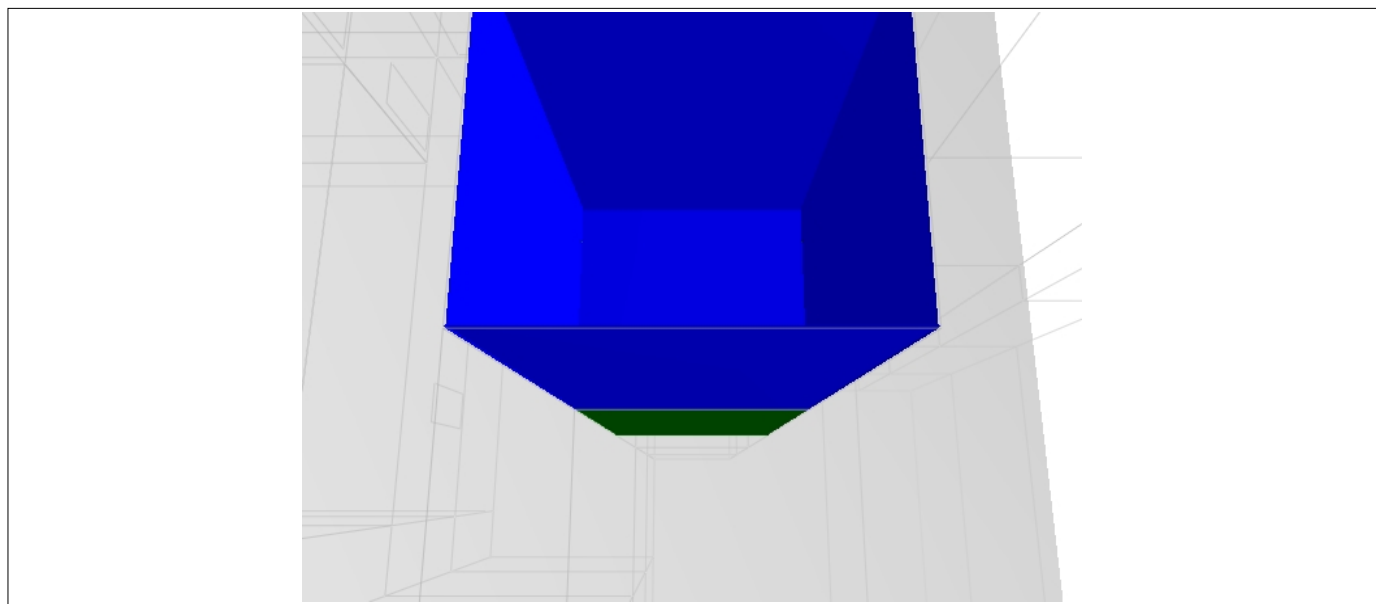
Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impacto

SONarchitect Profesional

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	16 de 18	Hoja 36

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo	$D_{nT,A}$ [dBA]	46	-	NO CUMPLE
El recinto NO CUMPLE los requisitos del DB-HR ya que el índice global de reducción acústica de la caja de ascensor $RA=44,00$ dBA es menor de 33 dBA.				

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	17 de 18	Hoja 37



RECINTO EMISOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Ascensor		4º	13,29

Soluciones Constructivas

D1	U_BC350mm+AC+50 Mortero
F1	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
F2	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
F3	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
F4	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
D1	3,91	0,00	360,00	55,00	78,00	3,00	0,00
F1	6,39	1,88	130,00	44,00	-	0,00	0,00
F2	6,39	1,88	130,00	44,00	-	0,00	0,00
F3	7,07	2,08	130,00	44,00	-	0,00	0,00
F4	7,07	2,08	130,00	44,00	-	0,00	0,00

RECINTO RECEPTOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Uso Común		3º	13,68

Soluciones Constructivas

d1	U_BC350mm
f1	RI15+LP115+RI15(med)
f2	RI15+LP115+RI15(med)
f3	RI15+LP115+RI15(med)
f4	RI15+LP115+RI15(med)

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	3,91	0,00	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
f1	6,58	1,88	161,00	44,00	-	0,00	0,00
f2	6,58	1,88	161,00	44,00	-	0,00	0,00
f3	7,28	2,08	161,00	44,00	-	0,00	0,00
f4	7,28	2,08	161,00	44,00	-	0,00	0,00

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impacto

SONarchitect Profesional

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	17 de 18	Hoja 38

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo	$D_{nT,A}$ [dBA]	49	-	CUMPLE
Nivel de Presión de Ruido de Impactos	$L'_{nT,w}$ [dB]	84	CUMPLE	
El recinto CUMPLE los requisitos del DB-HR ya que el índice global de reducción acústica de la caja de ascensor RA=58,00 dBA no es menor de 50 dBA.				

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Mediciones	Hoja	39

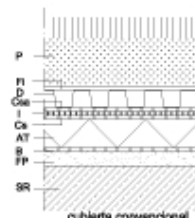
RESULTADOS DEL CALCULO DEL TIEMPO DE REVERBERACION

Recinto	Tipo	V [m3]	T30 [s]	Req.	Cumplimiento
Recinto 12 (1ºUSOS MÚLTI)	Aulas y salas de conferen	143,25	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 13 (1ºAULA 1)	Aulas y salas de conferen	161,97	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 14 (1º)	Uso Común	31,59	0,66	0,8	CUMPLE
Recinto 15 (1º)	Uso Común	80,30	0,67	0,8	CUMPLE
Recinto 18 (1ºAULA 2)	Aulas y salas de conferen	132,09	0,68	0,7	CUMPLE
Recinto 21 (1º)	Uso Común	20,61	3,27	0,8	NO CUMPLE
Recinto 25 (1º)	Uso Común	31,19	3,61	0,8	NO CUMPLE
Recinto 27 (1º)	Uso Común	286,72	4,60	0,8	NO CUMPLE
Recinto 37 (2ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	192,06	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 38 (2ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	161,97	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 39 (2ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	124,26	0,68	0,7	CUMPLE
Recinto 40 (2º)	Uso Común	386,93	0,68	0,8	CUMPLE
Recinto 41 (2ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	354,64	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 42 (2ºAULA 4.1)	Aulas y salas de conferen	164,30	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 43 (2ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	224,10	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 44 (2ºAULA 4.1)	Aulas y salas de conferen	153,51	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 45 (2ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	214,69	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 46 (2ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	358,25	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 48 (2º)	Uso Común	28,90	0,66	0,8	CUMPLE
Recinto 49 (2º)	Uso Común	343,33	4,53	0,8	NO CUMPLE
Recinto 55 (2º)	Uso Común	13,68	3,20	0,8	NO CUMPLE
Recinto 58 (2º)	Uso Común	111,28	4,27	0,8	NO CUMPLE
Recinto 59 (3ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	192,06	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 60 (3ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	161,97	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 61 (3ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	124,26	0,68	0,7	CUMPLE
Recinto 62 (3º)	Uso Común	386,93	0,68	0,8	CUMPLE
Recinto 63 (3ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	354,64	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 64 (3ºAULA 4.1)	Aulas y salas de conferen	164,30	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 65 (3ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	224,10	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 66 (3ºAULA 4.1)	Aulas y salas de conferen	153,51	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 67 (3ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	214,69	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 68 (3ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	358,25	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 69 (3º)	Uso Común	28,90	0,66	0,8	CUMPLE
Recinto 70 (3º)	Uso Común	343,33	4,53	0,8	NO CUMPLE
Recinto 76 (3º)	Uso Común	13,68	3,20	0,8	NO CUMPLE

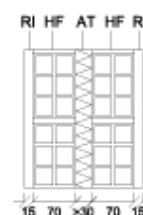
Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Mediciones	Hoja	40

MEDICIONES

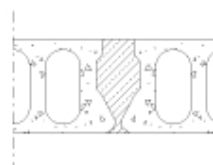
Cubierta			Ajardinada	
P+Fi+D+Csa+I+Cs+AT+B+FP+FU_BP_EPSmec-enr250mm				
Catálogo de Elementos Constructivos				
m [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
200,00	45,00	88,00	-	-
			911.60 m ²	



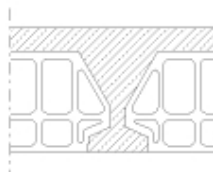
Partición			Doble hoja		
RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)					
/					
m [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]		DR _A [dBA]	DL _w [dB]
130,00	44,00	-		-	-
				956.00 m ²	



Forjado		Losa alveolar		
LA_SCC200mm				
/				
m [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
282,00	51,00	82,00	-	-
			911.60 m ²	



Forjado			Unidireccional		
U_BC350mm					
/					
m [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]		DR _A [dBA]	DL _w [dB]
360,00	55,00	78,00		-	-
				2596.40 m ²	

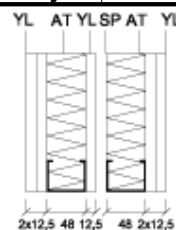


Partición			Hoja simple		
R115+LP115+R115(med)					
/					
m [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]	
161,00	44,00	-	-	-	
				1086.20 m ²	

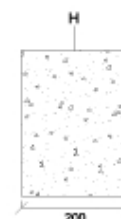


Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Mediciones	Hoja	41

Partición		De entramado autoportante		
YL2x12,5+ATMW48+YL12,5+SP+ATMW48+YL2x12,5(PA)				
/				
m [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
55,00	58,00	-	-	-
			431.53 m ²	



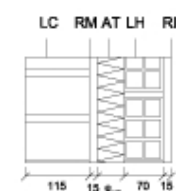
Partición			Hoja simple		
HAL200					
/					
m [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]	
360,00	55,00	-	-	-	
				25,34 m ²	



Partición			Hoja simple		
RI15+LHD70+RI15(med)					
/					
m [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]		DR _A [dBA]	DL _w [dB]
97,00	37,00	-		-	-
				405.12 m ²	



Fachada			Fábrica vista		
LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)					
/					
m [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]		DR _A [dBA]	DL _w [dB]
240,00	49,00	-		-	-
				1196.60 m ²	

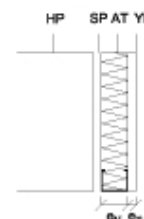


Suelo Flotante			Con capa de mortero		
AC+50 Mortero					
/					
m [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]		DR _A [dBA]	DL _w [dB]
-	-	-		3,00	0,00
				2715.40 m ²	

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Mediciones	Hoja	42

Suelo Flotante			Con tablero de madera			
MD+ARPE2						
/						
m [kg/m ²]	R _A [dBA]		L _{n,w} [dB]		DR _A [dBA]	DL _w [dB]
-	-		-		2,00	11,00
					110,33 m ²	

Trasdosado			Yeso laminado	
YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m²)				
/				
m [kg/m²]	RA [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
-	-	-	13,00	0,00
			574.97 m²	



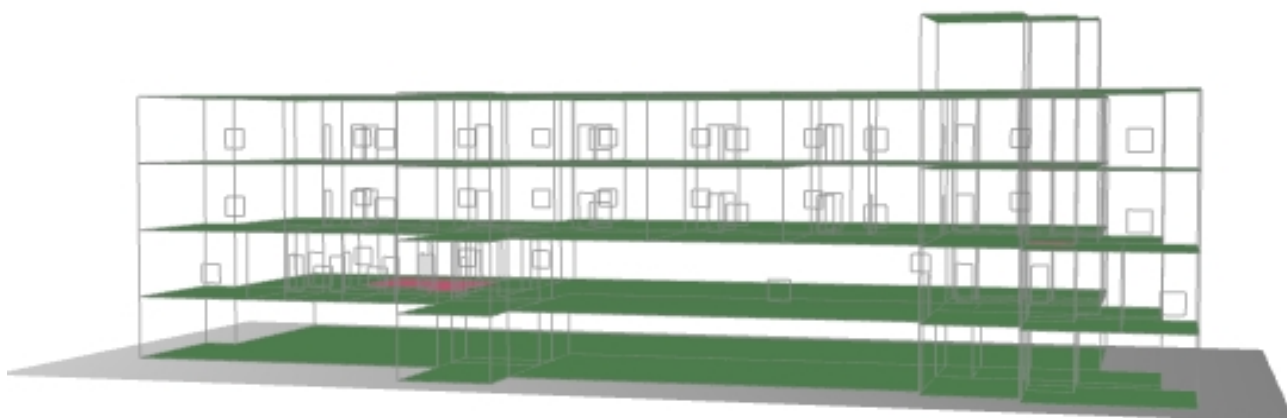
Puerta		Interior	
Puerta (30dB)			
/			
R _w [dB]	C [dB]	C _{tr} [dB]	
-	-1,00	-3,00	
			87.15 m ²



Ventana		Oscilobatiente o no practicable	
Sen_OSC/NP6–(6...16)–10+10			
/			
R _w [dB]	C [dB]	C _{tr} [dB]	
-	-1,00	-4,00	
			309.84 m ²



ANEXO III: INFORME DE MODELIZACIÓN ACÚSTICA 3D FINAL (PROYECTO OPTIMIZADO)



**Proyecto Acústico según Documento Básico
DB HR Protección frente al ruido
CED UPS**

Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez
Organización	GOC
Referencia	
Fecha	01/04/2015

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez		Hoja	2

RECINTOS POR TIPOLOGIA			
Tipología	Totales	CUMPLEN	NO CUMPLE
Espacios de uso común	14	12	2
Escaleras	2	2	0
Recintos de actividad o instalaciones	2	2	0
Ascensores	3	3	0
Recintos habitables	34	34	0
Dormitorios	1	1	0
Estancias en edificio residencial o sanitario	0	0	0
Estancias en edificio cultural, docente, administrativo o religi	3	3	0
Aulas en edificio cultural, docente, administrativo o religioso	21	20	1
Restaurantes y comedores	0	0	0
TOTAL	74	71	3

TIPOS DE EXIGENCIAS EN AISLAMIENTO			
Tipología	Totales	CUMPLEN	NO CUMPLE
Habitables con huecos en el separador	27	27	0
Habitables	122	122	0
Misma unidad de uso	216	216	0
Protegidos con huecos en el separador	25	25	0
Protegidos	216	215	1
Protegidos frente a instalaciones	6	6	0
Ruido Exterior	57	57	0
Habitables frente a instalaciones con huecos	0	0	0
Habitables frente a instalaciones (impacto)	0	0	0
Habitables o protegidos frente a ascensores	4	4	0
TOTAL	673	672	1

TIPOS DE EXIGENCIAS EN REVERBERACION			
Tipología	Totales	CUMPLEN	NO CUMPLE
Espacios de uso común	8	6	2
Aulas y salas de conferencias	21	21	0
Restaurantes y comedores	0	0	0
TOTAL	29	27	2

Declaración de No Cumplimiento

El edificio presenta un total de 80 recintos, de los que 74 están sujetos al cumplimiento de los requisitos de aislamiento acústico incluidos en el apartado 2.1 del Documento Básico de Protección Frente al Ruido del Código Técnico de la Edificación (DB-HR). De ellos 71 recintos cumplen los requisitos de aislamiento calculados según el método general expuesto en el apartado 3.1.3 del DB-HR y 3 no los cumplen.

Por otro lado, el edificio presenta 29 recintos que están sujetos al cumplimiento de los requisitos de reverberación incluidos en el apartado 2.2 del Documento Básico de Protección Frente al Ruido del Código Técnico de la Edificación (DB-HR). De ellos 27 recintos cumplen los requisitos de reverberación calculados según el método general expuesto en el apartado 3.2.2 del DB-HR y 2 no los cumplen.

Dado que existen recintos susceptibles de cumplir las exigencias del DB HR que no las cumplen se colije que, el proyecto de aislamiento acústico con nombre

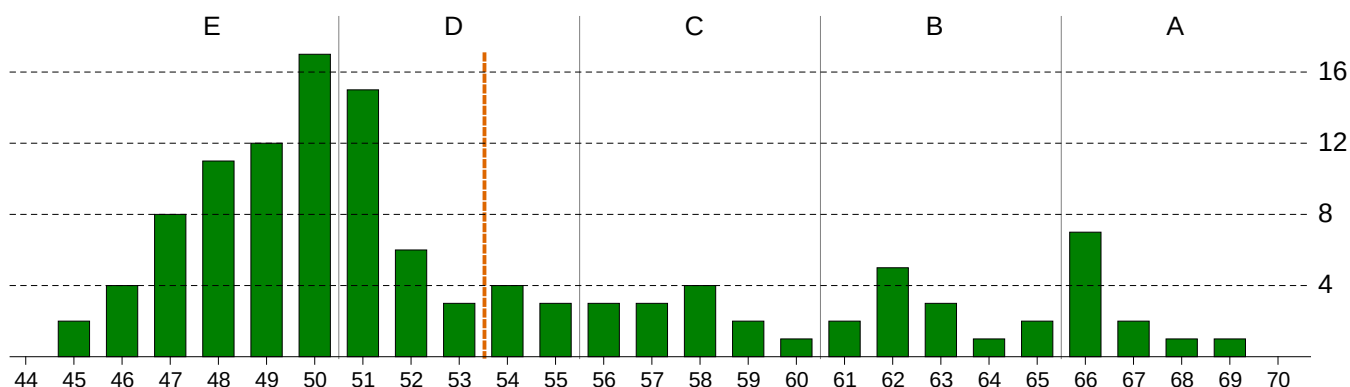
CED UPS

NO CUMPLE los requisitos del DB HR.

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez		Hoja	3

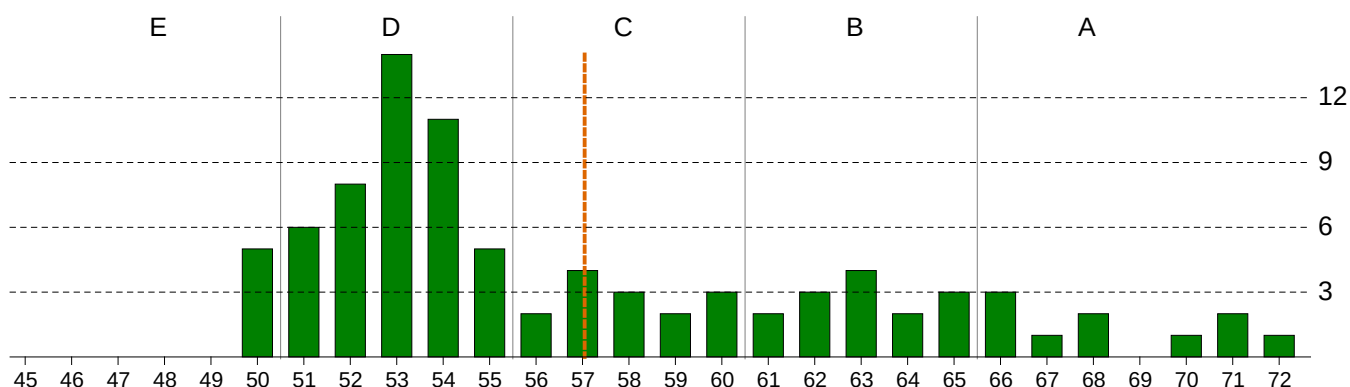
Aislamiento a ruido aéreo en recintos habitables (DnT,A)

Totales	E	D	C	B	A	Media (dBA)	Clasificación
122	54	31	13	13	11	53,52	Clase D



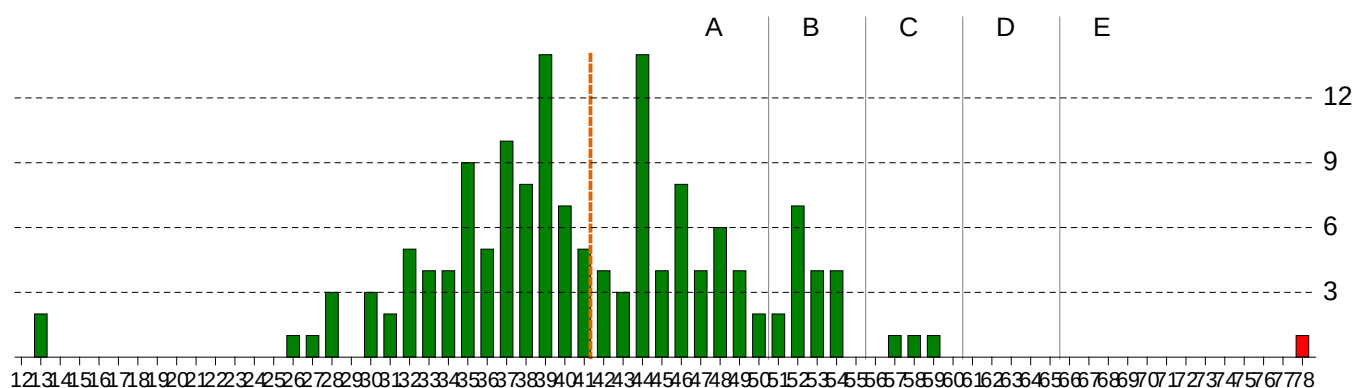
Aislamiento a ruido aéreo en recintos protegidos (DnT,A)

Totales	E	D	C	B	A	Media (dBA)	Clasificación
87	5	44	14	14	10	57,05	Clase C



Aislamiento a ruido de impactos en recintos protegidos (Ln,w)

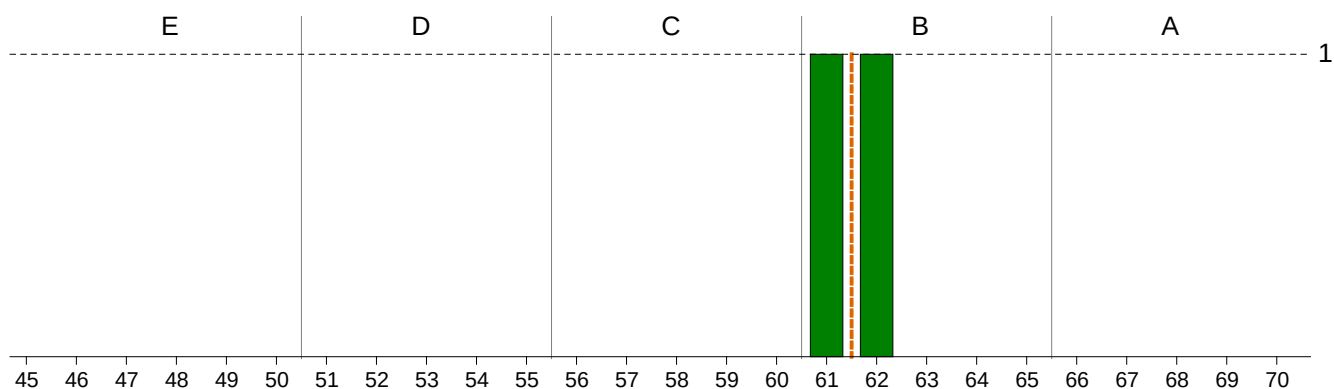
Totales	E	D	C	B	A	Media (dB)	Clasificación
153	1	0	3	17	132	41,32	Clase A



Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez		Hoja	4

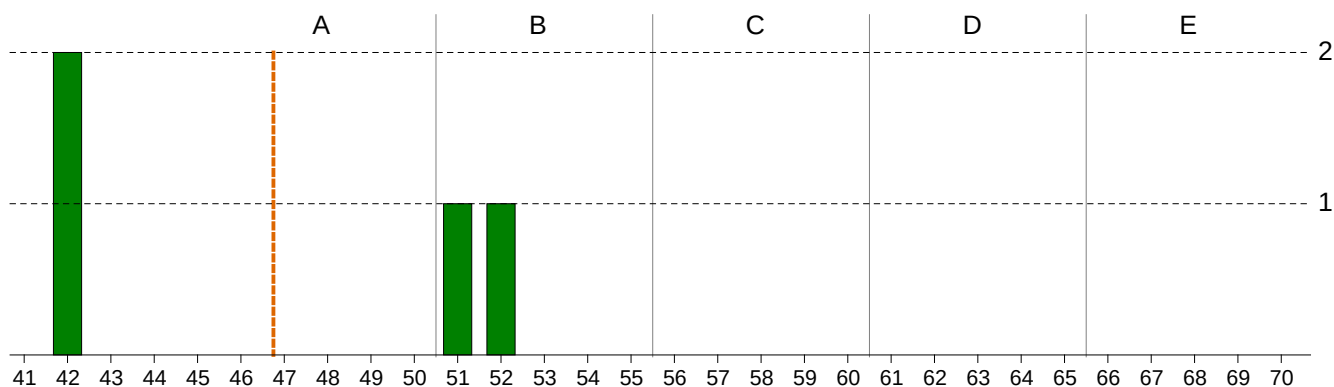
Aislamiento a ruido aéreo en recintos protegidos frente a instalaciones (DnT,A)

Totales	E	D	C	B	A	Media (dBA)	Clasificación
2	0	0	0	2	0	61,50	Clase B



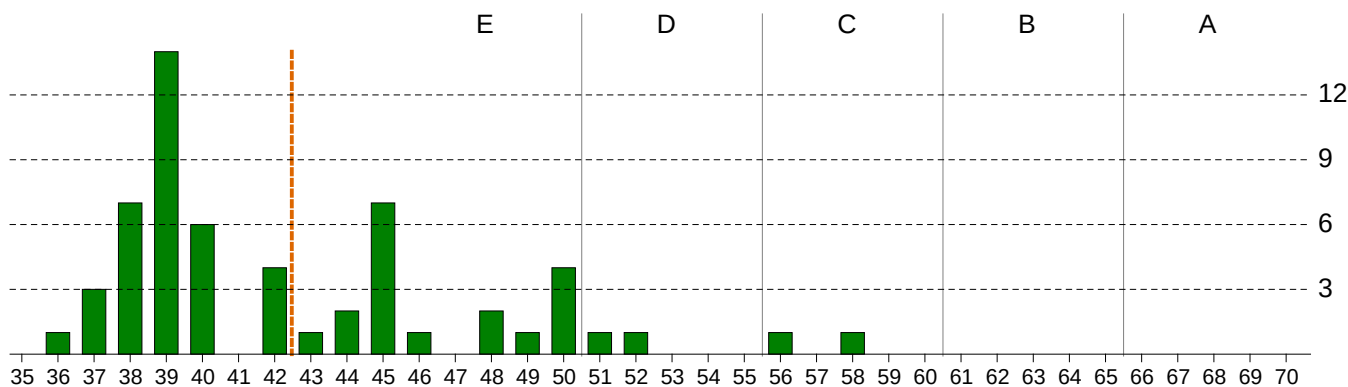
Aislamiento a ruido de impactos en recintos protegidos frente a instalaciones (Ln,w)

Totales	E	D	C	B	A	Media (dB)	Clasificación
4	0	0	0	2	2	46,75	Clase A

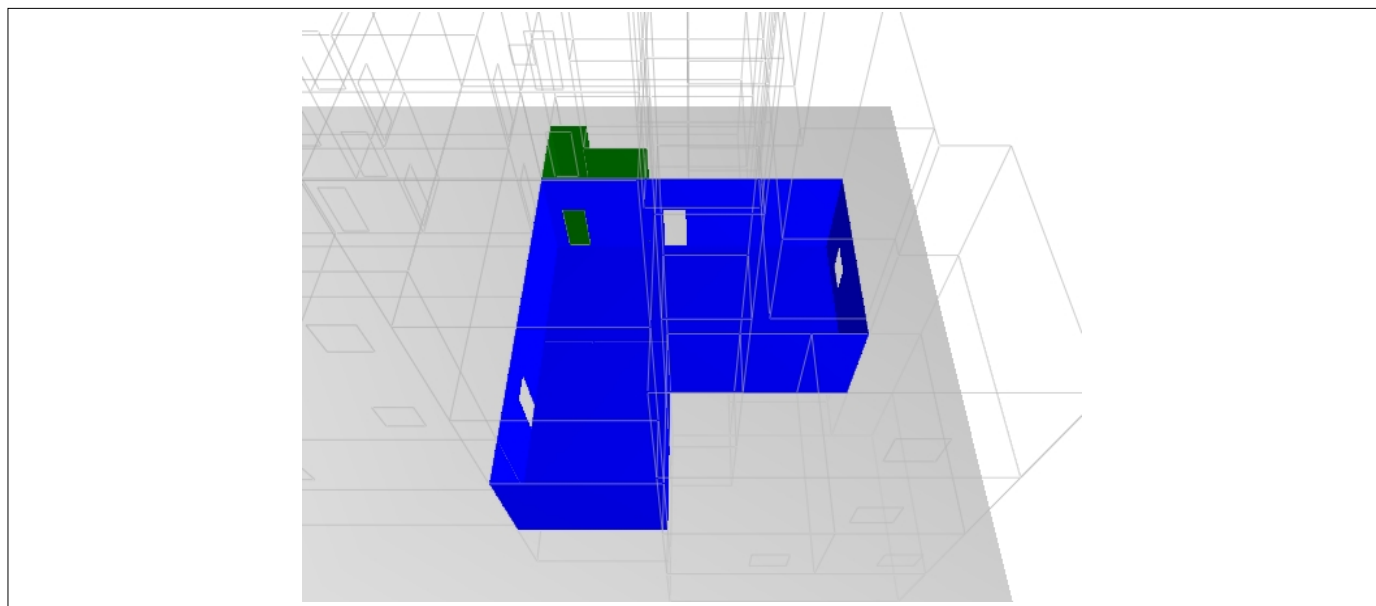


Aislamiento a ruido exterior en recintos protegidos (D2m,nT,Atr)

Totales	E	D	C	B	A	Media (dB Atr)	Clasificación
57	53	2	2	0	0	42,47	Clase E



Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	1 de 18	Hoja 5



RECINTO EMISOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Uso Común		1º	286,72

Soluciones Constructivas

D1	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²)
F1	U_BC350mm+AC+M70+ARPE10
F2	U_BC350mm+AC+M70+ARPE10
F3	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
F4	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²)
F5	U_BC350mm

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
D1	12,26	0,00	130,00	44,00	-	13,00	0,00
F1	7,18	1,69	360,00	55,00	78,00	2,00	20,00
F2	9,99	1,81	360,00	55,00	78,00	2,00	20,00
F3	32,97	3,50	130,00	44,00	-	0,00	0,00
F4	13,38	3,50	130,00	44,00	-	13,00	0,00
F5	60,97	3,50	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00

RECINTO RECEPTOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Habitable		1º ASEOS	23,21

Soluciones Constructivas

d1	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
f1	U_BC350mm+AC+M70+ARPE10
f2	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
f3	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
f4	U_BC350mm

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	12,26	0,00	130,00	44,00	-	0,00	0,00
f1	6,63	1,69	360,00	55,00	78,00	2,00	20,00
f2	9,07	3,50	130,00	44,00	-	0,00	0,00
f3	5,18	3,50	130,00	44,00	-	0,00	0,00
f4	6,63	3,50	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impacto

SONarchitect Profesional

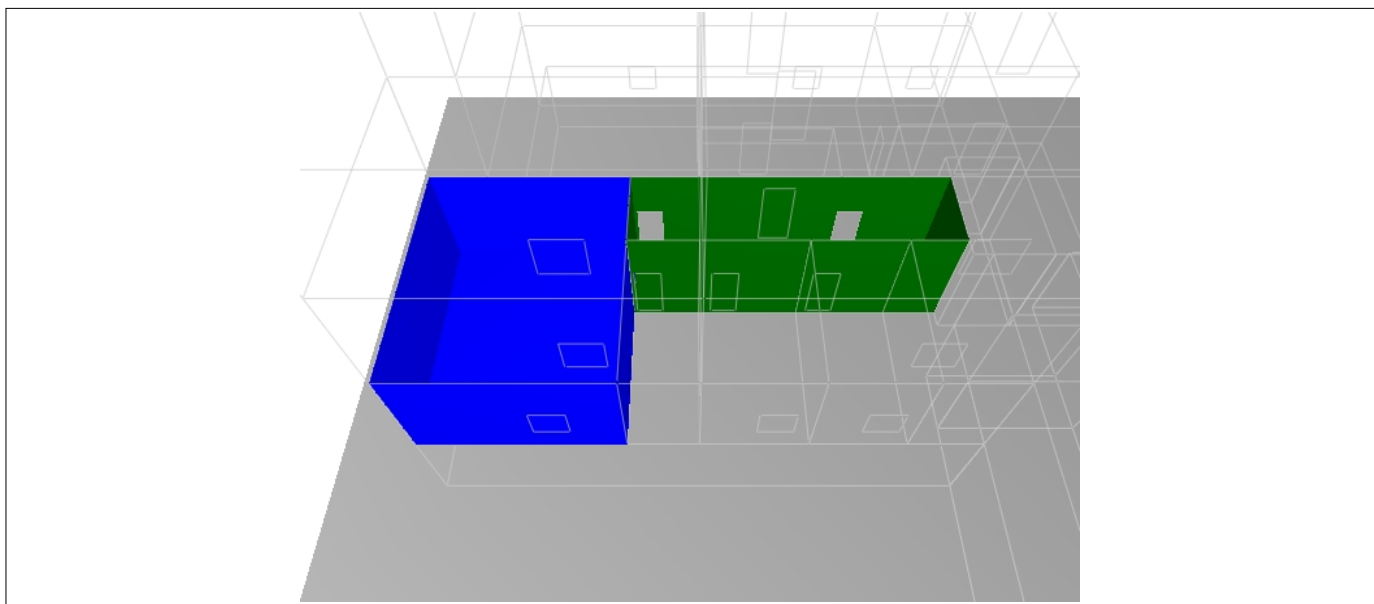
Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	1 de 18	Hoja 6

Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	I [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]

Ventanas, Puertas y Capialzados				
Descriptor	S [m ²]	R _A [dBA]	C _{tr} [dB]	DR _A [dBA]
Puerta (30dB)	1,70	30,00	-3,00	0,00

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo	D _{nT,A} [dBA]	36	-	-
El recinto CUMPLE los requisitos del DB-HR a ruido aéreo dado que el índice global de reducción acústica del muro RA=57,00 dBA no es menor de 50 dBA y el índice global de reducción acústica de los huecos RA=30,00 dBA no es menor de 20 dBA.				

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	2 de 18	Hoja 7



RECINTO EMISOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Aula cult/doc/admin/relig		1º USOS MÚLTIPLES	143,25

Soluciones Constructivas

D1	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m²)
F1	U_BC350mm+AC+M70+ARPE10
F2	U_BC350mm
F3	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m²)
F4	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m²)

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
D1	8,47	0,00	161,00	44,00	-	13,00	0,00
F1	40,93	2,42	360,00	55,00	78,00	2,00	20,00
F2	40,93	2,42	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
F3	14,75	3,50	161,00	44,00	-	13,00	0,00
F4	15,55	3,50	161,00	44,00	-	13,00	0,00

RECINTO RECEPTOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Uso Común		1º	80,30

Soluciones Constructivas

d1	RI15+LP115+RI15(med)
f1	U_BC350mm+AC+M70+ARPE10
f2	U_BC350mm
f3	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
f4	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m²)

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	8,47	0,00	161,00	44,00	-	0,00	0,00
f1	22,94	2,42	360,00	55,00	78,00	2,00	20,00
f2	4,92	2,42	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
f3	7,11	3,50	130,00	44,00	-	0,00	0,00
f4	7,13	3,50	130,00	44,00	-	13,00	0,00

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impacto

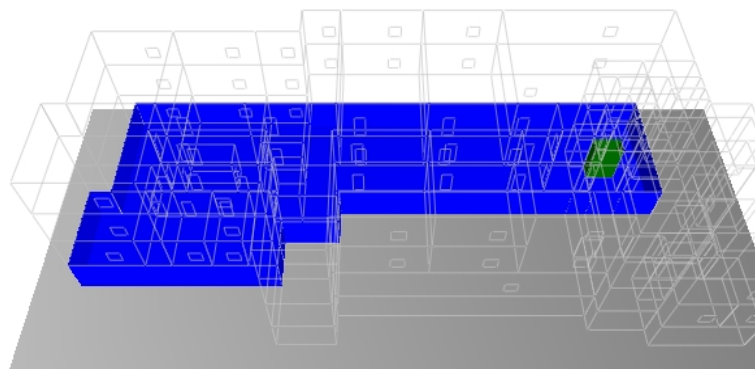
SONarchitect Profesional

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	2 de 18	Hoja 8

Ventanas, Puertas y Capialzados				
Descriptor	S [m ²]	R _A [dBA]	C _{tr} [dB]	DR _A [dBA]
Puerta (30dB)	3,45	30,00	-3,00	-1,00

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo	D _{nT,A} [dBA]	39	-	-
El recinto CUMPLE los requisitos del DB-HR a ruido aéreo dado que el índice global de reducción acústica del muro RA=57,00 dBA no es menor de 50 dBA y el índice global de reducción acústica de los huecos RA=30,00 dBA no es menor de 20 dBA.				

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	3 de 18	Hoja 9



RECINTO EMISOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Habitable		Bajo SÓTANO	1817,60

Soluciones Constructivas

D1	U_BC350mm
F1	U_BC350mm
F2	U_BC350mm
F3	U_BC350mm

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
D1	2,45	0,00	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
F1	6,63	1,11	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
F2	7,26	1,11	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
F3	5,76	2,21	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00

RECINTO RECEPTOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Habitable		1º ASEOS	8,58

Soluciones Constructivas

d1	U_BC350mm+AC+M70+ARPE10
f1	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
f2	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
f3	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
f4	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)

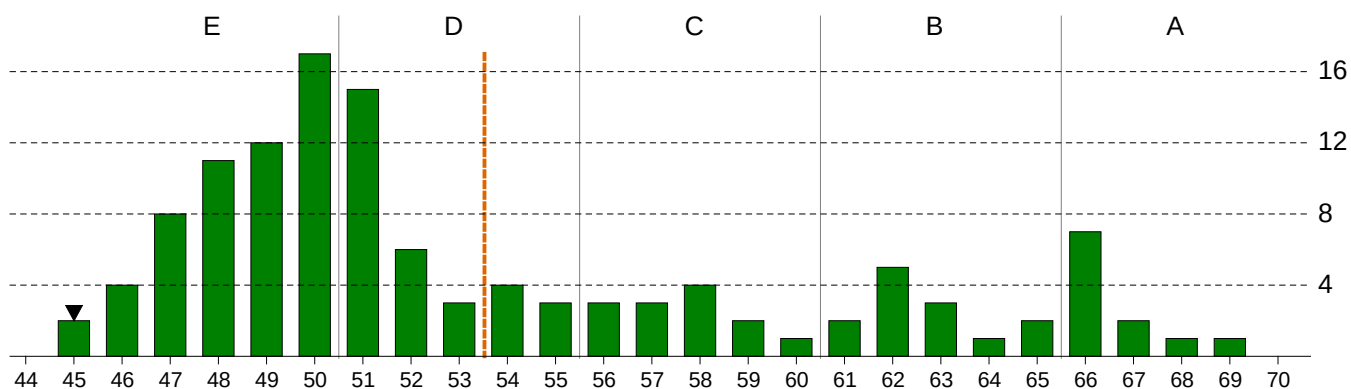
Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	2,45	0,00	360,00	55,00	78,00	2,00	20,00
f1	3,89	1,11	130,00	44,00	-	0,00	0,00
f2	3,89	1,11	130,00	44,00	-	0,00	0,00
f3	7,72	2,21	130,00	44,00	-	0,00	0,00
f4	7,72	2,21	130,00	44,00	-	0,00	0,00

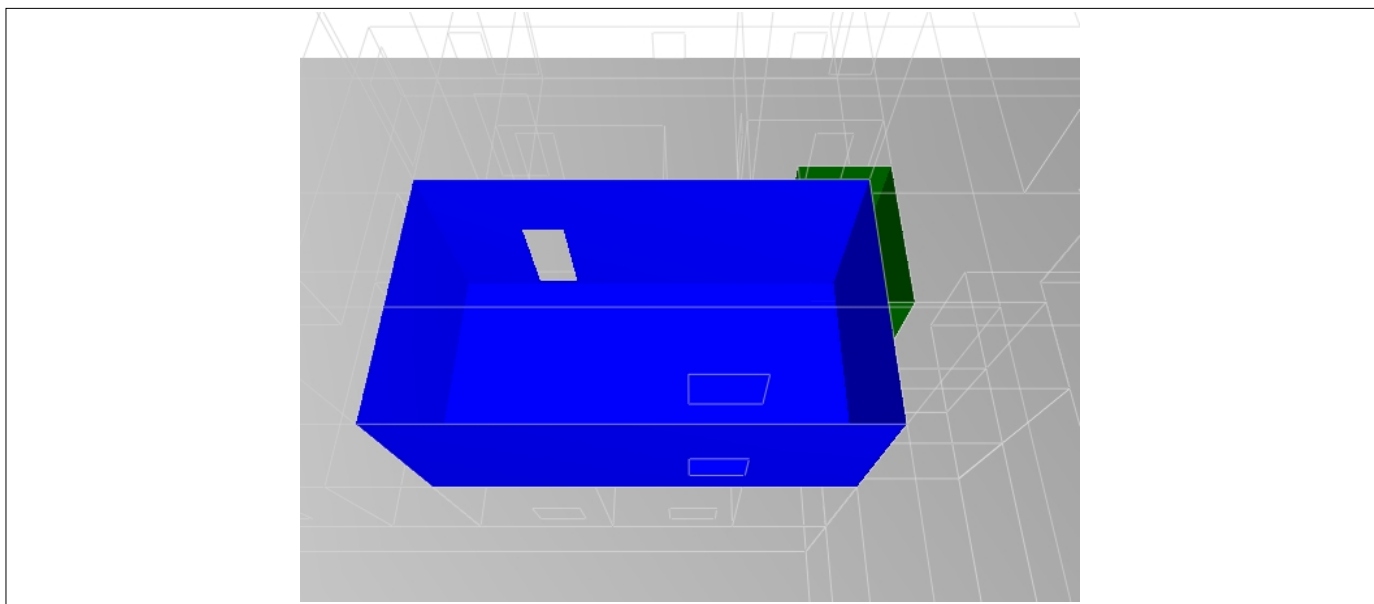
Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	3 de 18	Hoja 10

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo	$D_{nT,A}$ [dBA]	45	45	CUMPLE

HISTOGRAMAS
Aislamiento a Ruido Aéreo $D_{nT,A}$ [dBA]



Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	4 de 18	Hoja 11



RECINTO EMISOR			
Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Aula cult/doc/admin/relig		2º AULA 3.1	124,26

Soluciones Constructivas	
D1	U_BC350mm+AC+M70+ARPE10
F1	U_BC350mm+AC+M70+ARPE10
F2	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m²)
F3	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m²)

Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
D1	0,27	0,00	360,00	55,00	78,00	2,00	20,00
F1	9,35	0,49	360,00	55,00	78,00	2,00	20,00
F2	15,55	0,49	161,00	44,00	-	13,00	0,00
F3	27,97	0,54	161,00	44,00	-	13,00	0,00

RECINTO RECEPTOR			
Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Habitable		1º	29,22

Soluciones Constructivas	
d1	U_BC350mm
f1	U_BC350mm
f2	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
f3	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)

Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	0,27	0,00	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
f1	6,26	0,49	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
f2	1,73	0,49	130,00	44,00	-	0,00	0,00
f3	1,90	0,54	130,00	44,00	-	0,00	0,00

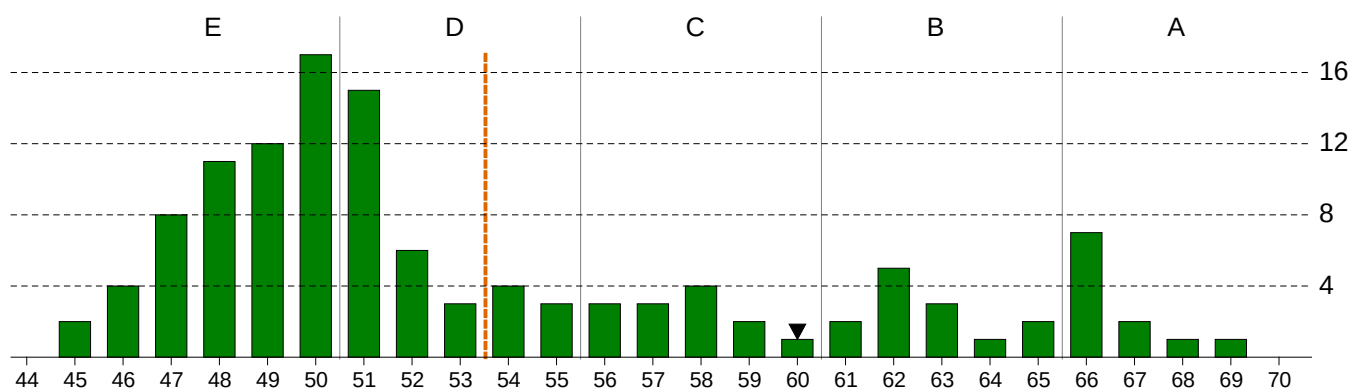
Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	4 de 18	Hoja 12

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR

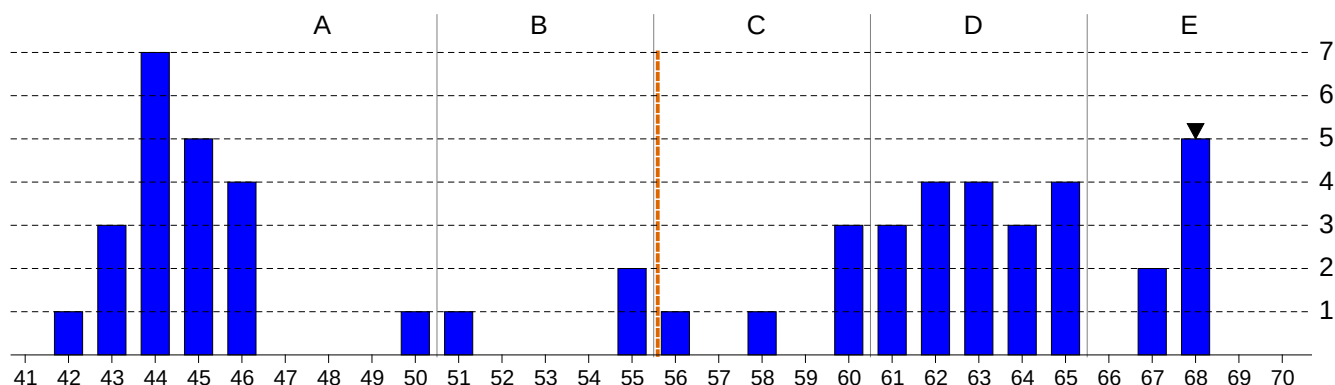
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo	$D_{nT,A}$ [dBA]	60	45	CUMPLE
Nivel de Presión de Ruido de Impactos	$L'_{nT,w}$ [dB]	68	-	-

HISTOGRAMAS

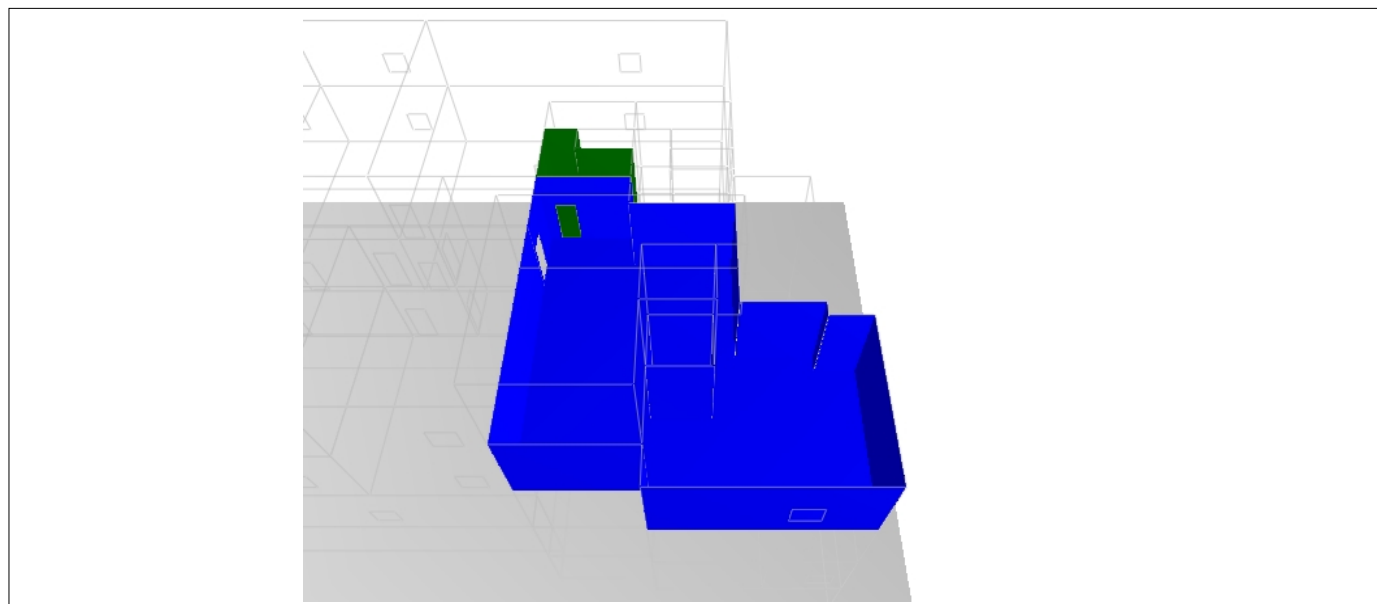
Aislamiento a Ruido Aéreo $D_{nT,A}$ [dBA]



Nivel de Presión de Ruido de Impactos $L'_{nT,w}$ [dB]



Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	5 de 18	Hoja 13



RECINTO EMISOR			
Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Uso Común		3º AULA 3.1	343,33

Soluciones Constructivas	
D1	RI15+LH115+AT+LH115+RI15(med)
F1	RI15+LP115+RI15(med)
F2	RI15+LH115+AT+LH115+RI15(med)
F3	U BC350mm+AC+M70+ARPE10
F4	P+Fi+D+Csa+I+Cs+AT+B+FP+FU_BP_EPSmec-enr250mm

Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
D1	12,26	0,00	300,00	47,00	-	0,00	0,00
F1	8,41	3,50	161,00	44,00	-	0,00	0,00
F2	4,62	3,50	300,00	47,00	-	0,00	0,00
F3	98,09	3,50	360,00	55,00	78,00	2,00	20,00
F4	26,35	3,50	200,00	45,00	88,00	0,00	0,00

RECINTO RECEPTOR			
Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Habitable		3º AULA 3.1	23,21

Soluciones Constructivas	
d1	RI15+LH115+AT+LH115+RI15(med)
f1	RI15+LH115+AT+LH115+RI15(med)
f2	RI15+LH115+AT+LH115+RI15(med)
f3	U BC350mm+AC+M70+ARPE10
f4	P+Fi+D+Csa+I+Cs+AT+B+FP+FU_BP_EPSmec-enr250mm

Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	12,26	0,00	300,00	47,00	-	0,00	0,00
f1	9,07	3,50	300,00	47,00	-	0,00	0,00
f2	5,18	3,50	300,00	47,00	-	0,00	0,00
f3	6,63	3,50	360,00	55,00	78,00	2,00	20,00
f4	6,63	3,50	200,00	45,00	88,00	0,00	0,00

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impacto

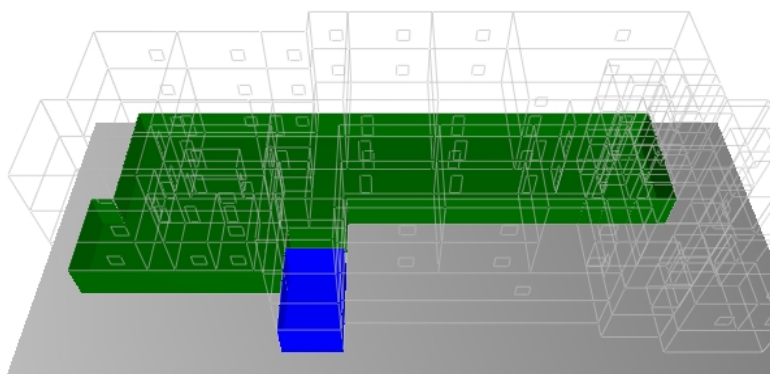
SONarchitect Profesional

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	5 de 18	Hoja 14

Ventanas, Puertas y Capialzados				
Descriptor	S [m ²]	R _A [dBA]	C _{tr} [dB]	DR _A [dBA]
Puerta (30dB)	1,70	30,00	-3,00	0,00

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo	D _{nT,A} [dBA]	35	-	-
El recinto CUMPLE los requisitos del DB-HR ya que el índice global de reducción acústica del tabique RA=47,00 dBA entre dos recintos de una misma unidad de uso no es menor de 33 d				

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	6 de 18	Hoja 15



RECINTO EMISOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Habitable		Bajo SÓTANO	100,08

Soluciones Constructivas

D1	RI15+LP115+RI15(med)
F1	LA SCC200mm
F2	U BC350mm
F3	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
F4	RI15+LP115+RI15(med)

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
D1	6,32	0,00	161,00	44,00	-	0,00	0,00
F1	31,27	1,97	282,00	51,00	82,00	0,00	0,00
F2	31,27	1,97	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
F3	15,86	3,20	130,00	44,00	-	0,00	0,00
F4	14,44	3,20	161,00	44,00	-	0,00	0,00

RECINTO RECEPTOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Habitable		Bajo SÓTANO	1817,60

Soluciones Constructivas

d1	RI15+LP115+RI15(med)
f1	LA SCC200mm
f2	U BC350mm
f3	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
f4	RI15+LP115+RI15(med)

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	6,32	0,00	161,00	44,00	-	0,00	0,00
f1	567,99	1,97	282,00	51,00	82,00	0,00	0,00
f2	9,35	1,97	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
f3	51,17	3,20	130,00	44,00	-	0,00	0,00
f4	6,32	3,20	161,00	44,00	-	0,00	0,00

Documento Básico HR Protección frente al ruido

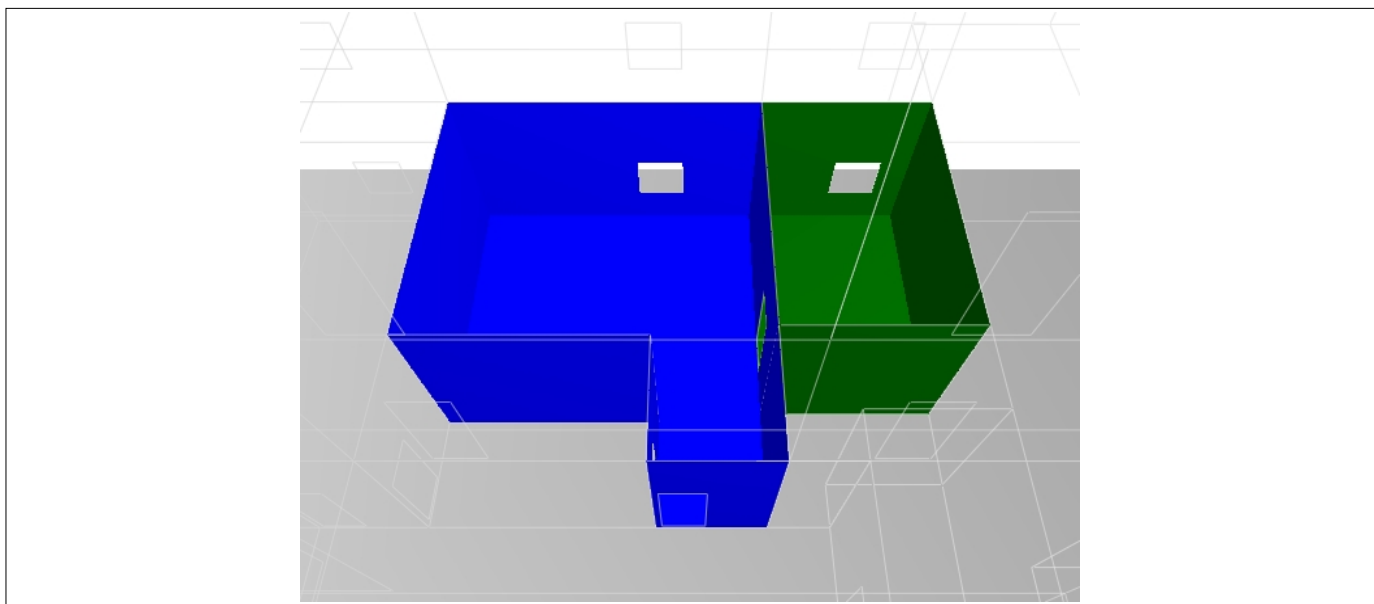
Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impacto

SONarchitect Profesional

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	6 de 18	Hoja 16

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo	$D_{nT,A}$ [dBA]	58	-	-
El recinto CUMPLE los requisitos del DB-HR ya que el índice global de reducción acústica del tabique $RA=44,00$ dBA entre dos recintos de una misma unidad de uso no es menor de 33 d				

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	7 de 18	Hoja 17



RECINTO EMISOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Aula cult/doc/admin/relig		1º AULA 2	132,09

Soluciones Constructivas

D1	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²)
F1	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
F2	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
F3	U_BC350mm+AC+M70+ARPE10
F4	U_BC350mm

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
D1	18,02	0,00	161,00	44,00	-	13,00	0,00
F1	21,98	3,50	240,00	49,00	-	0,00	0,00
F2	7,90	3,50	130,00	44,00	-	0,00	0,00
F3	37,74	5,15	360,00	55,00	78,00	2,00	20,00
F4	37,74	5,15	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00

RECINTO RECEPTOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Dormitorio resid/sanit		1º ZONA DESCANSO	61,44

Soluciones Constructivas

d1	RI15+LP115+RI15(med)
f1	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²)
f2	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
f3	U_BC350mm+AC+M70+ARPE10
f4	U_BC350mm

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	18,02	0,00	161,00	44,00	-	0,00	0,00
f1	11,94	3,50	130,00	44,00	-	13,00	0,00
f2	11,94	3,50	240,00	49,00	-	0,00	0,00
f3	17,55	5,15	360,00	55,00	78,00	2,00	20,00
f4	17,55	5,15	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impacto

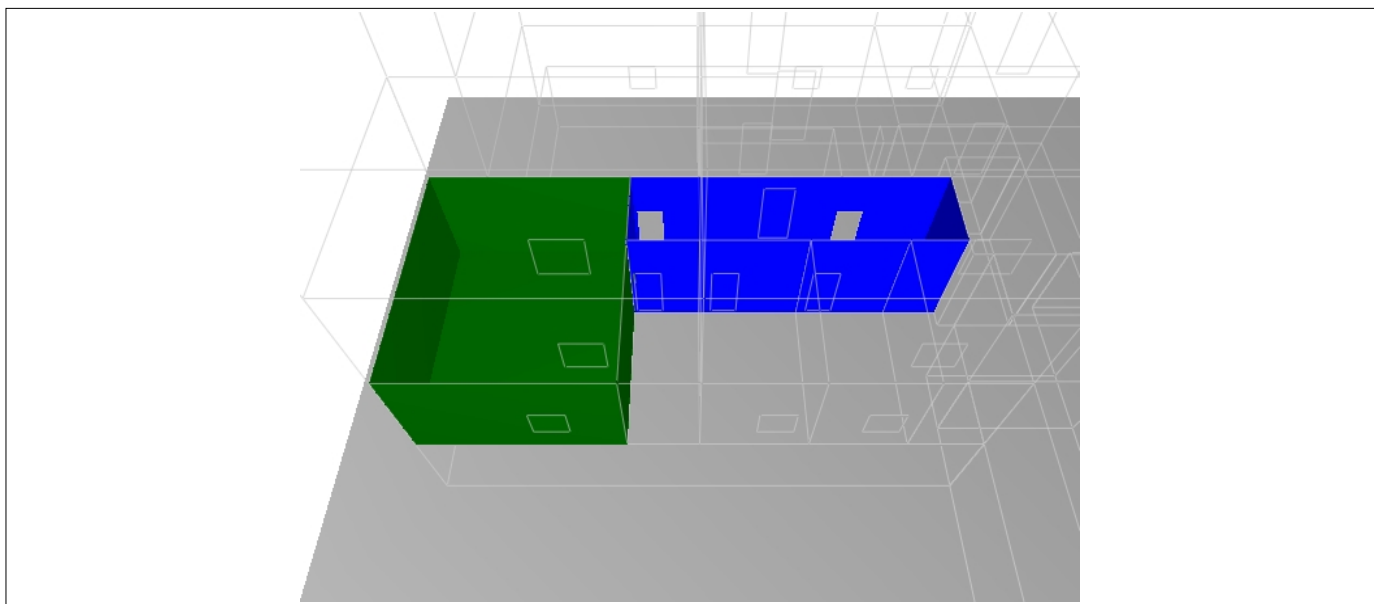
SONarchitect Profesional

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	7 de 18	Hoja 18

Ventanas, Puertas y Capialzados				
Descriptor	S [m ²]	R _A [dBA]	C _{tr} [dB]	DR _A [dBA]
Puerta (30dB)	1,70	30,00	-3,00	0,00

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo	D _{nT,A} [dBA]	40	-	-
El recinto CUMPLE los requisitos del DB-HR a ruido aéreo dado que el índice global de reducción acústica del muro RA=57,00 dBA no es menor de 50 dBA y el índice global de reducción acústica de los huecos RA=30,00 dBA no es menor de 30 dBA.				

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	8 de 18	Hoja 19



RECINTO EMISOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Uso Común		1º	80,30

Soluciones Constructivas

D1	RI15+LP115+RI15(med)
F1	U_BC350mm+AC+M70+ARPE10
F2	U_BC350mm
F3	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
F4	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m²)

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
D1	8,47	0,00	161,00	44,00	-	0,00	0,00
F1	22,94	2,42	360,00	55,00	78,00	2,00	20,00
F2	4,92	2,42	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
F3	7,11	3,50	130,00	44,00	-	0,00	0,00
F4	7,13	3,50	130,00	44,00	-	13,00	0,00

RECINTO RECEPTOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Aula cult/doc/admin/relig		1º USOS MÚLTIPLES	143,25

Soluciones Constructivas

d1	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m²)
f1	U_BC350mm+AC+M70+ARPE10
f2	U_BC350mm
f3	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m²)
f4	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m²)

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	8,47	0,00	161,00	44,00	-	13,00	0,00
f1	40,93	2,42	360,00	55,00	78,00	2,00	20,00
f2	40,93	2,42	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
f3	14,75	3,50	161,00	44,00	-	13,00	0,00
f4	15,55	3,50	161,00	44,00	-	13,00	0,00

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impacto

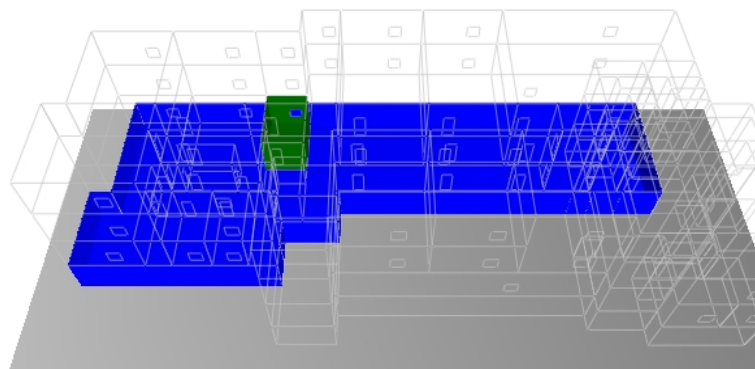
SONarchitect Profesional

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	8 de 18	Hoja 20

Ventanas, Puertas y Capialzados				
Descriptor	S [m ²]	R _A [dBA]	C _{tr} [dB]	DR _A [dBA]
Puerta (30dB)	3,45	30,00	-3,00	-1,00

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo	D _{nT,A} [dBA]	41	-	-
El recinto CUMPLE los requisitos del DB-HR a ruido aéreo dado que el índice global de reducción acústica del muro RA=57,00 dBA no es menor de 50 dBA y el índice global de reducción acústica de los huecos RA=30,00 dBA no es menor de 30 dBA.				

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	9 de 18	Hoja 21



RECINTO EMISOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Habitable		Bajo SÓTANO	1817,60

Soluciones Constructivas

D1	U_BC350mm
F1	P+Fi+D+Csa+I+Cs+AT+B+FP+FU_BP_EPSmec-enr250mm
F2	U_BC350mm
F3	U_BC350mm
F4	U_BC350mm

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
D1	17,55	0,00	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
F1	38,65	3,41	200,00	45,00	88,00	0,00	0,00
F2	5,89	3,41	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
F3	37,74	5,15	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
F4	265,60	5,15	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00

RECINTO RECEPTOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Dormitorio resid/sanit		1º ZONA DESCANSO	61,44

Soluciones Constructivas

d1	U_BC350mm+AC+M70+ARPE10
f1	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
f2	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²)
f3	RI15+LP115+RI15(med)
f4	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)

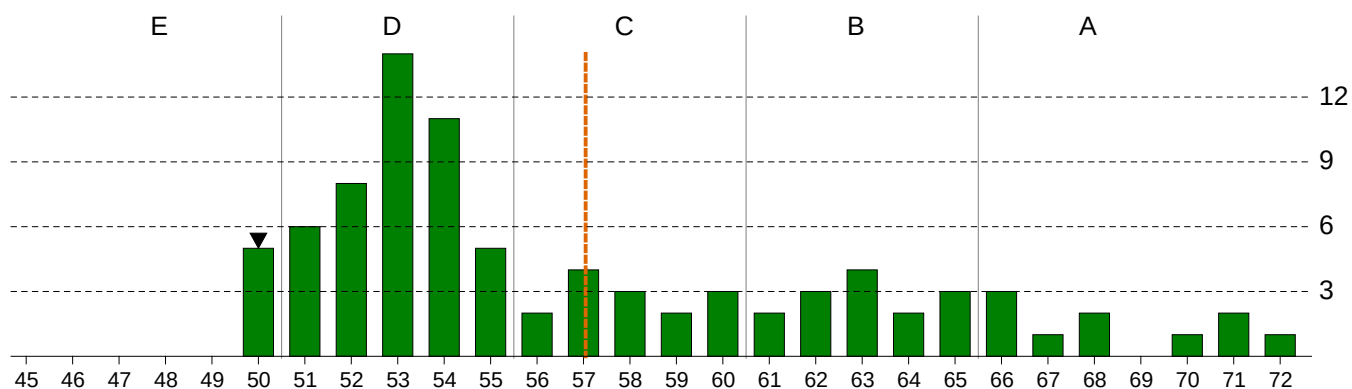
Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	17,55	0,00	360,00	55,00	78,00	2,00	20,00
f1	11,94	3,41	240,00	49,00	-	0,00	0,00
f2	11,94	3,41	130,00	44,00	-	13,00	0,00
f3	18,02	5,15	161,00	44,00	-	0,00	0,00
f4	18,02	5,15	130,00	44,00	-	0,00	0,00

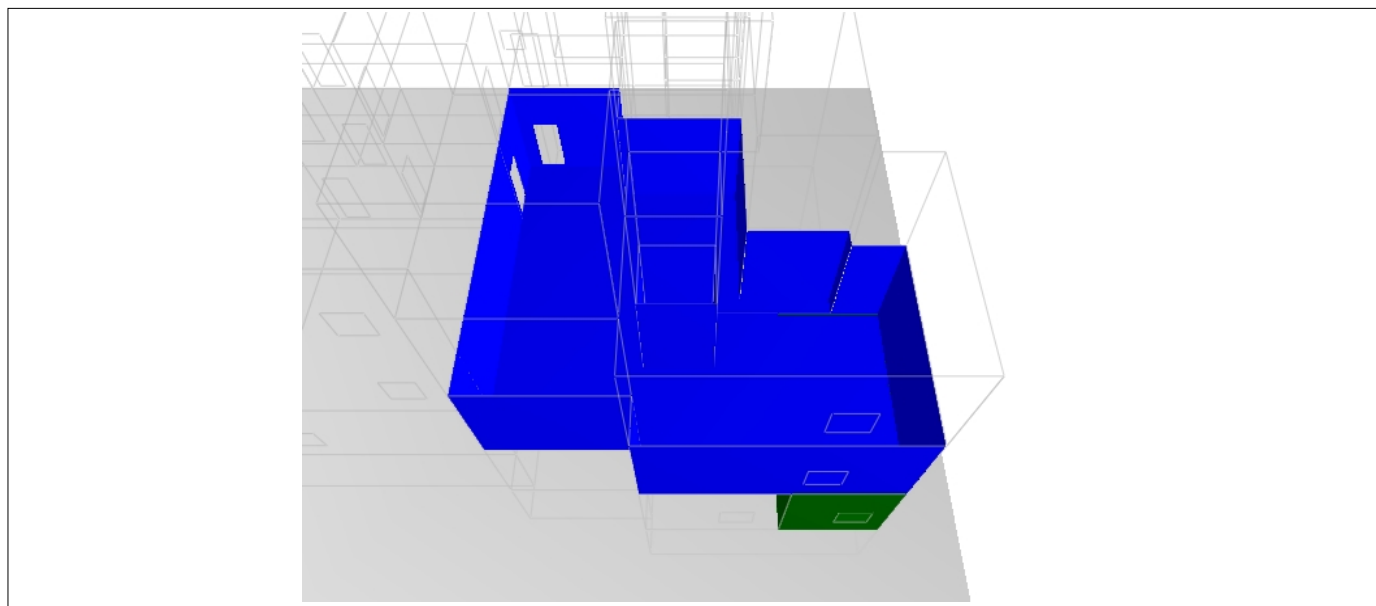
Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	9 de 18	Hoja 22

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo	$D_{nT,A}[dBA]$	50	50	CUMPLE

HISTOGRAMAS
Aislamiento a Ruido Aéreo $D_{nT,A}[dBA]$



Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	10 de 18	Hoja 23



RECINTO EMISOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Uso Común		2º AULA 3.1	343,33

Soluciones Constructivas

D1	U_BC350mm+AC+M70+ARPE10
F1	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
F2	U_BC350mm+AC+M70+ARPE10
F3	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
F4	U_BC350mm+AC+M70+ARPE10
F5	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
D1	17,66	0,00	360,00	55,00	78,00	2,00	20,00
F1	5,14	1,47	240,00	49,00	-	0,00	0,00
F2	60,97	1,65	360,00	55,00	78,00	2,00	20,00
F3	25,35	3,12	240,00	49,00	-	0,00	0,00
F4	19,47	5,67	360,00	55,00	78,00	2,00	20,00
F5	19,83	5,67	240,00	49,00	-	0,00	0,00

RECINTO RECEPTOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Estancia cult/doc/admin/r		1º OFICINAS	61,80

Soluciones Constructivas

d1	U_BC350mm
f1	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²)
f2	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²)
f3	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
f4	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
f5	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)

Parámetros Acústicos

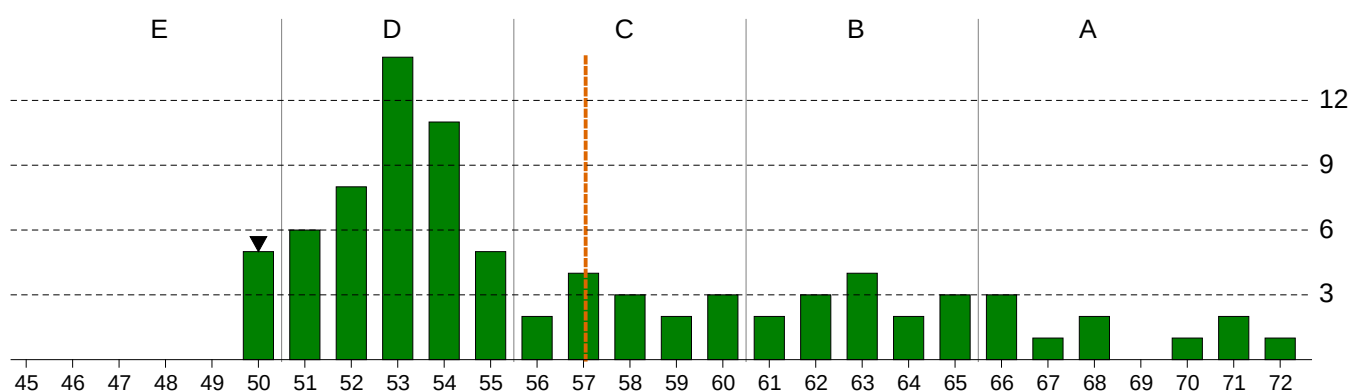
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	17,66	0,00	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
f1	5,14	1,47	240,00	49,00	-	13,00	0,00
f2	5,76	1,65	130,00	44,00	-	13,00	0,00
f3	10,91	3,12	240,00	49,00	-	0,00	0,00

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	10 de 18	Hoja 24

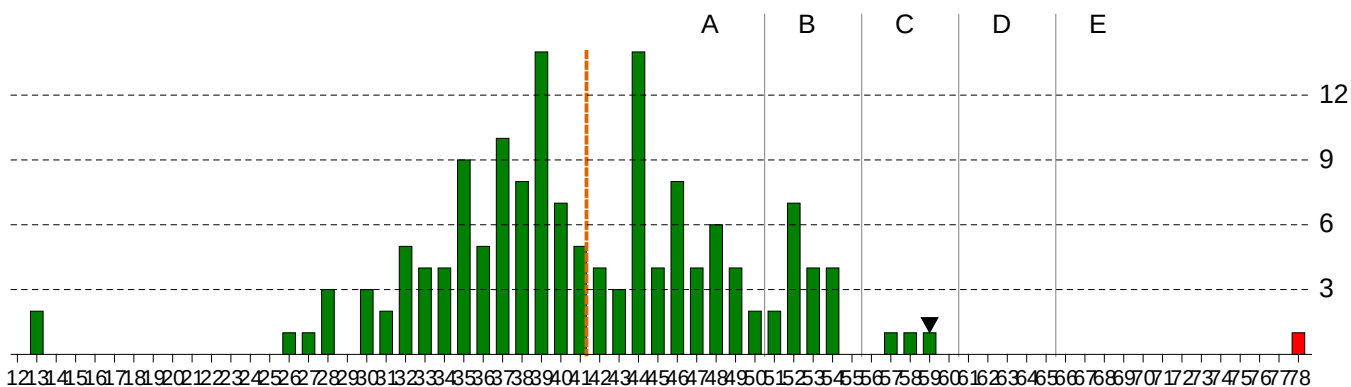
Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
f4	19,83	5,67	130,00	44,00	-	0,00	0,00
f5	19,83	5,67	240,00	49,00	-	0,00	0,00

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo	D _{nT,A} [dBA]	50	50	CUMPLE
Nivel de Presión de Ruido de Impactos	L' _{nT,w} [dB]	59	65	CUMPLE

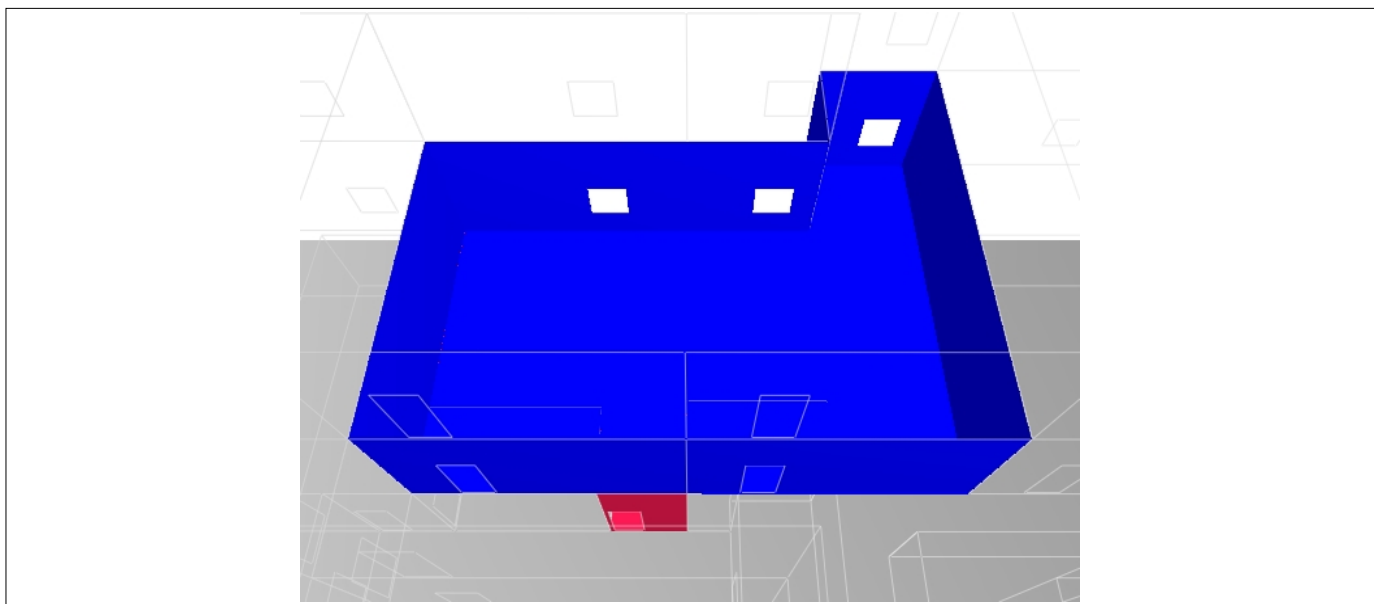
HISTOGRAMAS
Aislamiento a Ruido Aéreo D _{nT,A} [dBA]



Nivel de Presión de Ruido de Impactos L' _{nT,w} [dB]



Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	11 de 18	Hoja 25



RECINTO EMISOR			
Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Aula cult/doc/admin/relig		2º AULA 3.1	354,64

Soluciones Constructivas	
F1	U_BC350mm

Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
F1	0,01	2,07	360,00	55,00	78,00	2,00	20,00

RECINTO RECEPTOR			
Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Aula cult/doc/admin/relig		1º AULA 2	132,09

Soluciones Constructivas	
f1	U_BC350mm
f2	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)

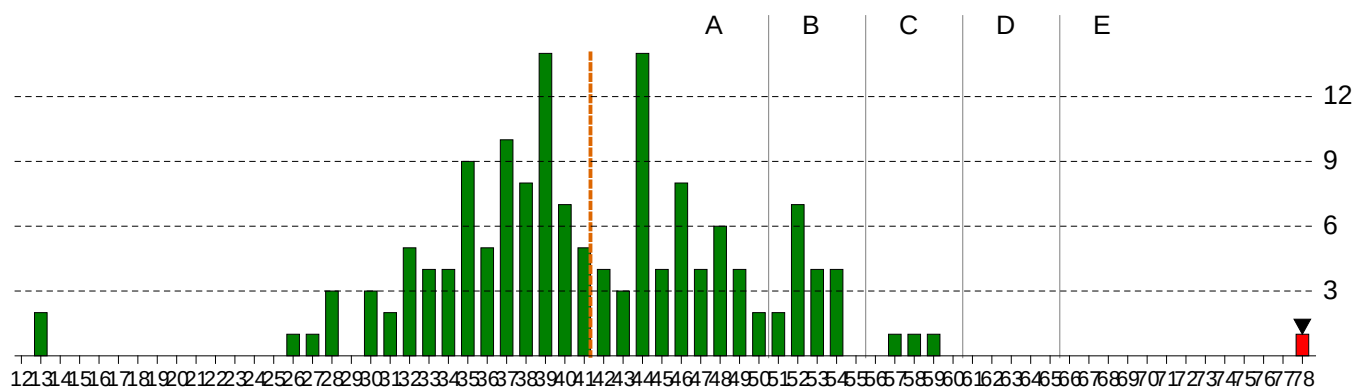
Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
f1	37,74	2,07	360,00	55,00	78,00	2,00	20,00
f2	7,24	2,07	130,00	44,00	-	0,00	0,00

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Nivel de Presión de Ruido de Impactos	L' nT,w [dB]	78	65	NO CUMPLE

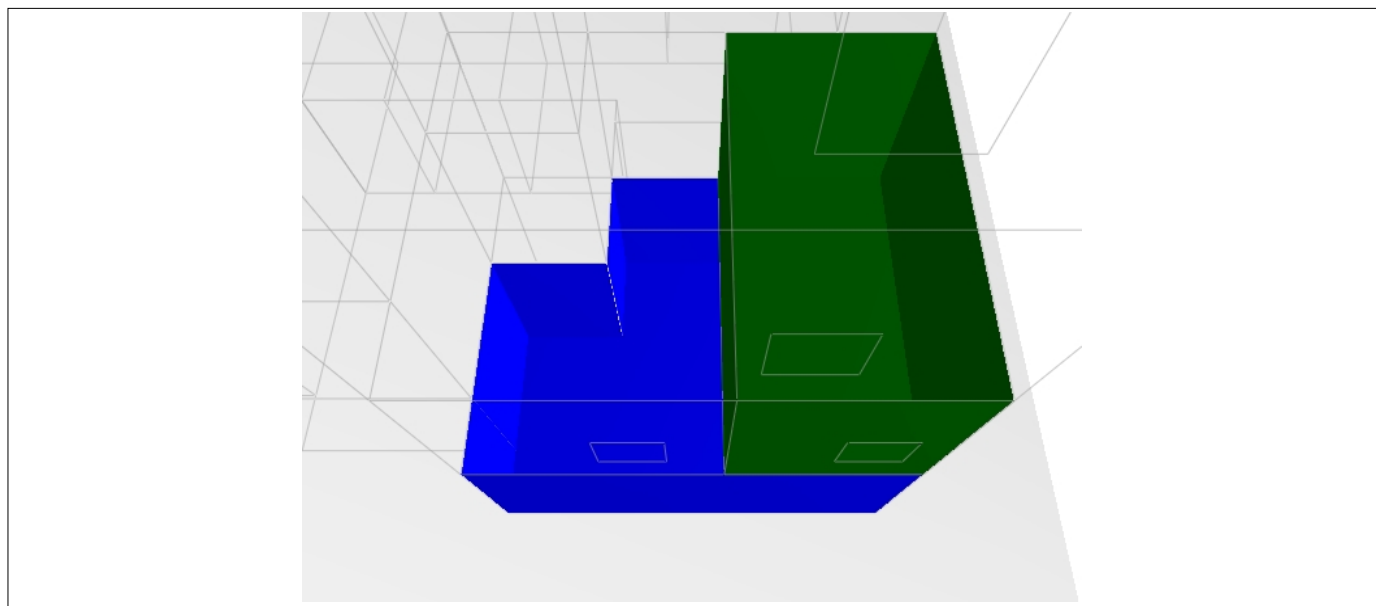
Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	11 de 18	Hoja 26

HISTOGRAMAS

Nivel de Presión de Ruido de Impactos $L'_{nT,w}$ [dB]



Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	12 de 18	Hoja 27



RECINTO EMISOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Actividad/Instalaciones		Bajo SÓTANO	118,79

Soluciones Constructivas

D1	U_BC350mm
F1	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²)
F2	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²)
F3	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²)
F4	U_BC350mm
F5	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²)

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
D1	17,66	0,00	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
F1	4,70	1,47	130,00	44,00	-	13,00	0,00
F2	11,82	1,65	161,00	44,00	-	13,00	0,00
F3	23,18	3,12	130,00	44,00	-	13,00	0,00
F4	19,47	5,67	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
F5	18,13	5,67	130,00	44,00	-	13,00	0,00

RECINTO RECEPTOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Estancia cult/doc/admin/r		1º OFICINAS	61,80

Soluciones Constructivas

d1	U_BC350mm+AC+M70+ARPE10
f1	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²)
f2	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²)
f3	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
f4	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
f5	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)

Parámetros Acústicos

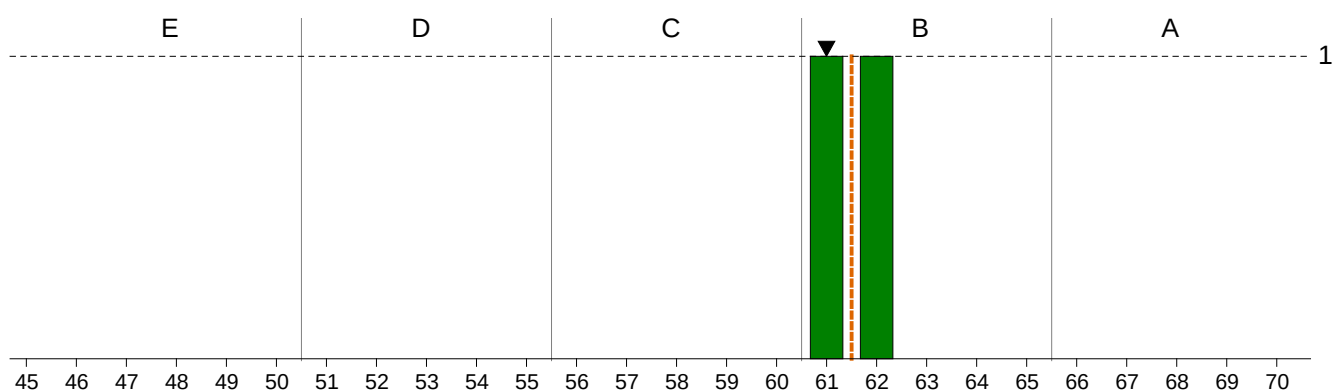
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	17,66	0,00	360,00	55,00	78,00	2,00	20,00
f1	5,14	1,47	240,00	49,00	-	13,00	0,00
f2	5,76	1,65	130,00	44,00	-	13,00	0,00
f3	10,91	3,12	240,00	49,00	-	0,00	0,00

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	12 de 18	Hoja 28

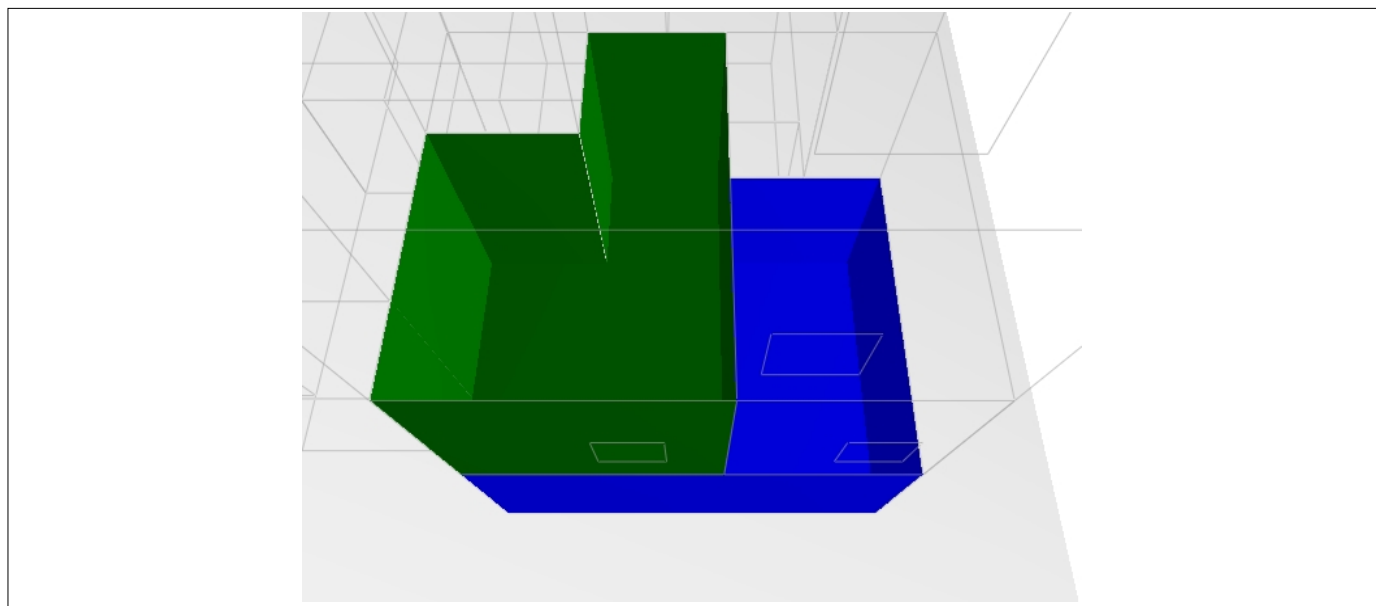
Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
f4	19,83	5,67	130,00	44,00	-	0,00	0,00
f5	19,83	5,67	240,00	49,00	-	0,00	0,00

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo		D _{nT,A} [dBA]	61	55
				CUMPLE

HISTOGRAMAS
Aislamiento a Ruido Aéreo D _{nT,A} [dBA]



Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	13 de 18	Hoja 29



RECINTO EMISOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Actividad/Instalaciones		Bajo SÓTANO	118,79

Soluciones Constructivas

D1	U_BC350mm
F1	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²)
F2	HAL200+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²)
F3	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²)
F4	HAL200+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²)
F5	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²)
F6	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²)
F7	U_BC350mm

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
D1	19,47	0,00	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
F1	3,96	1,24	130,00	44,00	-	13,00	0,00
F2	6,02	1,88	360,00	55,00	-	13,00	0,00
F3	11,82	2,05	161,00	44,00	-	13,00	0,00
F4	6,65	2,08	360,00	55,00	-	13,00	0,00
F5	8,15	2,55	130,00	44,00	-	13,00	0,00
F6	23,18	4,13	130,00	44,00	-	13,00	0,00
F7	17,66	5,67	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00

RECINTO RECEPTOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Estancia cult/doc/admin/r		1º OFICINAS	68,13

Soluciones Constructivas

d1	U_BC350mm+AC+M70+ARPE10
f1	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
f2	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²)
f3	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²)
f4	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²)
f5	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²)
f6	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
f7	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impacto

SONarchitect Profesional

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	13 de 18	Hoja 30

Soluciones Constructivas

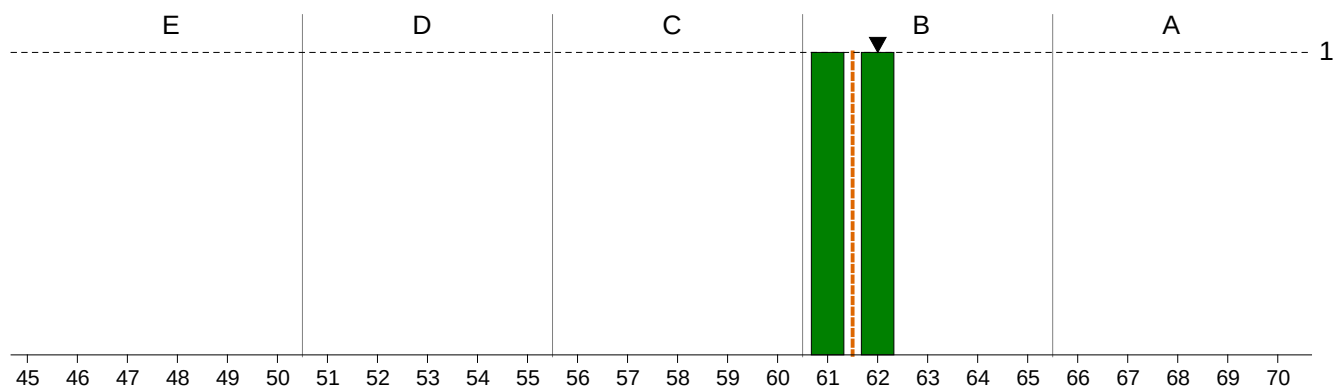
Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	19,47	0,00	360,00	55,00	78,00	2,00	20,00
f1	4,33	1,24	240,00	49,00	-	0,00	0,00
f2	6,58	1,88	161,00	44,00	-	13,00	0,00
f3	7,16	2,05	130,00	44,00	-	13,00	0,00
f4	7,28	2,08	161,00	44,00	-	13,00	0,00
f5	8,92	2,55	130,00	44,00	-	13,00	0,00
f6	14,44	4,13	240,00	49,00	-	0,00	0,00
f7	19,83	5,67	130,00	44,00	-	0,00	0,00

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR

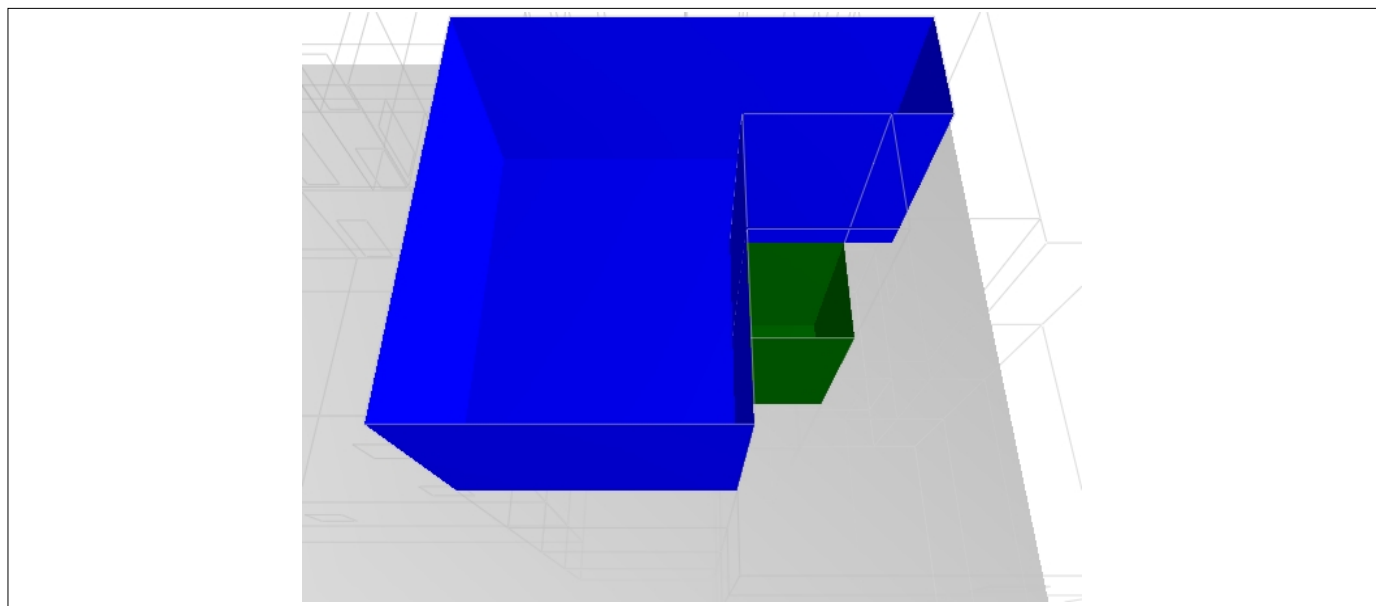
	Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo	D _{nT,A} [dBA]	62	55
			CUMPLE

HISTOGRAMAS

Aislamiento a Ruido Aéreo D_{nT,A}[dBA]



Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	14 de 18	Hoja 31



RECINTO EMISOR			
Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Actividad/Instalaciones		4º	112,72

Soluciones Constructivas	
F1	U_BC350mm

Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
F1	33,15	2,08	360,00	55,00	78,00	0,00	20,00

RECINTO RECEPTOR			
Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Uso Común		3º	13,68

Soluciones Constructivas	
f1	U_BC350mm
f2	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)

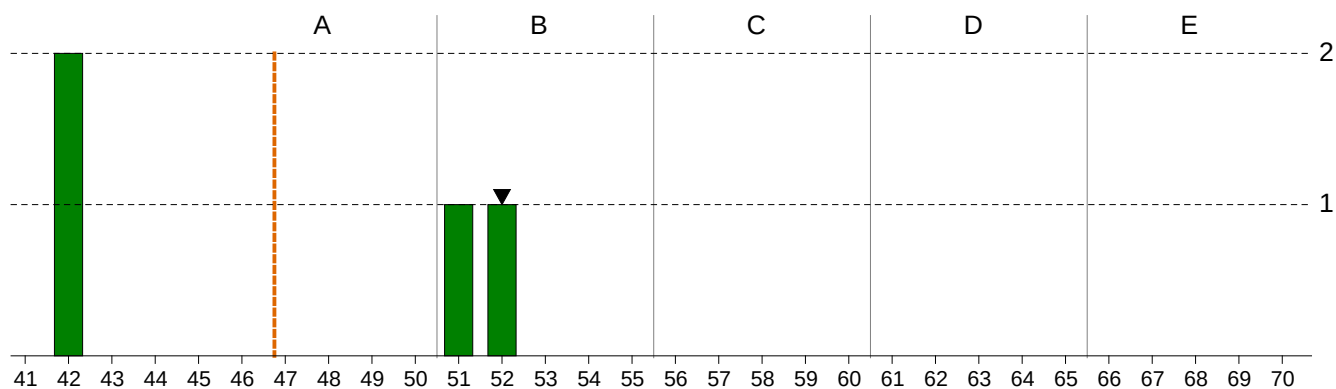
Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
f1	3,91	2,08	360,00	55,00	78,00	0,00	20,00
f2	7,28	2,08	130,00	44,00	-	0,00	0,00

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Nivel de Presión de Ruido de Impactos	L' nT,w [dB]	52	60	CUMPLE

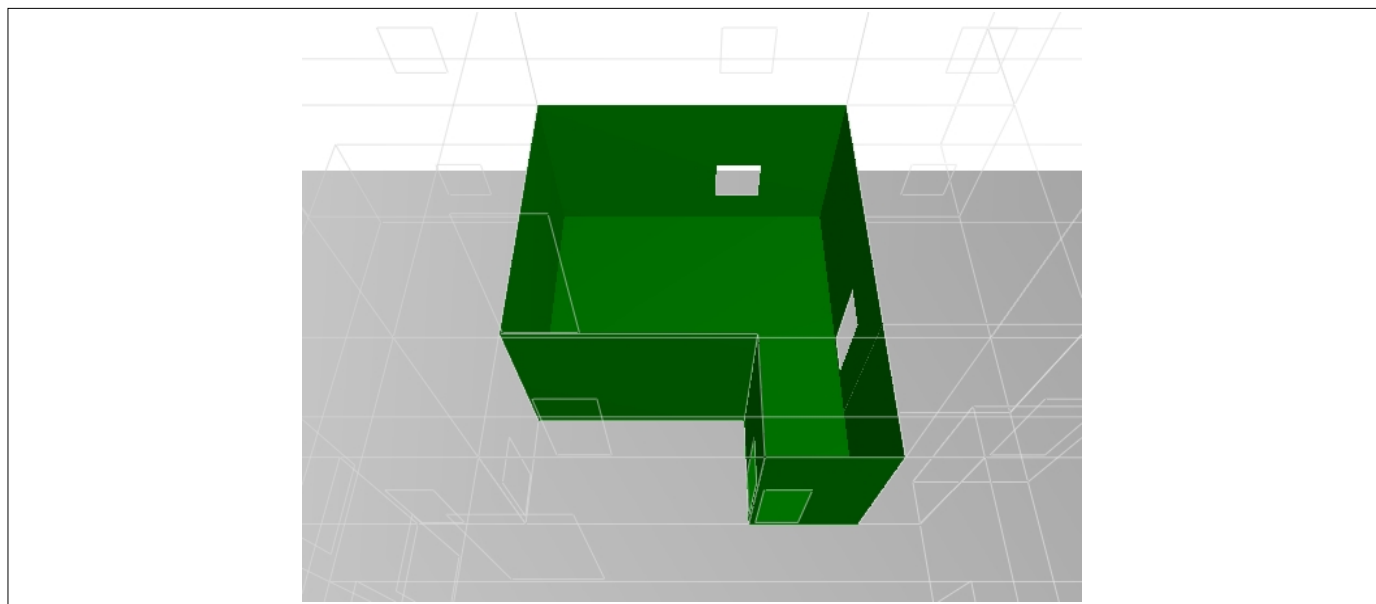
Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	14 de 18	Hoja 32

HISTOGRAMAS

Nivel de Presión de Ruido de Impactos $L'_{nT,w}$ [dB]



Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	15 de 18	Hoja 33



FACHADA

Tipo de Ruido Exterior	L_d [dB]
Automóviles y Ferrocarriles	60,00

Soluciones Constructivas

D1	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
F1	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
F2	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
F3	P+Fi+D+Csa+I+Cs+AT+B+FP+FU BP EPSmec-enr250mm
F4	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	C _{tr} [dB]	Forma	DL _{fs} [dB]
D1	21,98	0,00	240,00	49,00	-	-	0,00
F1	21,87	3,50	240,00	49,00	-	-	0
F2	11,94	3,50	240,00	49,00	-	-	0
F3	38,65	6,28	200,00	45,00	-	-	0
F4	21,98	6,28	240,00	49,00	-	-	0

RECINTO RECEPTOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Aula cult/doc/admin/relig		1º AULA 2	132,09

Soluciones Constructivas

d1	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
f1	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m²)
f2	RI15+LP115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m²)
f3	U_BC350mm+AC+M70+ARPE10
f4	U_BC350mm

Parámetros Acústicos

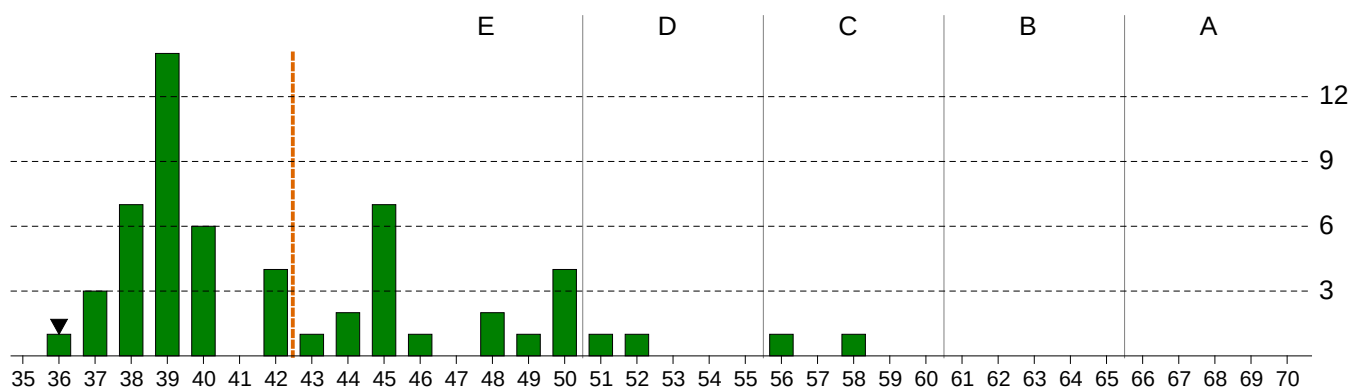
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	21,98	0,00	240,00	49,00	-	0,00	0,00
f1	18,64	3,50	161,00	44,00	-	13,00	0,00
f2	18,02	3,50	161,00	44,00	-	13,00	0,00
f3	37,74	6,28	360,00	55,00	78,00	2,00	20,00
f4	37,74	6,28	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	15 de 18	Hoja 34

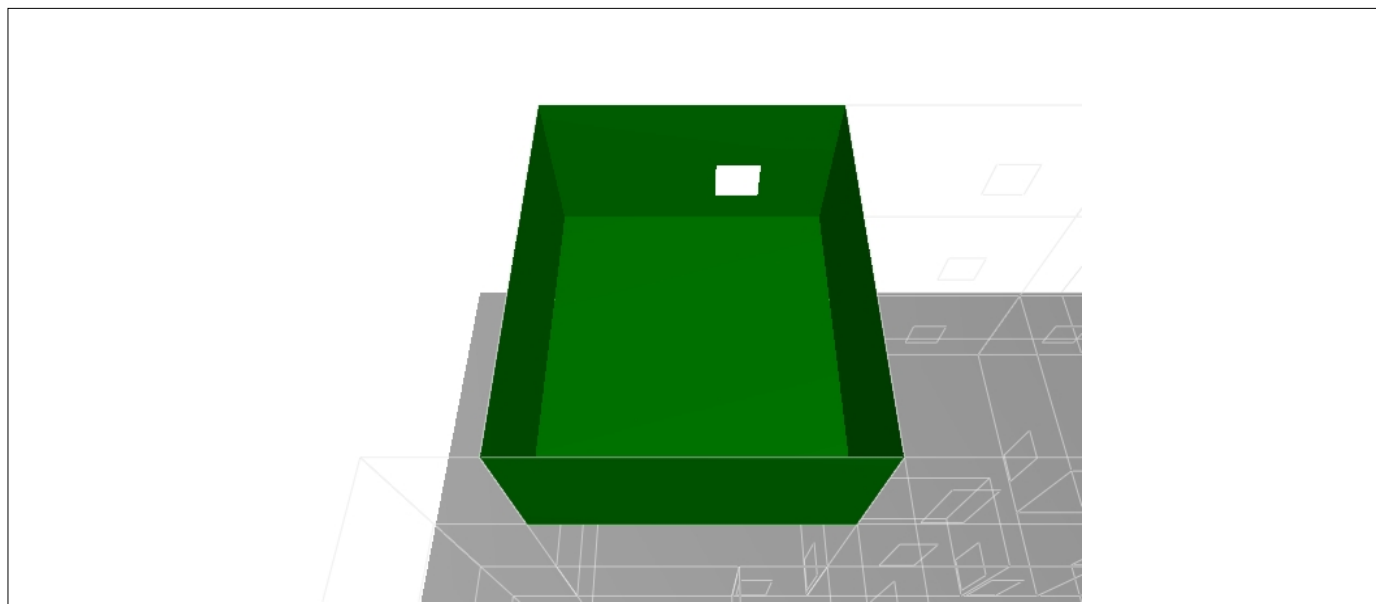
Ventanas, Puertas y Capialzados				
Descriptor	S [m ²]	R _A [dBA]	C _{tr} [dB]	DR _A [dBA]
Sen_OSC/NP6-(6...16)-10+10	12,50	35,00	-4,00	-3,00

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo	D _{2m,nT,Atr} [dBAtr]	36	30	CUMPLE

HISTOGRAMA
Aislamiento a Ruido Aéreo D _{2m,nT,A} [dBA]



Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	16 de 18	Hoja 35



CUBIERTA	
Tipo de Ruido Exterior	L_d [dB]
Automóviles y Ferrocarriles	60,00

Soluciones Constructivas	
D1	P+Fi+D+Csa+I+Cs+AT+B+FP+FU_BP_EPSmec-enr250mm
F1	P+Fi+D+Csa+I+Cs+AT+B+FP+FU_BP_EPSmec-enr250mm
F2	P+Fi+D+Csa+I+Cs+AT+B+FP+FU_BP_EPSmec-enr250mm

Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	C _{tr} [dB]	Forma	DL _{fs} [dB]
D1	46,28	0,00	200,00	45,00	-	-	0
F1	54,88	6,25	200,00	45,00	-	-	0
F2	101,33	7,41	200,00	45,00	-	-	0

RECINTO RECEPTOR			
Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Aula cult/doc/admin/relig		3º AULA 3.1	161,97

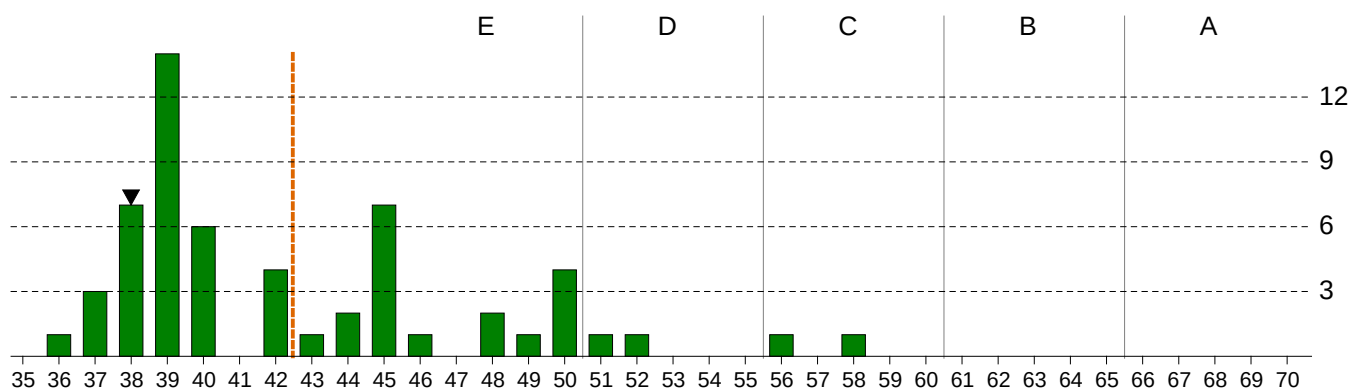
Soluciones Constructivas	
d1	P+Fi+D+Csa+I+Cs+AT+B+FP+FU_BP_EPSmec-enr250mm
f1	YL2x12,5+ATMW48+YL12,5+SP+ATMW48+YL2x12,5(PA)
f2	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
f3	LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)
f4	YL2x12,5+ATMW48+YL12,5+SP+ATMW48+YL2x12,5(PA)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m²)

Parámetros Acústicos							
	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	46,28	0,00	200,00	45,00	88,00	0,00	0,00
f1	21,87	6,25	55,00	58,00	-	0,00	0,00
f2	21,87	6,25	240,00	49,00	-	0,00	0,00
f3	25,92	7,41	240,00	49,00	-	0,00	0,00
f4	25,92	7,41	55,00	58,00	-	13,00	0,00

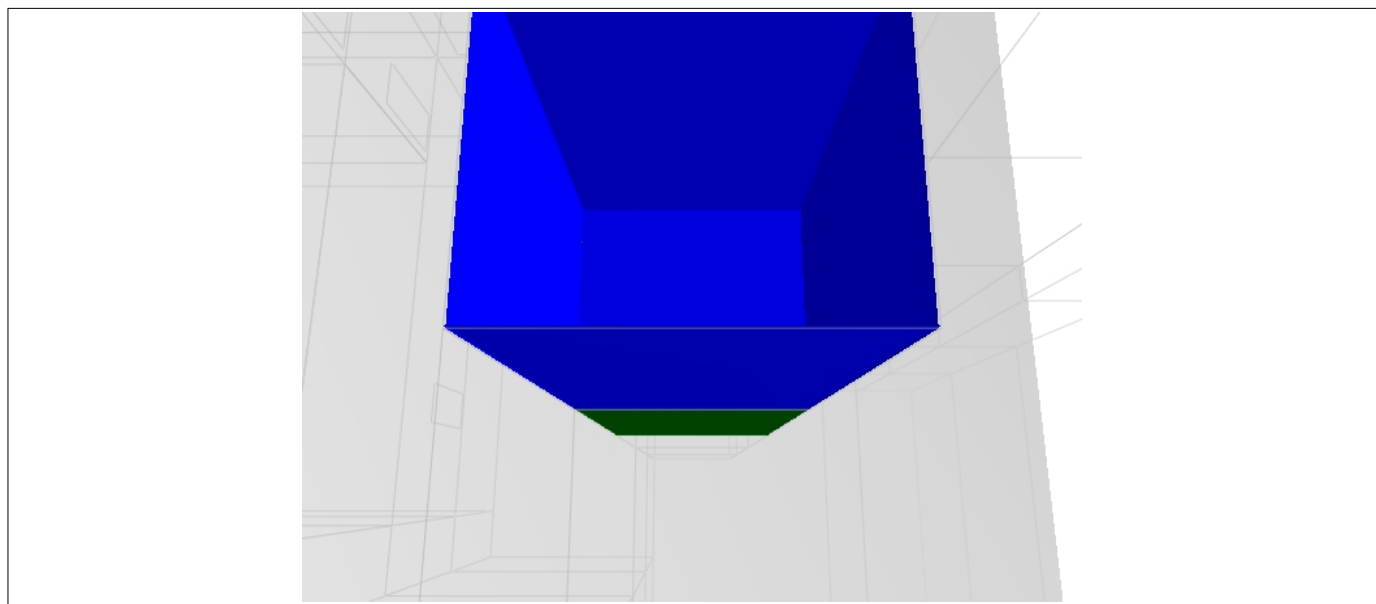
Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	16 de 18	Hoja 36

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo	$D_{2m,nT,Atr}$ [dBAtr]	38	30	CUMPLE

HISTOGRAMA
Aislamiento a Ruido Aéreo $D_{2m,nT,A}$ [dBA]



Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	17 de 18	Hoja 37



RECINTO EMISOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Ascensor		4º	13,29

Soluciones Constructivas

D1	U_BC350mm+AC+M50+ARPE10(m>350kg/m ²)
F1	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
F2	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
F3	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
F4	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
D1	3,91	0,00	360,00	55,00	78,00	0,00	20,00
F1	6,39	1,88	130,00	44,00	-	0,00	0,00
F2	6,39	1,88	130,00	44,00	-	0,00	0,00
F3	7,07	2,08	130,00	44,00	-	0,00	0,00
F4	7,07	2,08	130,00	44,00	-	0,00	0,00

RECINTO RECEPTOR

Tipo de Recinto	Nombre	Unidad de Uso	V [m ³]
Uso Común		3º	13,68

Soluciones Constructivas

d1	U_BC350mm
f1	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
f2	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
f3	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)
f4	RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)

Parámetros Acústicos

	S [m ²]	l [m]	m' [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
d1	3,91	0,00	360,00	55,00	78,00	0,00	0,00
f1	6,58	1,88	130,00	44,00	-	0,00	0,00
f2	6,58	1,88	130,00	44,00	-	0,00	0,00
f3	7,28	2,08	130,00	44,00	-	0,00	0,00
f4	7,28	2,08	130,00	44,00	-	0,00	0,00

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impacto

SONarchitect Profesional

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Ficha	17 de 18	Hoja 38

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR				
		Cálculo	Requisito	Cumplimiento
Aislamiento a Ruido Aéreo	$D_{nT,A}$ [dBA]	48	-	CUMPLE
Nivel de Presión de Ruido de Impactos	$L'_{nT,w}$ [dB]	66	CUMPLE	
El recinto CUMPLE los requisitos del DB-HR ya que el índice global de reducción acústica de la caja de ascensor RA=55,00 dBA no es menor de 50 dBA.				

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Mediciones	Hoja	39

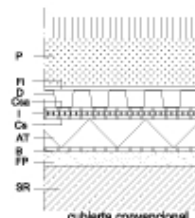
RESULTADOS DEL CALCULO DEL TIEMPO DE REVERBERACION

Recinto	Tipo	V [m3]	T30 [s]	Req.	Cumplimiento
Recinto 12 (1ºUSOS MÚLTI)	Aulas y salas de conferen	143,25	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 13 (1ºAULA 1)	Aulas y salas de conferen	161,97	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 14 (1º)	Uso Común	31,59	0,66	0,8	CUMPLE
Recinto 15 (1º)	Uso Común	80,30	0,67	0,8	CUMPLE
Recinto 18 (1ºAULA 2)	Aulas y salas de conferen	132,09	0,68	0,7	CUMPLE
Recinto 37 (2ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	192,06	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 38 (2ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	161,97	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 39 (2ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	124,26	0,68	0,7	CUMPLE
Recinto 40 (2º)	Uso Común	386,93	0,68	0,8	CUMPLE
Recinto 41 (2ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	354,64	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 42 (2ºAULA 4.1)	Aulas y salas de conferen	164,30	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 43 (2ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	224,10	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 44 (2ºAULA 4.1)	Aulas y salas de conferen	153,51	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 45 (2ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	214,69	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 46 (2ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	358,25	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 48 (2º)	Uso Común	28,90	0,66	0,8	CUMPLE
Recinto 55 (2º)	Uso Común	13,68	3,20	0,8	NO CUMPLE
Recinto 59 (3ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	192,06	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 60 (3ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	161,97	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 61 (3ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	124,26	0,68	0,7	CUMPLE
Recinto 62 (3º)	Uso Común	386,93	0,68	0,8	CUMPLE
Recinto 63 (3ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	354,64	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 64 (3ºAULA 4.1)	Aulas y salas de conferen	164,30	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 65 (3ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	224,10	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 66 (3ºAULA 4.1)	Aulas y salas de conferen	153,51	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 67 (3ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	214,69	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 68 (3ºAULA 3.1)	Aulas y salas de conferen	358,25	0,69	0,7	CUMPLE
Recinto 69 (3º)	Uso Común	28,90	0,66	0,8	CUMPLE
Recinto 76 (3º)	Uso Común	13,68	3,20	0,8	NO CUMPLE

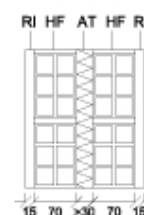
Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Mediciones	Hoja	40

MEDICIONES

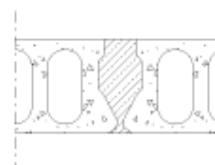
Cubierta			Ajardinada	
P+Fi+D+Csa+I+Cs+AT+B+FP+FU_BP_EPSmec-enr250mm				
Catálogo de Elementos Constructivos				
m [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
200,00	45,00	88,00	-	-
			911.60 m ²	



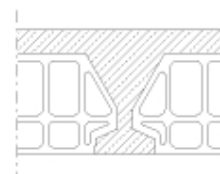
Partición			Doble hoja		
RI15+LH70+AT+LH70+RI15(min)					
/					
m [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]		DR _A [dBA]	DL _w [dB]
130,00	44,00	-		-	-
				1235.40 m ²	



Forjado		Losa alveolar		
LA_SCC200mm				
/				
m [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
282,00	51,00	82,00	-	-
			911.60 m ²	



Forjado			Unidireccional		
U_BC350mm					
/					
m [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]		DR _A [dBA]	DL _w [dB]
360,00	55,00	78,00		-	-
				2596.40 m ²	

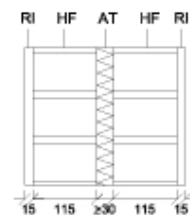


Partición			Hoja simple		
R115+LP115+R115(med)					
/					
m [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]	
161,00	44,00	-	-	-	
			839.47 m ²		

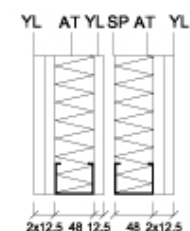


Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Mediciones	Hoja	41

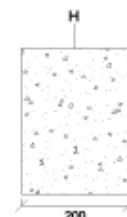
Partición			Doble hoja		
RI15+LH115+AT+LH115+RI15(med)					
/					
m [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]		DR _A [dBA]	DL _w [dB]
300,00	47,00	-		-	-
				296.91 m ²	



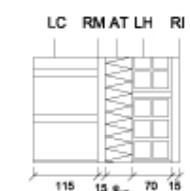
Partición			De entramado autoportante		
YL2x12,5+ATMW48+YL12,5+SP+ATMW48+YL2x12,5(PA)					
/					
m [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]	
55,00	58,00	-	-	-	
				431,53 m ²	



Partición			Hoja simple		
HAL200					
/					
m [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]		DR _A [dBA]	DL _w [dB]
360,00	55,00	-		-	-
				25.34 m ²	



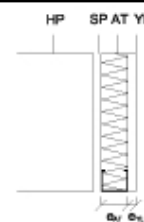
Fachada			Fábrica vista		
LC115+RM+AT+LH70+RI15(med)					
/					
m [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]		DR _A [dBA]	DL _w [dB]
240,00	49,00	-		-	-
				1272,20 m ²	



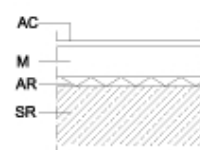
Suelo Flotante			Con capa de mortero		
AC+50 Mortero					
/					
m [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]		DR _A [dBA]	DL _w [dB]
-	-	-		3,00	0,00
				229.40 m ²	

Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Mediciones	Hoja	42

Trasdosado			Yeso laminado	
YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m²)				
/				
m [kg/m²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
-	-	-	13,00	0,00
			1458,10 m²	



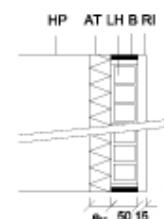
Suelo Flotante			Con capa de mortero		
AC+M50+ARPE10(m>350kg/m²)					
/					
m [kg/m²]	RA [dBA]	Ln,w [dB]		DRa [dBA]	DLw [dB]
-	-	-		0,00	20,00
				37,06 m²	



Suelo Flotante			Con capa de mortero	
AC+M70+ARPE10				
/				
m [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
-	-	-	2,00	20,00
			2559.30 m ²	

Techo Suspendido			Con cámara	
15YL+MD4+15YL+60AT+C100				
/				
m [kg/m ²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
-	-	-	11,00	21,00
			37.12 m ²	

Trasdosado			Ladrillo cerámico	
RI15+LH50+ATMW40(m=200kg/m²)				
/				
m [kg/m²]	R _A [dBA]	L _{n,w} [dB]	DR _A [dBA]	DL _w [dB]
-	-	-	16,00	0,00
			40,47 m²	



Proyecto	CED UPS	01/04/2015	Ref.	
Autor	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	Mediciones	Hoja	43

Puerta		Interior
Puerta (30dB)		
/		
R _w [dB]	C [dB]	C _{tr} [dB]
-	-1,00	-3,00
		87,15 m ²



Ventana		Oscilobatiente o no practicable
Sen_OSC/NP6-(6...16)-10+10		
/		
R _w [dB]	C [dB]	C _{tr} [dB]
-	-1,00	-4,00
		309,84 m ²



