



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Estudio acústico y térmico de los cerramientos y particiones
interiores del nuevo edificio de investigación de la ENM*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Yago Cárdenas Antón

DIRECTORES: Arturo González Gil

Francisco Javier Rodríguez Rodríguez

CURSO ACADÉMICO: 2016-2017

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Estudio acústico y térmico de los cerramientos y particiones
interiores del nuevo edificio de investigación de la ENM*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General

UniversidadeVigo

RESUMEN

En la actualidad, la búsqueda de un adecuado nivel de aislamiento, tanto acústico como térmico, resulta de vital importancia en el sector de la construcción. Se trata de obtener unas condiciones mínimas de aislamiento que permitan un adecuado nivel de confort y favorezcan la realización eficiente de las actividades en los diferentes recintos que componen una edificación.

En consecuencia, el Código Técnico de la Edificación a través de los Documentos Básicos, establece las características de aislamiento mínimas exigibles que debe cumplir todo edificio, ya se trate de un edificio de nueva construcción o de una reforma integral de uno ya existente. En este sentido, todo proyecto constructivo debe contemplar los diferentes condicionantes que puedan interferir en el cumplimiento de la norma. Así, resulta necesario realizar un estudio pormenorizado de las soluciones constructivas factibles de ser empleadas en una edificación.

El presente Trabajo de Fin de Grado se centra en la comprobación del cumplimiento del marco normativo vigente, desde un punto de vista acústico y térmico, del proyecto constructivo del nuevo edificio de investigación de la Escuela Naval Militar. Para ello, se evalúan las soluciones constructivas empleadas y se proponen posibles mejoras, con vistas a obtener un mayor nivel de confort y un menor consumo de energía en calefacción o refrigeración, emitiendo así menos contaminantes y demostrando a su vez los esfuerzos de la Armada por integrar la variable sostenible en su modo de actuación.

PALABRAS CLAVE

Soluciones constructivas, reforma, CTE (Código Técnico de la Edificación), DB-HR (Documento Básico de protección frente al ruido), DB-HE (Documento Básico de Ahorro Energético).

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría dedicar este trabajo a mis padres, Carlos y María, por su apoyo y motivación incondicional, así como a todos mis hermanos por ayudarme a afrontar este proyecto de manera optimista.

Por supuesto, me gustaría agradecer de manera especial a mis tutores Javier y Arturo, por su ayuda profesional, disponibilidad y por guiarme a lo largo de todo este proyecto.

También, quería agradecer a la Escuela Naval Militar, tanto profesores militares como civiles por su exigencia y motivación a lo largo de todos estos años y por permitirme adquirir una de las mejores formaciones académicas.

CONTENIDO

Contenido	1
Índice de Figuras	3
Índice de Tablas.....	5
1 Motivación y Objetivos	7
1.1 Motivación	7
1.2 Objetivos	8
1.3 Metodología	8
2 Estado del arte	11
2.1 Conceptos básicos de aislamiento acústico.....	11
2.1.1 Conceptos previos.....	11
2.1.2 Aislamiento acústico.....	11
2.1.3 Sonido directo y reflejado.....	12
2.1.4 Transmisión del sonido en edificación	13
2.1.5 Tipos de ruido en edificación	14
2.1.6 Terminología.....	16
2.2 Conceptos básicos aislamiento térmico	16
2.2.1 Ley de transmisión de calor	16
2.2.2 Transmisión de calor a través de un material de construcción	17
2.2.3 Transmisión de calor a través de un cerramiento	17
2.2.4 Aislantes térmicos.....	17
2.2.5 Puente térmico	18
2.3 Normativa.....	19
2.3.1 Introducción al CTE	19
2.3.2 Documento Básico “Protección frente al ruido” DB-HR	19
2.3.3 El Documento Básico “DB-HE” Ahorro de Energía.....	25
2.4 Software SONarchitec.....	38
3 Estudio del proyecto de ejecución del nuevo edificio de investigación de la Escuela Naval Militar	41
3.1 Características Generales del proyecto constructivo.	41
3.1.1 Antecedentes: descripción y localización.....	41
3.1.2 Distribución de espacios en planta y superficies.	43
3.2 Exigencias acústicas y criterios normativos propios adaptados al edificio	44
3.3 Proceso de Modelización y Evaluación acústica del proyecto constructivo inicial.....	45

3.3.1 Proceso de modelización acústica del Proyecto Constructivo.....	45
3.3.2 Resultados obtenidos mediante la modelización acústica	54
3.4 Modelización acústica optimizada del proyecto constructivo	58
3.4.1 Soluciones constructivas planteadas	59
3.4.2 Resultados obtenidos de la modelización acústica del proyecto optimizado	62
3.5 Resumen de las modelizaciones acústicas realizadas y propuestas de mejora	64
3.6 Comprobación térmica del proyecto constructivo inicial	64
3.6.1 Datos previos	65
3.6.2 Comprobación de la permeabilidad de las carpinterías	65
3.6.3 Cálculo de los parámetros característicos.....	66
3.6.4 Comprobación de la limitación de la demanda energía.....	70
4 Conclusiones y líneas futuras	73
4.1 Conclusiones	73
4.2 Líneas futuras	74
5 Bibliografía.....	75
Anexo I: Intensidad sonora: el decibelio	77
Anexo II: Materiales aislantes comunes: resistencia térmica (R), ventajas e inconvenientes.....	81
Anexo III: Planos edificio actual	83
Anexo IV: Planos edificio reformado.....	87
Anexo V: Informe modelización acústica 3D inicial (según proyecto)	93
Anexo VI: Informe modelización acústica 3D optimizada	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Representación de la incidencia de una onda acústica sobre una superficie (tomada de [4]).....	12
Figura 2-2 Sonido directo y reflejado (tomada de [4]).....	13
Figura 2-3 Tiempo de reverberación (tomada de [5])	13
Figura 2-4 Ruido Aéreo (tomada de [4]).....	15
Figura 2-5 Ruido de Impacto (tomada de [4]).....	15
Figura 2-6 Clasificación de los aislantes térmicos (elaboración propia).....	18
Figura 2-7 Representación puente térmico (tomada de [7]).....	18
Figura 2-8 Elementos de separación empleados en edificación (tomada de [1]).....	22
Figura 2-9 Representación de los diferentes tipos de separación vertical recogidos en DB-HR (tomada de [1]).....	23
Figura 2-10 Representación de los tipos de tabiquería recogidos en DB-HR (tomada de [1]).....	25
Figura 2-11 Logotipo SONarchitect.....	38
Figura 3-1 Representación localización del edificio	42
Figura 3-2 Representación localización del edificio	42
Figura 3-3 Representación localización del edificio	42
Figura 3-4 Creación planta baja en SONarchitect.....	46
Figura 3-5 Creación planta alta en SONarchitect.....	46
Figura 3-6 Asignación tipología general	47
Figura 3-7 Asignación de tipologías específicas	47
Figura 3-8 Asignación de Huecos	48
Figura 3-9 Estructura forjado de chapa colaborante [12].....	49
Figura 3-10 Forjado de losa alveolar [13]	49
Figura 3-11 Asignación de forjados	49
Figura 3-12 Asignación de suelos flotantes	50
Figura 3-13 Asignación de techo suspendido.....	50
Figura 3-14 Asignación de techos acústicos absorbentes.....	51
Figura 3-15 Asignación de acabados: suelos	51
Figura 3-16 Asignación de Cubiertas	52
Figura 3-17 Estructura RI15+LHD115+RI15 (tomada de [14])	52
Figura 3-18 Asignación de ESV.....	52
Figura 3-19 Estructura RI15+LHD70+RI15 (tomada de [14])	53
Figura 3-20 Asignación de particiones interiores.....	53
Figura 3-21 Modelización acústica inicial del edificio proyectado.....	54

Figura 3-22 Aislamiento acústico entre aseo y vestuario	55
Figura 3-23 Aislamiento acústico entre pañol de buceo y oficina Cmte.....	56
Figura 3-24 Tiempo de reverberación sala de reuniones.....	56
Figura 3-25 Aislamiento acústico entre sala de reunión y el exterior	57
Figura 3-26 Aislamiento acústico entre oficina y pasillo (sin puertas en contacto).....	57
Figura 3-27 Aislamiento acústico entre laboratorio de medidas y laboratorio de simulación	57
Figura 3-28 Aislamiento acústico entre local de ensayo y oficina suboficial mayor	58
Figura 3-29 Aislamiento acústico obtenido entre laboratorio de fluidos y local de ensayo.....	58
Figura 3-30 Modelización acústica del proyecto optimizado.....	59
Figura 3-31 Asignación de suelo flotante proyecto optimizado.....	60
Figura 3-32 Asignación de trasdosados en proyecto optimizado	61
Figura 3-33 Trasdoso (YL2x12,5+MW48+SP).....	61
Figura 3-34 Elemento constructivo (YL2x15+ATMW70+YL12,5+SP+ATMW70+YL2x15).	62
Figura 3-35 Asignación elemento constructivo de entramado autoportante en SONarchitct.	62
Figura 3-36 Aislamiento acústico entre laboratorio de medidas y laboratorio de investigación proyecto optimizado.....	63
Figura 3-37 Aislamiento acústico entre local de ensayo y oficina suboficial mayor en proyecto optimizado.....	63
Figura 3-38 Aislamiento acústico entre local de ensayo y laboratorio de fluidos en proyecto optimizado.....	63
Figura 3-39 Tabla valores máximos de U exigidos por el DB-HE-1 (tomada de [2]).	65
Figura 3-40 Tabla obtención transmitancia térmica cubierta en contacto con espacio no habitable	67
Figura AI-1 Escala de decibelios (dB) (tomada de [4])	78
Figura AI-2 Escala de decibelios ponderada A (tomada de [4])	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Esquema transmisión acústica entre recintos [4]	14
Tabla 2-2 Mecanismos de transmisión de calor	17
Tabla 2-3 Tipos de recintos según el DB-HR	21
Tabla 2-4 Composición ESH [1]	23
Tabla 2-5 Composición suelo flotante [1]	24
Tabla 2-6 Composición techo suspendido [1]	24
Tabla 2-7 Valores máximos exigidos en función de la zona climática (tomada de [2])	28
Tabla 2-8 Clasificación de los espacios habitables en función del exceso de humedad interior	28
Tabla 2-9 Clasificación de los cerramientos y particiones interiores habitables según su situación	29
Tabla 2-10 Clasificación de los cerramientos de los espacios habitables según su comportamiento térmico	30
Tabla 2-11 Valores límite de U en función de la zona climática C1 (tomada de [2])	30
Tabla 2-12 Resistencia térmica superficial en función del sentido de flujo de calor y la posición del cerramiento (tomada de [2])	32
Tabla 2-13 Resistencia térmica para cámaras sin ventilar en función de su espesor [7]	32
Tabla 2-14 Resistencia térmica para cámaras de aire ligeramente ventiladas en función de su espesor	33
Tabla 2-15 Obtención de valores de U para cerramientos en contacto con el terreno: soleras (tomada de [2])	34
Tabla 2-16 Obtención de valores de U para cerramientos en contacto con el terreno: muros (tomada de [2])	35
Tabla 2-17 Valores de resistencias superficiales para particiones en contacto con espacios no habitables (tomada de [7])	36
Tabla 2-18 Obtención coeficiente de reducción de temperatura (tomada de [2])	36
Tabla 2-19 Absortividad del marco de huecos en función del marco de estos	37
Tabla 3-1 Distribución de espacios Planta baja	43
Tabla 3-2 Distribución de espacios Planta alta	43
Tabla 3-3 Clasificación de los recintos en función del DB-HR	44
Tabla 3-4 Límites exigidos en función del entorno (tomada de [1])	45
Tabla 3-5 Tipos de fachadas en el proyecto constructivo	54
Tabla 3-6 Análisis general de resultados edificio proyectado	55
Tabla 3-7 Clasificación de los recintos según DB-HE-1.	65
Tabla 3-8 Resistencia térmica total Cubierta inclinada	66
Tabla 3-9 Resistencia térmica total Terraza	66

Tabla 3-10 Resistencia térmica total Cubierta inclinada.....	67
Tabla 3-11 Valores de U obtenidos de las fachadas.....	68
Tabla 3-12 Obtención de U de la solera.	69
Tabla 3-13 Comprobación de la limitación de la demanda energética respecto valores U máximos	70
Tabla 3-14 Comprobación de la limitación de la demanda energética respecto valores U limite ...	71
Tabla AI-1 Potencia, intensidad y presión sonora.....	77
Tabla AIV-1 Materiales aislantes: resistencia térmica (R), ventajas e inconvenientes [15].....	81

1 MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Motivación

Actualmente, el sector de la edificación, viene caracterizado por la búsqueda de la calidad constructiva y la adopción de criterios de sostenibilidad. Es por ello, que en los últimos años se ha realizado un gran esfuerzo en esta materia, aumentando el control y las competencias legislativas, esfuerzo que se ve reflejado en nuevas directrices normativas.

De esta manera, tanto el análisis de las características térmicas como acústicas de un proyecto constructivo, adquieren una gran importancia al tratarse de un entorno en el que las personas pasan gran parte de su tiempo. Así pues, el aislamiento acústico y térmico se puede afrontar haciendo uso de conocimientos y soluciones constructivas para maximizar sus efectos, los cuales, por razones de economía y eficacia, conviene llevarlos a cabo desde la base del proyecto del edificio.

En consecuencia, el Código Técnico de la Edificación (CTE), a través de los diferentes Documentos Básicos, plantea un enfoque basado en el cumplimiento de una serie de objetivos, sin obligar al uso de un procedimiento o solución determinados, lo que permite la innovación y el desarrollo tecnológico.

Los edificios desde el punto de vista acústico, deben cumplir unas condiciones acústicas mínimas exigibles, de acuerdo con su uso y la actividad que se desarrolle en su interior. De esta manera, 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*** [1], establece las reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de protección frente al ruido. En este documento, se definen los parámetros límite de aislamiento acústico que han de cumplirse entre recintos y con el exterior considerando todas las vías de transmisión, tanto directas como indirectas o estructurales.

Por otro lado, en la actualidad existe un problema energético a nivel mundial que obliga a todos los sectores implicados en el consumo de energía a la búsqueda de una reducción de sus consumos y emisión de contaminantes. Uno de esos sectores es el de la edificación. Así pues, la necesidad de lograr un uso eficiente, prudente, racional y sostenible de la energía, unido a los avances técnicos en el sector de la construcción, exigen la continua adaptación del marco normativo en relación con el ahorro de energía, tratando, a su vez, de conseguir la satisfacción de las necesidades de confort. De esta manera, el ***Documento Básico “DB-HE” Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación*** [2] es el documento reglamentario de carácter básico en el que se establecen los parámetros objetivos y procedimientos de eficiencia energética que deben cumplir los edificios para satisfacer las exigencias

básicas de aislamiento térmico y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de ahorro de energía de la Ley de Ordenación de la Edificación [3].

El presente Trabajo Fin de Grado se centra en el proyecto de reforma de un edificio ya existente y construcción de uno nuevo de planta baja anejo al mismo. Se trata de un edificio compuesto por varios recintos con usos diferentes. Así, nos encontramos con un edificio que presenta recintos a proteger acústicamente como salas de reunión, oficinas, laboratorios y un local de ensayo, en los cuales las exigencias acústicas serán mayores. No obstante, al tratarse de una obra de ampliación y reforma considerada como no integral, se exime del cumplimiento de los requisitos establecidos en los diferentes Documentos Básicos del Código Técnico de la Edificación.

Por ello, a falta de estudios justificativos relacionados con el cumplimiento del marco normativo vigente, se considera necesario una revisión de los diferentes elementos constructivos planteados en el proyecto inicial, de tal manera, que se garantice no solo la obtención de los niveles mínimos de aislamiento acústico y térmico, sino que también, con vistas a aumentar la vida útil del edificio, se alcancen unos niveles de calidad y confort interior adecuados, permitiendo a las personas la realización de las diferentes actividades satisfactoriamente.

1.2 Objetivos

El objetivo principal del presente Trabajo de Fin de Grado consiste en evaluar acústica y térmicamente los cerramientos y particiones interiores propuestos en el proyecto constructivo del nuevo edificio de investigación de la Escuela Naval Militar, comprobando que sus parámetros característicos cumplen con los límites establecidos en el CTE.

Así, el objetivo principal se desglosa en los siguientes objetivos secundarios:

- Adquirir los conocimientos de aislamiento acústico y térmico necesarios para abordar el estudio del proyecto constructivo de manera crítica.
- Comprender la normativa vigente por la que se regulan las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios.
- Familiarizarse con el uso del programa de aislamiento acústico *SONarchitect*, software reconocido oficialmente para analizar un edificio en su conjunto y realizar la verificación integral de todos los requerimientos entre los diferentes pares de recintos.
- En función de los resultados alcanzados, proponer posibles mejoras mediante la aplicación de las soluciones constructivas más adecuadas.

1.3 Metodología

Para la consecución de los objetivos descritos anteriormente, se seguirán los siguientes pasos o etapas:

1. Definir, de manera general, los conceptos elementales de aislamiento acústico y térmico necesarios para comprender las exigencias de los Documentos Básicos del Código Técnico de la Edificación “DB-HR” y “DB-HE”, así como la aplicación que de éstos se realiza a lo largo del presente trabajo.
2. Estudio de la normativa acústica y térmica, en relación con lo establecido en el CTE, obteniendo las exigencias mínimas de aislamiento aplicables en el presente proyecto.
3. Comprobación del cumplimiento, desde el punto de vista acústico, de las soluciones constructivas detalladas en el proyecto inicial respecto a las exigencias mínimas establecidas en el punto anterior. Para ello, se realizará una modelización acústica 3D, mediante el software *SONarchitect*, obteniendo los puntos conflictivos y proponiendo sistemas constructivos de mejora susceptibles de ser aplicados.
4. Realización de una modelización acústica optimizada, permitiendo de esta manera cumplir con el marco normativo en su totalidad.

5. Comprobación de que las soluciones constructivas propuestas, tanto en el proyecto inicial como en el optimizado, cumplen con los requisitos de aislamiento térmico recogidos en el DB-HE-1.
6. Finalmente, una vez obtenidos todos los resultados y posibles puntos de mejora, se procederá a la realización de las conclusiones sobre el trabajo y la propuesta de líneas futuras respecto a éste.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Conceptos básicos de aislamiento acústico.

2.1.1 *Conceptos previos*

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. De esta manera, el **ruido** implica el mismo fenómeno físico que el sonido; no obstante, se define como un sonido molesto o un sonido no deseado, ya que altera el bienestar fisiológico y psicológico e interfiere en la vida cotidiana. En este apartado se exponen una serie de términos acústicos básicos cuyo conocimiento es de vital importancia para comprender el Documento Básico “DB-HR” Protección frente al ruido del código técnico de la edificación y la aplicación del mismo.

De manera previa, es necesario diferenciar los conceptos básicos utilizados en el ámbito de la acústica arquitectónica o acústica de la edificación: el aislamiento acústico y el acondicionamiento acústico. Los objetivos de uno y otro, aunque relacionados entre sí, son distintos, pero deben emplearse de manera conjunta para unir y complementar su potencial.

El **aislamiento acústico** se refiere al conjunto de acciones y procedimientos encaminados a la obtención de una correcta atenuación en la transmisión de ruido, tanto aéreo como estructural, entre los diferentes espacios que integran un recinto y también con el exterior. Cuando se habla de aislamiento siempre se tiene en consideración a dos recintos diferentes; es decir, el sonido se genera en un recinto denominado emisor, se transmite, y es percibido en otro recinto llamado receptor. El aislamiento acústico hay que abordarlo en la fase de diseño y construcción del edificio pues una vez construido cualquier mejora significativa en el mismo será mucho más complicada y más cara.

Otro aspecto importante en la acústica de la edificación es el **acondicionamiento acústico**, que implica a un único recinto. Consiste en la definición de las medidas técnicas constructivas aplicadas en el interior de un recinto con objeto de conseguir las condiciones acústicas más adecuadas para el tipo de actividad a la que esté destinado su uso.

2.1.2 *Aislamiento acústico*

Cuando sobre una superficie incide una onda acústica, la energía acústica, da lugar a tres componentes principales [4]:

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.

En la Figura 2-1 se puede observar la representación de estas tres componentes principales de manera gráfica.

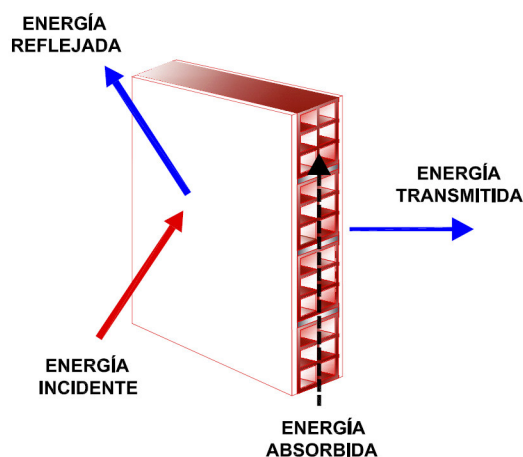


Figura 2-1 Representación de la incidencia de una onda acústica sobre una superficie (tomada de [4])

Así pues, el aislamiento acústico, comprende el conjunto de medidas a aplicar con el fin de obtener la mayor disminución de energía transmitida entre locales. Mientras que, con el empleo de materiales absorbentes se pretenderá actuar sobre la componente del sonido reflejado, condicionante del acondicionamiento acústico, adaptando las características acústicas de los locales en base a su futuro uso.

2.1.3 Sonido directo y reflejado

En el interior de un recinto cerrado, el sonido total que recibe un oyente es la suma del sonido procedente directamente de la fuente sonora, como si fuente y receptor estuvieran en el espacio libre, y el que procede de las sucesivas reflexiones en los cerramientos del local. De esta manera, el nivel de ruido en un recinto interior será mayor que el de un recinto exterior debido a las diferentes reflexiones en las superficies del recinto, pudiéndose aumentar el nivel de ruido en hasta un 10% respecto al ruido directo emitido por el foco sonoro.

Por tanto, 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.

Mientras que, 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.

En la Figura 2-2 se puede observar de manera gráfica estos dos conceptos.

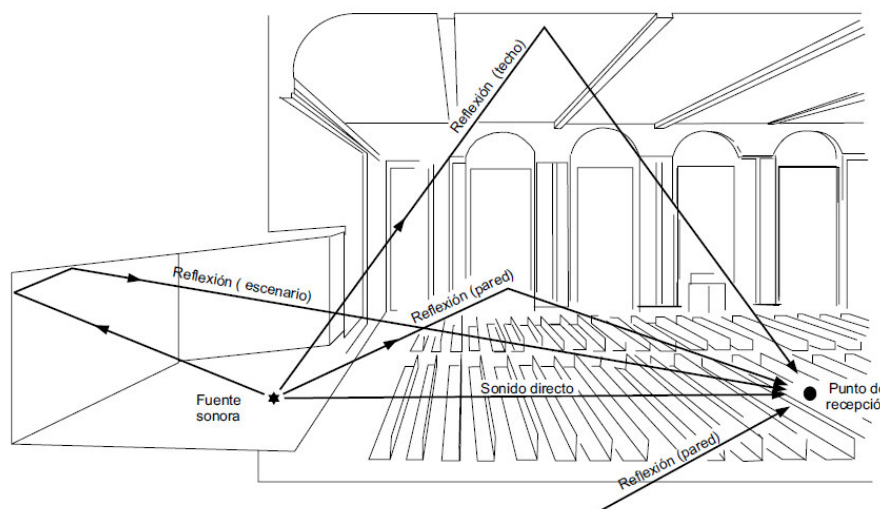


Figura 2-2 Sonido directo y reflejado (tomada de [4])

Por otra parte, al analizar la evolución temporal del sonido reflejado en un punto cualquiera del recinto objeto de estudio, se observan básicamente dos escenarios de características notablemente diferenciados; una primera zona temporal que engloba todas aquellas reflexiones que llegan inmediatamente después del sonido directo, y que reciben el nombre de primeras reflexiones o reflexiones tempranas y una segunda zona formada por reflexiones tardías que constituyen la denominada cola reverberante. En la imagen siguiente se puede observar este fenómeno en función del nivel de densidad de energía expresado en dB (esta unidad de medida se explica en el Anexo I: Intensidad sonora: el decibelio).

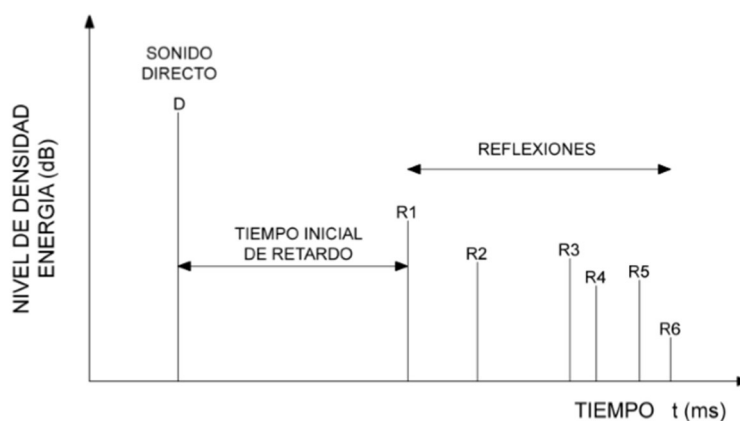


Figura 2-3 Tiempo de reverberación (tomada de [5])

De esta manera, **el tiempo de reverberación** es un parámetro utilizado para cuantificar la reverberación de un determinado recinto y se define como el tiempo en segundos que transcurre entre que se interrumpe la recepción directa de un sonido hasta que el nivel de presión sonora disminuye 60 dB después del cese de la fuente. Este parámetro varía en función de la frecuencia.

Se trata de un fenómeno físico de gran utilidad para comparar y prever la respuesta de un determinado recinto a los diferentes sonidos generados en su interior.

2.1.4 Transmisión del sonido en edificación

Para cualquier elemento constructivo, su aislamiento acústico medido "en obra" difiere del valor obtenido en laboratorio, siendo el aislamiento obtenido in situ siempre menor que el aislamiento teórico

o de 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 se corresponde con el valor real medido 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.

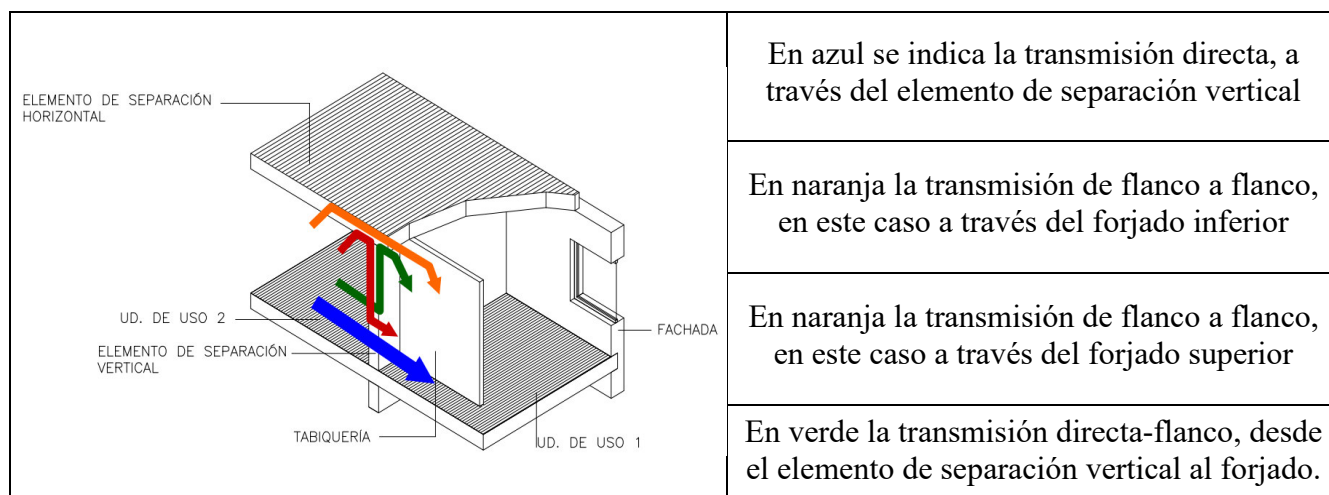


Tabla 2-1 Esquema transmisión acústica entre recintos [4]

En general, en el Documento Básico DB-HR las exigencias de aislamiento acústico se establecen mediante índices que expresan el aislamiento acústico en el edificio terminado y pueden comprobarse mediante un ensayo de aislamiento acústico normalizado. El valor de esta medición es directamente comparable con el de la exigencia. Así ocurre con los índices $D_{nT,A}$, $D_{2m,nT,Atr}$ y $L_{nT,w}$ que expresan aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos interiores, aislamiento acústico respecto a ruido procedente del exterior y nivel de ruido de impactos respectivamente.

2.1.5 Tipos de ruido en edificación

Según su forma de transmisión el ruido se puede dividir en dos grandes grupos: ruido aéreo y ruido de impacto.

Ruido aéreo: El ruido aéreo puede propagarse desde el exterior hacia el interior o bien entre vecinos o de un edificio a otro. *Es el ruido inducido por la perturbación generada en los volúmenes de aire que rodean a las fuentes sonoras* [4]. Así pues, 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. En la Figura 2-4 se puede observar este concepto de manera gráfica.

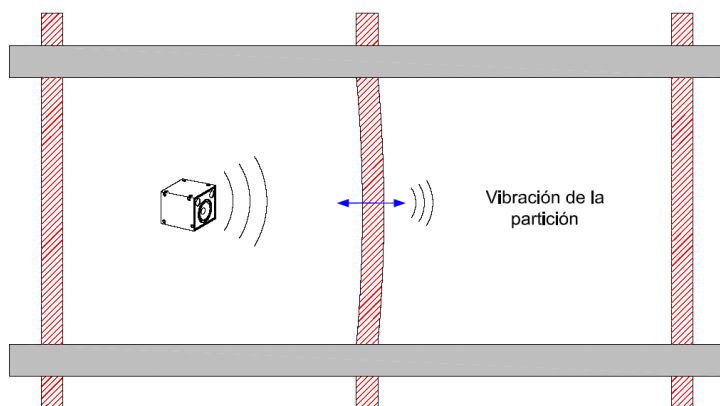


Figura 2-4 Ruido Aéreo (tomada de [4])

De esta manera el aislamiento acústico a ruido aéreo consiste en 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 a ruido aéreo se ve caracterizado, según el DB-HR, por los siguientes parámetros:

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

Ruido de impacto: es causado por los golpes que se producen en la losa de un elemento de separación horizontal, estos golpes generan una vibración en la estructura del edificio que hace que se convierta en un foco sonoro. Debido a la alta rigidez de los elementos constructivos, la vibración se transmite por la estructura del edificio y se emite como ruido en el aire en los diferentes lugares de dicho edificio. Para minimizar el ruido de impacto se han de ejecutar suelos flotantes, compuestos por materiales elásticos que amortiguan la vibración inicial, evitando así la transmisión del ruido a través de la estructura. En la Figura 2-5 se representa gráficamente este concepto.

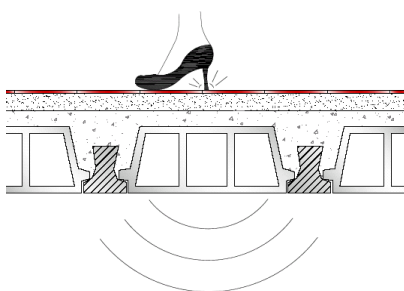


Figura 2-5 Ruido de Impacto (tomada de [4])

De esta manera, el aislamiento a ruido de impacto consiste en eliminar el camino de transmisión de las vibraciones generadas por los golpes.

Para conseguir cierto nivel de aislamiento de ruido de impacto se deben tener en cuenta:

- Las características de la fuente de ruido, por ejemplo, el tipo de objeto que golpea el elemento.

- La estructura del elemento separador horizontal constituido por forjado y suelo flotante.
- El tipo de revestimiento o acabado del suelo, por ejemplo las moquetas o revestimientos blandos favorecen el aislamiento.

El aislamiento a ruido de impacto se ve caracterizado, según el DB-HR, por los siguientes parámetros:

- 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).

2.1.6 Terminología

Además de los parámetros y conceptos definidos en los apartados anteriores, conviene indicar otros parámetros para la compresión del DB-HR y el presente Trabajo de Fin de Grado:

Se entiende por **coeficiente de absorción acústica**, α , a la relación entre la energía acústica absorbida por un objeto, usualmente plano, y la energía acústica incidente sobre el mismo, referida a la unidad de superficie. Es función de la frecuencia.

Por otro lado, el **Índice de ruido día**, L_d , hace referencia al ruido asociado a la molestia durante el periodo día y es definido como el nivel sonoro medio a largo plazo, ponderado A, determinado a lo largo de todos los periodos día de un año. Se expresa en dBA.

Otro concepto a tener en cuenta es el **área de absorción acústica**, A , definida como la absorción acústica en m^2 , correspondiente a un objeto de superficie no definida.

Como ya se especificó en el apartado referido al ruido aéreo, el parámetro R_A se presunta como el índice global de reducción acústica de un elemento mediante su valoración global, en dBA, del índice de reducción acústica, R (para un ruido incidente rosa normalizado, ponderado A, determinado mediante ensayo en laboratorio). Por ello, ΔR_A expresará 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, en dB. Se emplea para suelos flotantes.

2.2 Conceptos básicos aislamiento térmico

2.2.1 Ley de transmisión de calor

En términos generales, si existe diferencia de temperaturas entre dos cuerpos existirá transferencia de calor (ley de transmisión de calor). De manera simple, la transferencia de calor se puede definir como; energía en tránsito debido a una diferencia de temperaturas. A mayor diferencia de temperatura, la transferencia de calor será mayor [6].

Esta ley física, aplicada a los edificios, lleva a algunas simplificaciones para hacer manejable el cálculo del flujo de calor a través de los cerramientos. Por ejemplo, suponer que el interior del edificio presenta una temperatura constante en el espacio. De esta manera, en la práctica, se simplifica la realidad física, reduciendo el número de temperaturas distintas, es decir, suponiendo que diversos puntos tienen la misma temperatura.

La transmisión térmica, definida como transferencia de calor desde un cuerpo caliente a un cuerpo más frío, puede tener lugar de diferentes maneras, en función del medio en el que se produzca, existiendo pues, diferentes mecanismos de transmisión de calor, definidos en la **Tabla 2-2**, [6].

Conducción	Transmisión de calor a través de un material, tanto sólido como fluido.
Convección	Transmisión de calor debido al movimiento de un fluido gas o líquido
Radiación	Transmisión de calor sin que se requiera soporte material.

Tabla 2-2 Mecanismos de transmisión de calor

2.2.2 Transmisión de calor a través de un material de construcción

Obtener un valor de la transferencia de calor a través de un material de construcción no es fácil, pues es necesario conocer como deja el material pasar el calor a través de él, como lo repele y en qué medida lo radia al exterior. Así pues, se definen:

- La **conductividad térmica**, λ , es la principal propiedad a tener en cuenta para caracterizar el comportamiento térmico de un material, ya que mide cómo de fácil es transmitir el calor a través de este. Cuanto menor es su valor, mejor es su comportamiento como aislante, ya que es menos conductor. Se mide en $W/m \cdot K$.
- La **transmitancia térmica**, U , es un valor que caracteriza la transmisión de calor entre dos lugares. Se define como, la densidad de flujo de calor por unidad de diferencia de temperatura. Por tanto, cuanto menor sea el valor de U , mayor será el aislamiento térmico. Se mide en $W/m^2 \cdot K$.
- Por otro lado, la **resistencia térmica**, R , se puede definir como la inversa de la transmitancia térmica. También caracteriza la transmisión de calor entre dos lugares pero de manera inversamente proporcional al flujo de calor transferido entre estos. Cuanto mayor sea el valor de R , mayor será el aislamiento térmico. Se mide en $m^2 \cdot K/W$.

2.2.3 Transmisión de calor a través de un cerramiento

El proceso de transmisión de calor a través de los cerramientos del edificio, de interior a exterior, se produce en tres fases:

- En primer lugar, entre el ambiente interior y la superficie interior se producen los mecanismos de convección y radiación.
- Posteriormente, se produce conducción a través de las diferentes capas de materiales de las que pueda estar formado el cerramiento, posiblemente se podría dar también el mecanismo de convección y radiación en el caso de que haya capa de aire intermedia.
- Finalmente, se produce de nuevo los mecanismos de radiación y convección desde la superficie exterior al ambiente exterior.

Las prestaciones térmicas de un cerramiento vienen determinadas por medio de la transmitancia térmica, permitiendo conocer las pérdidas o ganancias de calor a través de la envolvente térmica.

Así pues, la transmitancia y la resistencia térmica de un cerramiento vienen determinadas principalmente por el número de capas de aislante térmico. A mayor número de capas de aislante térmico, menor será su transmitancia térmica y por tanto, mejor será su aislamiento.

2.2.4 Aislantes térmicos

Un aislante térmico, permite reducir la transmisión de calor a través de los cerramientos de los edificios. La efectividad de estos depende de las temperaturas de la zona, las propiedades mecánicas del material y la vida útil de servicio del mismo. Así pues, en el esquema siguiente, se muestran los

principales tipos de materiales aislantes (cuyas propiedades térmicas vienen recogidas en el Anexo II: Materiales aislantes comunes: resistencia térmica (R), ventajas e inconvenientes):

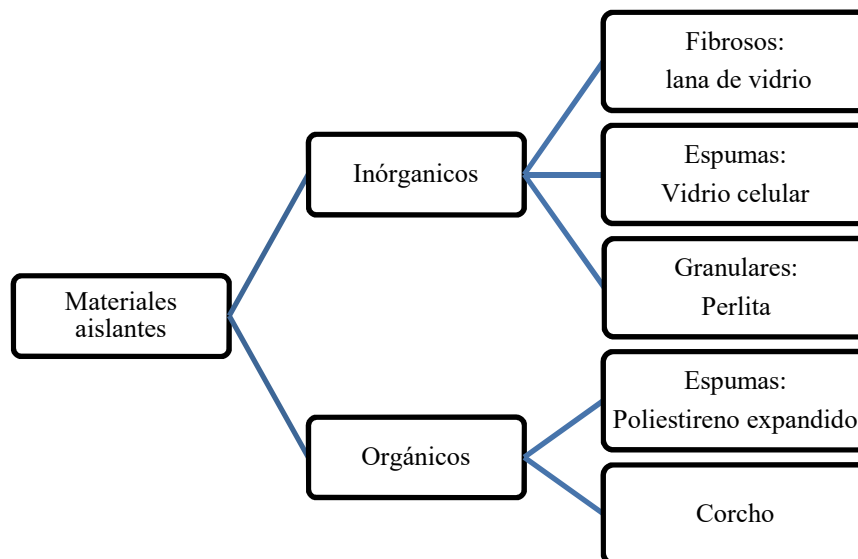


Figura 2-6 Clasificación de los aislantes térmicos (elaboración propia)

2.2.5 Puente térmico

Los puentes térmicos se producen debido a que, un edificio, por aparentemente simple o pequeño que sea, requiere un enfoque, no solo abarcando materiales, sino también el diseño de los sistemas constructivos y la instalación.

La envolvente de un edificio comprende una geometría material compleja, con gran cantidad de detalles juntas y encuentros diversos. El concepto de puente térmico nace a raíz de esto, considerándose al conjunto de discontinuidades, tanto geométricas como materiales de la capa de aislamiento térmico, produciendo por tanto un punto débil de mayor transferencia de calor (mayor U), y a su vez, menor aislamiento térmico [7]. En la siguiente imagen se puede observar este fenómeno de manera gráfica:

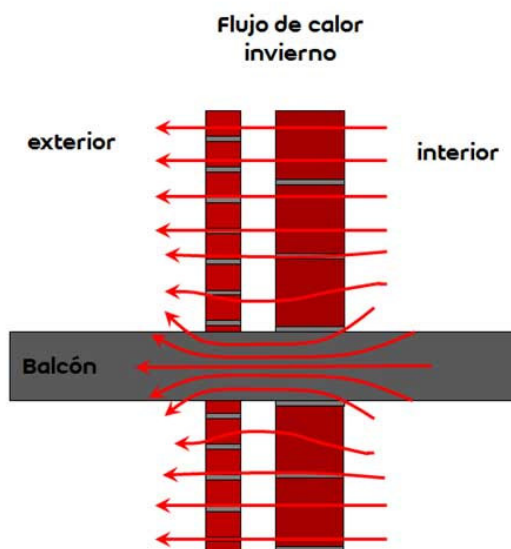


Figura 2-7 Representación puente térmico (tomada de [7])

Los principales ejemplos de puentes térmicos presentes en la estructura de un edificio pueden ser pilares, balcones, cajas de persiana, esquinas y juntas o la propia geometría del edificio.

2.3 Normativa

2.3.1 Introducción al CTE

El Código Técnico de la Edificación es el marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad (seguridad estructural, seguridad contra incendios, seguridad de utilización) y habitabilidad (salubridad, protección frente al ruido y ahorro de energía) establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación [3], con el fin de mejorar la calidad de la edificación y de promover la innovación y sostenibilidad.

El Código Técnico de la Edificación está dividido en dos partes. En la primera se detallan todas las exigencias en materia de seguridad y de habitabilidad que son necesarias a la hora de construir un edificio, y la segunda se compone de los diferentes Documentos Básicos o textos de carácter técnico que se encargan de trasladar al terreno práctico las exigencias detalladas en la primera parte del CTE.

2.3.2 Documento Básico “Protección frente al ruido” DB-HR

Como se comentó en la introducción del presente trabajo, el DB-HR es el marco normativo en lo referente a aislamiento acústico en edificación, cuyo principal objetivo es establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de protección frente al ruido. La correcta aplicación del DB-HR supone que se satisface el requisito básico “Protección frente al ruido”.

El objetivo del requisito básico “Protección frente al 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 [1].

2.3.2.1 Ámbito de aplicación

El ámbito de aplicación de este Documento Básico 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 m^3 , que serán objeto de un estudio especial en cuanto a su diseño, y se considerarán recintos protegidos respecto de otros recintos y el 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.

Cabe destacar, que el proyecto constructivo del edificio de investigación de la Escuela Naval Militar, está exento del cumplimiento de la normativa establecida en el DB-HR, según el ámbito de aplicación de este al tratarse de una reforma no integral. No obstante, el presente Trabajo de Fin de Grado aborda el estudio del edificio con vistas a obtener el cumplimiento de la normativa en su totalidad.

El contenido de este Documento Básico 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 Documento Básico correspondiente a cada uno de ellos.

2.3.2.2 Realización de un Proyecto acústico según el DB-HR

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 aplicable en cualquier tipo de edificio basada en tablas, mediante las cuales se obtiene de modo sencillo los parámetros mínimos necesarios que han de poseer los diferentes elementos constructivos para cumplir, junto con el resto de condiciones establecidas en el DB-HR, con las exigencias de aislamiento acústico, tanto a ruido aéreo como a ruido de impacto.

Así pues, uno de los factores característicos de esta opción es que no es necesario realizar cálculos, simplemente consiste en elegir los elementos adecuados de las tablas que se proponen.

Otro factor a considerar es que no se indican sistemas reales a emplear, sino sus características acústicas 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), reducción del nivel de ruido de impacto ΔL_w (dB).

b) Opción general:

Esta opción, de aplicación en cualquier tipo de edificio, permite comprobar si las soluciones constructivas concretas que pretendemos ejecutar cumplen con los requisitos establecidos por el marco normativo. 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 comprobar de manera individual, 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, etc.), si las soluciones constructivas que deseamos ejecutar 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).
- $D_{2m,nT,Atr}$ (para el aislamiento a ruido aéreo 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 de las uniones entre los elementos constructivos empleados.

En el caso del presente Trabajo de Fin de Grado se emplea el método general para obtener unos resultados optimizados del proyecto constructivo del edificio de investigación de la Escuela Naval Militar. La herramienta mediante la cual se realizarán los diferentes cálculos, analizando de esta manera los recintos con todos sus colindantes será el software *SONarchitect*.

2.3.2.3 Tipos de recintos

Un recinto es un espacio de un edificio limitado por cerramientos, particiones o cualquier otro elemento de separación.

De esta manera, el DB-HR, clasifica en función de sus características, los siguientes tipos de recintos:

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. 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, entendiéndose 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: a) habitaciones y estancias (dormitorios, comedores, bibliotecas, salones, etc.) en edificios residenciales; b) aulas, salas de conferencias, bibliotecas, despachos, en edificios de uso docente; c) quirófanos, habitaciones, salas de espera, en edificios de uso sanitario u hospitalario; d) oficinas, despachos, salas de reunión, en edificios de uso administrativo; e) cocinas, baños, aseos, pasillos, distribuidores y escaleras, en edificios de cualquier uso; f) 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 2-3 Tipos de recintos según el DB-HR

2.3.2.4 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, o bien por formar parte de un grupo o colectivo que realiza la misma actividad. 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.
- c) en edificios docentes, cada aula o sala de conferencias.

El concepto de unidad de uso es de vital importancia para determinar las exigencias de aislamiento acústico entre los diferentes recintos que componen el edificio estudiado en el presente Trabajo de Fin de Grado, ya que los valores de aislamiento acústico a ruido interior se aplican en función de la unidad de uso en cuestión.

Respecto a los edificios de uso vivienda, hospitalario, residencial público y docente, puede haber recintos diferentes de los mencionados anteriormente, no obstante, el DB-HR no define que sean unidades de uso.

2.3.2.5 Elementos de separación empleados en edificación

Actualmente, existe una gran variedad de elementos constructivos aplicables en edificación. Cada uno de estos con características propias, proporcionando un amplio abanico de aislamiento acústico.

En este contexto, se entiende por solución de aislamiento, el conjunto de todos los elementos constructivos que conforman un recinto y que influyen en la transmisión del ruido y de las vibraciones entre recintos adyacentes o entre el exterior y un recinto.

En este apartado se definen los diferentes tipos de elementos de separación que forman parte de la edificación. En la Figura 2-8 se muestra una representación gráfica de estos.

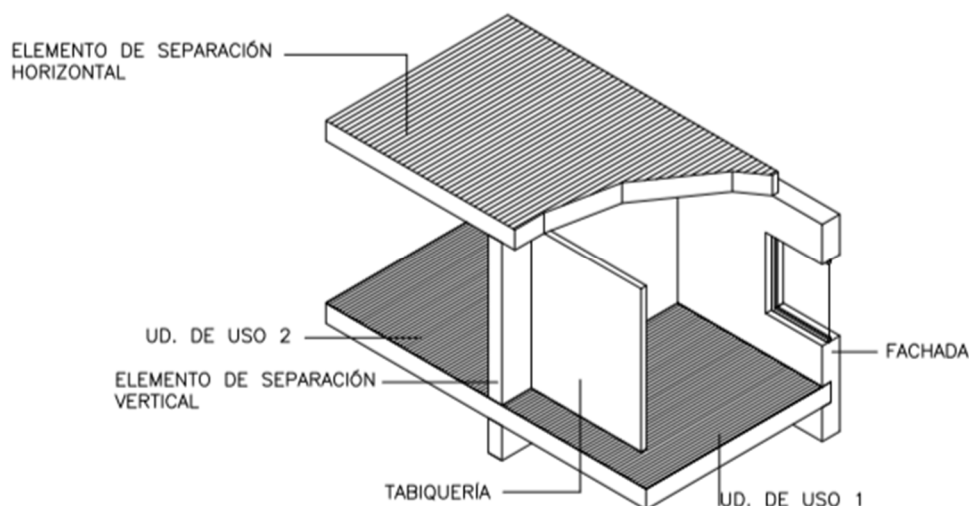


Figura 2-8 Elementos de separación empleados en edificación (tomada de [1])

2.3.2.5.1 Elementos de separación verticales

Son particiones verticales destinadas a separar unidades de uso diferentes o una unidad de uso de una zona común, de un recinto de instalaciones o de un recinto de actividad. El DB-HR establece, de manera genérica, tres tipos de elementos de separación verticales [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 apreciar de forma gráfica los diferentes tipos genéricos de elementos de separación vertical recogidos en [1]:

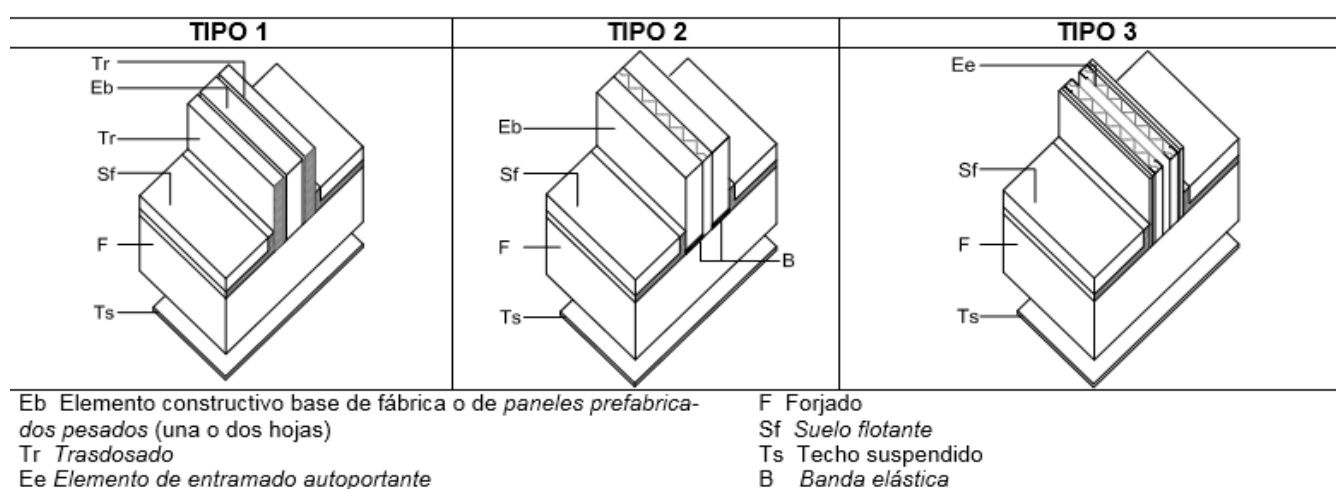


Figura 2-9 Representación de los diferentes tipos de separación vertical recogidos en DB-HR (tomada de [1])

2.3.2.5.2 Elementos de separación horizontal

El DB-HR, define los elementos de separación horizontal (ESH) como aquellos que separan una unidad de uso de cualquier otro recinto del edificio o que separan un recinto protegido o un recinto habitable de un recinto de instalaciones o de un recinto de actividad. En la siguiente tabla (Tabla 2-4) se puede observar la composición de los ESH:

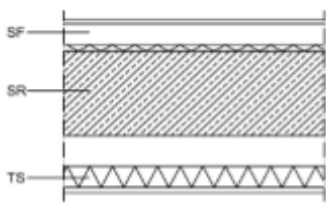
	SR: Soporte resistente: Forjado SF: Suelo Flotante TS: Techo suspendido
---	--

Tabla 2-4 Composición ESH [1]

De cara a la comprensión de la modelización acústica desarrollada en el presente Trabajo de Fin de Grado, es imprescindible indicar que los elementos de separación horizontales (ESH), como se puede observar en la imagen anterior, están formados por el forjado (SR), el suelo flotante (SF) y, en algunos casos, el techo suspendido (TS).

El forjado es un elemento de construcción estructural superficial, cuya principal función reside en recibir y distribuir las cargas del suelo a través de los diferentes elementos verticales que lo sostienen,

además de proporcionar aislamiento, tanto acústico como térmico, impermeabilidad y protección contra el fuego, entre otros.

Así pues, se diferencian dos tipos de forjado diferentes:

- Forjado unidireccional: es un tipo de forjado rígido únicamente en una dirección, es conveniente que se apoye sobre elementos lineales.
- Forjado bidireccional: es un tipo de forjado rígido en ambas direcciones, es por ello que pueden ser apoyados sobre elementos puntuales, pilares, que no necesariamente tienen que estar dispuestos de forma ordenada.

Por otro lado, el suelo flotante, se define como elemento constructivo formado por material aislante a ruido de impacto (lana mineral, poliestireno, etc.) y un acabado que suele ser de mortero (hormigón) que se instala sobre el forjado.

Un suelo flotante mejora el aislamiento a ruido aéreo del ESH (ΔR_A) y reduce el nivel de ruido de impacto (ΔL_W).

En la siguiente tabla se puede observar los elementos que componen el suelo flotante:

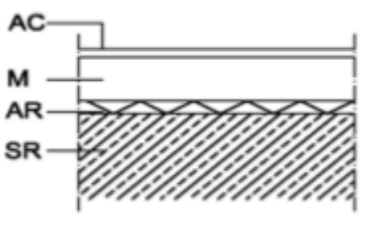
	AC: Acabado M: Capa de Mortero AR: Material aislante a ruido de impactos SR: Forjado u otro soporte resistente
--	--

Tabla 2-5 Composición suelo flotante [1]

Finalmente, el techo suspendido es un sistema constructivo que, a diferencia del suelo flotante, se instala en la parte inferior del forjado.

Los elementos por los que se dimensiona un techo suspendido son, una cámara de aire, seguido de un aislante (que suele ser lana mineral) y una placa de yeso laminado, como se puede observar en la tabla siguiente:

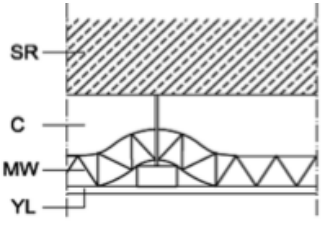
	C: Cámara de aire MW: Lana mineral YL: Yeso laminado SR: Forjado
---	--

Tabla 2-6 Composición techo suspendido [1]

2.3.2.5.3 La tabiquería

Se denomina tabiquería al conjunto de particiones interiores de una unidad de uso. La tabiquería contempla los siguientes tipos:

- Tabiquería de fábrica o de paneles prefabricados pesados con apoyo directo en el forjado, sin interposición de bandas elásticas.
- 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.
- Tabiquería de entramado autoportante.

En la siguiente tabla se pueden observar los diferentes tipos genéricos de tabiquería, según el DB-HR, de manera gráfica:

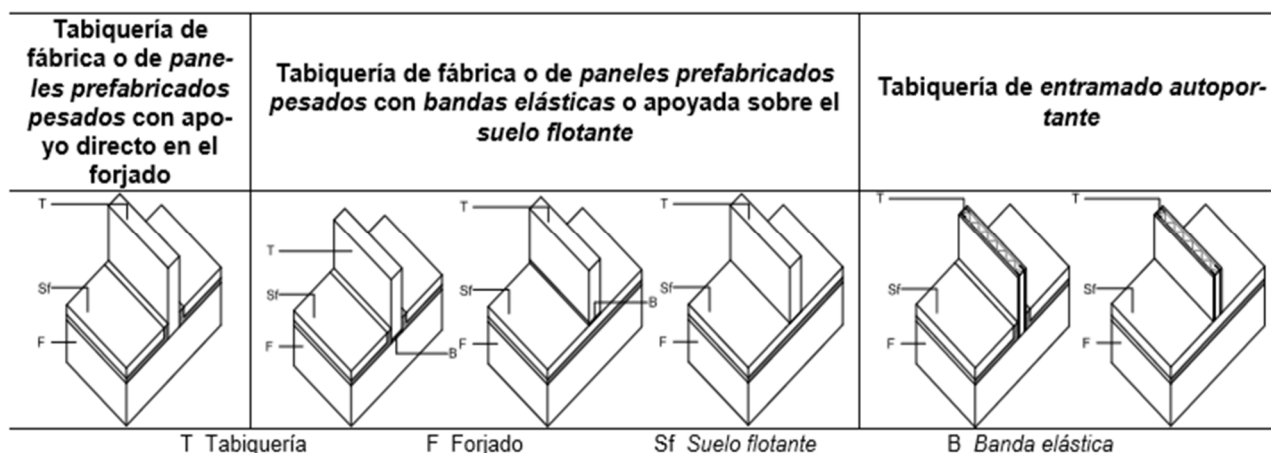


Figura 2-10 Representación de los tipos de tabiquería recogidos en DB-HR (tomada de [1])

2.3.2.5.4 Fachadas

Se denomina fachada al cerramiento perimétrico del edificio, vertical o con inclinación no mayor de sesenta grados sobre la horizontal que lo separa del exterior. Incluye tanto el muro de fachada como los huecos (puertas exteriores y ventanas). La fachada posee un papel importante en lo que se refiere a aislamiento acústico entre recintos, ya que a través de esta se transmiten niveles de ruido Flanco-Flanco.

2.3.2.6 Parámetros acústicos de los elementos constructivos

En función del tipo de separación del elemento constructivo, vertical u horizontal, habrá que tener en cuenta y conocer una serie de parámetros que determinarán el aislamiento acústico de los diferentes elementos constructivos. De esta manera, se dividen en dos grandes grupos:

Para el elemento de separación vertical, la tabiquería y la fachada:

- 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 que se ejecute sobre el elemento base.

Para el elemento de separación horizontal:

- 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 aplicado sobre el ESH.
- ΔR_A , mejora del índice global de reducción acústica, ponderado A, en dBA, debida al suelo flotante o al techo suspendido aplicado sobre el forjado.

2.3.3 El Documento Básico "DB-HE" Ahorro de Energía

La exigencia de limitación de la demanda energética supone un gran avance ya que supone la mejora de la eficiencia energética de los edificios manteniendo a su vez condiciones adecuadas de bienestar térmico.

El objetivo del requisito básico “Ahorro de energía” consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento [2].

Como se ha definido anteriormente, el DB-HE, es el documento reglamentario de carácter básico en el que se establecen los parámetros objetivos y procedimientos de eficiencia energética que deben cumplir los edificios para satisfacer las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de ahorro de energía de la Ley de Ordenación de la Edificación.

Así pues, la estructura del DB-HE se divide en cinco secciones diferentes:

- HE0 Limitación del consumo energético
- HE1 Limitación de la demanda energética
- HE2 Rendimiento de las instalaciones térmicas
- HE3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación
- HE4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria
- HE5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

De todas estas secciones, resulta de especial interés la correspondiente al DB-HE-1, ya que la energía más barata y más limpia es la no demandada, mientras que, algunas de las otras secciones solamente serán eficaces cuando se haya limitado de manera adecuada la demanda energética.

Los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos [2].

El DB-HE es de aplicación tanto para edificios de nueva construcción como para rehabilitaciones de edificios con una superficie útil superior a 1000 m² donde se sustituya más del 25% del total de sus cerramientos.

2.3.3.1 Procedimiento de verificación

Para cumplir con los objetivos establecidos por el marco normativo, habrá que realizar diferentes verificaciones comparando los valores de los parámetros de aislamiento térmico obtenidos en el proyecto y los regulados por el DB-HE-1.

A fin de facilitar la aplicación del Documento Básico DB-HE-1, adecuando el esfuerzo del proyectista en función de los objetivos y las necesidades, se establecen dos opciones para el procedimiento de verificación según lo establecido en [2]:

a) Opción general:

En ella se compara el edificio que se va a evaluar con un edificio de referencia que cumple exactamente con los valores prestacionales límite establecidos en el DB-HE-1. Este cálculo global requiere modelización mediante soporte informático, y esta opción será la excepción, quedando restringida a edificios en que no sea aplicable la opción simplificada.

b) Opción simplificada:

En ella se comparan los valores U medidos de transmitancia térmica de los diversos cerramientos que componen la envolvente, con los valores límite para la zona climática que se trate.

Además, se compara el valor medio del llamado factor solar modificado del hueco o lucernario con un valor límite, de cara al control energético en el periodo estival de refrigeración.

Esta opción es aplicable siempre que la superficie de huecos de cada fachada sea inferior al 60% de su superficie y que la superficie de lucernarios sea inferior al 5% de la superficie cubierta.

Cabe destacar que, en ambas opciones se controlan las condensaciones y las infiltraciones de aire.

Para la realización del presente trabajo de fin de grado se seguirá la opción simplificada, basada en la comparación de los valores obtenidos en el cálculo con los valores límites permitidos.

2.3.3.2 Procedimiento de cálculo

La opción simplificada, como proceso de verificación de los requisitos básicos del DB-HE-1, requiere la realización de una serie de pasos a partir de los cuales se podrá calcular y verificar que los parámetros obtenidos en el proyecto cumplen con los exigidos por el DB-HE-1. Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Obtención de datos previos.
2. Control de las condensaciones y permeabilidad al aire.
3. Cálculo de los parámetros característicos.
4. Comprobación de la limitación de la demanda energética.

2.3.3.2.1 Obtención de datos previos

La demanda energética de un edificio o recinto es la energía útil que teóricamente tendrían que suministrar los sistemas de climatización para garantizar unas condiciones de confort a sus usuarios. Se puede entender como una medida de la eficiencia energética de un edificio independientemente de sus instalaciones o sistemas técnicos.

a) Zona climática

Uno de los parámetros que limitan la demanda energética de los edificios es el clima de la localidad en la que esté ubicado el edificio. Así, los valores límite de consumo energético y demanda energética se fijan en el DB-HE en función de una serie de zonas climáticas, representativas de las condiciones climatológicas de las distintas zonas de nuestro país.

De esta manera, se establecen 12 zonas climáticas identificadas mediante cinco letras (A, B, C, D, E) correspondientes a la división de invierno (siendo E la zona más fría) y cuatro números (1, 2, 3, 4) correspondientes a la división de verano (siendo 4 la zona más cálida).

A partir de las tablas recogidas en el Apéndice B del DB-HE-1, se puede obtener la zona climática de una localidad en función de su capital de provincia y su altitud respecto al nivel del mar. Siendo, para Pontevedra la zona **C1**.

De manera general, en la siguiente tabla (Tabla 2-7) se muestran los valores U máximos ($W/m^2 \cdot K$), que vienen a ser un 30% mayor que los valores U límite recogidos en Tabla 2-11.

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

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

⁽²⁾ Las transmitancias térmicas de vidrios y marcos se compararán por separado.

Tabla 2-7 Valores máximos exigidos en función de la zona climática (tomada de [2])

b) Clasificación de los espacios del edificio

Una vez determinada la zona climática se procede a clasificar los diferentes espacios del edificio, para lo que habrá que distinguir entre espacios habitables y no habitables. La definición de estos viene recogida en [2]:

Espacio habitable: espacio formado por uno o varios recintos habitables contiguos con el mismo uso y condiciones térmicas equivalentes agrupados a efectos de cálculo de la demanda energética.

En función de la cantidad de calor disipada en su interior, debido a la actividad realizada y al periodo de utilización de cada espacio, los espacios habitables se dividen en:

- Espacios de baja carga interna: Espacios en los que se disipa poco calor. Aquellos destinados a residir en ellos con carácter eventual o permanente.
- Espacios con alta carga interna: Espacios en los que se genera gran cantidad de calor debido principalmente a su ocupación, iluminación o equipos existentes.

A su vez, en función de la disponibilidad de sistemas de calefacción y/o refrigeración, los espacios habitables se clasifican en acondicionados o no acondicionados:

- Espacios acondicionados: espacio habitable que va a disponer de un sistema de calefacción y/o refrigeración. En uso residencial privado se consideran acondicionados todos los espacios habitables.
- Espacios no acondicionados: espacio habitable que no va a disponer de un sistema de calefacción y/o refrigeración. Al ser un espacio habitable dispone, sin embargo de fuentes internas (iluminación, ocupación y equipos).

Por otro lado, a efectos de comprobación de la limitación de las condensaciones en los cerramientos, los espacios habitables se caracterizan por el grado de humedad interior, diferenciando, según la Tabla 2-8, tres categorías distintas:

Clase de higrometría 5	Espacios en los que se prevé gran producción de humedad. Como lavanderías y piscinas.
Clase de higrometría 4	Espacios en los que se prevé una alta producción de calor, tales como vestuarios y duchas.
Clase de higrometría 3 o menor	Espacios en los que no se prevé una alta producción de humedad.

Tabla 2-8 Clasificación de los espacios habitables en función del exceso de humedad interior

Espacio no habitable: espacio formado por uno o varios recintos no habitables contiguos con el mismo uso y condiciones térmicas equivalentes, agrupados a efectos de cálculo de la demanda energética. Al no ser un espacio habitable no se considera la existencia de fuentes internas (iluminación, ocupación y equipos).

c) Envolvente térmica y valores límite de U del edificio

Para entender los valores límite de los diferentes parámetros que proporciona el DB-HE-1, es necesario definir la envolvente térmica del edificio y clasificar sus componentes.

La envolvente térmica del edificio está compuesta por todos los cerramientos que delimitan los espacios habitables con el aire exterior, el terreno u otro edificio, y por todas las particiones interiores que delimitan los espacios habitables con espacios no habitables en contacto con el ambiente exterior [2].

Para cuantificar los parámetros característicos que definen la envolvente térmica es necesario conocer la diferencia entre los distintos tipos de cerramientos y particiones.

La Tabla 2-9 muestra la clasificación de los cerramientos y particiones interiores de los espacios habitables según su situación en:

Cubiertas	Cerramiento en contacto con el aire exterior en su cara superior cuya inclinación sea inferior a 60° respecto a la horizontal.
Suelos	Cerramiento horizontal o ligeramente inclinado que esté en contacto por su cara inferior con el aire, con el terreno, o con un espacio no habitable.
Fachadas	Cerramiento en contacto con el aire exterior cuya inclinación es superior a 60° respecto a la horizontal. La orientación de una fachada se caracteriza mediante el ángulo α que es el formado por el norte geográfico y la normal exterior de la fachada, medido en sentido horario.
Medianerías	Cerramiento que linda con otro edificio ya construido o que se construya a la vez y que supone una división común. Si el edificio se construye con posterioridad el cerramiento se considerará, a efectos térmicos, una fachada.
Cerramiento en contacto con el terreno	Aquellos cerramientos distintos a los anteriores que están en contacto con el terreno.
Partición interior	Elementos constructivos horizontales o verticales que separan el interior del edificio en diferentes recintos.

Tabla 2-9 Clasificación de los cerramientos y particiones interiores habitables según su situación

A su vez, la Tabla 2-10, clasifica los cerramientos de los espacios habitables según su comportamiento térmico y cálculo de sus parámetros característicos.

Cerramientos en contacto con el aire	Parte opaca: Constituida por muros de fachada, cubiertas, suelos en contacto con el aire y los puentes térmicos integrados.
	Parte semitransparente: constituida por huecos de fachada (ventanas y puertas) y lucernarios de cubierta.
Cerramientos en contacto con el terreno	Suelos, muros y cubiertas enterradas
Particiones interiores en contacto con espacios no habitables	Particiones interiores en contacto con cualquier espacio no habitable (excepto cámaras sanitarias) Suelos en contacto con cámaras sanitarias

Tabla 2-10 Clasificación de los cerramientos de los espacios habitables según su comportamiento térmico

Una vez conocidos los diferentes tipos de cerramientos y particiones, los parámetros característicos que definen la envolvente térmica son los siguientes:

- Transmitancia de muros de fachada U_M
- Transmitancia térmica de cubiertas U_C
- Transmitancia térmica de suelos U_S
- Transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el terreno U_T
- Transmitancia térmica de huecos U_H
- Factor solar modificado de huecos F_H
- Factor solar modificado de lucernarios F_L
- Transmitancia térmica de medianerías U_{MD}

En la Tabla 2-11 se puede observar, de manera gráfica, los valores límites obtenidos del DB-HE-1, en función de la zona climática: en este caso C1.

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	U_{Mlim}: 0,73 W/m² K
Transmitancia límite de suelos	U_{Slim}: 0,50 W/m² K
Transmitancia límite de cubiertas	U_{Clim}: 0,41 W/m² K
Factor solar modificado límite de lucernarios	F_{Llim}: 0,37

% de huecos	Transmitancia límite de huecos U _{Hlim} W/m ² K				Factor solar modificado límite de huecos F _{Hlim}					
					Baja carga interna			Alta carga interna		
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4	3,9	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9	3,3	4,3	4,3	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,6	3,0	3,9	3,9	-	-	-	0,56	-	0,60
de 41 a 50	2,4	2,8	3,6	3,6	-	-	-	0,47	-	0,52
de 51 a 60	2,2	2,7	3,5	3,5	-	-	-	0,42	-	0,46

Tabla 2-11 Valores límite de U en función de la zona climática C1 (tomada de [2])

Los valores U límites reflejados en la Tabla 2-11 son los valores superiores que pueden llegar a obtener los valores U medios que caracterizan a cada cerramiento y partición de la envolvente térmica. Por tanto, son la referencia principal a la hora de cuantificar la exigencia.

2.3.3.2.2 Control de las condensaciones y permeabilidad al aire

Este apartado hace referencia al control de las condensaciones y a la permeabilidad al aire, ambos, parámetros a satisfacer para cumplir con la exigencia.

a) Control de las condensaciones

En primer lugar, la norma hace referencia tanto a las condensaciones intersticiales como a las superficiales, quedando acotadas de la siguiente manera:

Las condensaciones superficiales, en los cerramientos y particiones que componen la envolvente térmica del edificio, se limitarán de forma que se evite la formación de mohos en su superficie interior. Para ello, en superficies interiores de los cerramientos que puedan absorber agua o susceptibles de degradarse y especialmente en los puentes térmicos de los mismos, la humedad relativa media mensual en dicha superficie será inferior al 80%.

Las condensaciones intersticiales que se produzcan en los cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente térmica del edificio serán tales que no produzcan una merma significativa en sus prestaciones térmicas o supongan un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil. Además, la máxima condensación acumulada en cada periodo anual no será superior a la cantidad de evaporación posible en el mismo periodo [7].

b) Permeabilidad al aire

Una de las principales características de las carpinterías de los huecos (tanto en ventanas como en puertas) es la permeabilidad al aire.

Esta permeabilidad, medida conforme al método de ensayo UNE EN 1026:2000 [8], con una sobrepresión de 100 Pa, deberá tener unos valores inferiores a los siguientes:

- Para las zonas climáticas A y B: $50 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ (clases 1, 2, 3 y 4 según UNE EN 12207:2000 [9]).
- Para las zonas climáticas C, D y E: $27 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ (clases 2, 3 y 4 según UNE EN 12207:2000 [9]).

2.3.3.2.3 Cálculo de los parámetros característicos

En este apartado se refleja el proceso de cálculo de los distintos parámetros de transmitancia térmica en función de los diferentes tipos de situaciones en las que se pueden encontrar los cerramientos y particiones. Se diferencian los siguientes parámetros:

- Cerramientos en contacto con el aire exterior.
- Cerramientos en contacto con el terreno.
- Particiones interiores en contacto con espacios no habitables.
- Transmitancia térmica de huecos.
- Factor solar modificado de huecos y lucernarios.

a) Cerramientos en contacto con el aire exterior:

Este cálculo hace referencia a la parte opaca de todos los cerramientos en contacto con el aire exterior, como muros de fachada, cubiertas y suelos. Así, la obtención del valor de la transmitancia térmica (U) viene dada por la siguiente formula:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

Siendo:

- R_T : la resistencia térmica total del componente constructivo [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$].

La resistencia térmica total R_T de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas se calcula mediante la expresión:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

Donde:

- $R_1, R_2, \dots$ las resistencias térmicas de cada capa [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$].
- R_{si} y R_{se} las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, de acuerdo a la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$] su valor se obtiene a partir de la Tabla 2-12:

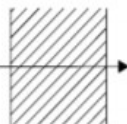
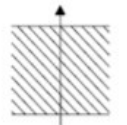
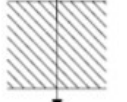
Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		R_{se}	R_{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo Horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (Techo)		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo)		0,04	0,17

Tabla 2-12 Resistencia térmica superficial en función del sentido de flujo de calor y la posición del cerramiento (tomada de [2])

A su vez, la resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la expresión:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Siendo:

- e : espesor de la capa. En caso de una capa de espesor variable se considera el espesor medio.
- λ : la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, que se puede calcular a partir de los valores térmicos declarados según la norma UNE-EN 10456:2012.

Así pues, las cámaras de aire que puedan formar parte del cerramiento, también pueden actuar como resistencia térmica, el DB-HE-1 distingue entre los siguientes tipos:

- 1) **Cámara no ventilada**: cámara que no precisa de ningún sistema específico para el flujo del aire a través de ella. Una cámara de aire que no tenga aislamiento entre ella y el ambiente exterior pero con pequeñas aberturas al exterior puede también considerarse como cámara de aire sin ventilar

La resistencia térmica viene definida en la siguiente tabla en función del espesor de la cámara:

$e(\text{cm})$	<i>Cámara sin ventilar</i>	
	<i>Horizontal</i>	<i>Vertical</i>
1	0,15	0,15
2	0,16	0,17
5	0,16	0,18

Tabla 2-13 Resistencia térmica para cámaras sin ventilar en función de su espesor [7]

Los valores presentados en la tabla anterior son de aplicación cuando:

- Esté limitada por dos superficies paralelas entre sí y perpendiculares a la dirección del flujo de calor y cuyas emisividades sean superiores a 0,8.
 - Tengan un espesor menor a 0,1 veces cada una de las otras dos dimensiones y no mayor a 0,3 m.
 - No tenga intercambio de aire con el ambiente interior.
- 2) **Cámara de aire ligeramente ventilada:** cámara que no precisa de ningún sistema específico para el flujo de aire, no obstante, presenta aberturas dentro de los siguientes rangos:
- $500 \text{ mm}^2 < \text{Superficie aberturas} \leq 1500 \text{ mm}^2$ por metro de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales.
 - $500 \text{ mm}^2 < \text{Superficie aberturas} \leq 1500 \text{ mm}^2$ por m^2 de superficie para cámaras de aire horizontales.

Para este tipo de cámaras los valores de resistencia térmica se consideran como la mitad de las cámaras no ventiladas:

<i>e(cm)</i>	<i>Cámara ligeramente ventilada</i>	
	<i>Horizontal</i>	<i>Vertical</i>
1	0,075	0,075
2	0.08	0,085
5	0,085	0,09

Tabla 2-14 Resistencia térmica para cámaras de aire ligeramente ventiladas en función de su espesor

- 3) **Cámara muy ventilada:** cámara que presenta aberturas, y estas exceden el límite superior establecido para las cámaras ligeramente ventiladas.

Para cámaras de aire muy ventiladas, la resistencia térmica total del cerramiento se obtiene despreciando la resistencia térmica de la cámara de aire y las de las demás capas entre la cámara de aire y el ambiente exterior, e incluyendo una resistencia superficial exterior correspondiente al aire en calma, igual a la resistencia superficial interior del mismo elemento. [2].

b) Cerramientos en contacto con el terreno: soleras y losas

La transmitancia térmica U ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$), dependerá del parámetro de longitud característica, **B**, definido por el cociente entre la superficie de la solera, **A**, y la longitud de su semiperímetro, **P**, quedando definido en la siguiente expresión:

$$B = \frac{A}{\frac{1}{2}P}$$

A su vez, también dependerá de del ancho, **D**, de la banda perimetral, y de la resistencia térmica del aislamiento **R_a**. Finalmente, para obtener el valor de U de soleras y losas se acude a la Tabla 2-15.

B'	R_a	D = 0.5 m					D = 1.0 m					D ≥ 1.5 m				
		R_a (m²·K/ W)					R_a (m²·K/ W)					R_a (m²·K/ W)				
	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
1	2,35	1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-	-	-
2	1,56	1,17	1,04	0,97	0,92	0,89	1,08	0,89	0,79	0,72	0,67	1,04	0,83	0,70	0,61	0,55
3	1,20	0,94	0,85	0,80	0,78	0,76	0,88	0,76	0,69	0,64	0,61	0,85	0,71	0,63	0,57	0,53
4	0,99	0,79	0,73	0,69	0,67	0,65	0,75	0,65	0,60	0,57	0,54	0,73	0,62	0,56	0,51	0,48
5	0,85	0,69	0,64	0,61	0,59	0,58	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,64	0,55	0,50	0,47	0,44
6	0,74	0,61	0,57	0,54	0,53	0,52	0,58	0,52	0,48	0,46	0,44	0,57	0,50	0,45	0,43	0,41
7	0,66	0,55	0,51	0,49	0,48	0,47	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,51	0,45	0,42	0,39	0,37
8	0,60	0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,47	0,42	0,38	0,36	0,35
9	0,55	0,46	0,43	0,42	0,41	0,40	0,44	0,40	0,38	0,36	0,35	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33
10	0,51	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33	0,40	0,36	0,34	0,32	0,31
12	0,44	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29	0,36	0,32	0,30	0,28	0,27
14	0,39	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,32	0,29	0,27	0,26	0,25
16	0,35	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,29	0,26	0,25	0,24	0,23
18	0,32	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,24	0,23	0,22	0,21
≥20	0,30	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,25	0,22	0,21	0,20	0,20

Tabla 2-15 Obtención de valores de U para cerramientos en contacto con el terreno: soleras (tomada de [2])

En el caso de que la solera se apoye en el terreno a una profundidad sobre rasante mayor de 0.5 m habrá que utilizar otras aplicaciones.

c) Cerramientos en contacto con el terreno: muros

En cuanto a la transmitancia térmica de los muros, **U_T**, o pantallas en contacto con el terreno, esta dependerá de la profundidad del muro, **z**, y la resistencia térmica del muro, **R_M**, despreciando las resistencias térmicas superficiales y se obtendrá a partir de la Tabla 2-16, la cual se puede observar a continuación.

Rm (m ² K/W)	Profundidad z de la parte enterrada del muro (m)					
	0,5	1	2	3	4	≥ 6
0,00	3,05	2,20	1,48	1,15	0,95	0,71
0,10	2,29	1,74	1,22	0,97	0,81	0,62
0,20	1,84	1,45	1,06	0,85	0,72	0,56
0,30	1,55	1,25	0,93	0,76	0,65	0,51
0,40	1,33	1,10	0,84	0,69	0,60	0,47
0,50	1,17	0,99	0,77	0,64	0,55	0,44
0,60	1,05	0,90	0,71	0,59	0,52	0,42
0,70	0,95	0,82	0,66	0,56	0,49	0,39
0,80	0,87	0,76	0,61	0,52	0,46	0,38
0,90	0,80	0,70	0,58	0,49	0,44	0,36
1,00	0,74	0,65	0,54	0,47	0,42	0,34
1,10	0,69	0,61	0,51	0,45	0,40	0,33
1,20	0,64	0,58	0,49	0,42	0,38	0,32
1,30	0,60	0,55	0,46	0,41	0,36	0,30
1,40	0,57	0,52	0,44	0,39	0,35	0,29
1,50	0,54	0,49	0,42	0,37	0,34	0,28
1,60	0,51	0,47	0,40	0,36	0,32	0,28
1,70	0,49	0,45	0,39	0,35	0,31	0,27
1,80	0,46	0,43	0,37	0,33	0,30	0,26
1,90	0,44	0,41	0,36	0,32	0,29	0,25
2,00	0,42	0,39	0,35	0,31	0,28	0,24

Tabla 2-16 Obtención de valores de U para cerramientos en contacto con el terreno: muros (tomada de [2])

d) Particiones en contacto con espacios no habitables:

Este caso hace referencia a cualquier partición interior en contacto con un espacio no habitable que a su vez este en contacto con el exterior.

Para calcular la transmitancia térmica U (W/m² ·K), se tendrá en cuenta el grado de ventilación, el cual, viene determinado por el nivel de estanqueidad del espacio no habitable. El CTE a través del DB-HE-1 define dos niveles de estanqueidad, el caso 1, como ligeramente ventilado y el caso 2, como muy ventilado.

Así pues, la transmitancia térmica U , viene definida por la siguiente expresión:

$$U = U_p \cdot b$$

Siendo:

- U_p : la transmitancia térmica de la partición interior en contacto con el espacio no habitable, calculada según el apartado 2.3.3.2.3, tomando como resistencias superficiales los valores recogidos en la Tabla 2-17.
- b : el coeficiente de reducción de temperatura (relacionado al espacio no habitable), en función de la situación del aislamiento térmico, del grado de ventilación mencionado anteriormente, y de la relación de áreas entre la partición interior y el cerramiento en contacto con el aire exterior (Tabla 2-18).

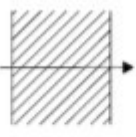
Posición de la <i>partición interior</i> y sentido del flujo de calor		R_{se}	R_{si}
Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal		0,13	0,13
Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (Techo)		0,10	0,10
Particiones interiores horizontales y flujo descendente (Suelo)		0,17	0,17

Tabla 2-17 Valores de resistencias superficiales para particiones en contacto con espacios no habitables (tomada de [7])

A_{h-nh}/A_{nh-e}	No aislado _{nh-e} -Aislado _{h-nh}		No aislado _{nh-e} -No aislado _{h-nh}		Aislado _{nh-e} -No aislado _{h-nh}	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
$<0,25$	0,99	1,00	0,94	0,97	0,91	0,96
$0,25 \leq 0,50$	0,97	0,99	0,85	0,92	0,77	0,90
$0,50 \leq 0,75$	0,96	0,98	0,77	0,87	0,67	0,84
$0,75 \leq 1,00$	0,94	0,97	0,70	0,83	0,59	0,79
$1,00 \leq 1,25$	0,92	0,96	0,65	0,79	0,53	0,74
$1,25 \leq 2,00$	0,89	0,95	0,56	0,73	0,44	0,67
$2,00 \leq 2,50$	0,86	0,93	0,48	0,66	0,36	0,59
$2,50 \leq 3,00$	0,83	0,91	0,43	0,61	0,32	0,54
$>3,00$	0,81	0,90	0,39	0,57	0,28	0,50

Tabla 2-18 Obtención coeficiente de reducción de temperatura (tomada de [2])

e) Transmitancia térmica de huecos:

Para el cálculo de la transmitancia térmica de huecos U_H ($W/m^2 \cdot K$), se empleará la norma UNE EN ISO 10077 [10].

De manera alternativa, la transmitancia térmica de los huecos U_H ($W/m^2 \cdot K$), se determina mediante la siguiente expresión:

$$U_H = (1 - FM) \cdot U_{Hv} + FM \cdot U_{Hm}$$

Siendo:

- U_{Hv} ; la transmitancia térmica de la parte semitransparente ($W/m^2 \cdot K$)

- U_{Hm} ; la transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario, o puerta ($W/m^2 \cdot K$)

-FM; la fracción del hueco ocupada por el marco.

f) Factor solar de huecos y lucernarios:

Para realizar este cálculo, es necesario entender una serie de conceptos, los cuales vienen recogidos en el DB-HE-1:

Factor solar ($g^\perp$): cociente entre la radiación solar a incidencia normal que se introduce en el edificio a través del acristalamiento y la que se introduciría si el acristalamiento se sustituyese por un hueco perfectamente transparente. Es un dato que suelen proporcionar los fabricantes.

Factor de sombra (F_s): fracción de la radiación incidente en un hueco que no es bloqueada por la presencia de obstáculos de fachada, tales como: retranqueos, voladizos, toldos, salientes laterales u otros.

Factor solar modificado (F): fracción de la radiación incidente en un hueco que no es bloqueada por el efecto de obstáculos de fachada y las partes opacas del hueco. Se calcula a partir del factor de sombra del hueco (F_s), el factor solar de la parte semitransparente del hueco ($g^\perp$), la absorptividad de la parte opaca (α), su transmitancia térmica (U_m), y la fracción de la parte opaca (FM), según la siguiente expresión:

$$F = F_s \cdot [(1 - FM) \cdot g^\perp + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha]$$

El valor α , de absorptividad del marco en función de su color, viene recogido en el apéndice E de DB-HE-1, y se muestra en la siguiente tabla [7]:

COLOR	CLARO	MEDIO	OSCURO
Blanco	0.20	0.30	-
Amarillo	0.30	0.50	0.70
Beige	0.35	0.55	0.75
Marrón	0.50	0.75	0.92
Rojo	0.65	0.80	0.90
Verde	0.40	0.70	0.88
Azul	0.50	0.80	0.95
Gris	0.40	0.65	-
Negro	-	0.96	-

Tabla 2-19 Absortividad del marco de huecos en función del marco de estos

2.3.3.2.4 Comprobación de la limitación de la demanda energética

Finalmente, una vez calculados los parámetros característicos, se verificará la conformidad con la opción simplificada. Para ello, habrá que hacer dos comprobaciones diferentes:

1. Comprobación de que se cumplen los valores de transmitancia térmica (U) de los diferentes cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente respecto a los valores máximos recogidos en Tabla 2-7.
2. Comprobación de los valores medios de los parámetros característicos de transmitancia térmica, obtenidos a través de la relación entre la fracción de área de cada cerramiento y el área total, para cada tipo de cerramiento y partición interior, y tratando por separado los espacios de baja carga interna de los de alta.

2.4 Software SONarchitect

El software SONarchitect, creado por la empresa Sound of Numbers, nacida del grupo de investigación Sonitum de la Universidad de Vigo, es el elegido para la realización de la modelización acústica del proyecto constructivo del nuevo edificio de la Escuela Naval Militar. Se trata de un software inteligente capaz de analizar un edificio en su conjunto y realizar la verificación integral de todos los requerimientos entre los diferentes pares de recintos.



Figura 2-11 Logotipo SONarchitect

Además, le permite al proyectista dibujar con toda flexibilidad su edificio, visualizarlo en 3D y actuar sobre él, consiguiendo, tras varias modificaciones, la conformidad del edificio completo con respecto a las especificaciones del Código Técnico de Edificación.

En el siguiente apartado se indicará una relación de los softwares principales existentes en el mercado para efectuar evaluaciones acústicas de proyectos de edificaciones y se justificará la elección del *SONarchitect* para las modelizaciones efectuadas en el presente trabajo.

Actualmente, existen numerosos programas informáticos comerciales relacionados con la construcción y edificación:

- a) *Silenesis*: Herramienta que engloba diferentes soluciones constructivas cerámicas que cumplen el CTE, cuyo principal objetivo consiste en facilitar la labor a arquitectos y proyectistas, en fase de proyecto, en el diseño de edificios de manera que satisfagan las exigencias de aislamiento acústico establecidas frente al ruido procedente del exterior (en fachadas, cubiertas, etc.), y frente al ruido existente entre recintos (entre viviendas, con zonas comunes del edificio, y con recintos de instalaciones o actividad).
- b) *Acoubat-dBMat*: Herramienta constructiva destinada principalmente al departamento de vivienda, obras públicas y transportes del Gobierno Vasco, persiguiendo la mejora del confort y la calidad de las viviendas para poder hacer frente a los nuevos requisitos establecidos en el Documento Básico de Protección frente al Ruido.
- c) Otras herramientas como: *CYPECAD MEP*, de la empresa *CYPE Ingenieros*; *dBKAisla*, de la empresa *ICR*, o las hojas de cálculo de la empresa *URSA*.

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:

- **Fiabilidad**: El equipo técnico de su desarrollo ha diseñado la herramienta oficial gratuita del CTE para realizar proyectos acústicos. Existe pues una confianza del Ministerio de Fomento hacia este equipo.
- **Prestaciones**: Permite calcular el 100 % de todos los recintos de un edificio, analizando tanto la transmisión acústica vertical como la horizontal, de forma automática; permitiendo localizar, de manera rápida, aquellos pares de recintos que "a priori" (antes de acometer un ensayo in situ) son candidatos a presentar las peores prestaciones acústicas de un edificio completo.
- **Calidad**: Es el programa del mercado que mejor modela (predice) el índice de reducción vibracional de los distintos caminos de transmisión estructurales.

- Sencillez: 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, permitiendo replicar completamente las plantas que tienen idéntica distribución o añadir nuevas pisos con solución constructiva o distribuciones diferentes.
- Popularidad: Es un programa presente en una gran multitud de países de Europa y América.
- Cumplimiento: los resultados predictivos del software han sido validados en obra real y además se ha colaborado en ellas.

3 ESTUDIO DEL PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL NUEVO EDIFICIO DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA NAVAL MILITAR

3.1 Características Generales del proyecto constructivo.

3.1.1 Antecedentes: descripción y localización

En el presente apartado se procederá a la evaluación de las condiciones acústicas y térmicas del proyecto “PONTEVEDRA/MARIN/ESCUELA NAVAL MILITAR/REFORMA DE LAS AULAS DE INVESTIGACION”, llevado a cabo por la Dirección General de Infraestructura del Ministerio de Defensa.

Para ello, se analizan los criterios de aislamiento y acondicionamiento, así como las soluciones constructivas planteadas en dicho proyecto para el cumplimiento normativo mediante una modelización acústica tridimensional y haciendo uso de las diferentes tablas del DB-HE-1 según la opción simplificada.

Este análisis permitirá determinar, después de evaluar todos los recintos del edificio, los posibles puntos conflictivos y, por tanto, plantear sistemas constructivos de mayor eficacia.

El edificio proyectado está ubicado en la Escuela Naval Militar y se destinará a uso docente para cubrir las necesidades de investigación tanto de los profesores del Centro Universitario de la Defensa como de los alumnos estudiantes del grado de Ingeniería Mecánica. En las siguientes (Figura 3-1, Figura 3-2 y Figura 3-3) se puede observar la localización de este.



Figura 3-1 Representación localización del edificio



Figura 3-2 Representación localización del edificio

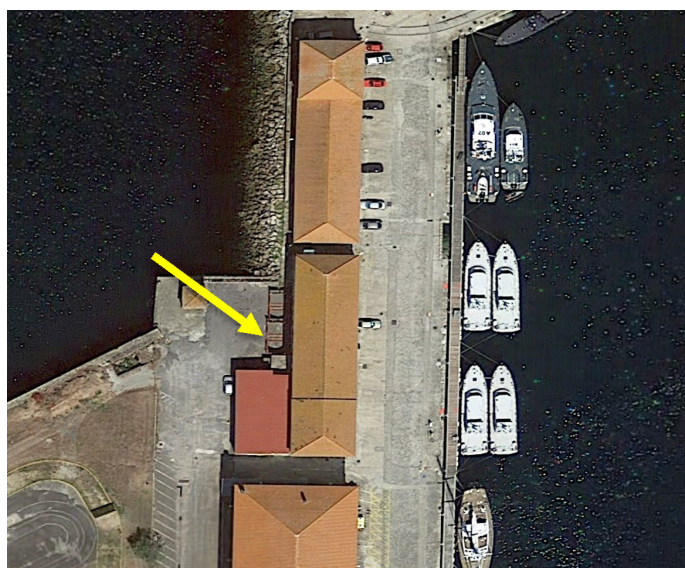


Figura 3-3 Representación localización del edificio

Se trata de un edificio de dos plantas con una superficie total construida de 1011 m^2 y una superficie útil de 929.14 m^2 , que contará con la presencia de laboratorios, salas de reuniones, pañol para estiba de embarcaciones, pañol de buceo, local de ensayo de la banda de música de la Escuela Naval Militar, vestuarios y aseos. En el Anexo III: Planos edificio actual, se detallan las características del edificio existente y en el Anexo IV: Planos edificio reformado, se detalla en mayor medida las características del proyecto de reforma.

3.1.2 Distribución de espacios en planta y superficies.

El edificio está compuesto por 2 plantas sobre rasante: planta baja y planta alta, cuya distribución se muestra en la Tabla 3-1 y la Tabla 3-2, respectivamente.

PLANTA BAJA	SUPERFICIE UTIL (m^2)
Oficina	10.00
Pañol principal	73.52
Pañol	7.70
Pañol de embarcaciones	88.42
Aseos-vestuarios	28.51
Sala calderas	9.45
Cuadro eléctrico	6.49
Laboratorio radar	55.65
Pañol	8.40
Laboratorio química	50.31
Rack	11.87
Laboratorio mecánica	152.87
Aseos	26.78
Pañol limpieza	3.91
Sala reuniones 1	16.91
Sala reuniones 2	16.71
Sala reuniones 3	16.88
Laboratorio fluidos	49.58
Laboratorio simulación	47.12
Laboratorio medidas	50.10
Laboratorio multiusos	102.00
Distribuidor	84.04
SUPERFICIE TOTAL	916.14 m^2
SUPERFICIE CONSTRUIDA	994.60 m^2

Tabla 3-1 Distribución de espacios Planta baja

PLANTA ALTA	SUPERFICIE UTIL (m^2)
Aseo masculino	6.50
Aseo femenino	6.50
SUPERFICIE TOTAL	13 m^2
SUPERFICIE CONSTRUIDA	16.85 m^2

Tabla 3-2 Distribución de espacios Planta alta

Como se observa en las tablas anteriores, el edificio posee, entre otros recintos, de cinco laboratorios así como tres salas de reuniones. Algunos de los laboratorios dispondrán de acceso rodado desde el exterior, y estarán dotados de las instalaciones necesarias para el desarrollo de actividades técnicas. Asimismo, se dispondrá de aseos y vestuarios y de los locales técnicos requeridos por las instalaciones.

Además, se ha previsto también, mantener un pañol para la estiba de embarcaciones de IM dotado de una zona de taller y de suministro eléctrico y de agua. Igualmente, se mantiene el pañol de buceo y se le dota de aseos con ducha. Todo esto se muestra de manera gráfica en el Anexo IV: Planos edificio reformado.

3.2 Exigencias acústicas y criterios normativos propios adaptados al edificio

Teniendo en cuenta los condicionantes normativos y las diferentes peculiaridades del edificio, se han considerado los siguientes aspectos:

- Conforme al DB-HR, en la Tabla 3-3, se clasifican los siguientes tipos de recintos dentro del edificio:

	PLANTA ALTA	PLANTA BAJA
Recinto protegido	Cada oficina, sala, cabina, así como la terraza.	Cada laboratorio y cada sala de reuniones.
Recinto habitable	El conjunto de aseos y vestuarios y el pasillo.	Cada pañol, el conjunto de vestuarios y aseos y los pasillos.
Recinto ruidoso	Local de ensayo	-
Recinto de actividades	-	Pañol de embarcaciones IM
Recinto de instalaciones	-	Rack, sala de calderas.

Tabla 3-3 Clasificación de los recintos en función del DB-HR

- Cada planta recibe, según criterio propio, tratamiento de unidad de uso respecto a la planta colindante. Así, teniendo en cuenta los condicionantes normativos, se exigiría un aislamiento a ruido aéreo entre ellas de $D_{nT,A} \geq 50$ dBA ($D_{nT,A} \geq 55$ dBA con recintos de instalaciones) y un nivel de ruido de impacto de $L_{nT,w} \leq 65$ dBA ($L_{nT,w} \leq 60$ dBA con recintos de instalaciones) entre planta baja y planta alta. No obstante, el aislamiento buscado entre el local de ensayo y los recintos inferiores (laboratorios), debiera de situarse en $D_{nT,A} \geq 60$ dBA.
 - Asimismo, dentro de cada planta, se considerarán, según criterios propios encaminados a la obtención de un adecuado grado de confort y aislamiento acústico, como recintos de uso distintos; cada laboratorio, cada oficina y el conjunto de salas de reuniones. De esta manera, se exigiría un aislamiento a ruido aéreo entre ellas de $D_{nT,A} \geq 50$ dBA.
 - El conjunto de aseos y vestuarios se considerará de un mismo uso.
- Por tanto, de todo lo anterior se deriva:

1. El aislamiento acústico entre cada laboratorio, cada oficina y el conjunto de salas de reuniones ha de proyectarse en $D_{nT,A} \geq 50$ dBA y $L_{nT,w} \leq 65$ dBA.
2. De esta manera, entre recintos habitables, deberá de situarse en $D_{nT,A} \geq 45$ dBA.
3. Dado que los anteriores recintos protegidos son colindantes con las zonas comunes mediante puertas, entonces se exige un aislamiento de $R_A \geq 50$ dBA para la tabiquería y $R_A \geq 30$ dBA para las puertas (dato que ha de aportar el fabricante).

- El aislamiento entre recintos colindantes, pertenecientes a una misma unidad de uso (caso del conjunto de baños y vestuarios) ha de cumplir: $R_A \geq 33$ dBA.
- En relación al aislamiento respecto al ruido exterior, se considera, dado el entorno geográfico del edificio y la ubicación del mismo, un valor del índice de ruido día: $L_d < 60$; de modo que el aislamiento de las fachadas de los recintos protegidos ha de situarse en $D_{2m,nT,Atr} \geq 30$ dBA para las estancias y para laboratorios, en función de lo reflejado en la siguiente tabla:

L_d dBA	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario ⁽¹⁾ , 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 Límites exigidos en función del entorno (tomada de [1])

- Teniendo en cuenta que los recintos protegidos (como laboratorios y oficinas) limitan con zonas comunes (pasillos), se han de instalar techos absorbentes de tal manera que se consiga, por lo menos, que el área de absorción acústica equivalente (A) sea de $0,2 \text{ m}^2$ por cada m^3 del volumen de la zona común.
- A su vez, se han de instalar techos absorbentes en laboratorios, salas de reuniones y local de ensayo para conseguir un tiempo de reverberación $\leq 0,7$ segundos.

3.3 Proceso de Modelización y Evaluación acústica del proyecto constructivo inicial

A continuación se detallan los pasos seguidos para la modelización del edificio, en función de los sistemas constructivos que aparecen en el proyecto constructivo que se nos ha facilitado, y la obtención de los valores de calidad acústica que posee:

- En primer lugar se ha definido la geometría del edificio: Para ello, una vez obtenidas las dimensiones exactas se dibujaron, manualmente sobre el software, las diferentes capas correspondientes con las plantas del edificio, obteniéndose un modelo simplificado del mismo.
- A continuación, se aplicó la tipología de cada recinto, en función de la clasificación introducida por el DB-HR: recinto de actividad, recinto de instalaciones, recinto ruidoso, recinto protegido, recinto habitable. A su vez, se procedió a asignar a cada recinto las distintas unidades de uso.
- Posteriormente, se definieron los diferentes huecos (puertas y ventanas) y se asignaron los elementos constructivos.
- Finalmente, se procedió al cálculo y comprobación de los resultados obtenidos.

3.3.1 Proceso de modelización acústica del Proyecto Constructivo

A continuación se muestran, de manera detallada, cada uno de los pasos mencionados en el apartado anterior.

3.3.1.1 Definición de la geometría del edificio

Una vez obtenidas de los diferentes planos las medidas del edificio, se dibujan manualmente las diferentes plantas y sus correspondientes divisiones interiores, con la herramienta lápiz (opción pluma).

Esta herramienta permite dibujar, de manera sencilla y exacta, las diferentes medidas que componen la edificación, quedando finalmente totalmente definido. En la Figura 3-4 y en la Figura 3-5 se puede observar este proceso, para la planta baja y para la planta alta respectivamente, de manera gráfica.

A su vez, también se aplica la altura entre plantas según el proyecto constructivo y se le asigna a cada una de ellas el nombre que le corresponde.

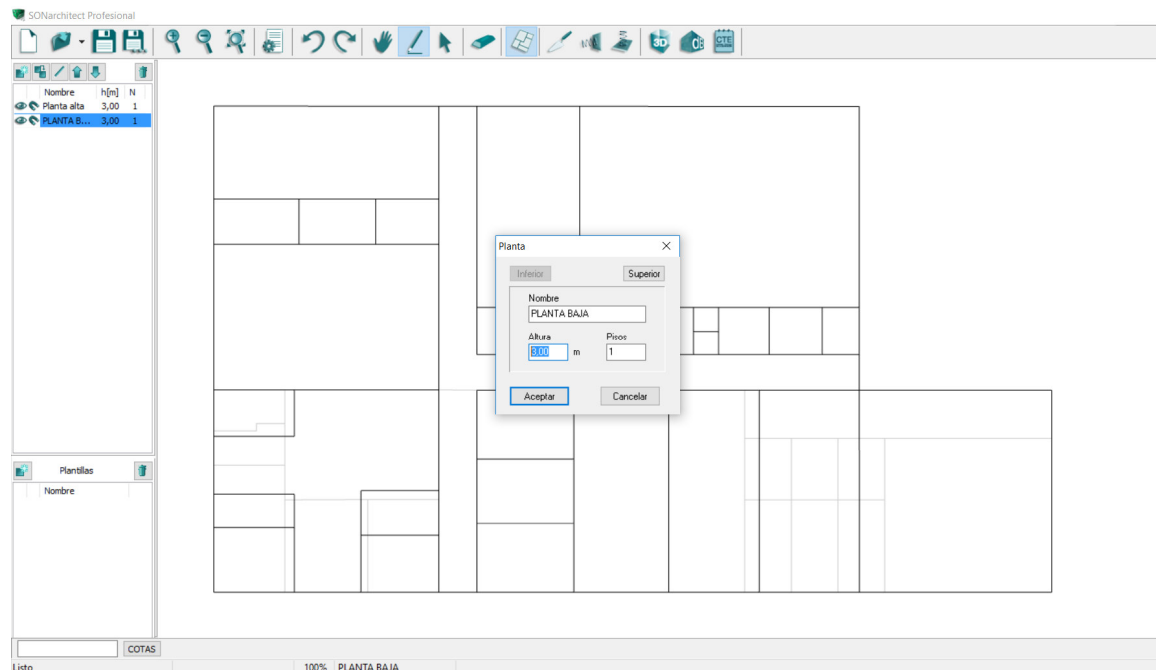


Figura 3-4 Creación planta baja en SONArchitect

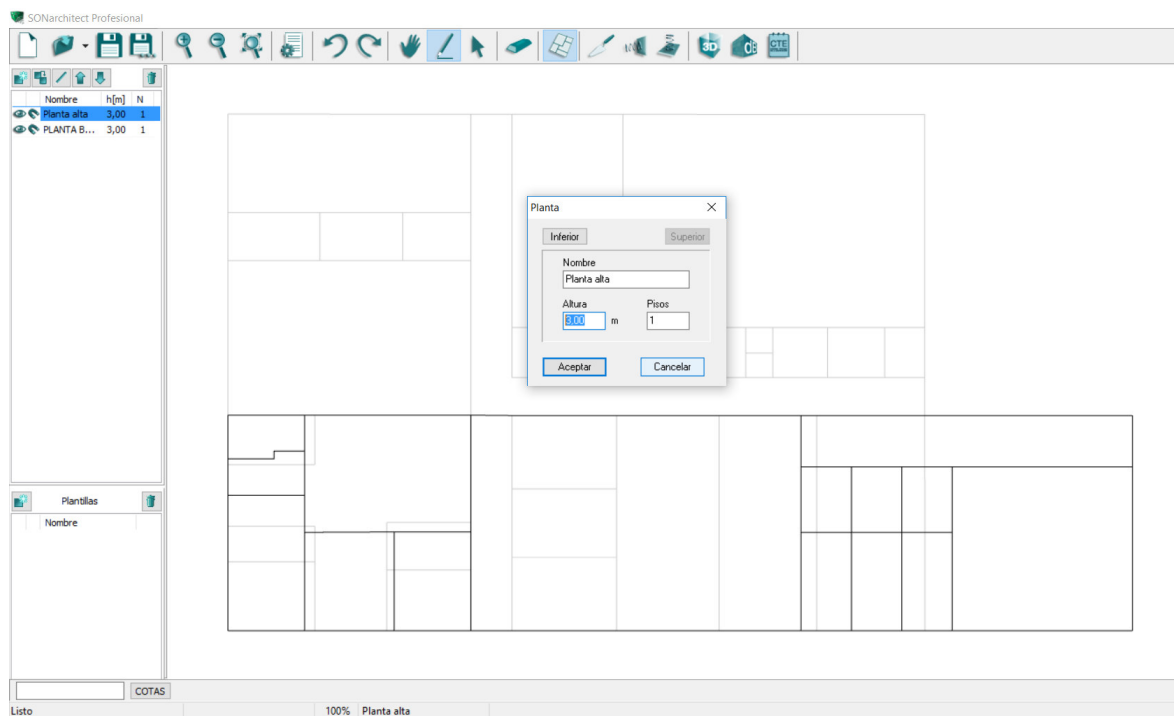


Figura 3-5 Creación planta alta en SONArchitect

3.3.1.2 Definición de las diferentes tipologías de los recintos

Se define la tipología general del edificio y de cada recinto, en función de la clasificación introducida por el DB-HR: recinto de actividad, recinto de instalaciones, recinto ruidoso, recinto protegido, recinto habitable.

Así, en primer lugar se define el uso general del edificio. Para ello, el software ofrece diferentes opciones (docente, viviendas, residencial público, hospitalario, sanitario, administrativo y cultural). En el caso del presente Trabajo de Fin de Grado, el edificio se asimiló a uso docente debido a la presencia de laboratorios y espacios para profesorado. En la siguiente imagen se muestra la asignación del uso general en el software.

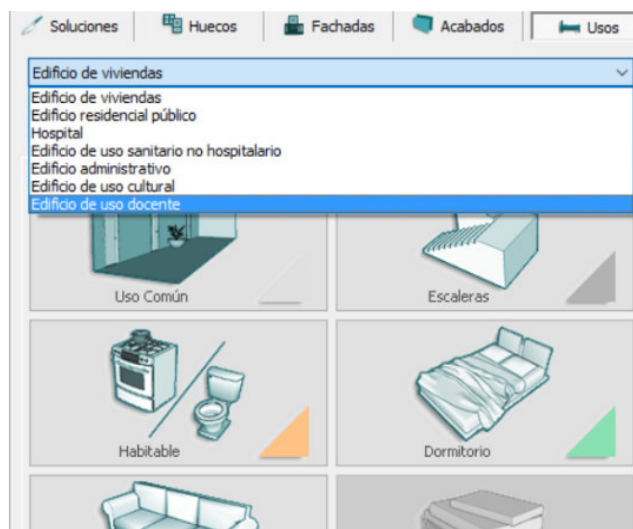


Figura 3-6 Asignación tipología general

Una vez definido el uso general del edificio, el siguiente paso consistió en aplicar las tipologías específicas de cada recinto individualmente, en función de la actividad que se va a realizar en su interior. Para ello, el software caracteriza cada una con un color distinto, y diferencia entre: uso común, escaleras, habitable, dormitorios, estancias, docentes, salas de conferencias, comedores, instalaciones, actividades y ascensores.

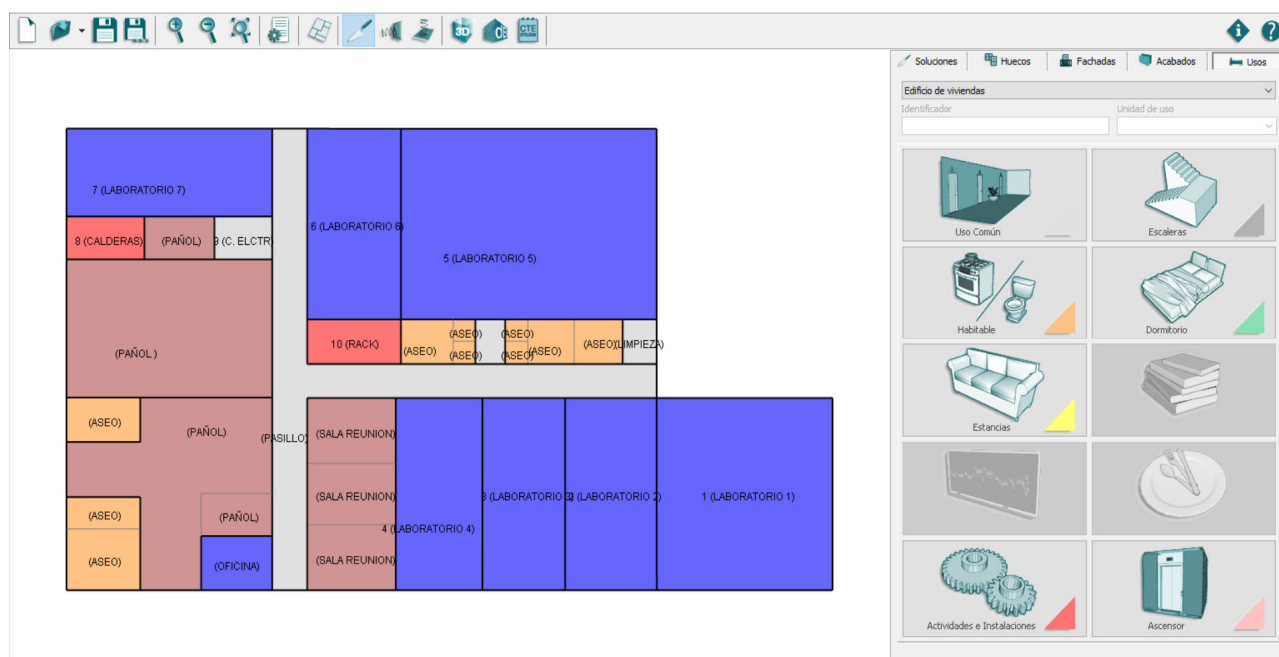


Figura 3-7 Asignación de tipologías específicas

3.3.1.3 Asignación de huecos y soluciones constructivas

El siguiente paso consiste en aplicar las diferentes ventanas y puertas, tanto interiores como exteriores, así como los elementos de separación verticales y horizontales. Para ello, el software posee una amplia base de datos que recoge las soluciones constructivas del Catálogo de Elementos Constructivos del Código Técnico de la Edificación y, además, otros catálogos de ciertos fabricantes. En el caso de que la solución constructiva que se pretenda aplicar no esté recogida en la base de datos del programa, ésta se puede introducir de manera manual a través de sus características acústicas.

A continuación se muestran los diferentes huecos y soluciones constructivas planteadas inicialmente en el proyecto "PONTEVEDRA/MARIN/ESCUELA NAVAL MILITAR/REFORMA DE LAS AULAS DE INVESTIGACION" [11].

1. Huecos:

Conforme al proyecto recibido, se han introducido ventanas oscilobatientes o no practicables ($R_A=31$ dBa) y puertas ($R_A=27$ dBa) en las fachadas; mientras que en el interior se han introducido puertas de valor medio $R_A=20$ dBa. En la imagen siguiente se puede observar la asignación de los huecos en el software.

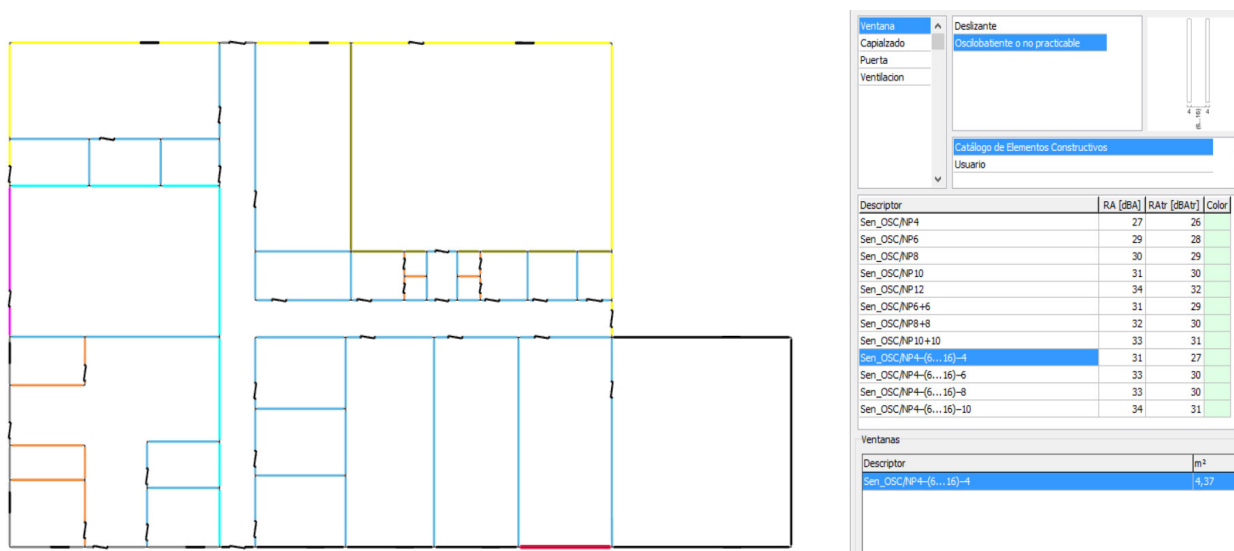


Figura 3-8 Asignación de Huecos

2. Elementos de separación horizontal (ESH):

a) Forjado:

En la presente actuación constructiva se han ejecutado dos tipos de forjados distintos:

- **Forjado de chapa colaborante.** Según sus características se ha aplicado el de la empresa Incoperfil "INCO 70.4 Colaborante" de 1 mm de espesor de greca metálica, 14 cm de canto total y 5 cm de capa de compresión. Actuando como aislante a ruido aéreo con un R_A de 46 dBA y un coeficiente de ruido a impacto de L_{nW} de 89 dB. Este forjado se ejecuta en el edificio ya existente que se reformará según el proyecto constructivo.

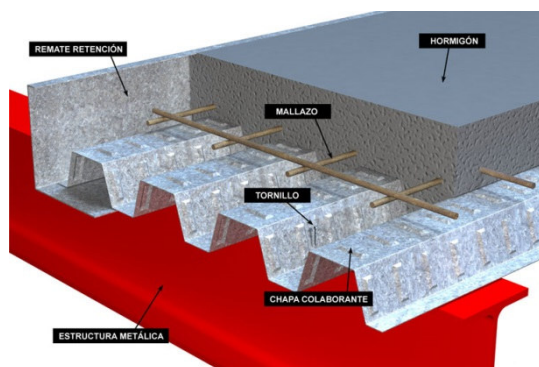


Figura 3-9 Estructura forjado de chapa colaborante [12]

- **Forjado de placa alveolar.** Prefabricada de hormigón pretensado, de 20 cm de canto, con relleno de juntas entre placas y capa de compresión de 5 cm. Este forjado no estaba contemplado en la base de datos del software, por tanto hubo que introducirlo manualmente, en función de la ley de masas, obteniendo un valor de R_A de 56 dBA y un nivel de ruido de impacto de 80 dB. Este forjado se ejecuta en el edificio nuevo según el proyecto constructivo.



Figura 3-10 Forjado de losa alveolar [13]

En la siguiente imagen (Figura 3-11) se puede observar la asignación del forjado de placa alveolar en el software:

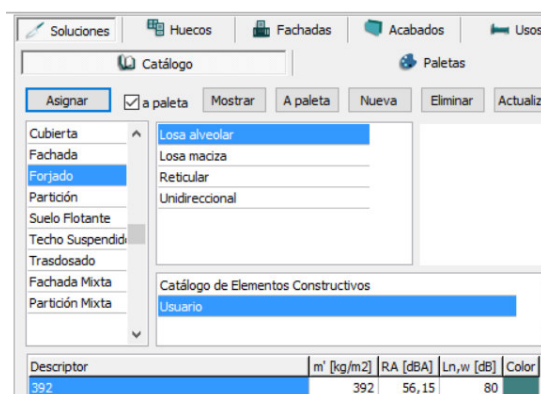


Figura 3-11 Asignación de forjados

b) Suelo flotante:

Para mejorar el aislamiento a ruido aéreo y los niveles de ruido a impacto de los forjados y así conseguir una mejor calidad acústica, en el presente proyecto, a falta de instrucciones específicas, se interpreta bajo criterio propio, la ejecución de un suelo flotante compuesto por un elemento elástico

comercial en base a lana mineral de 20 mm debajo de una capa de mortero de 50 mm (AC+M50+ARMW20), que permite conseguir un valor de ΔR_A de 8 dBA y un ΔL_{nW} de 30 dB.

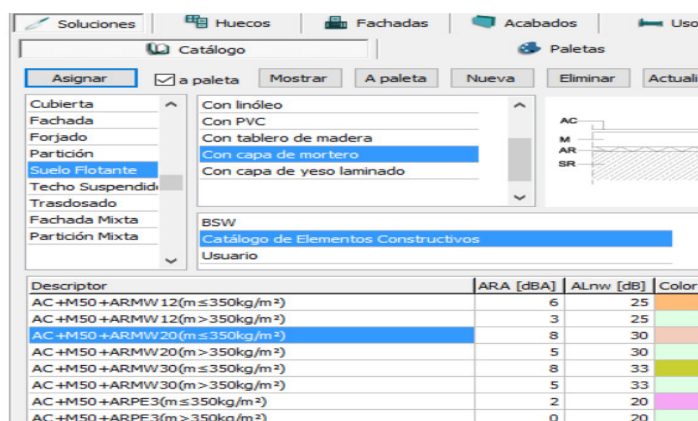


Figura 3-12 Asignación de suelos flotantes

c) Techo suspendido:

La ejecución de un falso techo consigue una mejora de aislamiento acústico y permite, a su vez, la instalación de infraestructuras esenciales como cableado, tuberías, climatización, etc.

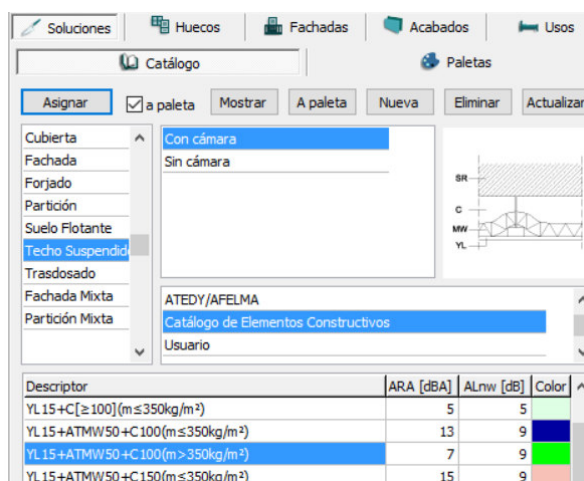


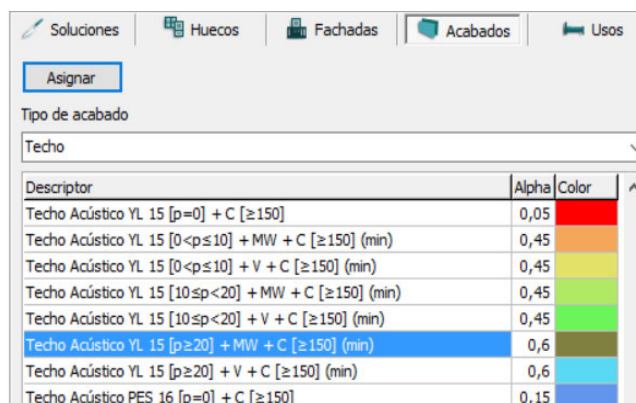
Figura 3-13 Asignación de techo suspendido

En el presente proyecto a falta de instrucciones específicas, se interpreta bajo criterio propio, la ejecución de un techo suspendido compuesto por una placa de yeso laminado de 15 mm y una capa de lana mineral de 50 mm, con una cámara con el forjado superior de 100 mm (YL15+ATMW50+C100), aportando un valor de ΔR_A de 7 dBA y un ΔL_{nW} de 9 dB (como se muestra en la Figura 3-13).

3. Techos acústicos absorbentes

En salas de reuniones, oficinas, laboratorios y pasillos es necesario instalar techos acústicos absorbentes para así cumplir con la normativa (DB-HR) y mejorar el acondicionamiento acústico de dichos recintos.

Para ello, a falta de instrucciones específicas, se interpreta bajo criterio propio, la ejecución de techos acústicos absorbentes sobre techos perforados (para un porcentaje de perforación mayor al 20 %) compuestos por una placa de yeso laminado de 15 mm, una capa de lana mineral Isover Arena Absorción y cámara de aire (Techo acústico YL 15 + MW + C). Este techo proporciona un coeficiente medio de absorción acústica (para frecuencias de 500 Hz, 1000 Hz, y 2000 Hz) de $\alpha_{mt} \geq 0,6$.

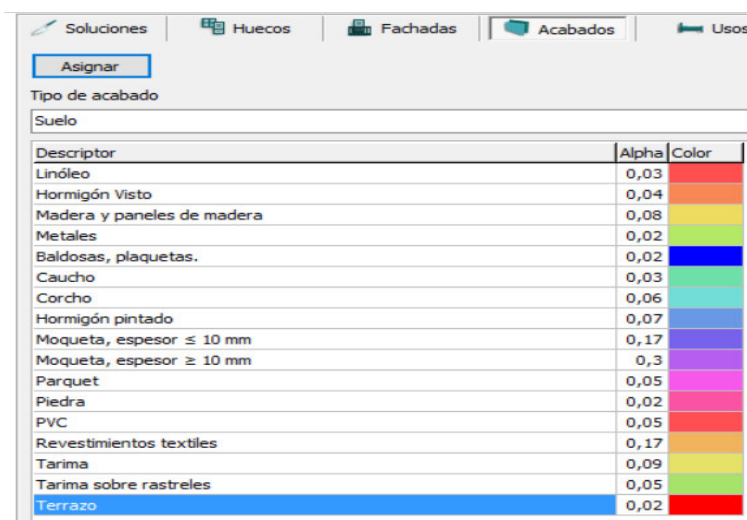


Descriptor	Alpha	Color
Techo Acústico YL 15 [p=0] + C [≥150]	0,05	Red
Techo Acústico YL 15 [0<p≤10] + MW + C [≥150] (min)	0,45	Orange
Techo Acústico YL 15 [0<p≤10] + V + C [≥150] (min)	0,45	Yellow
Techo Acústico YL 15 [10≤p<20] + MW + C [≥150] (min)	0,45	Light Green
Techo Acústico YL 15 [10≤p<20] + V + C [≥150] (min)	0,45	Green
Techo Acústico YL 15 [p≥20] + MW + C [≥150] (min)	0,6	Dark Green
Techo Acústico YL 15 [p≥20] + V + C [≥150] (min)	0,6	Blue
Techo Acústico PES 16 [p=0] + C [≥150]	0,15	Light Blue

Figura 3-14 Asignación de techos acústicos absorbentes

4. Acabados

En cuanto a suelos, en el edificio se instalarán superficies de terrazo (para laboratorios y salas de reuniones) gres porcelánico 40x40 cm (para aseos y vestuarios) y multicapa de epoxi antideslizante de espesor 2 mm (para el laboratorio de mecánica, laboratorio de fluidos y pañol de embarcaciones). Para la terraza se ejecutará una superficie de gres porcelánico esmaltado antideslizante.



Descriptor	Alpha	Color
Linóleo	0,03	Red
Hormigón Visto	0,04	Orange
Madera y paneles de madera	0,08	Yellow
Metales	0,02	Light Green
Baldosas, plaquetas.	0,02	Blue
Caucho	0,03	Green
Corcho	0,06	Light Blue
Hormigón pintado	0,07	Dark Blue
Moqueta, espesor ≤ 10 mm	0,17	Purple
Moqueta, espesor ≥ 10 mm	0,3	Pink
Parquet	0,05	Light Green
Piedra	0,02	Orange
PVC	0,05	Red
Revestimientos textiles	0,17	Yellow
Tarima	0,09	Light Green
Tarima sobre rastreles	0,05	Green
Terrazo	0,02	Red

Figura 3-15 Asignación de acabados: suelos

5. Cubiertas

En lo que a cubiertas respecta, el proyecto constructivo plantea diferentes tipos de cubierta. Para la planta alta y planta baja; cubierta inclinada con panel sándwich sobre correas con núcleo aislante de 50 mm. En la terraza; cubierta constituida por formación de pendientes con hormigón celular de espesor medio 5 cm y capa de mortero de 3 cm con membrana impermeabilizante y capa de aislante térmico de poliestireno extruido. A continuación, en la Figura 3-16, se muestra la aplicación de estas en es software *SONarchit*.

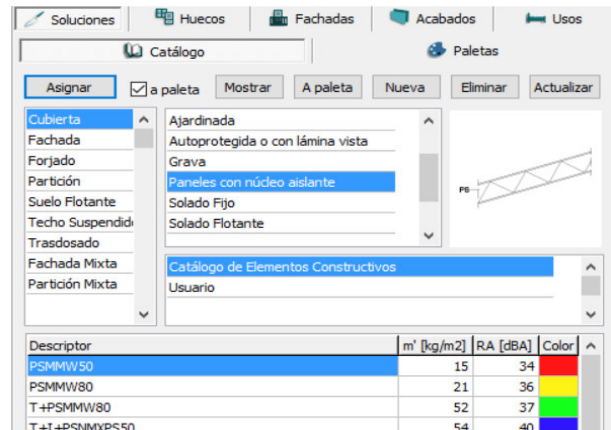


Figura 3-16 Asignación de Cubiertas

6. Elementos de separación vertical (ESV)

En este caso la solución constructiva planteada en el proyecto inicial es de hoja simple y está compuesta por un enfoscado de mortero (1.5 cm por cada cara) y ladrillo hueco doble con un espesor de 11,5 cm (RI15+LHD115+RI15) sin trasdosados; aportando valores de $m = 160 \text{ kg/m}^2$ y R_A de 42 dBA.

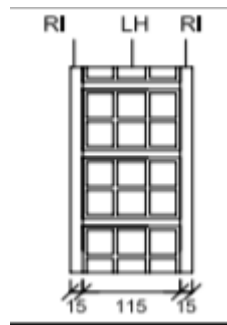


Figura 3-17 Estructura RI15+LHD115+RI15 (tomada de [14])

En la Figura 3-18, se puede observar la asignación de esta solución constructiva en el software.

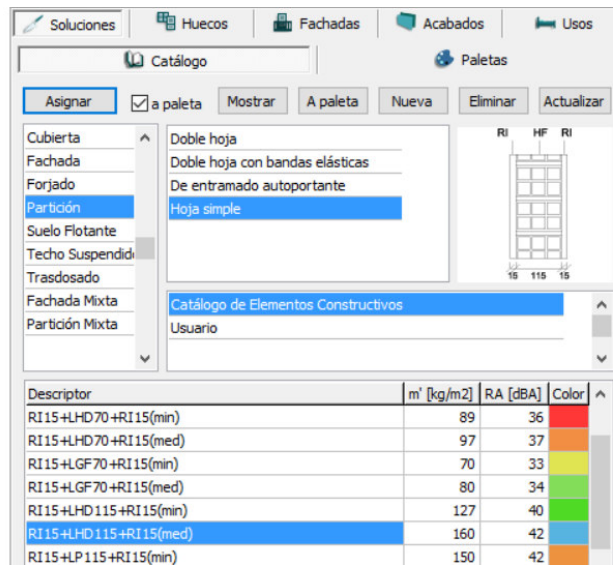


Figura 3-18 Asignación de ESV

7. Particiones interiores entre baños y vestuarios

En este caso, la solución constructiva planteada en el proyecto constructivo es de hoja simple, compuesta por un enfoscado de mortero (1.5 cm por cada cara) y ladrillo hueco doble de espesor de 70 cm (RI15+LHD70+RI15) sin trasdosados; aportando un valor $m=97 \text{ kg/m}^2$ y un R_A de 37 dBA.

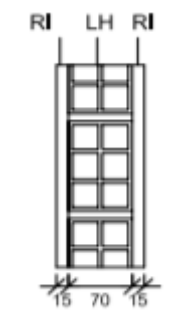


Figura 3-19 Estructura RI15+LHD70+RI15 (tomada de [14])

En la siguiente imagen (Figura 3-20) se puede observar la selección de esta solución constructiva en el software:

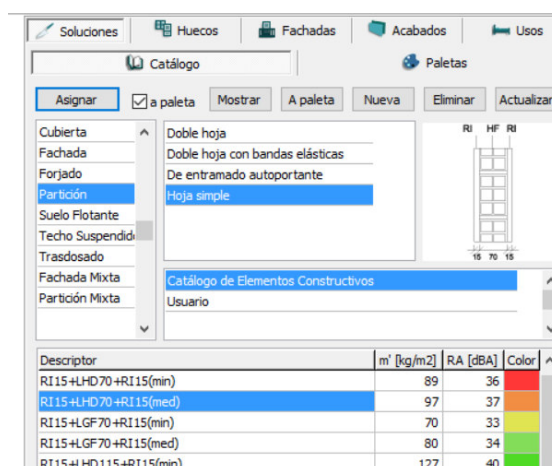


Figura 3-20 Asignación de particiones interiores

8. Particiones interiores entre unidades de uso y pasillos

Las solución constructivas planteadas están compuestas por un enfoscado de mortero (1.5 cm por cada cara) y ladrillo hueco doble de espesor de 11.5 cm (RI15+LHD115+RI15). Explicada en el punto 6 del presente apartado.

9. Acabados superficiales

En relación con los acabados superficiales, sobre los parámetros verticales, establecidos como particiones, se aplica pintura plástica lisa (para pañoles, salas de reuniones, oficinas y laboratorios) y alicatado de gres porcelánico (para aseos y vestuarios).

10. Fachadas

En el proyecto constructivo facilitado se plantea la ejecución de cuatro diferentes tipos de fachadas (Anexo IV: Planos edificio reformado). Para su simulación, al no estar recogidas dentro de la base de datos del software *SONarchitect*, se han tenido que realizar los cálculos correspondientes indicados en la Tabla 3-5, en función de la ley de masas; obteniéndose los diferentes valores de R_A .

FACHADA	COMPOSICIÓN	m;RA
S1	Enfoscado, fábrica de un pie de ladrillo macizo, fratasado blanco, tabicón y lana mineral en la cámara.	$m = 634 \text{ kg/m}^2$ $R_A = 66 \text{ dBA}$
S2	Panel prefabricado de hormigón macizo, fratasado blanco, tabicón y lana mineral en la cámara	$m = 599 \text{ kg/m}^2$ $R_A = 65 \text{ dBA}$
S3	Panel prefabricado de hormigón macizo, fratasado blanco, tabicón y cámara de aire.	$m = 597 \text{ kg/m}^2$ $R_A = 65 \text{ dBA}$
S4	Enfoscado, fabrica de 1 pie de ladrillo macizo, fratasado blanco, tabicón y polietileno (EPS) en la cámara.	$m = 633 \text{ kg/m}^2$ $R_A = 66 \text{ dBA}$

Tabla 3-5 Tipos de fachadas en el proyecto constructivo

3.3.2 Resultados obtenidos mediante la modelización acústica

Tras el proceso de modelización acústica de la actuación constructiva proyectada el software aporta los diferentes parámetros de aislamiento acústico y los compara con los valores límite establecidos con el DB-HR en función de la clasificación de cada uno de los recintos. Analizando los parámetros de:

- $D_{nT,A}$ para aislamiento a ruido aéreo entre recintos interiores.
- $L_{nT,w}$ para nivel de ruido de impacto entre recintos.
- $D_{2m,nT,Atr}$ para aislamiento a ruido aéreo respecto al exterior.
- Tr para el tiempo de reverberación de los recintos.

Para ello, el programa de cálculo SONarchitect considera tanto las transmisiones directas como indirectas y proporciona los valores de aislamiento a ruido aéreo, ruido de impacto y tiempos de reverberación, en función de las soluciones constructivas ejecutadas, de forma esquemática y fácil de interpretar.

Así, en primer lugar, proporciona una imagen general del edificio (Figura 3-21), diferenciando las plantas y representando los recintos, en color verde o rojo, en función de si cumple o no con la normativa vigente.

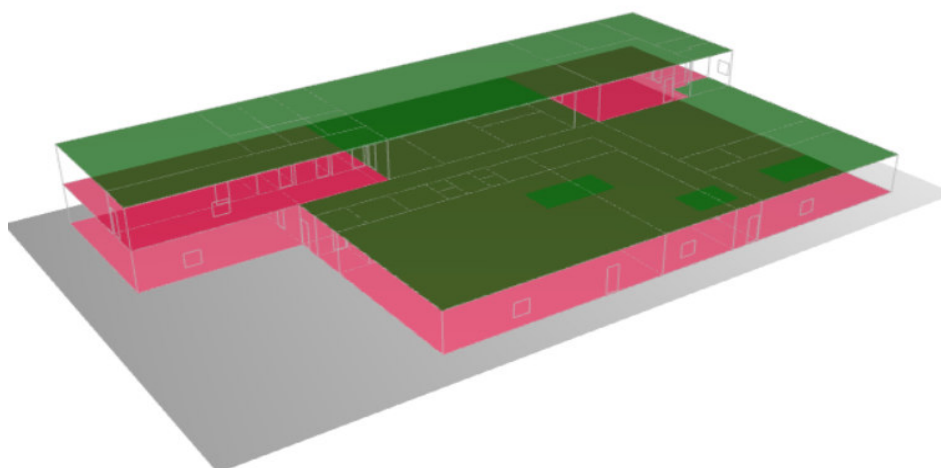


Figura 3-21 Modelización acústica inicial del edificio proyectado

Como se puede comprobar en la imagen anterior, el edificio no cumple las exigencias acústicas en la totalidad de sus recintos, ya que, ambas plantas aparecen en color rojo.

A continuación, en la tabla siguiente, se refleja un análisis general de los resultados obtenidos:

CUMPLE	NO CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos pertenecientes a unidades de un mismo uso: entre aseos y vestuarios o entre salas de reuniones.	Aislamiento acústico a ruido aéreo entre distintas unidades de uso (como por ejemplo entre laboratorios).
Aislamiento acústico a ruido aéreo y nivel de ruido de impacto entre unidades de mismo o distinto uso entre plantas (ejecutando el suelo flotante según criterio propio).	Aislamiento acústico a ruido aéreo entre el local de ensayo y recintos colindantes en planta inferior.
Tiempo de reverberación en las salas de reuniones (ejecutando techo suspendido según criterio propio).	Aislamiento acústico a ruido aéreo entre el local de ensayo y sus recintos adyacentes en la misma planta.
Aislamiento a ruido aéreo de las fachadas	
Aislamiento acústico a ruido aéreo de laboratorios y salas de reuniones con el pasillo (sin puertas en contacto).	

Tabla 3-6 Análisis general de resultados edificio proyectado

A modo de ejemplo, a continuación se reflejan los casos más significativos obtenidos en la modelización acústica inicial del proyecto constructivo. En primer lugar los casos que cumplen con las exigencias normativas acústicas y posteriormente los que no.

3.3.2.1.1 Casos que cumplen

CASO 1: Aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos pertenecientes a una misma unidad de uso



Figura 3-22 Aislamiento acústico entre aseo y vestuario

Aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos adyacentes en una misma planta, entre aseo femenino y vestuario; $R_A = 37$ dBA (aislamiento exigido $R_A \geq 33$ dBA).

CASO 2: Aislamiento acústico a ruido aéreo y a ruido de impacto entre plantas

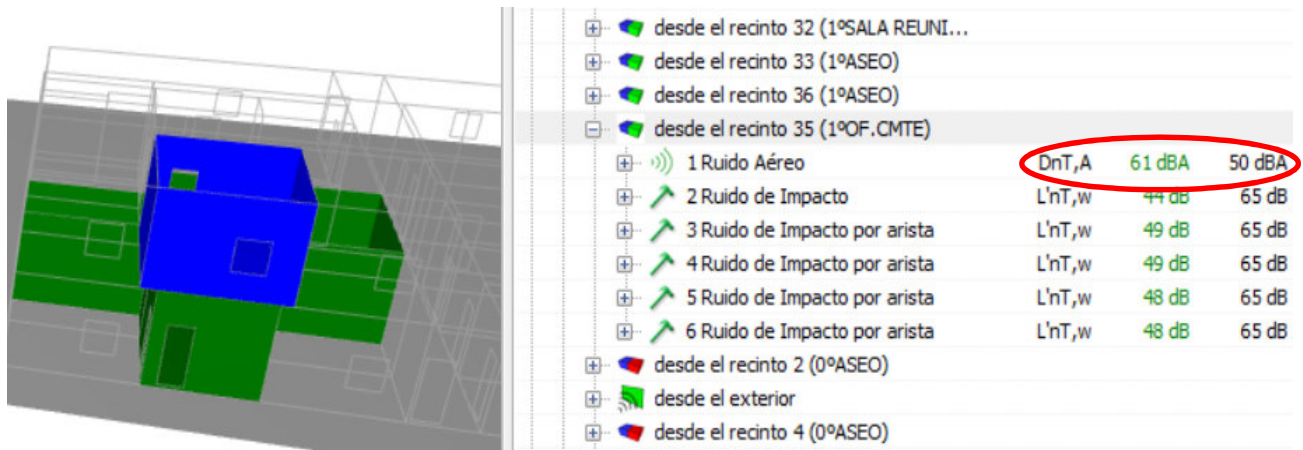


Figura 3-23 Aislamiento acústico entre pañol de buceo y oficina Cmte.

El aislamiento acústico a ruido aéreo obtenido entre el pañol de buceo y la oficina Cmte. se sitúa en; $D_{nT,A} = 61$ dBA (aislamiento exigido $D_{nT,A} \geq 50$ dBA).

El nivel de ruido de impacto es de $L_{nT,w} = 49$ dB (aislamiento exigido $L_{nT,w} \leq 65$ dB).

CASO 3: Tiempo de reverberación en salas de reuniones



Figura 3-24 Tiempo de reverberación sala de reuniones

Tiempo de reverberación obtenido en sala de reunión es de $Tr = 0,53$ s (Tiempo de reverberación exigido $Tr \leq 0.70$ s)

CASO 4: Aislamiento acústico a ruido aéreo respecto al exterior



Figura 3-25 Aislamiento acústico entre sala de reunión y el exterior

Aislamiento acústico a ruido aéreo de la fachada de sala de reunión se sitúa en $D_{2m,nT,Atr} = 32$ dBA, cumpliendo con el exigido en función del entorno del edificio ($D_{2m,nT,Atr} \geq 30$ dBA).

CASO 5: Aislamiento acústico a ruido aéreo entre oficinas con el pasillo (sin puertas en contacto)

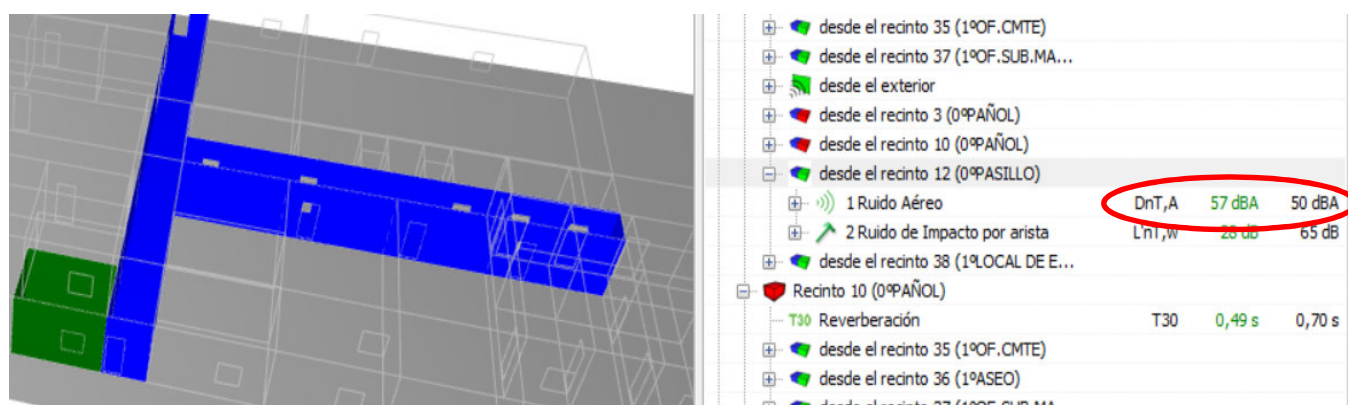


Figura 3-26 Aislamiento acústico entre oficina y pasillo (sin puertas en contacto)

Aislamiento acústico a ruido aéreo obtenido entre sala de reunión y pasillo; $D_{nT,A} = 57$ dBA (aislamiento exigido $D_{nT,A} \geq 50$ dBA).

3.3.2.1.2 Casos que no cumplen:

CASO 1: Aislamiento acústico a ruido aéreo entre diferentes unidades uso

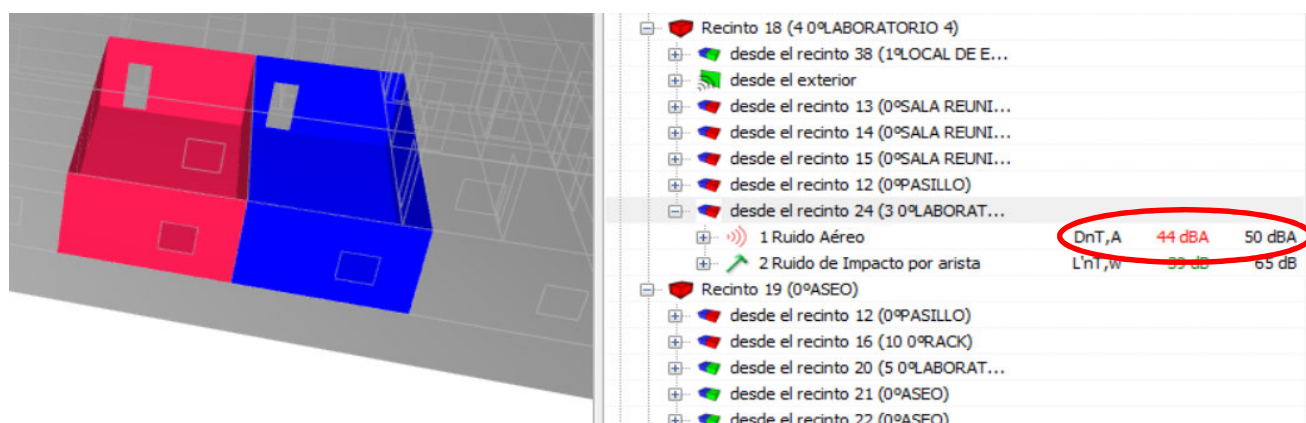


Figura 3-27 Aislamiento acústico entre laboratorio de medidas y laboratorio de simulación

Resulta fundamental destacar como el aislamiento acústico a ruido aéreo obtenido entre los diferentes laboratorios (definidos como distintas unidades de uso según criterio propio) no cumplen con los requisitos normativos según las soluciones constructivas del proyecto. Así, entre laboratorio de medidas y laboratorio de simulación se obtiene $D_{nT,A} = 44$ dBA (aislamiento exigido $D_{nT,A} \geq 50$ dBA).

CASO 2: Aislamiento acústico a ruido aéreo entre local de ensayo y recintos adyacentes en la misma planta

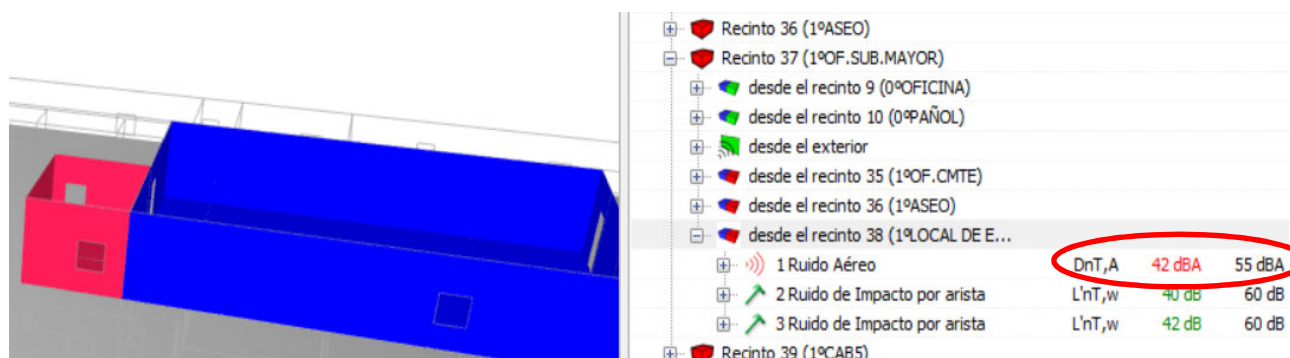


Figura 3-28 Aislamiento acústico entre local de ensayo y oficina suboficial mayor

De igual manera, cabe destacar que el aislamiento acústico a ruido aéreo obtenido entre local de ensayo y la oficina del suboficial mayor ($D_{nT,A} = 42$ dBA) no cumple con el aislamiento acústico exigido ($D_{nT,A} \geq 55$ dBA), por tanto, tampoco cumple con los requisitos establecidos bajo criterio propio para el local de ensayo ($D_{nT,A} \geq 60$ dBA).

CASO 3: Aislamiento acústico a ruido aéreo entre local de ensayo y recintos colindantes en planta inferior

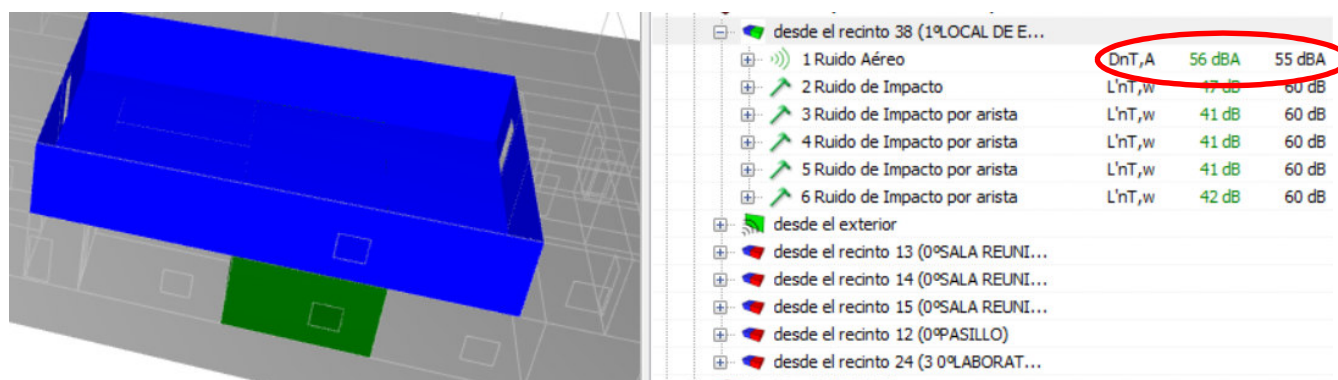


Figura 3-29 Aislamiento acústico obtenido entre laboratorio de fluidos y local de ensayo

En este caso, el aislamiento acústico a ruido aéreo obtenido entre el local de ensayo y el laboratorio de fluidos se sitúa en $D_{nT,A} = 56$ dBA, por tanto cumple con el aislamiento acústico exigido en el DB-HR ($D_{nT,A} \geq 50$ dBA). No obstante, este aislamiento aún debiera mejorarse ligeramente para conseguir unas condiciones acústicas que ofrezcan mayor tranquilidad ante la posibilidad de situaciones de empleo simultáneo con los recintos adyacentes. En consecuencia, no satisface los requisitos establecidos bajo criterio propio para el local de ensayo ($D_{nT,A} \geq 60$ dBA).

3.4 Modelización acústica optimizada del proyecto constructivo

Una vez detectados los puntos conflictivos del edificio, se procedió a realizar una nueva modelización acústica 3D optimizada con el objetivo de cumplir, en su totalidad, con las exigencias del DB-HR y, a su vez, mejorar según los criterios propios el proyecto constructivo inicial. Para ello se

ejecutaron algunos sistemas constructivos complementarios a los indicados en el proyecto. En la Figura 3-30 se muestra en color verde el cumplimiento de esta modelización acústica respecto al DB-HR.

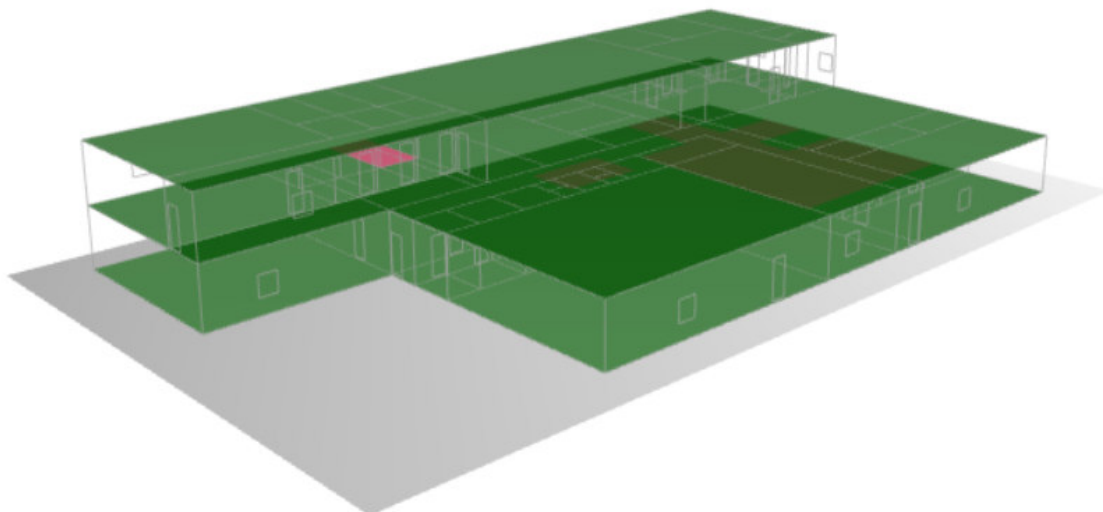


Figura 3-30 Modelización acústica del proyecto optimizado

3.4.1 Soluciones constructivas planteadas

En este apartado se plantean las diferentes modificaciones llevadas a cabo, en la modelización acústica optimizada, en relación con los sistemas constructivos.

3.4.1.1 Elementos de separación horizontal

1) Forjado

En este sentido no se considera necesaria ninguna modificación debido al cumplimiento general de aislamiento acústico entre plantas.

2) Suelo flotante

Debido al cumplimiento de los valores a ruido aéreo y ruido de impacto obtenidos conforme a los límites establecidos por el DB-HR, la configuración del suelo flotante no se ha modificado. No obstante, en el local de ensayo, para cumplir con los requisitos establecidos bajo criterio propio, se propone la ejecución de un suelo flotante que proporcione mayores incrementos de aislamiento a ruido aéreo y nivel de ruido de impacto, mediante un aumento en el espesor de la capa de lana mineral hasta 30 mm. (AC+M50+ARMW30), aportando valores de $\Delta R_A = 8$ dBA y $\Delta L_{nW} = 33$ dB. En la Figura 3-31 se muestra de manera gráfica la asignación de este en el software *SONarchitect*.

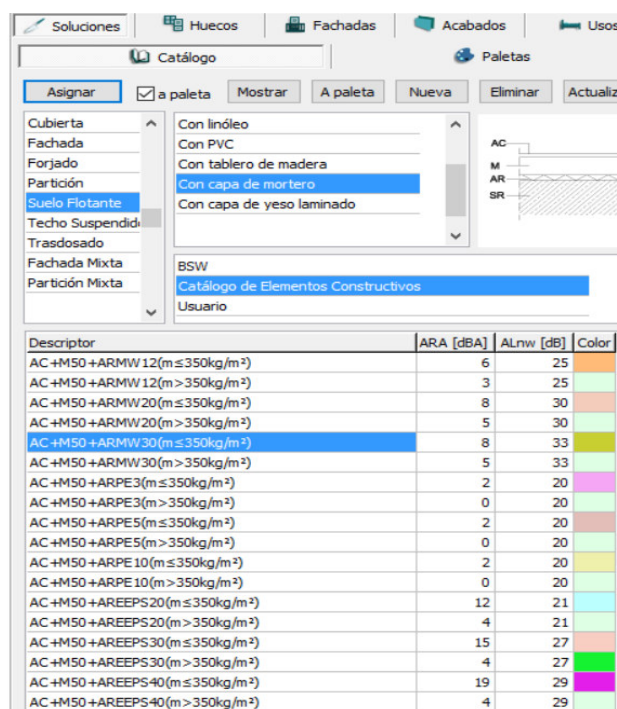


Figura 3-31 Asignación de suelo flotante proyecto optimizado

3) Techo suspendido

En este sentido no se considera necesaria ninguna modificación debido al cumplimiento general de aislamiento acústico entre plantas.

3.4.1.2 Techos acústicos absorbentes

De igual manera, no se considera necesario realizar ninguna modificación debido al cumplimiento general de los tiempos de reverberación en los recintos en los que éste se aplica. Resaltar que, a falta de instrucciones específicas en el proyecto constructivo, éstos se aplicaron en recintos bajo criterio propio.

3.4.1.3 Fachadas

Debido al adecuado cumplimiento del aislamiento acústico respecto el exterior de las diferentes fachadas ejecutadas en el proyecto constructivo inicial, no se considera necesario la realización de ninguna modificación.

3.4.1.4 Elementos de separación vertical

En consecuencia al incumplimiento del aislamiento acústico obtenido entre recintos definidos como distintas unidades de uso (sobre todo entre laboratorios) se propone mantener la solución constructiva planteada en el proyecto inicial (RI15+LHD115+RI15), añadiéndole un trasdosado por ambas caras con una separación de 10 mm, capa de lana mineral de 48 mm y placa de yeso laminado de 15mm (YL15+MW48+SP). Este trasdosado aportaría un ΔR_A de 13 dBA; mejorando así, de manera considerable, el aislamiento acústico, permitiendo el cumplimiento con el marco normativo. En la siguiente imagen (Figura 3-32) se puede observar la asignación de este en el software *SONArchitect*.

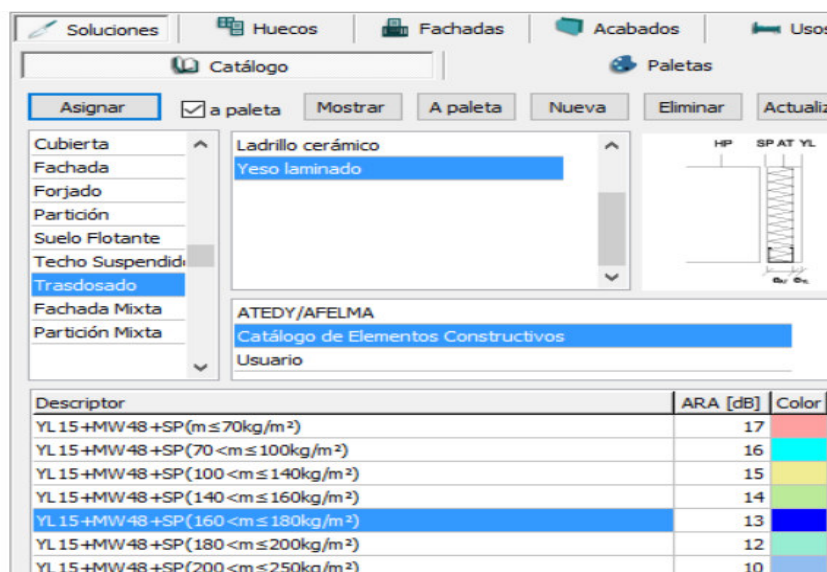


Figura 3-32 Asignación de trasdosados en proyecto optimizado

Por otra parte, en el local de ensayo, debido al no cumplimiento de los valores exigidos por el DB-HR de aislamiento acústico entre éste y los recintos adyacentes, se proponen dos alternativas diferentes:

- Mantener la solución constructiva del proyecto inicial y ejecutar un trasdosado interior del tabique con doble placa de yeso laminado montado sobre el suelo flotante y con placa de lana mineral de 48 mm (YL2x12,5+MW48+SP) aportando un valor de $\Delta R_A = 13$ dBA. Obteniendo con los recintos adyacentes un $D_{nT,A} = 60$ dBA. En la siguiente imagen se puede ver la composición de este:

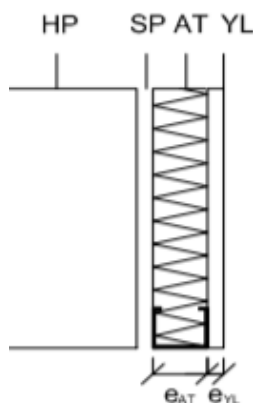


Figura 3-33 Trasdosado (YL2x12,5+MW48+SP)

- Ejecutar un elemento constructivo de entramado autoportante compuesto por recubrimiento por ambas caras con doble placa de yeso laminado de 15 mm y doble capa de la lana mineral de espesor 70 mm y otra placa de yeso laminado interior con cámara interior de separación de 10 mm (YL2x15 + ATMW70 + YL12,5 + SP + ATMW70 + YL2x15) con un valor de $m = 65 \text{ kg/m}^2$ y un R_A de 65 dBA. Obteniendo a su vez, con los recintos adyacentes, un $D_{nT,A} = 60$ dBA. En la siguiente imagen se muestra gráficamente este elemento constructivo:

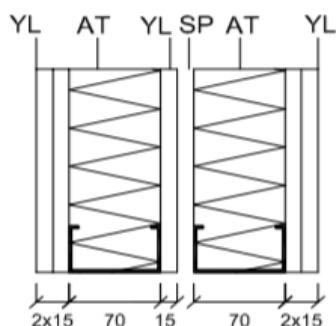


Figura 3-34 Elemento constructivo (YL2x15+ATMW70+YL12,5+SP+ATMW70+YL2x15).

A continuación, se muestra la asignación del elemento constructivo en el software:

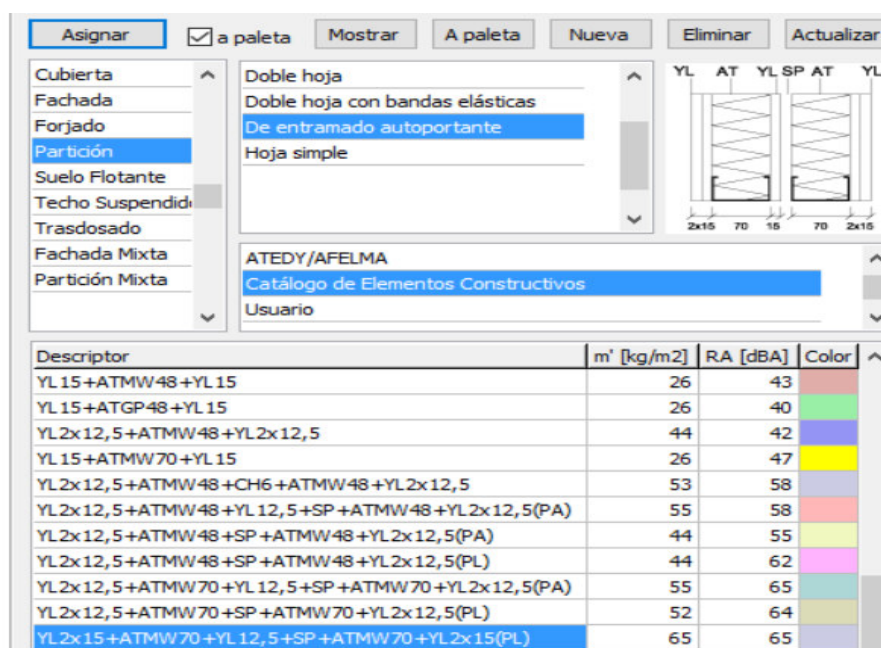


Figura 3-35 Asignación elemento constructivo de entramado autoportante en SONArchitect.

No obstante, a pesar de obtener el mismo valor de aislamiento acústico a ruido aéreo con los recintos adyacentes, se considera más adecuada la ejecución del elemento constructivo de entramado autoportante, (opción b) debido a que la estructura queda menos cargada y a su más rápida y sencilla ejecución.

3.4.2 Resultados obtenidos de la modelización acústica del proyecto optimizado

A continuación, a modo de comprobación, se muestran los casos que en el proyecto inicial no cumplían con los valores límite establecidos en el DB-HR y que ahora, aplicando las soluciones del proyecto optimizado cumplen en su totalidad con la exigencia.

CASO 1: Aislamiento acústico a ruido aéreo entre distintas unidades de uso



Figura 3-36 Aislamiento acústico entre laboratorio de medidas y laboratorio de investigación proyecto optimizado.

Aislamiento acústico a ruido aéreo obtenido entre recintos de distintas unidades uso, en este caso entre laboratorio de medidas y laboratorio de simulación; $D_{nT,A} = 61$ dBA (aislamiento exigido $D_{nT,A} \geq 50$ dBA).

CASO 2: Aislamiento acústico a ruido aéreo entre local de ensayo y recintos adyacentes en la misma planta

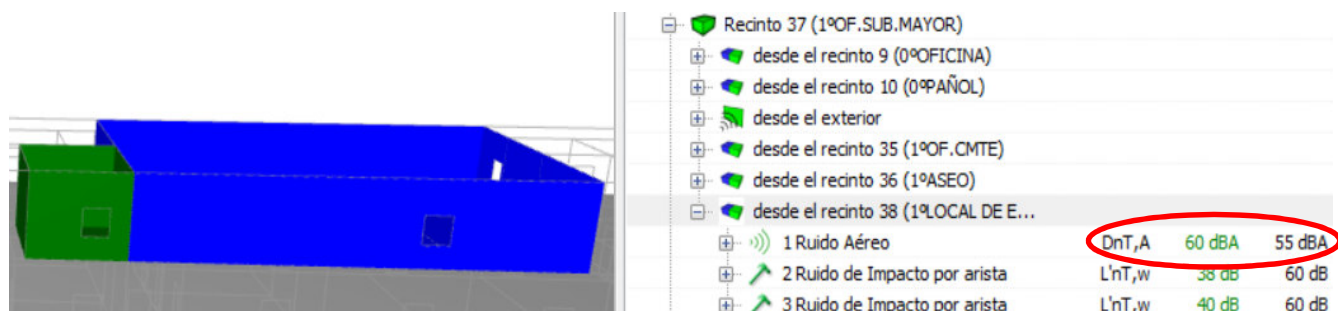


Figura 3-37 Aislamiento acústico entre local de ensayo y oficina suboficial mayor en proyecto optimizado.

Aislamiento acústico a ruido aéreo obtenido entre local de ensayo y recintos adyacentes en la misma planta, en concreto, oficina del suboficial mayor; $D_{nT,A} = 60$ dBA (aislamiento exigido bajo criterio propio $D_{nT,A} \geq 60$ dBA).

CASO 3: Aislamiento acústico a ruido aéreo entre local de ensayo y recintos colindantes en planta inferior

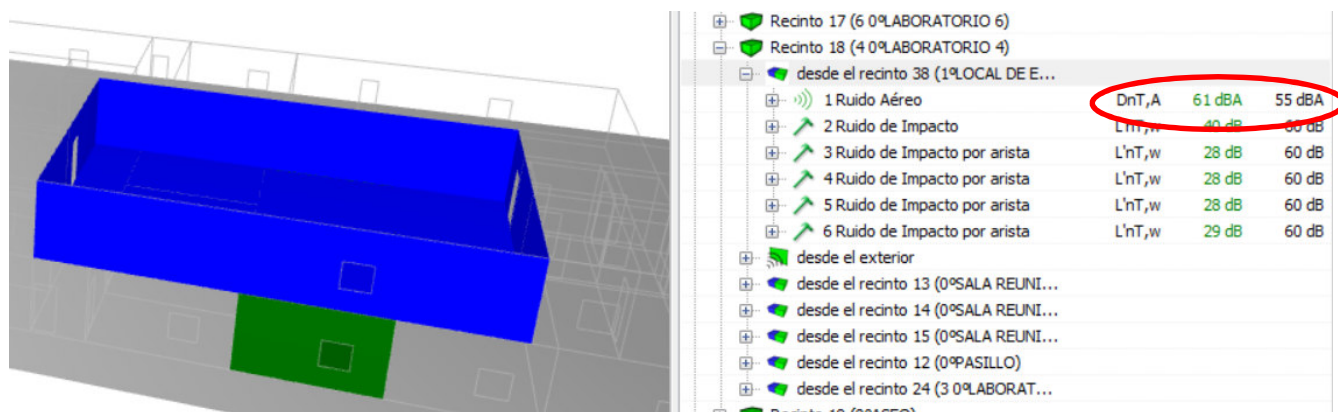


Figura 3-38 Aislamiento acústico entre local de ensayo y laboratorio de fluidos en proyecto optimizado.

El aislamiento acústico a ruido aéreo obtenido entre el local de ensayo y el laboratorio de medidas (situado en la planta inferior) es de $D_{nT,A} = 61$ dBA (aislamiento exigido bajo criterios propios $D_{nT,A} \geq 60$ dBA).

El nivel de ruido de impacto es de $L_{nT,w} = 40$ dB (aislamiento exigido $L_{nT,w} \leq 60$ dB).

3.5 Resumen de las modelizaciones acústicas realizadas y propuestas de mejora

Las diferentes modelizaciones acústicas llevadas a cabo han estado caracterizadas por una serie de medidas y conceptos establecidos bajo criterio propio, con el propósito de obtener un adecuado valor de aislamiento acústico entre recintos. A continuación, se resumen las consideraciones que se han tenido en cuenta:

- En cuanto a la asignación de usos, para realizar el estudio acústico del proyecto constructivo del edificio de investigación, fue necesario clasificar los diferentes recintos que lo componen y definir las diferentes unidades de uso en las que se iba a dividir la edificación. Tratando ambas plantas como unidades de uso independientes, así como el conjunto de salas de reuniones, cada oficina y cada laboratorio.
- A su vez, en cuanto a la tipología del edificio, se consideró como un edificio de uso docente, debido a la presencia de laboratorios y oficinas para profesorado.
- En cuanto a la asignación de las diferentes soluciones constructivas, ante la falta de instrucciones específicas del proyecto inicial acerca de la composición de los suelos flotantes y los techos acústicos absorbentes y su lugar de ejecución, se interpretó, bajo criterio propio, la instalación de un suelo flotante compuesto por un elemento elástico comercial en base a lana mineral de 20 mm debajo de una capa de mortero de 50 mm (AC+M50+ARMW20), ejecutando este en la totalidad de los recintos, y la ejecución de techos acústicos absorbentes perforados (para un porcentaje de perforación mayor al 20 %) compuestos por una placa de yeso laminado de 15 mm, una capa de lana mineral y cámara de aire (techo acústico YL 15 + MW + C) en salas de reuniones, laboratorios, oficinas, local de ensayo y pasillos. De igual manera, cabe destacar que el proyecto inicial carecía de instrucciones específicas para el local de ensayo.
- Así, mediante los sistemas constructivos planteados en el proyecto constructivo inicial, no se cumplía con los límites establecidos en el DB-HR. Por tanto, hubo que proponer soluciones constructivas de mejora, siendo estas, la ejecución de trasdosados por ambas caras en elementos de separación verticales y, para el local de ensayo, introduciendo un elemento constructivo de entramado autoportante (YL2 x 15 + ATMW70 + YL12,5 + SP + ATMW70 + YL2x15) y un suelo flotante de mayor espesor en la placa de lana mineral (MW30).
- Finalmente, ejecutando las propuestas de mejora planteadas, el edificio cumple en su totalidad con el marco normativo vigente y los criterios propios.

3.6 Comprobación térmica del proyecto constructivo inicial

El proceso de comprobación de los diferentes parámetros térmicos se ha llevado a cabo, como se comentó en el apartado 2.3.3.1, siguiendo los siguientes pasos:

1. Obtención de datos previos; zona climática y clasificación de los espacios.
2. Comprobación de la permeabilidad de las carpinterías.
3. Cálculo de los parámetros característicos de los cerramientos, particiones interiores y huecos. valores medios de U y factor solar modificado de los huecos.
4. Comprobación de la limitación de la demanda energética.

3.6.1 Datos previos

a) Zona climática

En primer lugar es necesario obtener los valores máximos que tiene que satisfacer el edificio en función de la zona en la que está ubicado.

El edificio de investigación se sitúa en la Escuela Naval Militar, en Marín, en la ciudad de Pontevedra. Por tanto, se encuadra dentro de la zona climática C, cuyos valores máximos de transmitancia térmica vienen recogidos en la siguiente tabla:

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

Figura 3-39 Tabla valores máximos de U exigidos por el DB-HE-1 (tomada de [2]).

b) Clasificación de los espacios

Todos los recintos son considerados como espacios habitables acondicionados y de baja carga interna. A excepción del pañol de embarcaciones, rack y cuadro eléctrico, los cuales son considerados espacios habitables no acondicionados. Por otro lado, la sala de calderas y el espacio comprendido entre la cubierta de la planta alta y el forjado, se consideran espacios no habitables. Esta clasificación de espacios se presenta resumida en la Tabla 3-7.

TIPOS DE ESPACIO			RECINTOS
Espacio habitable	De baja carga interna	Acondicionados	Todos los recintos
		No acondicionados	Rack, cuadro eléctrico y pañol de embarcaciones
	De alta carga interna	Acondicionados	-
		No acondicionados	-
Espacio no habitable	-		Sala de calderas y espacio comprendido entre el forjado y la cubierta en la planta alta.

Tabla 3-7 Clasificación de los recintos según DB-HE-1.

A su vez, se consideran espacios con grado de higrometría 3, a excepción de los aseos y vestuarios, los cuales son considerados con grado de higrometría 4 (en función de la Tabla 2-8).

3.6.2 Comprobación de la permeabilidad de las carpinterías

Para la zona climática correspondiente a la localización del edificio, la zona climática C, el marco normativo exige un valor de permeabilidad al aire de las carpinterías, conforme al método de ensayo UNE EN 1026:2000, con una sobrepresión de 100 Pa, inferior a $27 \text{ m}^3/\text{hm}^3$. Así, en el presente proyecto, todos los huecos ejecutados, tanto ventanas como puertas, están clasificados con permeabilidad al aire clase 4, por tanto, cumplen con la normativa según lo explicado en el apartado 0.

3.6.3 Cálculo de los parámetros característicos

3.6.3.1 Cubiertas

En el edificio proyectado, en cuanto a aislamiento térmico, se diferencian diferentes tipos de cubierta: la cubierta situada en la primera planta, la terraza y la cubierta de la segunda planta.

Para el cálculo de los valores de la transmitancia térmica U , de la cubierta de la primera planta y de la terraza, se ha seguido el proceso descrito en el apartado 2.3.3.2.3, correspondiente a cerramientos en contacto con el aire exterior, mediante la siguiente fórmula:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

a) Cubierta de la primera planta: cubierta inclinada mediante panel sándwich con núcleo aislante

Según los cálculos expuestos en la Tabla 3-8 para la resistencia térmica total, el valor de la transmitancia térmica total es $U=0.368 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ (tomando valores de $R_{si} = 0.10$; $R_{se} = 0.04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$).

Cerramiento - Cubierta inclinada			
Capa	Espesor (m)	Conductividad térmica	Resistencia térmica
Panel sándwich con alma de poliestireno extruido	0.05	0.042	1.19
Cámara de aire ligeramente ventilada	0,05	-	0.085
Forjado	0.25	-	0.16
Aislamiento lana mineral	0.04	0,035	1.14
Resistencia térmica total ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$)			2.575

Tabla 3-8 Resistencia térmica total Cubierta inclinada

b) Terraza

Según los cálculos expuestos en la Tabla 3-9, para la resistencia térmica total, el valor de la transmitancia térmica total es $U=0.53 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ (tomando valores de $R_{si} = 0.10$; $R_{se} = 0.04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$).

Cerramiento – Terraza			
Capa	Espesor (m)	Conductividad térmica	Resistencia térmica
Gres porcelánico	0.03	1	0.03
Impermeabilización	0,05	0.035	0.085
Hormigón celular	0.04	0.09	0.44
Capa de polipropileno	0.02	0.22	0.09
Forjado	0.25	-	0.16
Poliestireno extruido	0.05	0,053	0.94
Resistencia térmica total ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$)			1.745

Tabla 3-9 Resistencia térmica total Terraza

c) Cubierta última planta: cubierta inclinada mediante paneles sándwich con núcleo aislante en contacto con espacio no habitable

A diferencia de las otras cubiertas, esta se calcula de manera diferente, debido a la presencia de un pequeño desván (considerado como espacio no habitable) entre el forjado y la cubierta.

Por tanto, para la obtención del valor U de la cubierta, se ha seguido el proceso descrito en el apartado 2.3.3.2.3 correspondiente a particiones interiores en contacto con espacios no habitables, haciendo uso de la siguiente formula:

$$U = U_p \cdot b$$

- El valor de U_p se obtiene como la inversa de resistencia térmica total de la cubierta, tal y como se indica en la Tabla 3-10, tomando valores de $R_{si} = 0.10$; $R_{se} = 0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Obteniendo un valor de $U_p = 0.35 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

Cerramiento – Cubierta inclinada			
Capa	Espesor (m)	Conductividad térmica	Resistencia térmica
Panel sándwich con alma de poliestireno extruido.	0.05	0.042	1.19
Forjado	0,25	-	0.19
Aislamiento lana mineral	0.04	0.035	1.14
Placa de yeso laminado	0.015	0,25	0.06
Resistencia térmica total ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$)			2.580

Tabla 3-10 Resistencia térmica total Cubierta inclinada

- La obtención del coeficiente b de reducción de temperatura, se realiza mediante la Tabla 2-18, para el caso de situación de aislamiento térmico; espacio no aislado-aislado, grado de ventilación; ligeramente ventilado y relación de áreas; 0.91. Obteniéndose finalmente un valor de $b = 0.94$, tal como se indica en la Figura 3-40. Finalmente, se obtiene un valor de $U = 0.329 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

A_{h-nh}/A_{nh-e}	No aislado _{nh-e} -Aislado _{h-nh}	No aislado _{nh-e} -No aislado _{h-nh}		Aislado _{nh-e} -No aislado _{h-nh}		
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
<0,25	0,99	1,00	0,94	0,97	0,91	0,96
0,25 ≤0,50	0,97	0,99	0,85	0,92	0,77	0,90
0,50 ≤0,75	0,96	0,98	0,77	0,87	0,67	0,84
0,75 ≤1,00	0,94	0,97	0,70	0,83	0,59	0,79
1,00 ≤1,25	0,92	0,96	0,65	0,79	0,53	0,74
1,25 ≤2,00	0,89	0,95	0,56	0,73	0,44	0,67
2,00 ≤2,50	0,86	0,93	0,48	0,66	0,36	0,59
2,50 ≤3,00	0,83	0,91	0,43	0,61	0,32	0,54
>3,00	0,81	0,90	0,39	0,57	0,28	0,50

Figura 3-40 Tabla obtención transmitancia térmica cubierta en contacto con espacio no habitable

3.6.3.2 Fachadas

El edificio proyectado, plantea la ejecución de diferentes tipos de fachada, pudiendo diferenciar entre cuatro tipos diferentes, cada uno con características particulares. A continuación, en la Tabla 3-11, se muestran los valores obtenidos de U, para cada una de las fachadas proyectadas.

Para la obtención de dichos valores, se ha seguido el procedimiento explicado en el apartado 2.3.3.2.3 correspondiente a cerramientos en contacto con el aire exterior, tomando valores de $R_{si} = 0.13$ y $R_{se} = 0.04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

FACHADA	COMPUESTA POR	m/RA
S1	Enfoscado, fábrica de un pie de ladrillo macizo, fratasado blanco, tabicón, lana mineral.	$R_t = 2.27 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ $U = 0.409 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
S2	Panel prefabricado de hormigón macizo, fratasado blanco, tabicón, lana mineral.	$R_t = 2.21 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ $U = 0.420 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
S3	Panel prefabricado de hormigón macizo, fratasado blanco, tabicón, cámara de aire.	$R_t = 0.46 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ $U = 1.587 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
S4	Enfoscado, fabrica de 1 pie de ladrillo macizo Fratasado blanco, tabicón, EPS.	$R_t = 1.64 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ $U = 0.540 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

Tabla 3-11 Valores de U obtenidos de las fachadas

3.6.3.3 Solera

A falta de especificaciones concretas en el proyecto, en relación con los materiales de los que se compone la solera, se han tomado valores genéricos de una solera tradicional, utilizada comúnmente en la actualidad. Compuesta por hormigón armado 15 cm y capa de mortero de 2 cm., con aislante de resistencia térmica $1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ y con banda de aislamiento térmico de 1 m de ancho.

Para la obtención del valor U de la solera (U_s), se ha seguido el proceso explicado en el apartado 2.3.3.2.3 correspondiente a cerramientos en contacto con el terreno. De esta manera, para la obtención de U de la solera es necesario calcular previamente la variable de longitud característica, B según la siguiente formula:

$$B = \frac{A}{\frac{1}{2}P}$$

Siendo:

- A (área de la solera en m²); 994.62 m²
- P (perímetro en m); 129.15 m

Obteniendo un valor de **B = 15.40**

Una vez obtenido el valor de B, se procede a obtener el valor de transmitancia de la solera, entrando en Tabla 3-12, con los valores previamente definidos. Finalmente se obtiene un valor de **U = 0.27 W/m² · K**

B'	R _a	D = 0.5 m					D = 1.0 m					D ≥ 1.5 m				
		R _a (m ² ·K/ W)					R _a (m ² ·K/ W)					R _a (m ² ·K/ W)				
	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
1	2,35	1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-	-	-
2	1,56	1,17	1,04	0,97	0,92	0,89	1,08	0,89	0,79	0,72	0,67	1,04	0,83	0,70	0,61	0,55
3	1,20	0,94	0,85	0,80	0,78	0,76	0,88	0,76	0,69	0,64	0,61	0,85	0,71	0,63	0,57	0,53
4	0,99	0,79	0,73	0,69	0,67	0,65	0,75	0,65	0,60	0,57	0,54	0,73	0,62	0,56	0,51	0,48
5	0,85	0,69	0,64	0,61	0,59	0,58	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,64	0,55	0,50	0,47	0,44
6	0,74	0,61	0,57	0,54	0,53	0,52	0,58	0,52	0,48	0,46	0,44	0,57	0,50	0,45	0,43	0,41
7	0,66	0,55	0,51	0,49	0,48	0,47	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,51	0,45	0,42	0,39	0,37
8	0,60	0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,47	0,42	0,38	0,36	0,35
9	0,55	0,46	0,43	0,42	0,41	0,40	0,44	0,40	0,38	0,36	0,35	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33
10	0,51	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33	0,40	0,36	0,34	0,32	0,31
12	0,44	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29	0,36	0,32	0,30	0,28	0,27
14	0,39	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,32	0,29	0,27	0,26	0,25
16	0,35	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,29	0,26	0,25	0,24	0,23
18	0,32	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,24	0,23	0,22	0,21
≥20	0,30	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,25	0,22	0,21	0,20	0,20

Tabla 3-12 Obtención de U de la solera.

3.6.3.4 Transmitancia térmica de los Huecos

En el presente proyecto se plantea la ejecución de diferentes tipos de ventanas, de diferentes dimensiones, en función de donde se vayan a ejecutar. Así, se proyectan ventanas tanto oscilobatientes como correderas, con carpintería de aluminio y doble acristalamiento tipo Climatit, formado por dos vidrios incoloros de 4 mm con cámara de aire de 12 mm con marco metálico sin rotura de puente térmico.

Para calcular los valores de U de las ventanas, se ha seguido el proceso en el apartado 2.3.3.2.3, correspondiente al cálculo de la transmitancia térmica de huecos, haciendo uso de la siguiente formula:

$$U_H = (1 - FM) \cdot U_{Hv} + FM \cdot U_{Hm}$$

Siendo;

- U_{Hv} (Transmitancia térmica de la parte semitransparente) = 2.9
- U_{Hm} (Transmitancia térmica del marco de la ventana) = 5.7
- FM (Fracción del hueco ocupada por el marco) = 20 %.

Obteniendo finalmente un valor de $U = 3.46 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

3.6.3.5 Factor solar modificado de huecos

Para calcular el factor solar modificado de huecos, se han prescindido de elementos de sombreado como pueden ser voladizos, toldos o persianas, ya que este factor depende fundamentalmente del acristalamiento empleado y de la superficie ocupada, y en menor medida del material del marco.

Para calcular dicho valor, se ha utilizado la formula definida en el apartado 2.3.3.2.3:

$$F = F_s \cdot [(1 - FM) \cdot g_{\perp} + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha]$$

Siendo:

- FS = 1
- FM = 20 %
- $g_L = 0.76$
- $U_m = 5.7$
- $\alpha = 0.3$ (color blanco medio)

Finalmente se obtiene un valor para el factor solar modificado de **F = 0.62**

3.6.4 Comprobación de la limitación de la demanda energía

Una vez calculados los diferentes valores de transmitancia térmica, se procede a la comprobación con la exigencia:

1. Comprobación de que se cumplen los valores U obtenidos respecto de los valores U máximos (Tabla 3-13) para la zona climática C, establecidos en el DB-HE-1;

ELEMENTOS DE SEPARACION	U OBTENIDO (W/m ² ·K)		U EXIGIDO (W/m ² ·K)	¿CUMPLE?
Fachadas	S1	0.40	0.95	SI
	S2	0.42		SI
	S3	1.58		NO*
	S4	0.55		SI
Solera	0.27		0.65	SI
Cubiertas	C1	0.36	0.53	SI
	C2	0.32		SI
	Terraza	0.53		SI
Huecos	3.46		4.40	SI

Tabla 3-13 Comprobación de la limitación de la demanda energética respecto valores U máximos

(*) El tipo de fachada S3, se ejecuta entre el pañol de embarcaciones de IM y el exterior, siendo por tanto asumible el no cumplimiento de la norma, debido a las características del pañol y el tipo de actividades que se van a realizar en su interior.

2. Comprobación de los valores medios de los parámetros característicos de transmitancia térmica (Tabla 3-14), obtenidos a través de la relación entre la fracción de área de cada cerramiento (tomadas desde el interior del edificio) y el área total, para cada tipo de cerramiento y partición interior.

Para calcular los parámetros característicos medios, se ha utilizado la siguiente formula:

$$U_{CM} = \frac{\sum A_C \cdot U_C}{A_T}$$

Siendo;

- A_C : área del cerramiento.
- A_T : área total del cerramiento.
- U_C : Transmitancia térmica (W/m² ·K).

ELEMENTO DE SEPARACIÓN	PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS MEDIOS	PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS LÍMITE	¿CUMPLE?
Cubiertas	$U_{CM} = 0.36$	$U_{CMlim} = 0.41$	SI
Fachadas	$U_{MM} = 0.49$	$U_{MMlim} = 0.73$	SI
Suelos	$U_{SM} = 0.27$	$U_{SMlim} = 0.50$	SI
Huecos	$U_{HM} = 3.45$	$U_{HMLim} = 4.4$	SI

Tabla 3-14 Comprobación de la limitación de la demanda energética respecto valores U limite

Una vez realizado la comprobación térmica de las soluciones constructivas planteadas en el proyecto constructivo, como conclusión a este apartado podemos afirmar que el nuevo edificio de investigación de la Escuela Naval Militar cumple con las exigencias establecidas en el DB-HE-1.

De esta manera, las soluciones constructivas propuestas en el apartado 3.4.1 (modelización acústica optimizada) también cumplen en su totalidad con el marco normativo vigente, ya que las soluciones constructivas en contacto, tanto con el exterior como con el terreno, se mantienen.

4 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

4.1 Conclusiones

Tras haber realizado el estudio, desde el punto de vista térmico y acústico, de los cerramientos y particiones interiores del nuevo edificio de investigación de la ENM, como principales conclusiones se pueden obtener las siguientes:

En primer lugar, destacamos el interés del estudio realizado, ya que, al tratarse de una ampliación y reforma no integral quedaría exento de cumplir con las exigencias establecidas en el Documento Básico DB-HR del Código Técnico de la Edificación. No obstante, ante la presencia de recintos como laboratorios y la existencia de un recinto destinado al ensayo musical, se consideró necesario definir criterios de calidad acústica y buscar soluciones constructivas encaminadas a su cumplimiento.

Posteriormente, tras la correcta definición del edificio de investigación, haciendo uso del software *SONarchitect* y de la normativa existente para aislamiento acústico, se ha observado el incumplimiento de los elementos constructivos planteados en el proyecto inicial en lo referente a aislamiento acústico, obligando de esta manera a proponer soluciones constructivas de mejora.

En consecuencia, para conseguir la totalidad del cumplimiento de las exigencias establecidas en el DB-HR, bastó con la ejecución de algunos sistemas constructivos complementarios a los indicados en el proyecto inicial; introduciendo trasdosados por ambas caras en elementos de separación verticales y tratando de manera especial el local de ensayo, introduciendo un elemento constructivo de entramado autoportante (YL2x15 + ATMW70 + YL12,5 + SP + ATMW70 + YL2x15) y un suelo flotante de mayor espesor en la capa de lana mineral (MW30), permitiendo así, cumplir con el marco normativo vigente.

Por otro lado, una vez realizada la comprobación de los elementos constructivos desde el punto de vista térmico, se concluye que, tanto el proyecto inicial como el optimizado, satisfacen las exigencias establecidas en el DB-HE.

Finalmente, una vez implantado las diferentes propuestas de mejora, el proyecto constructivo del nuevo edificio de investigación proyectado en la Escuela Naval Militar, cumple en su totalidad con las exigencias de aislamiento acústico recogidas en el CTE; garantizando, a su vez, un adecuado nivel de confort en su interior. Por tanto se consigue el objetivo principal del presente TFG planteado en la introducción de este.

Como conclusión final, este TFG puede resultar de utilidad para que la Escuela Naval Militar tenga en consideración las deficiencias presentes en el proyecto constructivo del nuevo edificio de investigación y evalúe la posibilidad de implantar las mejoras propuestas.

Conviene indicar que el estudio realizado en el presente Trabajo de Fin de Grado debiera de realizarse con mayor frecuencia en el ámbito de Defensa, no solo en los edificios ya existentes que necesitan de mejoras, sino también, en los de nueva construcción fomentando así la calidad de la edificación y permitiendo reflejar los esfuerzos de la Armada por integrar la variable sostenible en su modelo de actuación.

4.2 Líneas futuras

Como líneas futuras relativas al proyecto constructivo del nuevo edificio de investigación de la Escuela Naval Militar se propone efectuar una serie de medias y abordar el estudio de este desde diferentes puntos de vista:

- i. Redacción del presupuesto de obra del proyecto constructivo con las mejoras planteadas, para poder así obtener el grado de eficiencia económica de este.
- ii. Estudio estructural del edificio, para conocer cómo se comporta ante diferentes valores de carga.
- iii. Estudio del edificio desde el punto de vista de seguridad de utilización y accesibilidad, tratando de reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios sufran daños inmediatos en el uso previsto del edificio.
- iv. Implementación de medidas de aislamiento acústico “in situ” en el local de ensayo en relación con los recintos colindantes.

5 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ministerio de vivienda, Documento Básico HR, Protección frente al ruido, Madrid: Gobierno de España, 2009.
- [2] Ministerio de vivienda, Documento Básico HE, Ahorro de Energía, Madrid: Gobierno de España, 2013.
- [3] Gobierno de España, «Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación,» «BOE» núm. 266, de 06/11/1999.
- [4] F. J. R. Rodríguez y J. d. I. P. Crespo, Guía acústica de la Construcción, 2ª ed. Dossat, 2008.
- [5] J. M. Sanchís, Diseño del aislamiento y acondicionamiento acústico de un local en planta baja para actuaciones de grupos de rock, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2013.
- [6] F. Incropera y D. DeWitt, Fundamentos de transferencia de calor, Naulcampan de Juárez (Mexico): Pearson Educación, 1999.
- [7] C. C. Martin, Aislamiento térmico en edificación, 1ª ed Fundación Escuela de la Edificación, 2008.
- [8] AENOR, UNE EN 1026:2000 - Ventanas y puertas. Permeabilidad al aire. Método de ensayo.
- [9] AENOR, UNE-EN 12207:2000 - Ventanas y puertas. Permeabilidad al aire. Clasificación.
- [10] AENOR, UNE-EN ISO 10077-2:2012 - Prestaciones térmicas de ventanas, puertas y persianas. Cálculo del coeficiente de transmitancia térmica. Parte 2: Método numérico para los marcos. (ISO 10077-2:2012).
- [11] Ministerio de Defensa, Dirección General de Infraestructura, Subdirección de Proyectos y Obras, PONTEVEDRA/MARIN/ESCUELA NAVAL MILITAR/REFORMA DE LAS AULAS DE INVESTIGACION, 2016.

- [12] F. J. R. Rodríguez, A. G. Gil y R. Bellas, La rehabilitación en los edificios del Minsiterio de Defensa: consideraciones estructurales, térmicas y acústicas derivadas de la ejecución de forjados de chapa colaborante.
- [13] L. M. López y A. A. d. Cea, Estudio comparativo de tipologías de forjados, 2008.
- [14] Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construccion, Catálogo de elementos constructivos del CTE, Ministerio de Vivienda, 2010.
- [15] Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción, Acustica de la edificación. Normativa, materiales, instrumentación y control, 2015.
- [16] INCOPERFIL, Dossier Técnico Forjado colaborante INCO 70.4, Valencia: Ingenieria y Construcción del Perfil S,A, 2007.
- [17] Ministerio de Vivienda, Código Técnico de la Edificación, Madrid: Gobierno de España, 2006.
- [18] Asociación Española de Fabricantes de Materiales Aislantes, Soluciones de aislamiento acústico, Madrid: ANDIMAT, 2009.
- [19] Instituto para la diversificación y ahorro de energía IDAE, Guia práctica para la rehabilitación de dificios, Madrid: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio., 2008.
- [20] Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía IDAE, Guia Técnica para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los edificios, Madrid: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2008.
- [21] URSA, Manual de aislamiento, Madrid, 2009.
- [22] Ministerio de fomento, Rehabilitación Acústica en la Edificación: soluciones y casos prácticos, Cáceres: Gobierno de España, 2011.

ANEXO I: INTENSIDAD SONORA: EL DECIBELIO

- Potencia, intensidad y presión sonora:

Existen tres magnitudes físicas relacionadas con la energía que posee un sonido:

Potencia sonora	Intensidad sonora	Presión sonora
Cantidad de energía sonora emitida (o radiada) por una determinada fuente sonora. Su valor no depende del punto del espacio en que se mide ni de las condiciones del recinto en que se localiza el foco sonoro. Es una magnitud intrínseca o característica de la fuente sonora. La potencia sonora se expresa en vatios (W).	Energía que fluye en la unidad de tiempo a través de una superficie unidad situada perpendicularmente a la dirección de propagación de las ondas sonoras; es decir, potencia acústica radiada por unidad de superficie. Es una magnitud dependiente de la distancia a la fuente y de las condiciones del lugar en que se encuentre (en campo abierto, sin obstáculos, o en un recinto cerrado). La intensidad sonora se expresa en W/m^2	Representa el incremento de presión respecto a la presión atmosférica debido a la presencia de la onda acústica; es dependiente de la distancia a la fuente y de las condiciones del lugar en que ésta se encuentre (en campo abierto, sin obstáculos o en un recinto cerrado). La presión sonora se expresa en pascuales o N/m^2 .

Tabla AI-1 Potencia, intensidad y presión sonora

Si suponemos un foco puntual de potencia sonora (W) constante, y dado que las ondas se propagan según frentes esféricos, alcanzarán en el mismo instante los puntos del medio situados a una distancia r del foco; pero, dado que las ondas se alejan del origen con el tiempo, tal distancia variará y la superficie que éstas han de cubrir se acrecentará, de modo que la intensidad (I) disminuirá hasta hacerse imperceptible.

Por otra parte, cuando una fuente sonora emite energía acústica, provoca la aparición de una presión sonora (P), pudiendo establecerse la siguiente relación entre la potencia acústica (W) y la presión sonora (P):

$$W = P^2 4\pi r^2 / \rho c$$

Donde: $4\pi r^2$ constituye el área a través de la cual fluye la energía, r representa la distancia del punto de medida a la fuente, ρ la densidad del medio y c la velocidad de propagación de la perturbación en dicho medio.

- La escala de medida: el decibelio.

Aunque cada una de las magnitudes físicas definidas anteriormente se expresa con distintas unidades naturales, su cuantificación en cuanto a niveles de presión, potencia o intensidad acústica se expresa en decibelios.

En este sentido, la creación de una escala encaminada a la medida de niveles sonoros necesitó considerar, obligatoriamente, dos premisas fundamentales que dificultaron el proceso:

El oído humano posee gran sensibilidad:

- Es capaz de detectar variaciones de presión de extrema debilidad (el sonido audible más alto, no representa más que la diezmillonésima parte de la presión atmosférica).
- Responde a sensaciones sonoras que se encuentran en un amplio margen (Los umbrales de audición y del dolor para la presión sonora son respectivamente de $2 \cdot 10^{-5} N/m^2$ y $20 N/m^2$.)

El oído, desde el punto de vista subjetivo, posee una respuesta de carácter logarítmico y no lineal:

- Según el comportamiento del oído humano, para que éste aprecie subjetivamente un cambio en el medio como de dos veces más ruidoso, es necesario situar 10 fuentes sonoras idénticas a una primera situación.

Para adecuarse a tales condicionantes se emplea una escala de medición relativa cuya magnitud es el nivel de sonido y cuyas unidades o niveles se denominan decibelios (dB). Dicha escala se establece a partir de una expresión matemática basada en la noción del logaritmo decimal, que relaciona la magnitud que se pretende cuantificar (presión, potencia o intensidad acústica) con una referencia correspondiente al límite de sensibilidad humana respecto a tal magnitud:

$$L(\text{dB}) = 10 \lg \frac{M}{M_0}; \text{ donde } \left\{ \begin{array}{l} L = \text{Nivel de la magnitud cuantificada, en dB} \\ M = \text{Magnitud que se desea cuantificar (en sus unidades naturales)} \\ M_0 = \text{Valor de referencia de la magnitud (en sus unidades naturales)} \end{array} \right.$$

En este sentido, los sonómetros son instrumentos diseñados para determinar la magnitud de un sonido mediante la cuantificación del parámetro presión acústica (P); es decir, la cuantificación de la variación de la presión en un punto como consecuencia de la propagación de una onda sonora a través del aire. Adoptan como referencia la presión acústica “umbral” (variación de presión respecto a la presión atmosférica más pequeña que puede ser percibida por el oído humano a 1000 Hertz, $P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$), obteniéndose entonces el denominado nivel de presión acústica (dB).

De este modo se obtiene una escala “comprimida” y variable en un menor margen que los umbrales de presión acústica en la cual el nivel de presión sonora de los sonidos audibles se sitúa en un rango manejable, normalmente de 0 dB a 120 dB:

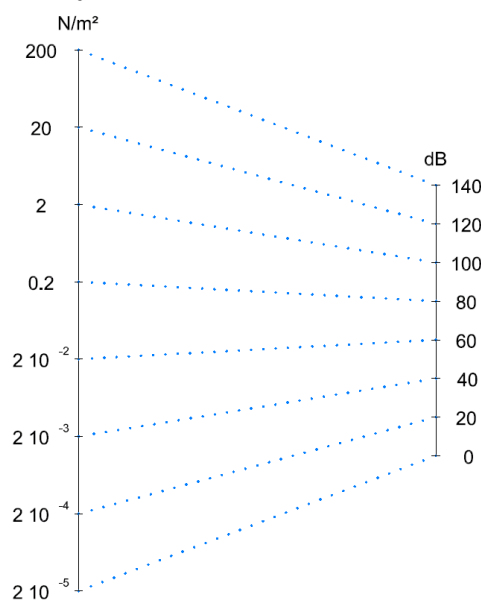


Figura AI-1 Escala de decibelios (dB) (tomada de [4])

- Curvas de ponderación: Escala de decibelios A.

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 y 4000 Hz. Así se caracteriza la reacción humana hacia los ruidos complejos y se imita la sensación de molestia que éstos originan. Los decibelios se denominan dBA.

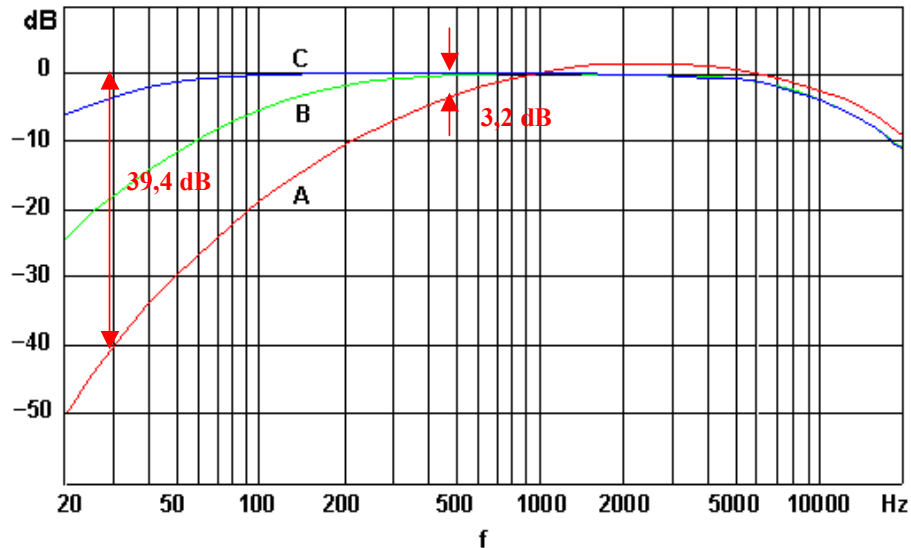


Figura AI-2 Escala de decibelios ponderada A (tomada de [4])

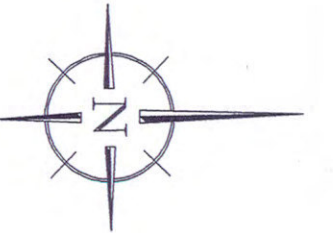
La figura anterior muestra las curvas de ponderación A, B y C (las tres curvas coinciden en 0 dB a 1000 Hz). Para cada frecuencia, el valor de la ordenada representa la corrección a aplicar al nivel de presión sonora de ésta de cara a obtener el valor del nivel sonoro con la escala empleada.

ANEXO II: MATERIALES AISLANTES COMUNES: RESISTENCIA TÉRMICA (R), VENTAJAS E INCONVENIENTES

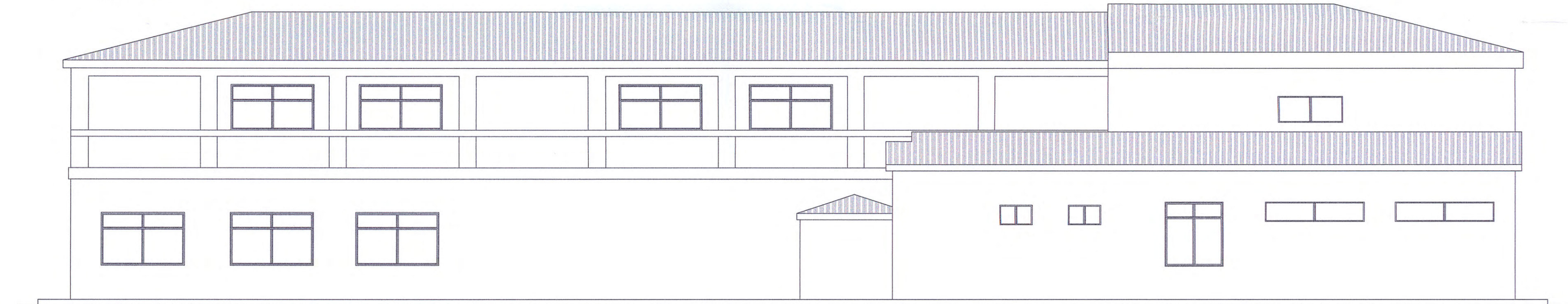
Material aislante	Valor de R por pulgada (2,54 cm)	Ventajas	Inconvenientes
Poliuretano, en plancha	6,25	Muy buena R; puede usarse con resinas de fibra de vidrio	No siempre es fácil de obtener; relativamente caro
Poliuretano, rociado	7,0	Muy buena R; puede usarse con resinas de fibra de vidrio; aplicación sencilla con equipo de rociado	No siempre es fácil de obtener; caro; exige equipo especial de rociado
Poliuretano, vertido (mezcla química de dos componentes)	7,0	Muy buena R; puede usarse con resinas de fibra de vidrio; aplicación relativamente sencilla	No siempre es fácil de obtener; caro; los volúmenes deben calcularse muy cuidadosamente
Poliestireno, en láminas (lisas), nombre comercial «Styrofoam»	5,0	Fácilmente disponible, de bajo costo, R razonable	No puede usarse con resinas de fibra de vidrio, a no ser que se proteja; se daña fácilmente
Poliestireno, expandido in situ y en perlas moldeadas expandidas.	3,75 a 4,0	Valores de R razonables, menor costo que las láminas de superficie lisa	No puede usarse con resinas de fibra de vidrio, a no ser que se proteja; se daña fácilmente
Plancha de corcho	3,33	Disponible en muchos mercados; costo razonable; puede recubrirse con fibra de vidrio	R menor que la del poliuretano para espumas de estireno
Rollos de lana de fibra de vidrio	3,3	Bajo costo; instalación fácil	Absorbe agua u otros líquidos con facilidad, y pierde capacidad aislante al mojarse
Rollos de lana mineral	3,7	Bajo costo; instalación fácil.	Absorbe agua u otros líquidos con facilidad, y pierde capacidad aislante al mojarse
Virutas de madera	2,2	Fácilmente disponible; bajo costo	Absorbe humedad y su R se reduce al mojarse; se descompone
Serrín	2,44	Fácilmente disponible; bajo costo	Absorbe humedad y su R se reduce al mojarse; se compacta por efecto de las vibraciones
Paja		Fácilmente disponible; bajo costo	Absorbe humedad y su R se reduce al mojarse; alberga insectos, etc.
Espacio de aire	1,0 aprox.	Costo nulo	Es necesario sellarlo completamente para evitar la circulación de aire que ocasiona la infiltración de calor

Tabla AIV-1 Materiales aislantes: resistencia térmica (R), ventajas e inconvenientes [15]

ANEXO III: PLANOS EDIFICO ACTUAL



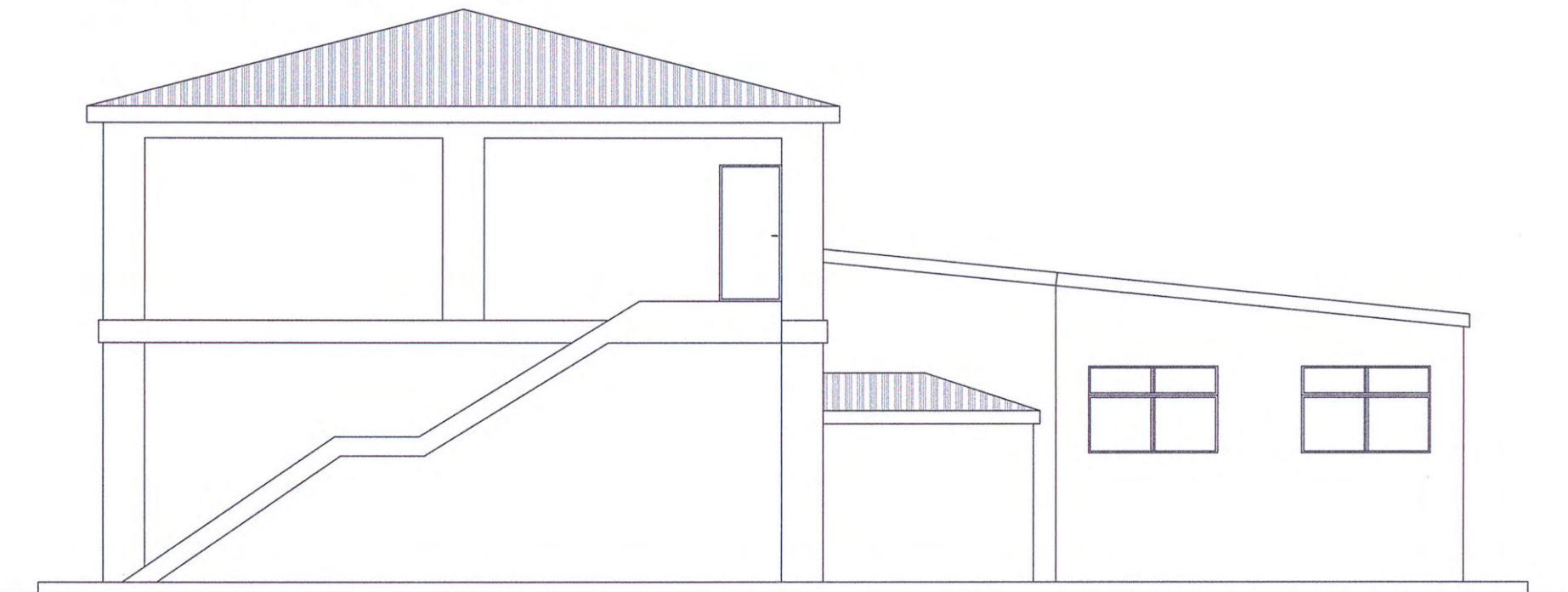
ALZADO FRONTAL



ALZADO POSTERIOR



ALZADO LATERAL IZDO

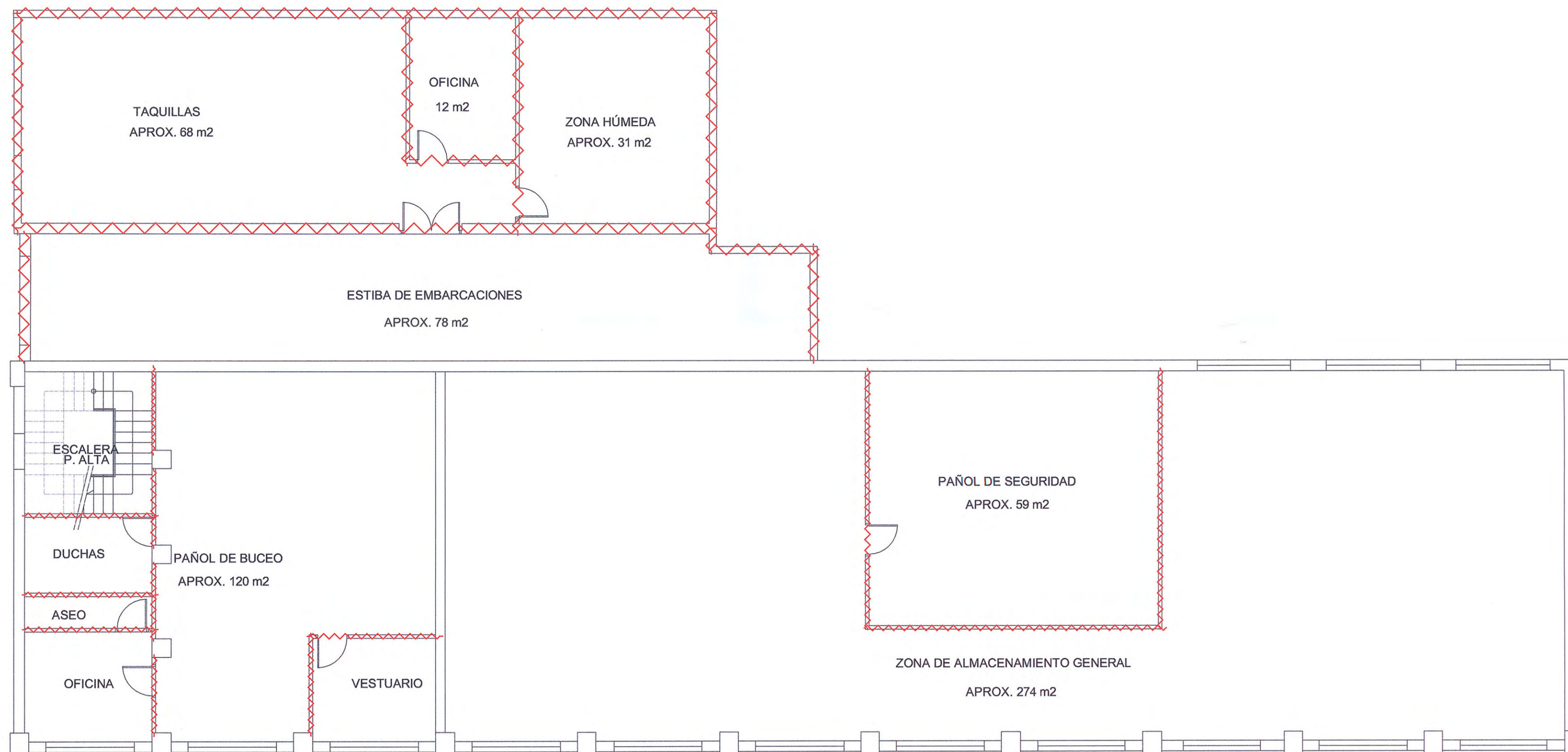
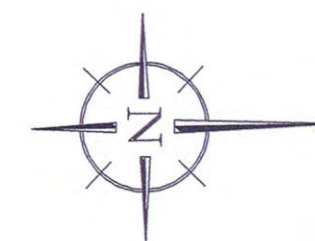


ALZADO LATERAL DCHO

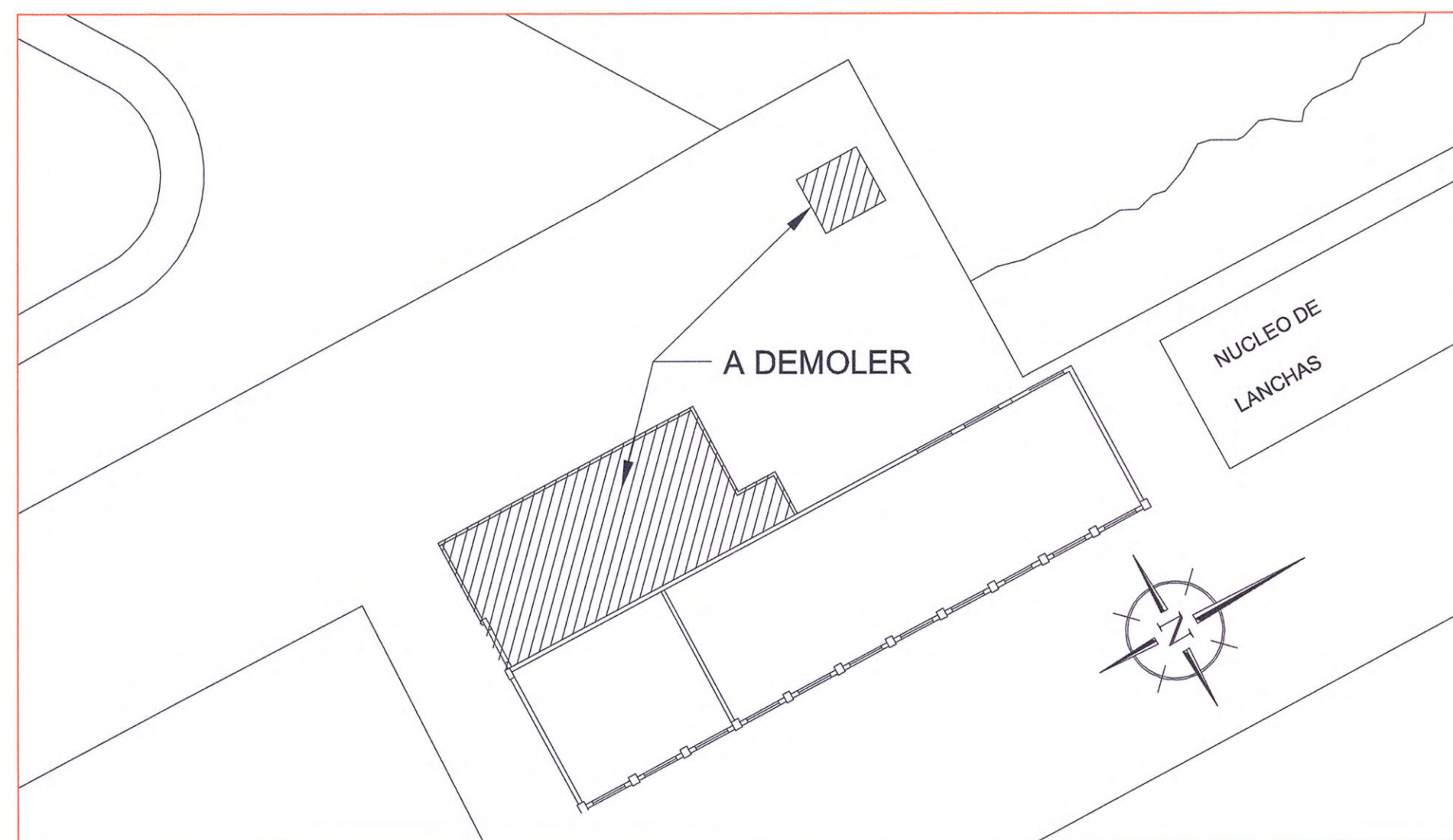
ESCALA GRÁFICA



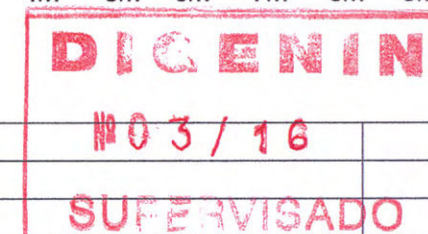
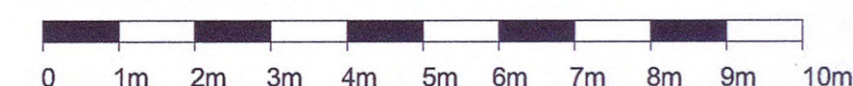
Nº:		DESCRIPCIÓN:		FECHA:	POR:
REVISIONES					
MINISTERIO DE DEFENSA - DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURA - SUBDIRECCIÓN DE PROYECTOS Y OBRAS - ÁREA DE INGENIERÍA					
PROYECTADO:		PONTEVEDRA / MARIN / ESCUELA NAVAL MILITAR			
CTE. CIP Dº. ARACELI ORTIZ QUINTANA					
LA CTE. INGENIERO ENCARGADA DE LA REDACCIÓN DEL PROYECTO:		REFORMA DE LAS AULAS DE INVESTIGACIÓN			
Dº. ARACELI ORTIZ QUINTANA					
EXAMINADO Y CONFORME:		ESTADO ACTUAL, ALZADOS			
EL COL. INGENIERO CIP. JEFE DE PROYECTOS					
D. JUAN C. BARRENA DE VALENCIANO					
ESCALA:	FECHA:	SIGNATURA:	Nº TOTAL PLANOS:	Nº DE PLANO:	Nº HOJA/Nº TOTAL HOJAS:
1/100	MARZO-2016		31	04	./.
OBSERVACIONES:					



~~~~~ ZONAS A DEMOLER

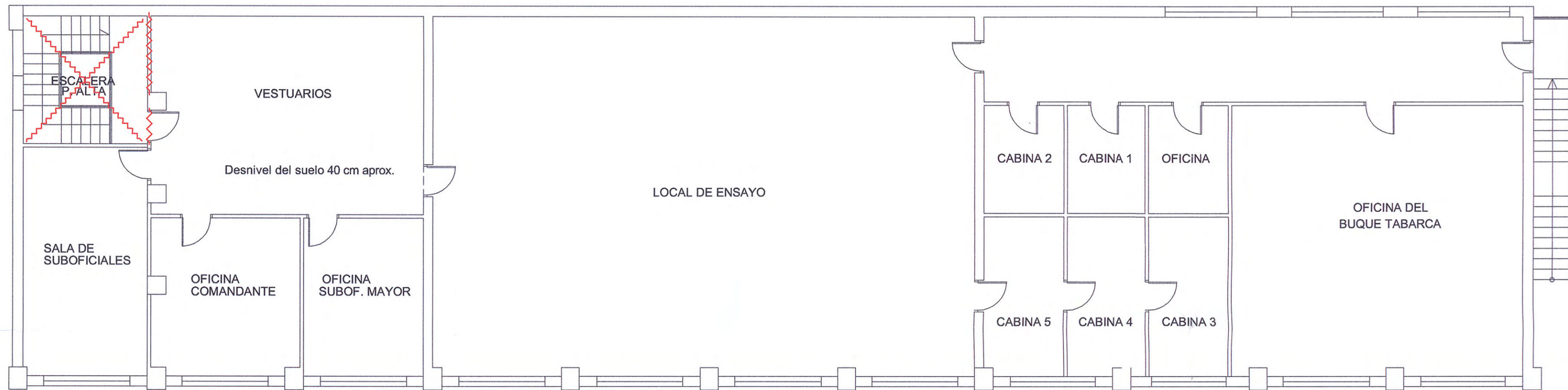


ESCALA GRÁFICA



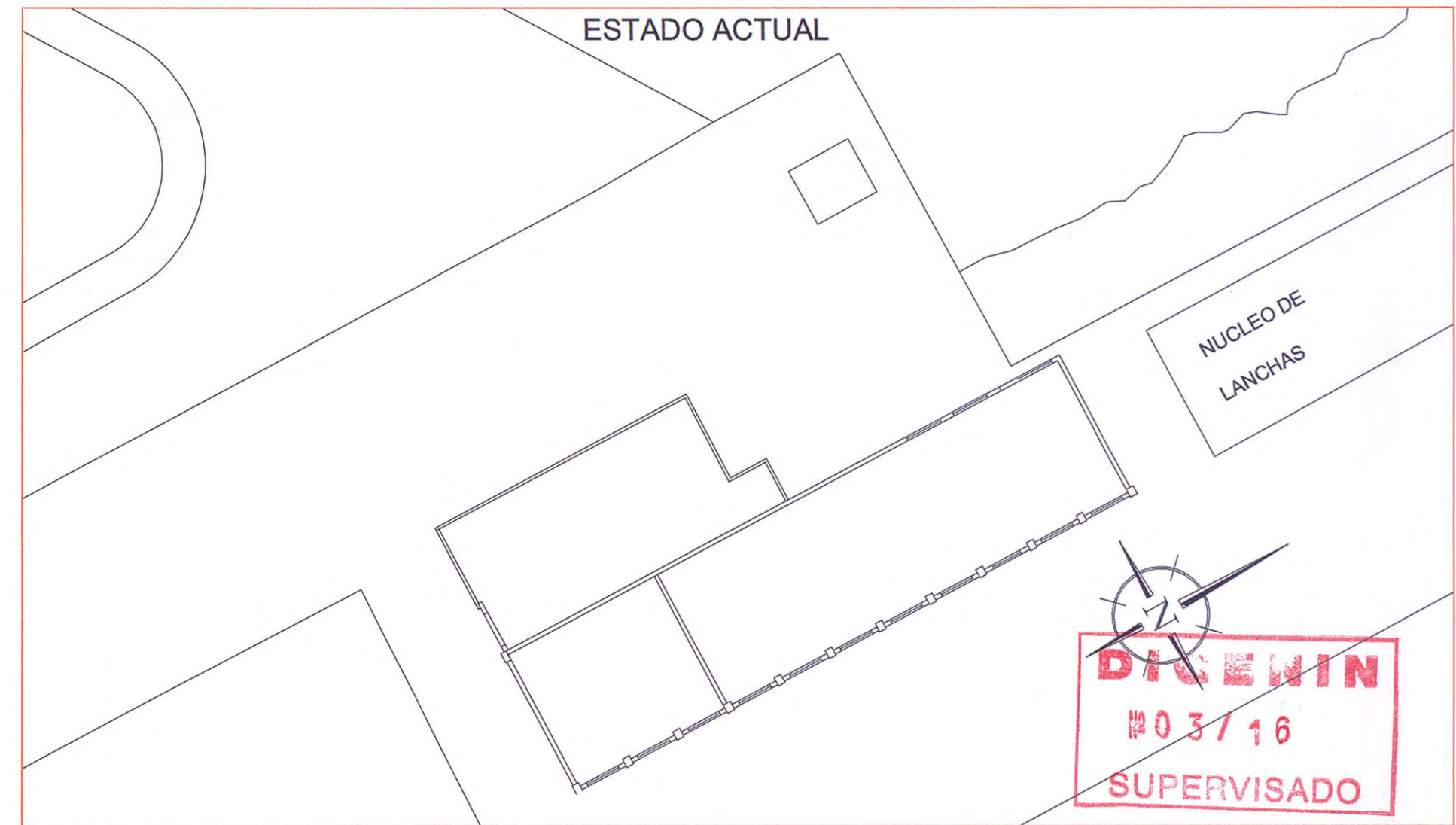
|                                                                                                                                  |                      |                                            |                        |                    |                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------|------------------------|--------------------|--------------------------------|
| Nº:                                                                                                                              |                      | DESCRIPCIÓN:                               |                        | FECHA:             | POR:                           |
| REVISIONES                                                                                                                       |                      |                                            |                        |                    |                                |
| MINISTERIO DE DEFENSA<br>- DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURA -<br>SUBDIRECCIÓN DE PROYECTOS Y OBRAS - ÁREA DE INGENIERÍA      |                      |                                            |                        |                    |                                |
| PROYECTADO:<br>CTE. CIP D <sup>a</sup> . ARACELI ORTIZ QUINTANA<br>LA CTE. INGENIERO ENCARGADA DE LA REDACCIÓN DEL PROYECTO:<br> |                      | PONTEVEDRA / MARIN / ESCUELA NAVAL MILITAR |                        |                    |                                |
| D <sup>a</sup> . ARACELI ORTIZ QUINTANA<br>EXAMINADO Y CONFORME:<br>EL COL. INGENIERO CIP, JEFE DE PROYECTOS:<br>                |                      | REFORMA DE LAS AULAS DE INVESTIGACIÓN      |                        |                    |                                |
| D. JUAN C. BARRENA DE VALENCIANO                                                                                                 |                      | PLANTA BAJA,<br>ESTADO ACTUAL-DEMOLICIONES |                        |                    |                                |
| ESCALA:<br>1/100                                                                                                                 | FECHA:<br>MARZO-2016 | SIGNATURA:                                 | Nº TOTAL PLANOS:<br>31 | Nº DE PLANO:<br>02 | Nº HOJA/Nº TOTAL HOJAS:<br>.1. |
| OBSERVACIONES:                                                                                                                   |                      |                                            |                        |                    |                                |



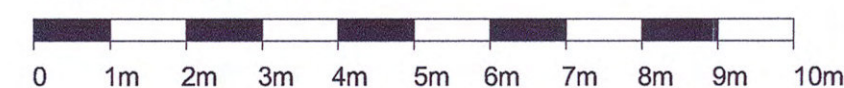


ESTADO ACTUAL

~~~~~ ZONAS A DEMOLER

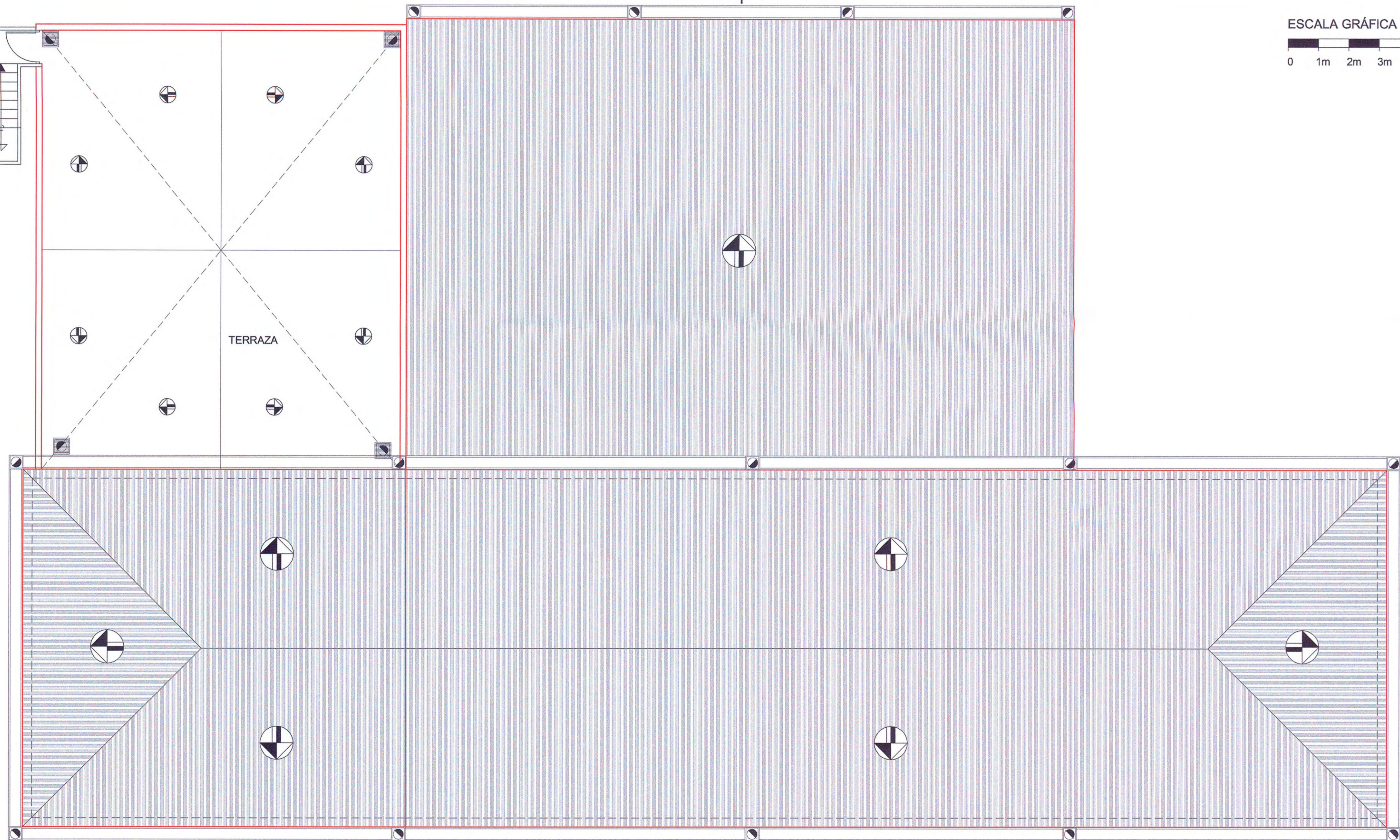
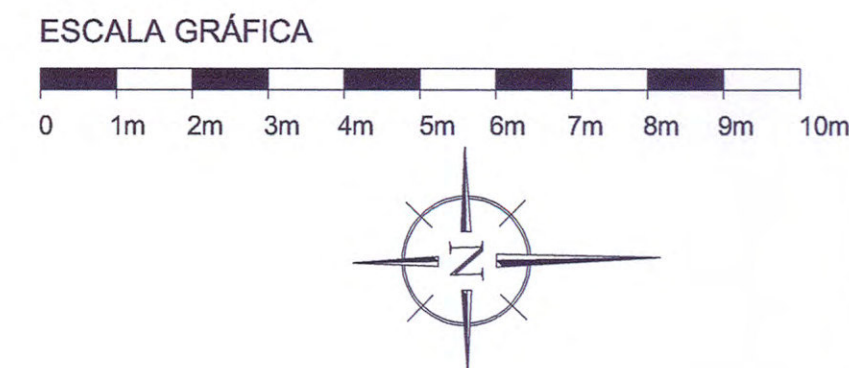
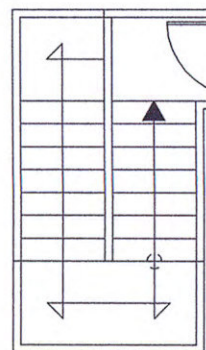


ESCALA GRÁFICA



| | | | | | |
|---|------------|--|------------------|--------------|-------------------------|
| Nº: | | DESCRIPCIÓN: | | FECHA: | POR: |
| REVISIONES | | | | | |
|  MINISTERIO DE DEFENSA
- DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURA -
SUBDIRECCIÓN DE PROYECTOS Y OBRAS - ÁREA DE INGENIERÍA | | | | | |
| PROYECTADO: | | PONTEVEDRA / MARIN / ESCUELA NAVAL MILITAR | | | |
| CTE. CIP Dª. ARACELI ORTIZ QUINTANA | | | | | |
| LA CTE. INGENIERO ENCARGADA DE LA REDACCIÓN DEL PROYECTO: | | REFORMA DE LAS AULAS DE INVESTIGACIÓN | | | |
| Dª. ARACELI ORTIZ QUINTANA | | | | | |
| EXAMINADO Y CONFORME: | | PLANTA ALTA,
ESTADO ACTUAL-DEMOLICIONES | | | |
| EL COL. INGENIERO CIP. JEFE DE PROYECTOS | | | | | |
| D. JUAN C. BARRENA DE VALENCIANO | | | | | |
| ESCALA: | FECHA: | SIGNATURA: | Nº TOTAL PLANOS: | Nº DE PLANO: | Nº HOJA/Nº TOTAL HOJAS: |
| 1/100 | MARZO-2016 | | 31 | 03 | ./. |
| OBSERVACIONES: | | | | | |

ANEXO IV: PLANOS EDIFICIO REFORMADO

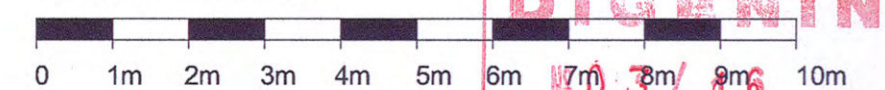
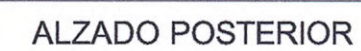


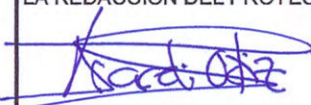
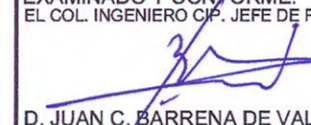
DIGENIN
Nº 03 / 16
SUPERVISADO

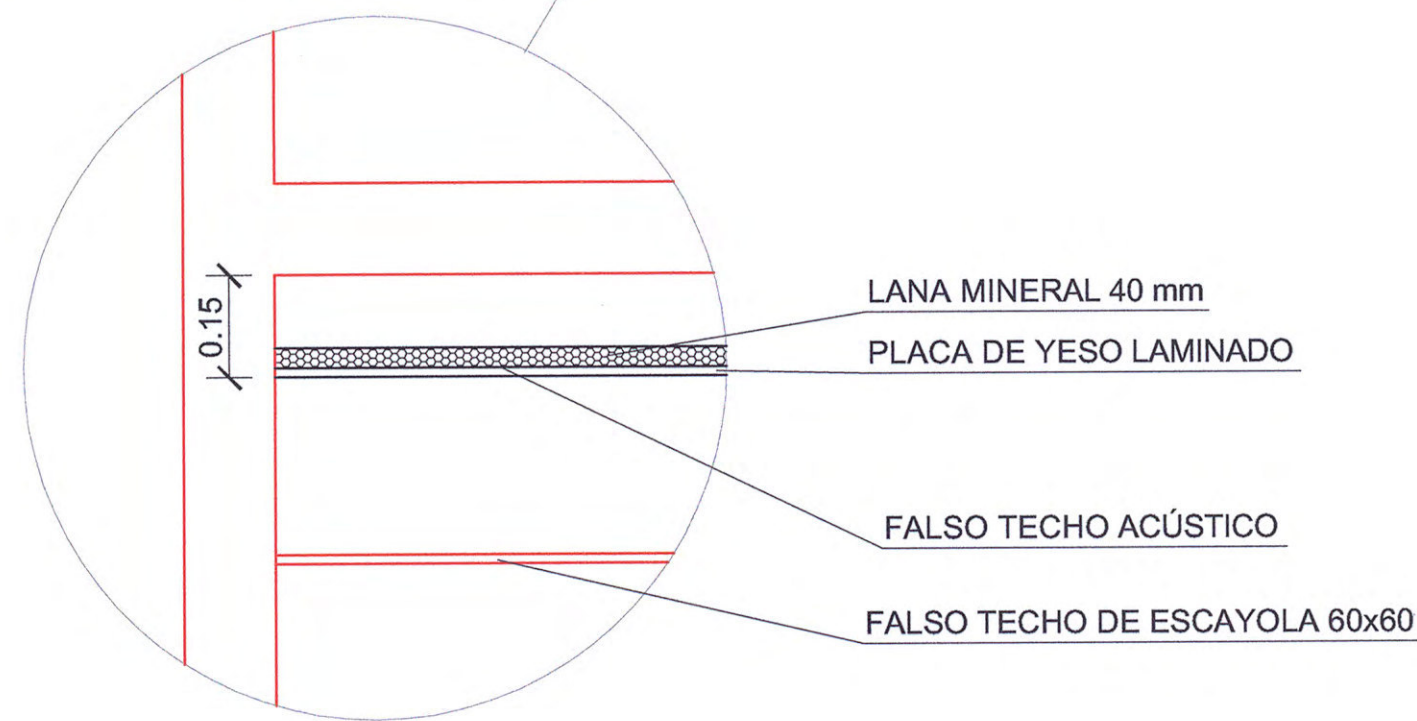
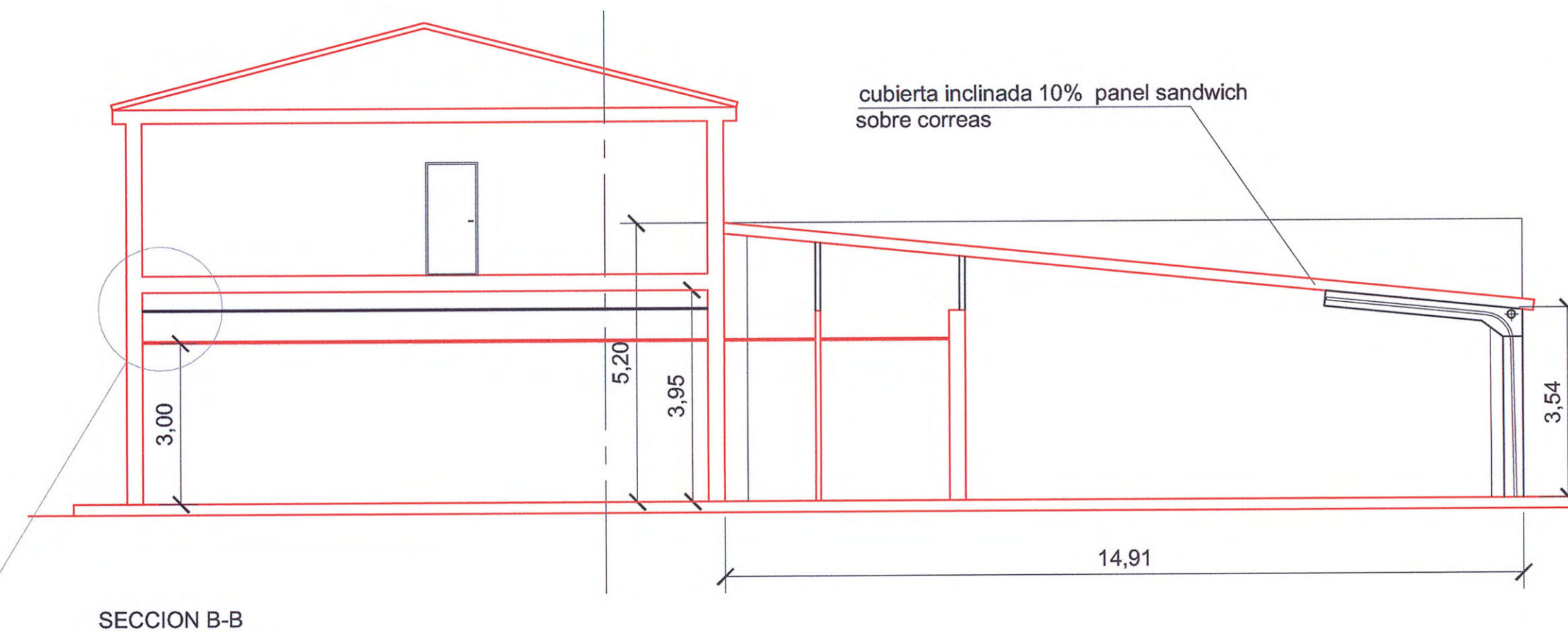
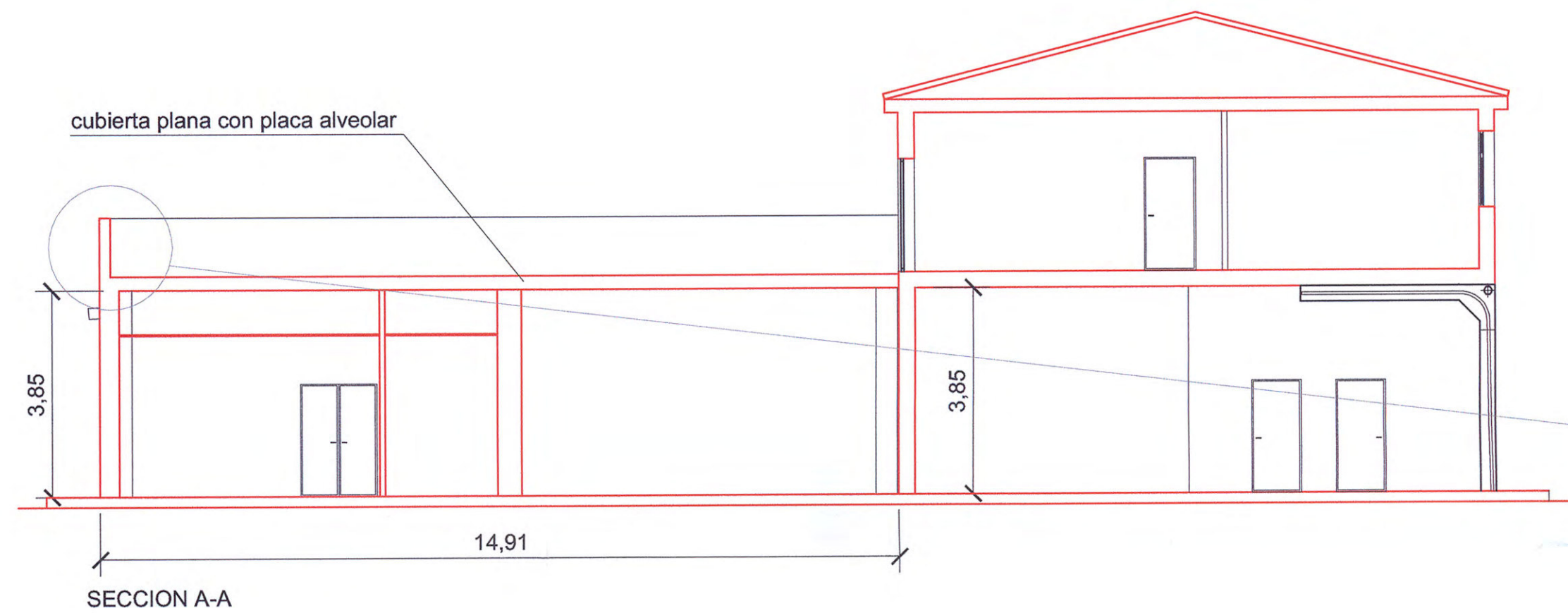
LEYENDA

- SUMIDERO CON BAJANTE PVC Ø110
- BAJANTE DE ACERO PRELACADO 100 x 100
- CANALÓN CUADRADO DE ACERO PRELACADO- Desarrollo 333 mm

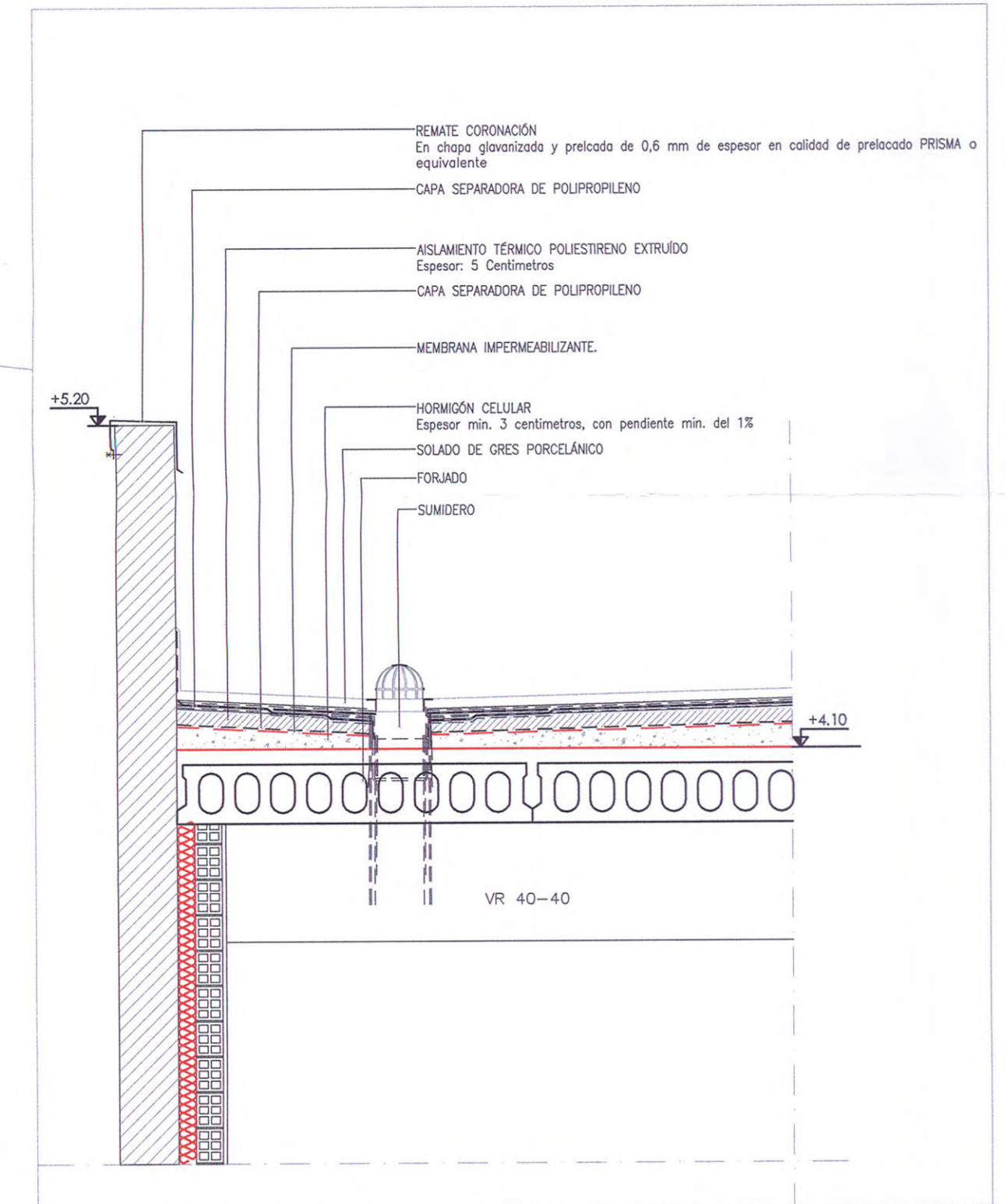
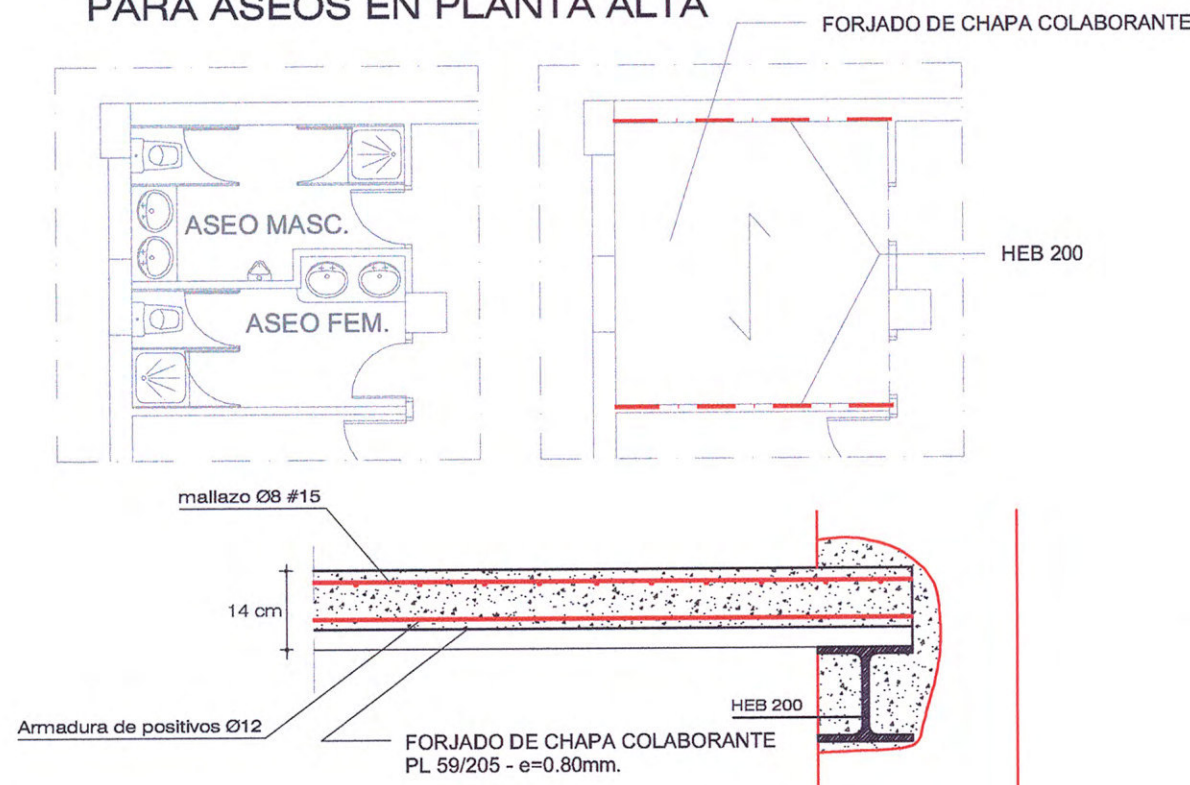
| | | | | | | | |
|---|--|----------------------|--|---|--|----------------------------------|--|
| Nº: | | DESCRIPCIÓN: | | FECHA: | | POR: | |
| REVISIONES | | | | | | | |
| MINISTERIO DE DEFENSA
- DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURA -
SUBDIRECCIÓN DE PROYECTOS Y OBRAS - ÁREA DE INGENIERÍA | | | | | | | |
| PROYECTADO:
CTE. CIP D ^a . ARACELI ORTIZ QUINTANA
LA CTE. INGENIERO ENCARGADA DE
LA REDACCIÓN DEL PROYECTO:
 | | | | PONTEVEDRA / MARIN / ESCUELA NAVAL MILITAR | | | |
| D ^a . ARACELI ORTIZ QUINTANA
EXAMINADO Y CONFORME:
EL COL. INGENIERO CIP. JEFE DE PROYECTOS
 | | | | REFORMA DE LAS AULAS DE INVESTIGACIÓN | | | |
| D. JUAN C. BARRENA DE VALENCIANO | | | | ESTADO REFORMADO.
PLANTA DE
CUBIERTAS-PLUVIALES | | | |
| ESCALA:
1/100 | | FECHA:
MARZO-2016 | | SIGNATURA: | | Nº TOTAL PLANOS:
31 | |
| OBSERVACIONES: | | | | Nº DE PLANO:
08 | | Nº HOJA/Nº TOTAL HOJAS:
. / . | |



| | | | |
|--|----------------------|--|--------------------------------|
| | | | |
| | | | |
| Nº: | DESCRIPCIÓN: | FECHA: | POR: |
| REVISIONES | | | |
|  <p>MINISTERIO DE DEFENSA
- DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURA -
SUBDIRECCIÓN DE PROYECTOS Y OBRAS - ÁREA DE INGENIERÍA</p> | | | |
| PROYECTADO:
CTE. CIP Dº. ARACELI ORTIZ QUINTANA
LA CTE. INGENIERO ENCARGADA DE
LA REDACCIÓN DEL PROYECTO:
 | | PONTEVEDRA / MARIN / ESCUELA NAVAL MILITAR | |
| Dº. ARACELI ORTIZ QUINTANA
EXAMINADO Y CONFORME:
EL COL. INGENIERO CIP. JEFE DE PROYECTOS
 | | REFORMA DE LAS AULAS DE INVESTIGACIÓN | |
| D. JUAN C. BARRENA DE VALENCIANO | | ESTADO REFORMADO, ALZADOS | |
| ESCALA:
1/100 | FECHA:
MARZO-2016 | SIGNATURA: | Nº TOTAL PLANOS:
31 |
| OBSERVACIONES: | | Nº DE PLANO:
09 | Nº HOJA/Nº TOTAL HOJAS:
./. |

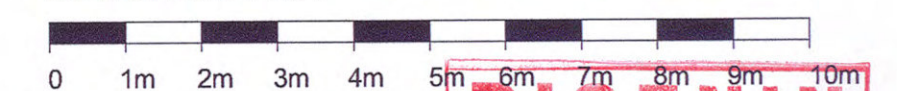


DETALLE DE FORJADO CHAPA COLABORANTE PARA ASEOS EN PLANTA ALTA



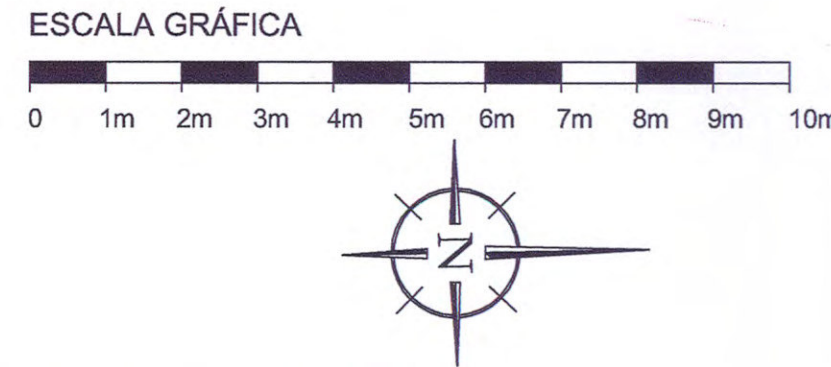
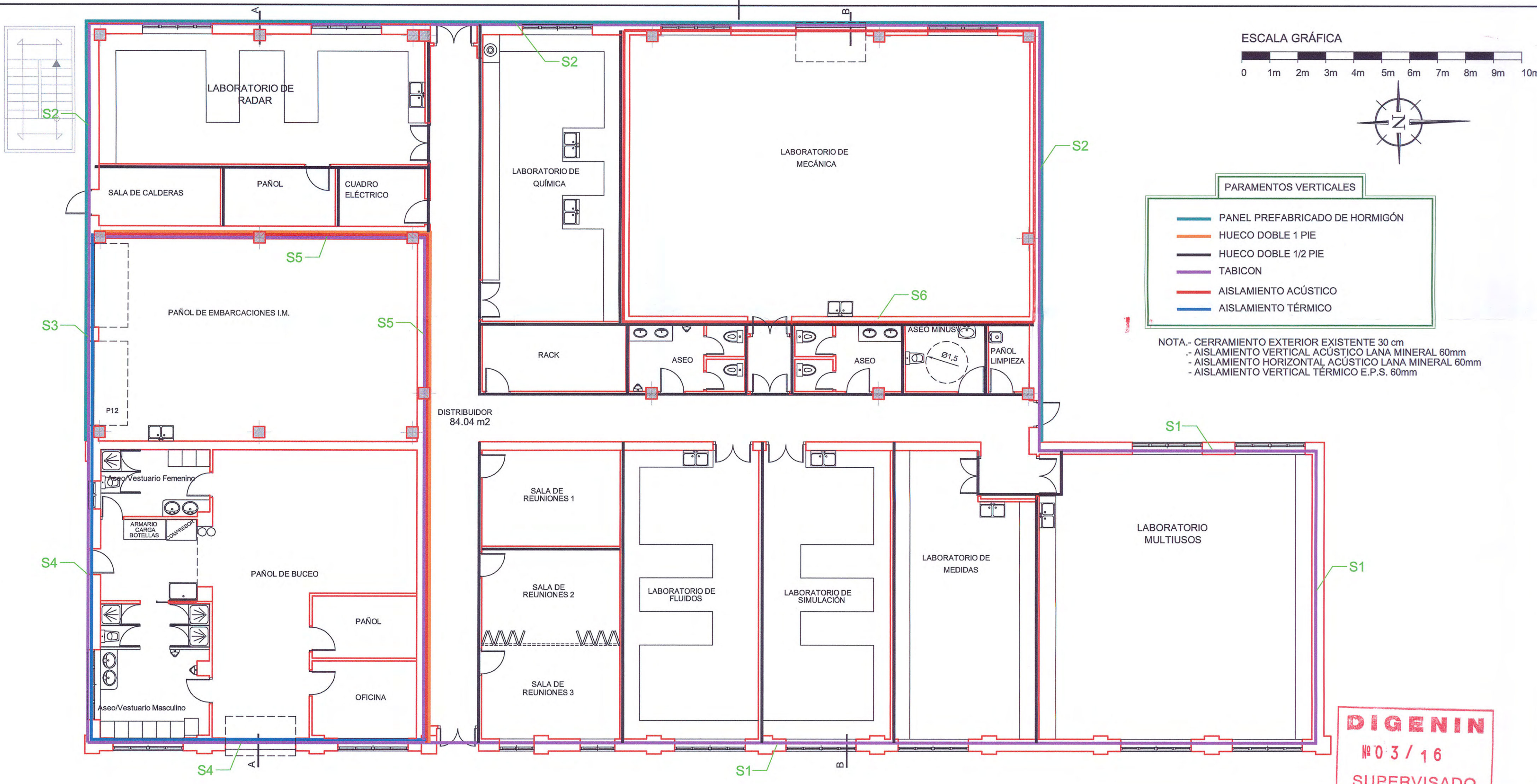
DETALLE 1 (BAJO PENDIENTE Y CORONACION)

ESCALA GRÁFICA



DIGENIN
Nº 03 / 16
SUPERVISADO

| | | | |
|--|--|------------------|--------------|
| Nº: | DESCRIPCIÓN: | FECHA: | POR: |
| REVISIONES | | | |
| <p>MINISTERIO DE DEFENSA
- DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURA -
SUBDIRECCIÓN DE PROYECTOS Y OBRAS - ÁREA DE INGENIERÍA</p> | | | |
| PROYECTADO: | PONTEVEDRA / MARIN / ESCUELA NAVAL MILITAR | | |
| CTE. CIP Dª. ARACELI ORTIZ QUINTANA
LA CTE. INGENIERO ENCARGADA DE LA REDACCIÓN DEL PROYECTO: | REFORMA DE LAS AULAS DE INVESTIGACIÓN | | |
| EXAMINADO Y CONFORME:
EL COL. INGENIERO CIP. JEFE DE PROYECTOS | ESTADO REFORMADO, SECCIONES | | |
| D. JUAN C. BARRENA DE VALENCIANO | SIGNATURA: | Nº TOTAL PLANOS: | Nº DE PLANO: |
| ESCALA: 1/100 | FECHA: MARZO-2016 | 31 | 10 |
| OBSERVACIONES: | | | |

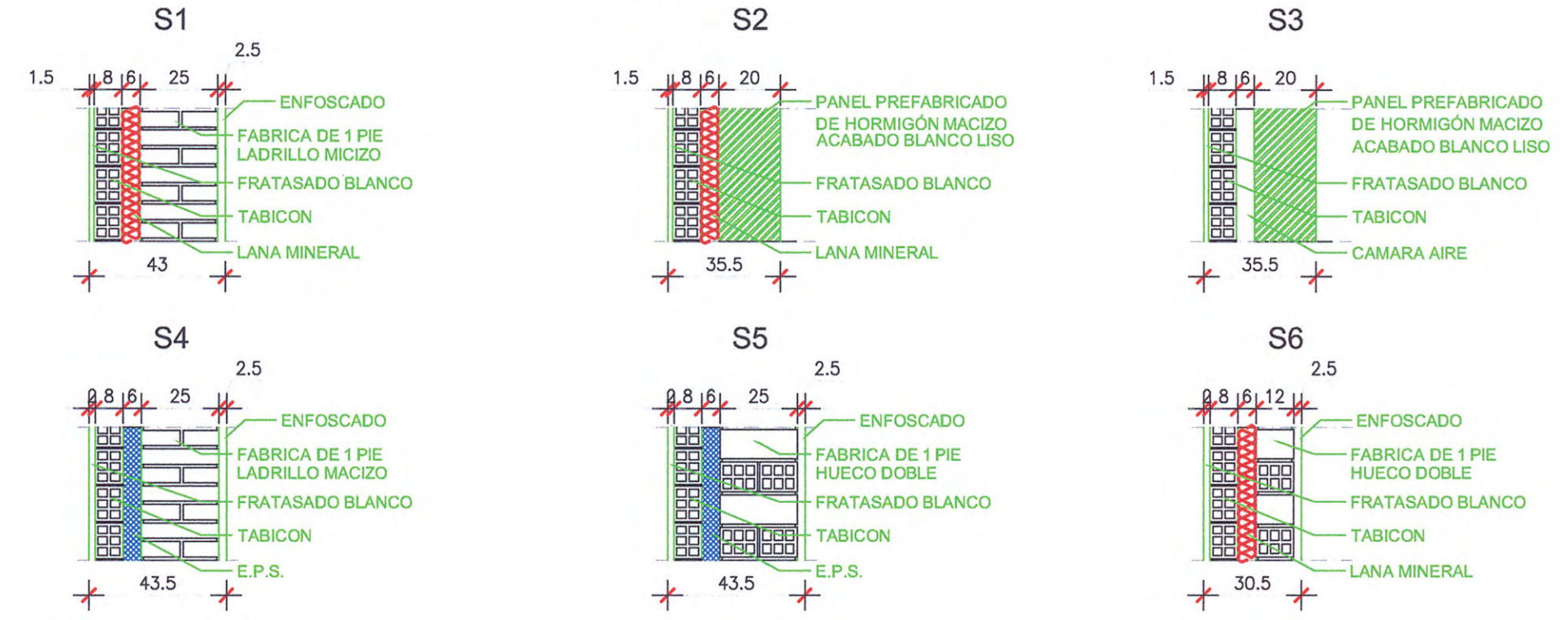


- PARAMENTOS VERTICALES
- PANEL PREFABRICADO DE HORMIGÓN
 - HUECO DOBLE 1 PIE
 - HUECO DOBLE 1/2 PIE
 - TABICON
 - AISLAMIENTO ACÚSTICO
 - AISLAMIENTO TÉRMICO

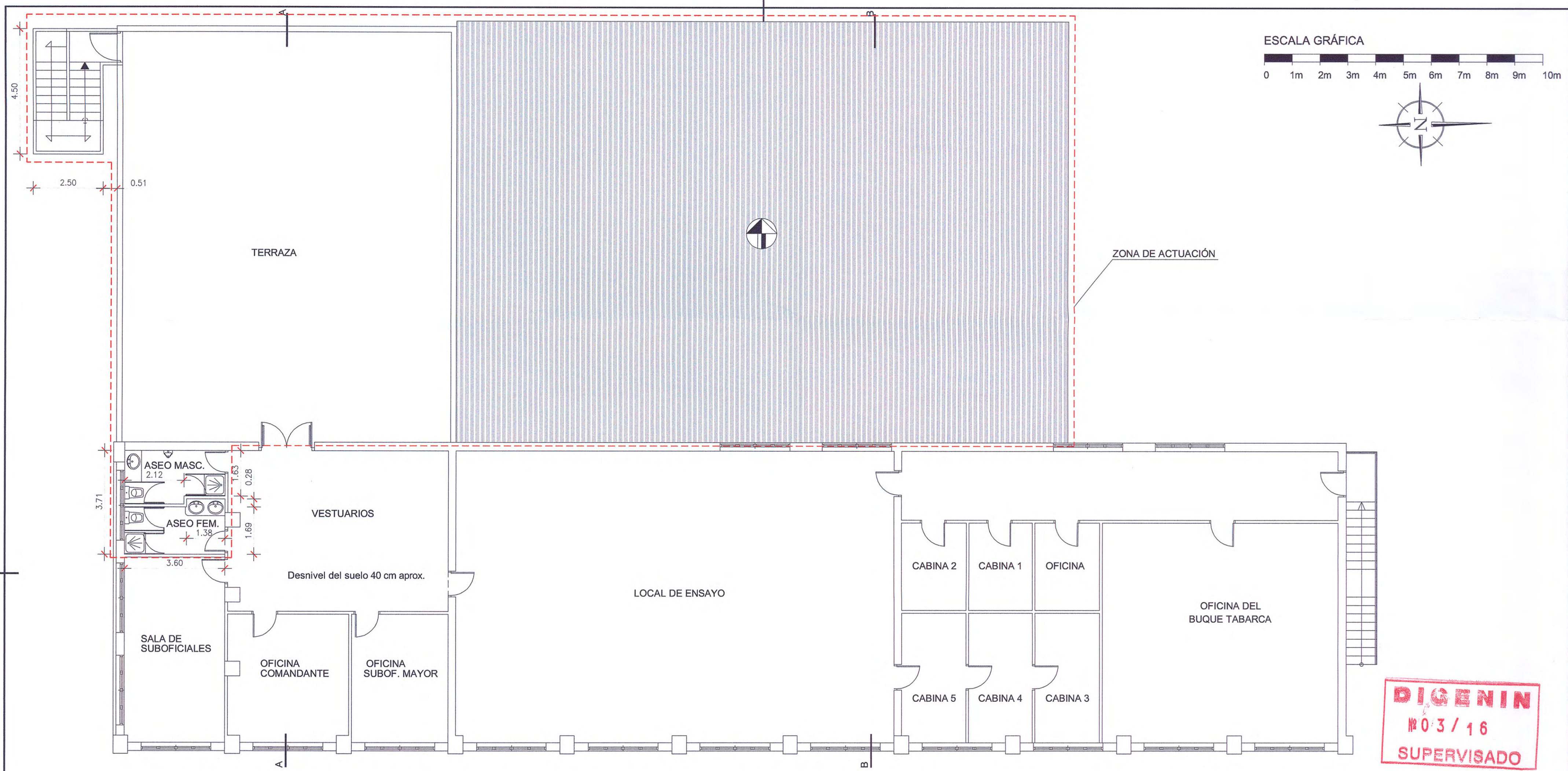
NOTA.- CERRAMIENTO EXTERIOR EXISTENTE 30 cm
.- AISLAMIENTO VERTICAL ACÚSTICO LANA MINERAL 60mm
.- AISLAMIENTO HORIZONTAL ACÚSTICO LANA MINERAL 60mm
.- AISLAMIENTO VERTICAL TÉRMICO E.P.S. 60mm

DIGENIN
Nº 03 / 16
SUPERVISADO

TIPOS DE CERRAMIENTO
Escala 1/20

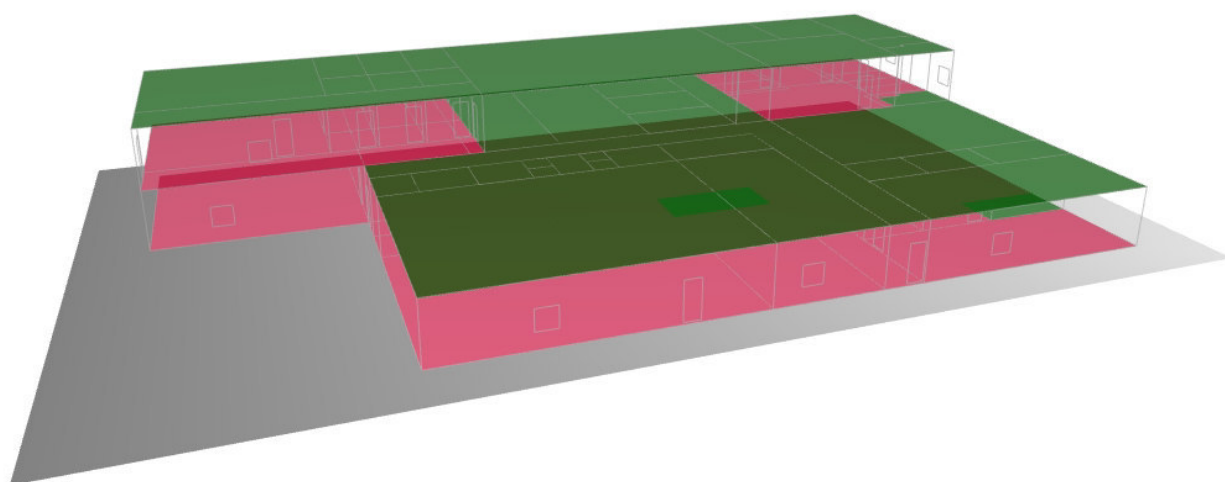


| | | | | |
|---|------------|---|------------------|--------------|
| Nº: | | DESCRIPCIÓN: | FECHA: | POR: |
| REVISIONES | | | | |
| MINISTERIO DE DEFENSA
- DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURA -
SUBDIRECCIÓN DE PROYECTOS Y OBRAS - ÁREA DE INGENIERÍA | | | | |
| PROYECTADO: | | PONTEVEDRA / MARIN / ESCUELA NAVAL MILITAR | | |
| CTE. CIP Dª. ARACELI ORTIZ QUINTANA | | | | |
| LA CTE. INGENIERO ENCARGADA DE LA REDACCIÓN DEL PROYECTO: | | REFORMA DE LAS AULAS DE INVESTIGACIÓN | | |
| Dª. ARACELI ORTIZ QUINTANA | | | | |
| EXAMINADO Y CONFORME: | | ESTADO REFORMADO.
PLANTA BAJA - CERRAMIENTOS - | | |
| EL COL. INGENIERO CIP. JEFE DE PROYECTOS | | | | |
| D. JUAN C. BARRENA DE VALENCIANO | | | | |
| ESCALA: | FECHA: | SIGNATURA: | Nº TOTAL PLANOS: | Nº DE PLANO: |
| 1/100 | MARZO-2016 | | 31 | 19 |
| OBSERVACIONES: | | | | |
| | | | | |



| | | | | | |
|---|------------|--|------------------|--------------|-------------------------|
| Nº: | | DESCRIPCIÓN: | | FECHA: | POR: |
| REVISIONES | | | | | |
| MINISTERIO DE DEFENSA
- DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURA -
SUBDIRECCIÓN DE PROYECTOS Y OBRAS - ÁREA DE INGENIERÍA | | | | | |
| PROYECTADO: | | PONTEVEDRA / MARIN / ESCUELA NAVAL MILITAR | | | |
| CTE. CIP Dª. ARACELI ORTIZ QUINTANA | | | | | |
| LA CTE. INGENIERO ENCARGADA DE LA REDACCIÓN DEL PROYECTO: | | REFORMA DE LAS AULAS DE INVESTIGACIÓN | | | |
| Dª. ARACELI ORTIZ QUINTANA | | | | | |
| EXAMINADO Y CONFORME: | | ESTADO REFORMADO.
PLANTA ALTA | | | |
| EL COL. INGENIERO CIP. JEFE DE PROYECTOS | | | | | |
| D. JUAN C. BARRENA DE VALENCIANO | | | | | |
| ESCALA: | FECHA: | SIGNATURA: | Nº TOTAL PLANOS: | Nº DE PLANO: | Nº HOJA/Nº TOTAL HOJAS: |
| 1/100 | MARZO-2016 | | 31 | 06 | ./. |
| OBSERVACIONES: | | | | | |

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



**Proyecto Acústico según Documento Básico
DB HR Protección frente al ruido
EDIFICIO DE INVESTIGACIÓN DE LA ENM**

| | |
|--------------|--------------------------------------|
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez |
| Organización | GOC |
| Referencia | |
| Fecha | 06/03/2017 |

| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|------------|-------------|---|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | | Hoja | 2 |

| RECINTOS POR TIPOLOGIA | | | |
|--|---------|---------|-----------|
| Tipología | Totales | CUMPLEN | NO CUMPLE |
| Espacios de uso común | 5 | 0 | 5 |
| Escaleras | 0 | 0 | 0 |
| Recintos de actividad o instalaciones | 3 | 3 | 0 |
| Ascensores | 0 | 0 | 0 |
| Recintos habitables | 13 | 1 | 12 |
| Dormitorios | 0 | 0 | 0 |
| Estancias en edificio residencial o sanitario | 0 | 0 | 0 |
| Estancias en edificio cultural, docente, administrativo o religi | 17 | 0 | 17 |
| Aulas en edificio cultural, docente, administrativo o religioso | 8 | 0 | 8 |
| Restaurantes y comedores | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 44 | 4 | 40 |

| TIPOS DE EXIGENCIAS EN AISLAMIENTO | | | |
|--|---------|---------|-----------|
| Tipología | Totales | CUMPLEN | NO CUMPLE |
| Habitables con huecos en el separador | 24 | 0 | 24 |
| Habitables | 54 | 32 | 22 |
| Misma unidad de uso | 34 | 34 | 0 |
| Protegidos con huecos en el separador | 28 | 0 | 28 |
| Protegidos | 230 | 190 | 40 |
| Protegidos frente a instalaciones | 48 | 40 | 8 |
| Ruido Exterior | 40 | 40 | 0 |
| Habitables frente a instalaciones con huecos | 3 | 0 | 3 |
| Habitables frente a instalaciones (impacto) | 3 | 3 | 0 |
| Habitables o protegidos frente a ascensores | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 464 | 339 | 125 |

| TIPOS DE EXIGENCIAS EN REVERBERACION | | | |
|--------------------------------------|---------|---------|-----------|
| Tipología | Totales | CUMPLEN | NO CUMPLE |
| Espacios de uso común | 3 | 3 | 0 |
| Aulas y salas de conferencias | 8 | 6 | 2 |
| Restaurantes y comedores | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 11 | 9 | 2 |

Declaración de No Cumplimiento

El edificio presenta un total de 46 recintos, de los que 44 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 4 recintos cumplen los requisitos de aislamiento calculados según el método general expuesto en el apartado 3.1.3 del DB-HR y 40 no los cumplen.

Por otro lado, el edificio presenta 11 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 9 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

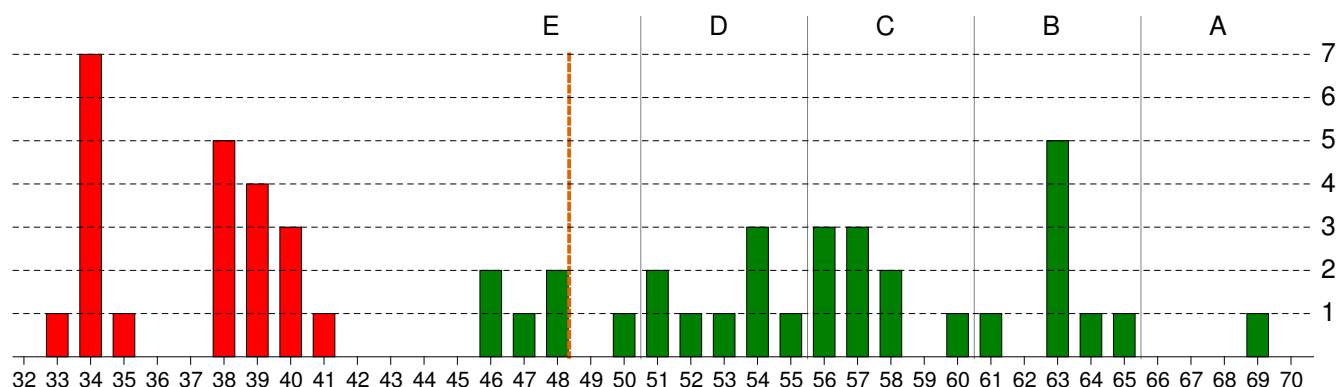
EDIFICIO DE INVESTIGACIÓN DE LA ENM

NO CUMPLE los requisitos del DB HR.

| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|------------|-------------|---|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | | Hoja | 3 |

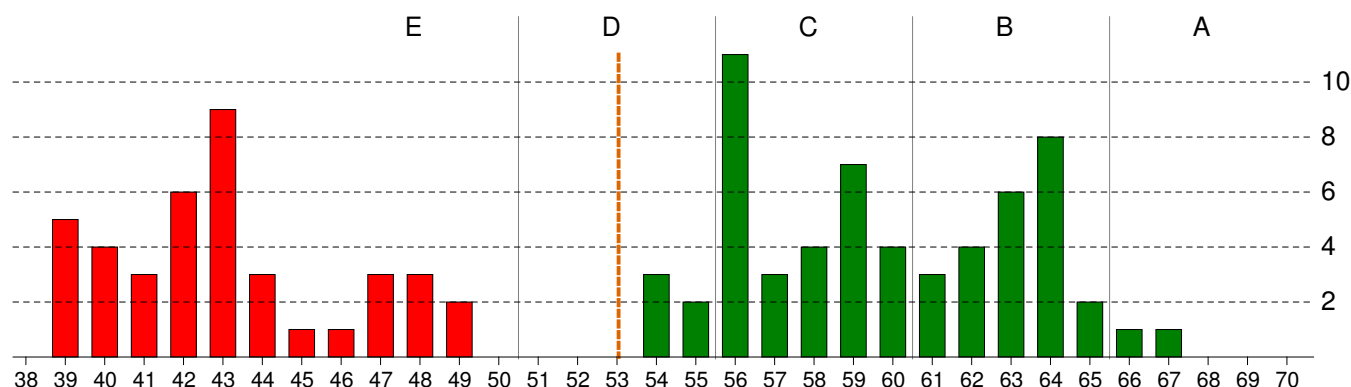
Aislamiento a ruido aéreo en recintos habitables (DnT,A)

| Totales | E | D | C | B | A | Media (dBA) | Clasificación |
|---------|----|---|---|---|---|-------------|---------------|
| 54 | 28 | 8 | 9 | 8 | 1 | 48,35 | Clase E |



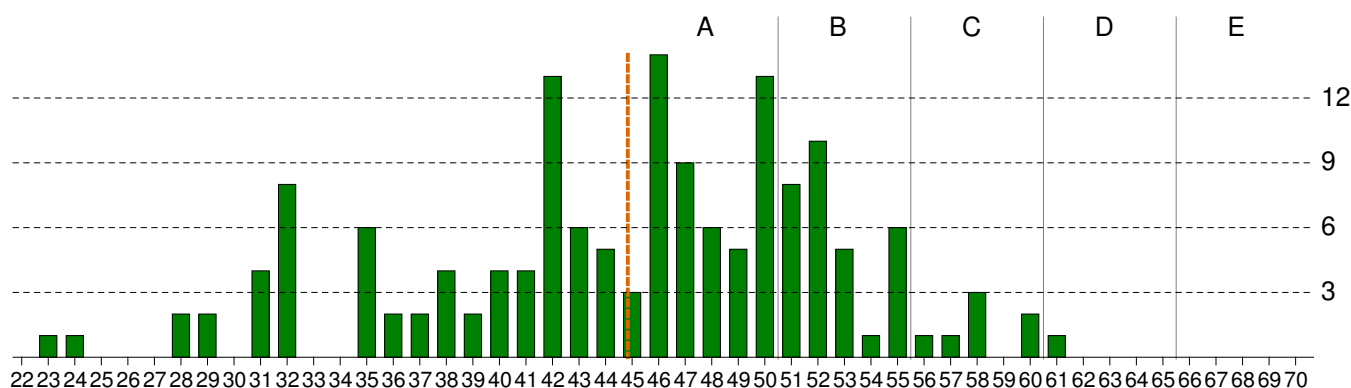
Aislamiento a ruido aéreo en recintos protegidos (DnT,A)

| Totales | E | D | C | B | A | Media (dBA) | Clasificación |
|---------|----|---|----|----|---|-------------|---------------|
| 99 | 40 | 5 | 29 | 23 | 2 | 53,04 | Clase D |



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

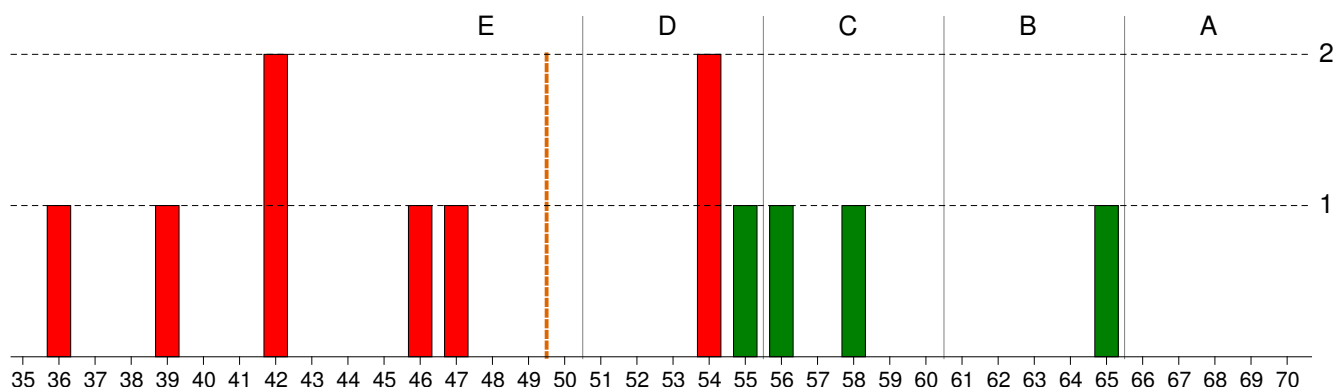
| Totales | E | D | C | B | A | Media (dB) | Clasificación |
|---------|---|---|---|----|-----|------------|---------------|
| 154 | 0 | 1 | 7 | 30 | 116 | 44,84 | Clase A |



| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|------------|-------------|---|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | | Hoja | 4 |

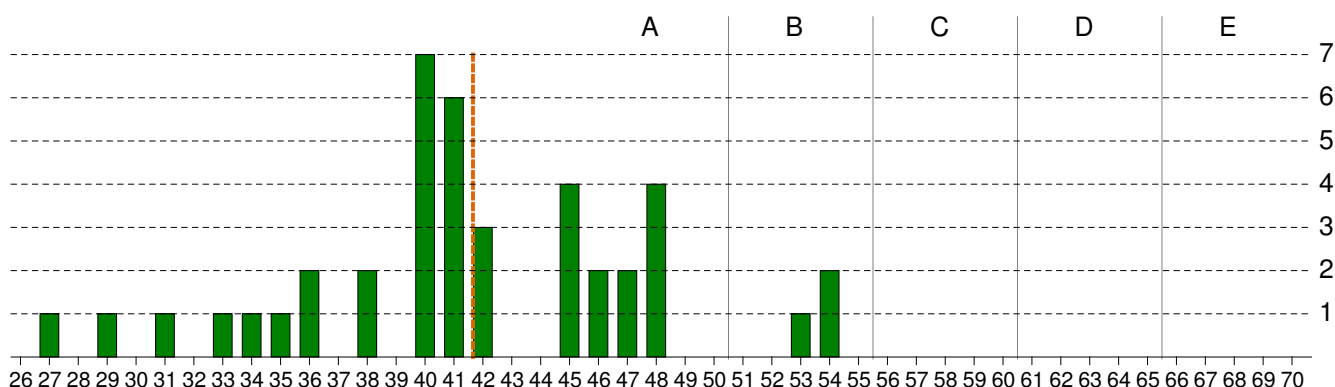
Aislamiento a ruido aéreo en recintos protegidos frente a instalaciones (DnT,A)

| Totales | E | D | C | B | A | Media (dBA) | Clasificación |
|---------|---|---|---|---|---|-------------|---------------|
| 12 | 6 | 3 | 2 | 1 | 0 | 49,50 | Clase E |



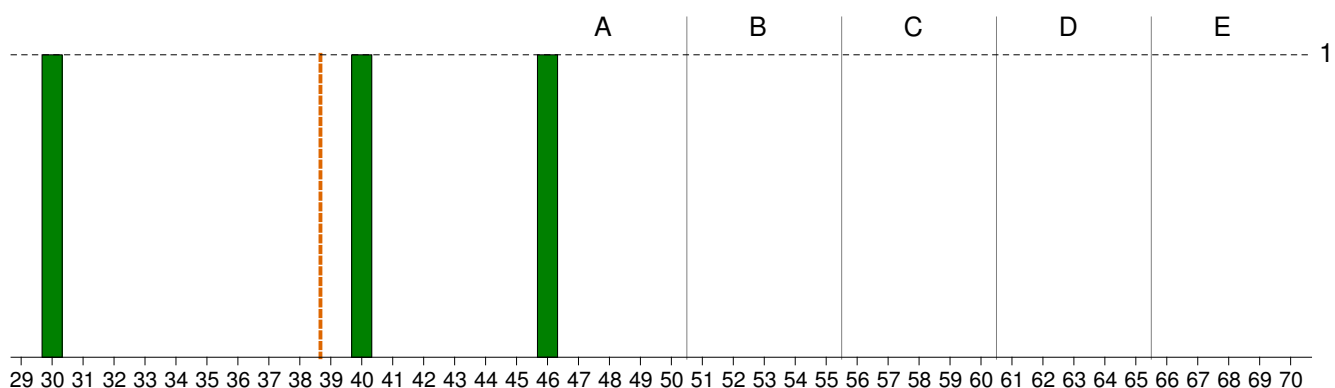
Aislamiento a ruido de impactos en recintos protegidos frente a instalaciones (Ln,w)

| Totales | E | D | C | B | A | Media (dB) | Clasificación |
|---------|---|---|---|---|----|------------|---------------|
| 41 | 0 | 0 | 0 | 3 | 38 | 41,66 | Clase A |



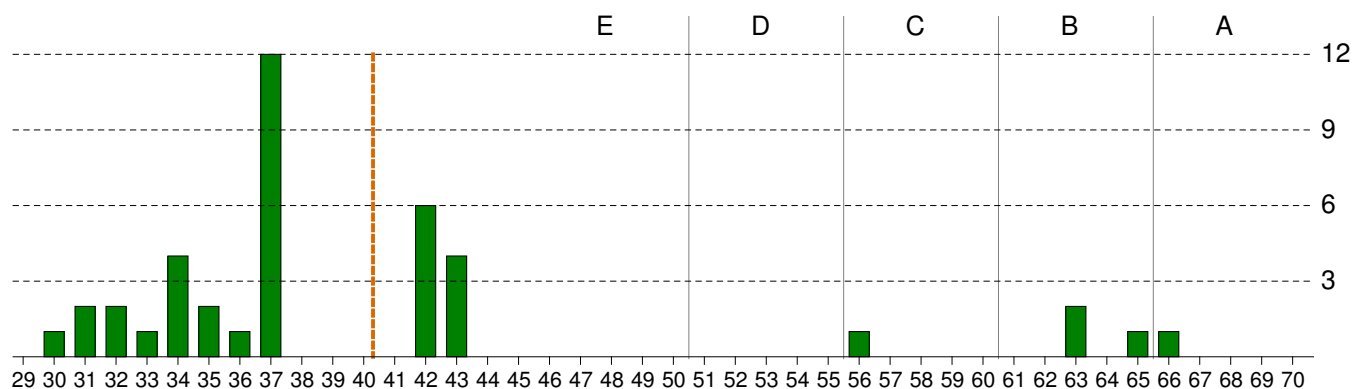
Aislamiento a ruido de impactos en recintos habitables frente a instalaciones (Ln,w)

| Totales | E | D | C | B | A | Media (dB) | Clasificación |
|---------|---|---|---|---|---|------------|---------------|
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 38,67 | Clase A |

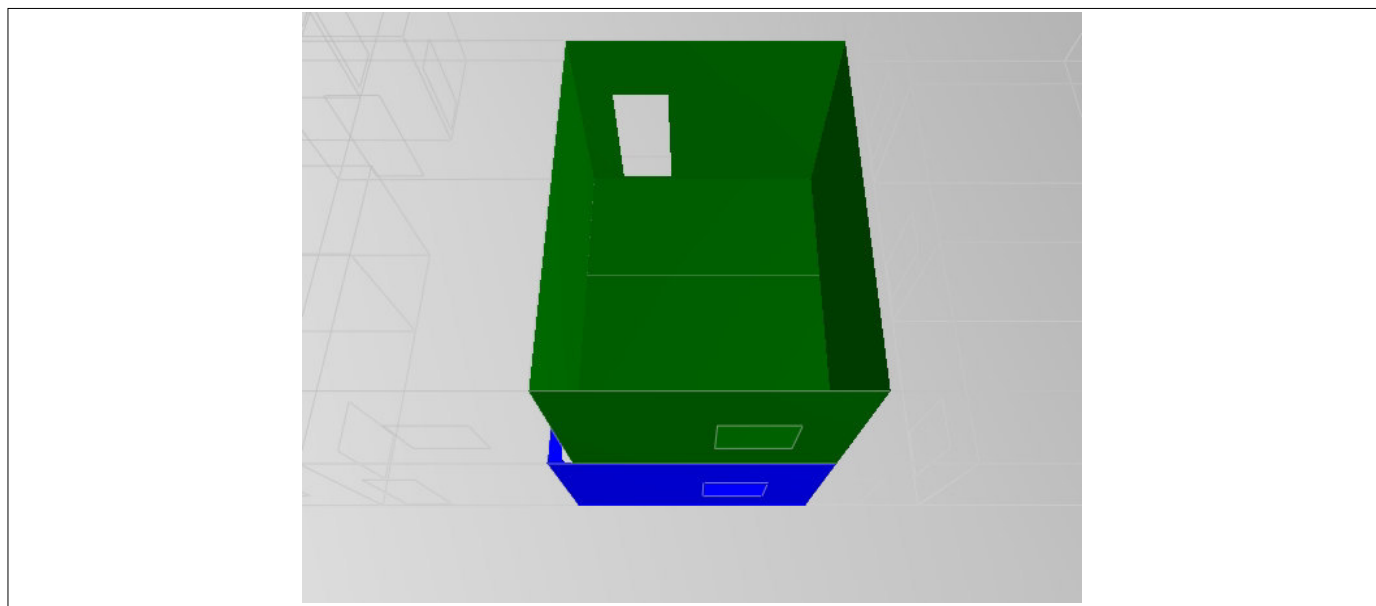


| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|------------|-------------|---|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | | Hoja | 5 |

| Aislamiento a ruido exterior en recintos protegidos (D2m,nT,Atr) | | | | | | | |
|--|----|---|---|---|---|---------------|---------------|
| Totales | E | D | C | B | A | Media (dBAtr) | Clasificación |
| 40 | 35 | 0 | 1 | 3 | 1 | 40,30 | Clase E |



| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|---------------|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 1 de 12 | Hoja 6 |



RECINTO EMISOR

| | | | |
|---------------------------|--------|---------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Estancia cult/doc/admin/r | | Bajo OFICINA | 36,05 |

Soluciones Constructivas

| | |
|----|---|
| D1 | INCO70.4 H140+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |
| F1 | INCO70.4 H140+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |
| F2 | S5 |
| F3 | RI15+LHD115+RI15(med) |
| F4 | S4 |

Parámetros Acústicos

| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
|----|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| D1 | 10,95 | 0,00 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 13,00 | 9,00 |
| F1 | 1,07 | 2,96 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 13,00 | 9,00 |
| F2 | 8,88 | 2,96 | 446,00 | 60,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| F3 | 12,18 | 3,70 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| F4 | 12,18 | 3,70 | 633,00 | 66,00 | - | 0,00 | 0,00 |

RECINTO RECEPTOR

| | | | |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.SUB.MAYOR | 53,50 |

Soluciones Constructivas

| | |
|----|--|
| d1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| f1 | RI15+LHD115+RI15(med) |
| f2 | RI15+LHD115+RI15(med) |
| f3 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| f4 | S4 |

Parámetros Acústicos

| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
|----|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| d1 | 10,95 | 0,00 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| f1 | 14,46 | 2,96 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| f2 | 14,46 | 2,96 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| f3 | 6,88 | 3,70 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| f4 | 11,10 | 3,70 | 633,00 | 66,00 | - | 0,00 | 0,00 |

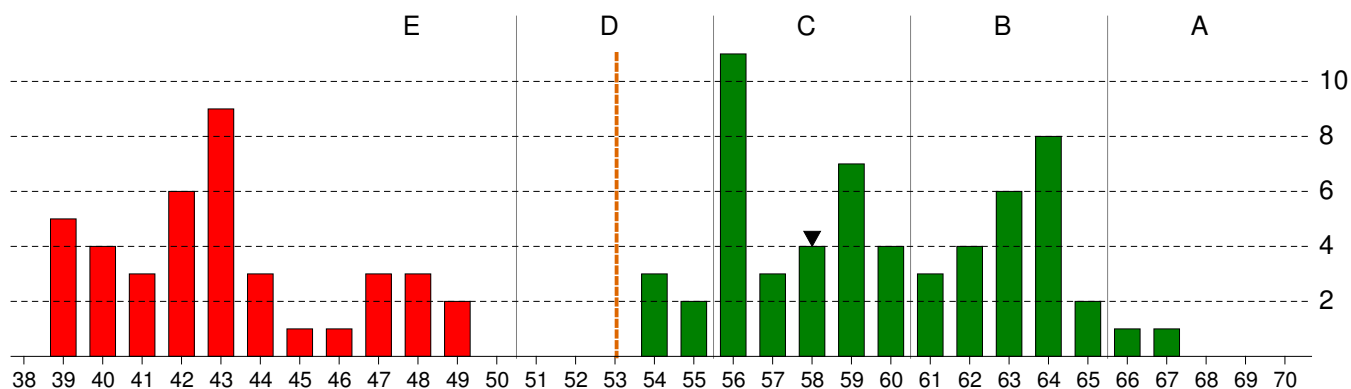
| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|---------------|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 1 de 12 | Hoja 7 |

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR

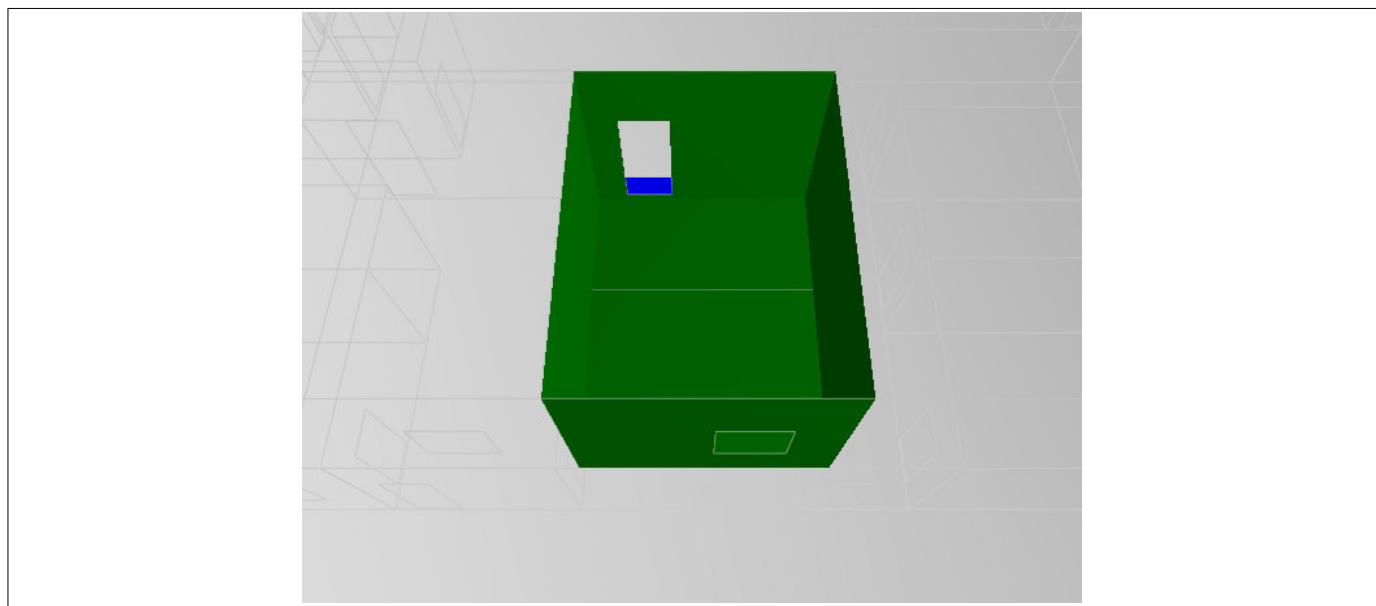
| | | Cálculo | Requisito | Cumplimiento |
|---------------------------|------------------|---------|-----------|---------------|
| Aislamiento a Ruido Aéreo | $D_{nT,A}$ [dBA] | 58 | 50 | CUMPLE |

HISTOGRAMAS

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



| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|---------------|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 2 de 12 | Hoja 8 |



RECINTO EMISOR

| | | | |
|---------------------------|--------|---------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Aula cult/doc/admin/relig | | Bajo PAÑOL | 28,26 |

Soluciones Constructivas

| | |
|----|---|
| D1 | INCO70.4 H140+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |
| F1 | S5 |
| F2 | INCO70.4 H140+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |
| F3 | INCO70.4 H140+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |
| F4 | RI15+LHD115+RI15(med) |

Parámetros Acústicos

| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
|----|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| D1 | 6,88 | 0,00 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 13,00 | 9,00 |
| F1 | 6,96 | 1,86 | 446,00 | 60,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| F2 | 0,67 | 1,86 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 13,00 | 9,00 |
| F3 | 1,87 | 3,70 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 13,00 | 9,00 |
| F4 | 12,18 | 3,70 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |

RECINTO RECEPTOR

| | | | |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.SUB.MAYOR | 53,50 |

Soluciones Constructivas

| | |
|----|--|
| d1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| f1 | RI15+LHD115+RI15(med) |
| f2 | RI15+LHD115+RI15(med) |
| f3 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| f4 | RI15+LHD115+RI15(med) |

Parámetros Acústicos

| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
|----|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| d1 | 6,88 | 0,00 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| f1 | 14,46 | 1,86 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| f2 | 14,46 | 1,86 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| f3 | 10,95 | 3,70 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| f4 | 11,10 | 3,70 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |

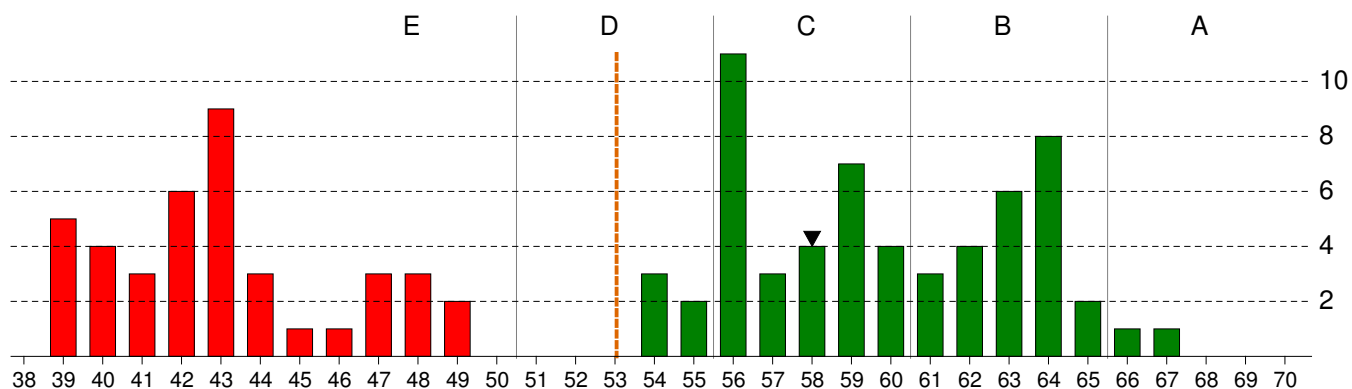
| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|---------------|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 2 de 12 | Hoja 9 |

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR

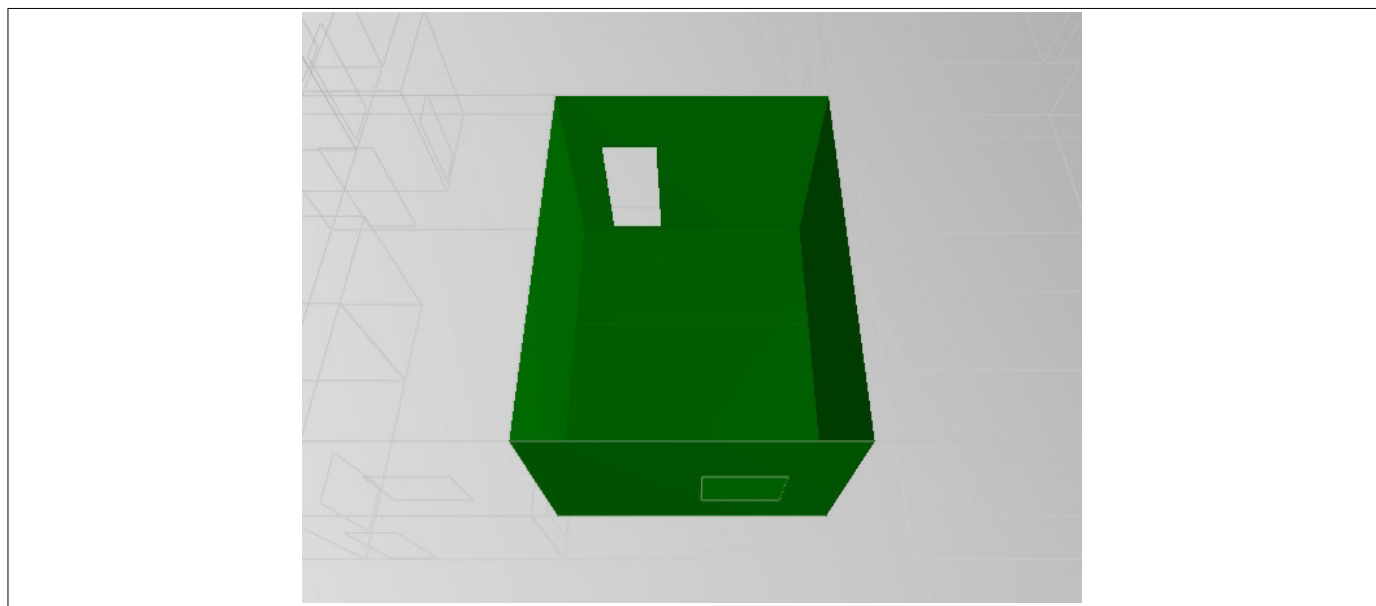
| | | Cálculo | Requisito | Cumplimiento |
|---------------------------|------------------|---------|-----------|---------------|
| Aislamiento a Ruido Aéreo | $D_{nT,A}$ [dBA] | 58 | 50 | CUMPLE |

HISTOGRAMAS

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



| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 3 de 12 | Hoja 10 |



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

| Soluciones Constructivas | |
|--------------------------|---|
| D1 | PSMMW50+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |
| F1 | PSMMW50+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |
| F2 | PSMMW50+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |
| F3 | PSMMW50+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |

| Parámetros Acústicos | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|----------------------|-------|----------------------|
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | C _{tr} [dB] | Forma | L _{fs} [dB] |
| D1 | 17,83 | 0,00 | 15,00 | 34,00 | - | - | 0 |
| F1 | 45,81 | 3,70 | 15,00 | 34,00 | - | - | 0 |
| F2 | 167,49 | 4,82 | 15,00 | 34,00 | - | - | 0 |
| F3 | 20,83 | 4,82 | 15,00 | 34,00 | - | - | 0 |

| | | | |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------------|
| RECINTO RECEPTOR | | | |
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.SUB.MAYOR | 53,50 |

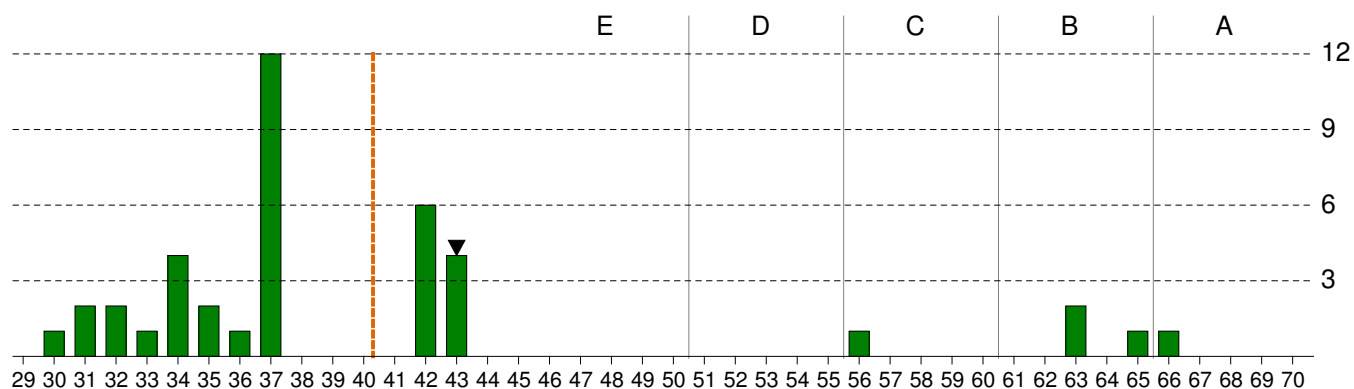
| Soluciones Constructivas | |
|--------------------------|---|
| d1 | PSMMW50+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |
| f1 | S4 |
| f2 | RI15+LHD115+RI15(med) |
| f3 | RI15+LHD115+RI15(med) |
| f4 | RI15+LHD115+RI15(med) |

| Parámetros Acústicos | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
| d1 | 17,83 | 0,00 | 15,00 | 34,00 | - | 13,00 | 9,00 |
| f1 | 11,10 | 3,70 | 633,00 | 66,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| f2 | 11,10 | 3,70 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| f3 | 14,46 | 4,82 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| f4 | 14,46 | 4,82 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |

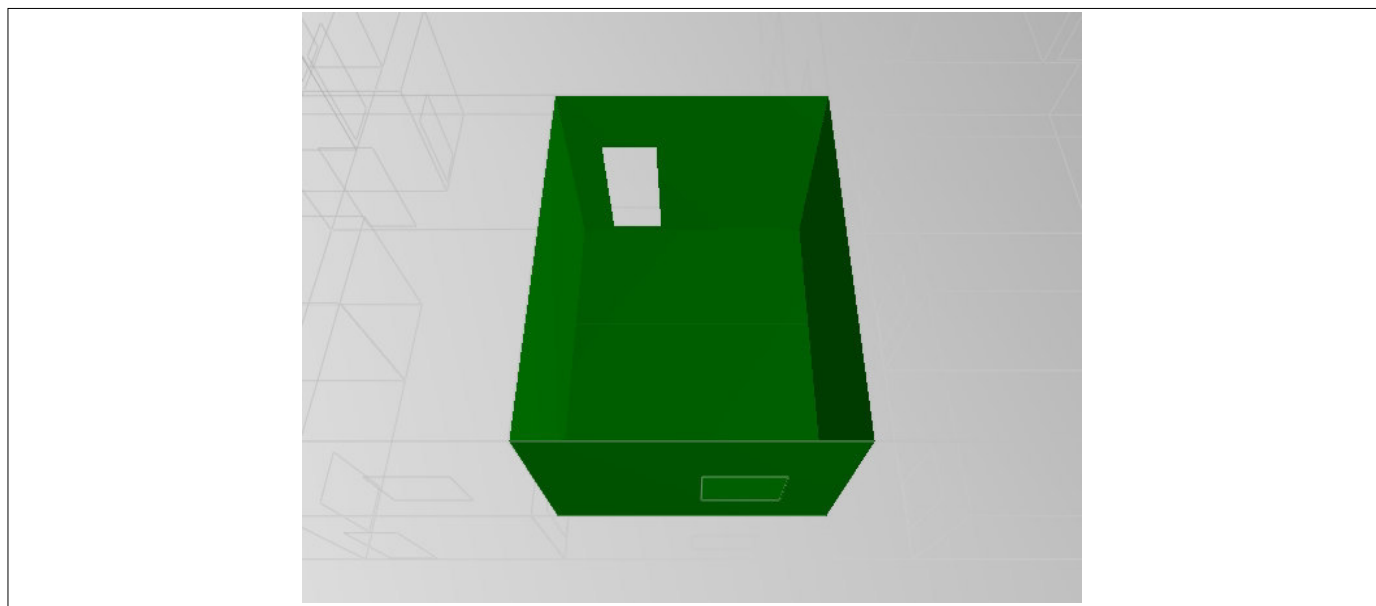
| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 3 de 12 | Hoja 11 |

| CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------|---------|-----------|---------------|
| | | Cálculo | Requisito | Cumplimiento |
| Aislamiento a Ruido Aéreo | $D_{2m,nT,Atr}$ [dBAtr] | 43 | 30 | CUMPLE |

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



| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 4 de 12 | Hoja 12 |



FACHADA

| | |
|-----------------------------|---------------------------|
| Tipo de Ruido Exterior | L_d [dB] |
| Automóviles y Ferrocarriles | 55,00 |

Soluciones Constructivas

| | |
|----|----|
| D1 | S4 |
| F1 | S4 |
| F2 | S1 |
| F3 | S4 |

Parámetros Acústicos

| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | C _{tr} [dB] | Forma | L _{fs} [dB] |
|----|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|----------------------|-------|----------------------|
| D1 | 11,10 | 0,00 | 633,00 | 66,00 | - | - | 0,00 |
| F1 | 12,99 | 3,00 | 633,00 | 66,00 | - | - | 0 |
| F2 | 47,85 | 3,00 | 634,00 | 66,00 | - | - | 0 |
| F3 | 12,18 | 3,70 | 633,00 | 66,00 | - | - | 0 |

RECINTO RECEPTOR

| | | | |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.SUB.MAYOR | 53,50 |

Soluciones Constructivas

| | |
|----|--|
| d1 | S4 |
| f1 | RI15+LHD115+RI15(med) |
| f2 | RI15+LHD115+RI15(med) |
| f3 | PSMMW50+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |
| f4 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |

Parámetros Acústicos

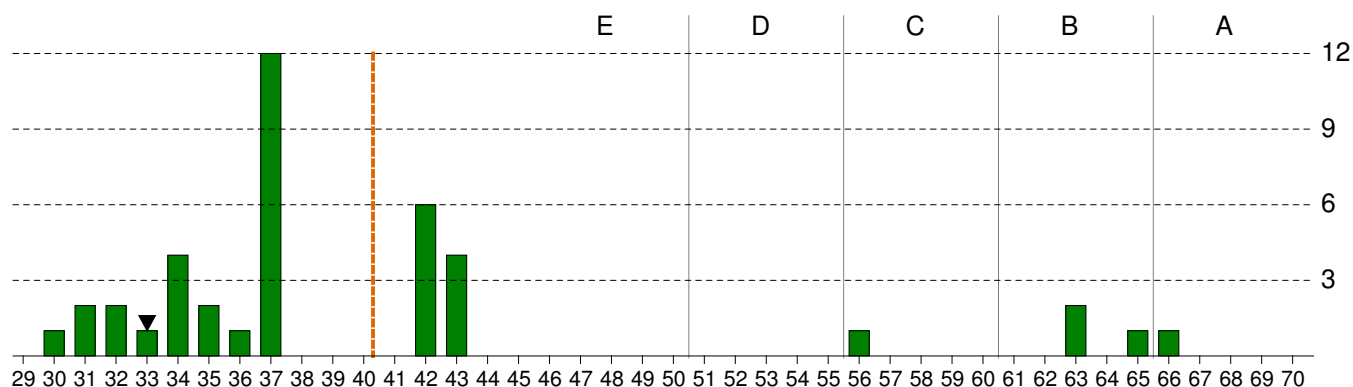
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
|----|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| d1 | 11,10 | 0,00 | 633,00 | 66,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| f1 | 14,46 | 3,00 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| f2 | 14,46 | 3,00 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| f3 | 17,83 | 3,70 | 15,00 | 34,00 | - | 13,00 | 9,00 |
| f4 | 10,95 | 3,70 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |

| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 4 de 12 | Hoja 13 |

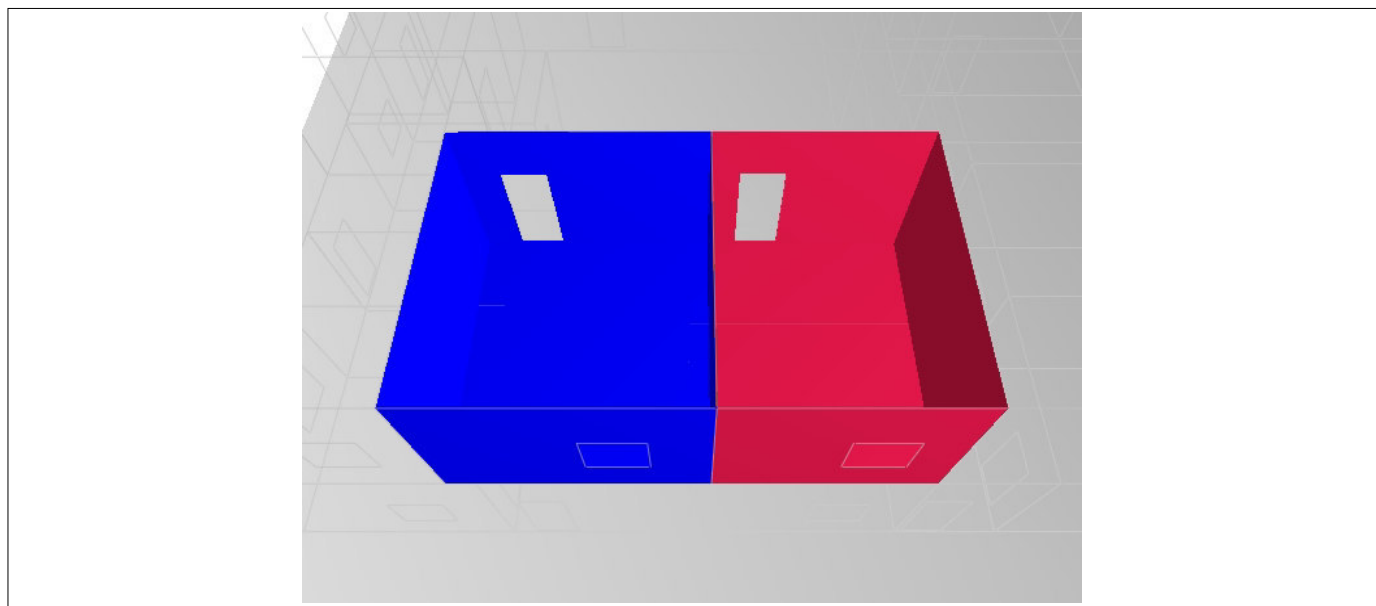
| Ventanas, Puertas y Capialzados | | | | |
|---------------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Descriptor | S [m ²] | R _A [dBA] | C _{tr} [dB] | R _A [dBA] |
| Sen_OSC/NP4-(6...16)-4 | 3,50 | 31,00 | -5,00 | -1,00 |

| CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|---------|-----------|---------------|
| | | Cálculo | Requisito | Cumplimiento |
| Aislamiento a Ruido Aéreo | D _{2m,nT,Atr} [dBAtr] | 33 | 30 | CUMPLE |

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



| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 5 de 12 | Hoja 14 |



RECINTO EMISOR

| | | | |
|---------------------------|--------|---------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.CMTE | 62,48 |

Soluciones Constructivas

| | |
|----|--|
| D1 | RI15+LHD115+RI15(med) |
| F1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| F2 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| F3 | S4 |
| F4 | RI15+LHD115+RI15(med) |
| F5 | PSMMW50+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |

Parámetros Acústicos

| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
|----|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| D1 | 14,46 | 0,00 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| F1 | 0,67 | 1,86 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| F2 | 1,07 | 2,96 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| F3 | 12,99 | 3,00 | 633,00 | 66,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| F4 | 12,99 | 3,00 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| F5 | 20,83 | 4,82 | 15,00 | 34,00 | - | 13,00 | 9,00 |

RECINTO RECEPTOR

| | | | |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.SUB.MAYOR | 53,50 |

Soluciones Constructivas

| | |
|----|--|
| d1 | RI15+LHD115+RI15(med) |
| f1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| f2 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| f3 | S4 |
| f4 | RI15+LHD115+RI15(med) |
| f5 | PSMMW50+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |

Parámetros Acústicos

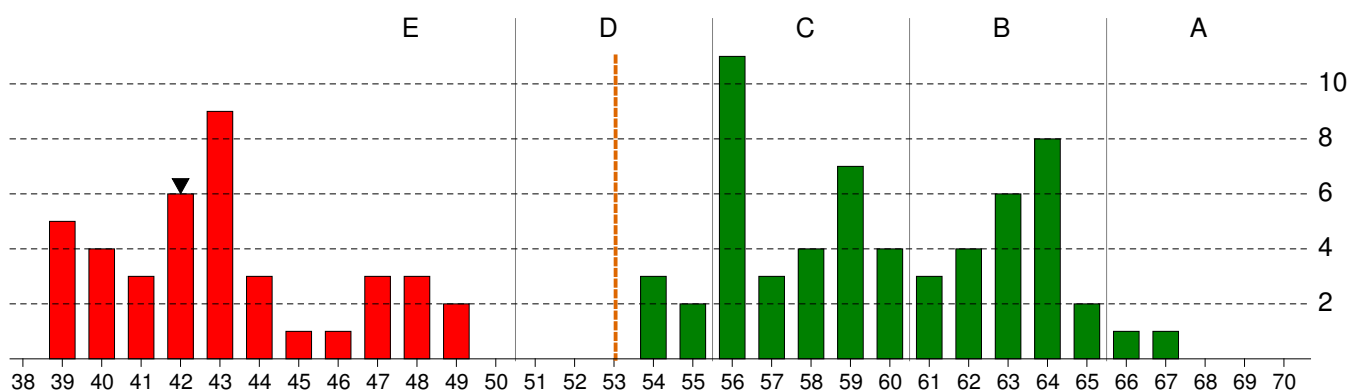
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
|----|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| d1 | 14,46 | 0,00 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| f1 | 6,88 | 1,86 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| f2 | 10,95 | 2,96 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| f3 | 11,10 | 3,00 | 633,00 | 66,00 | - | 0,00 | 0,00 |

| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 5 de 12 | Hoja 15 |

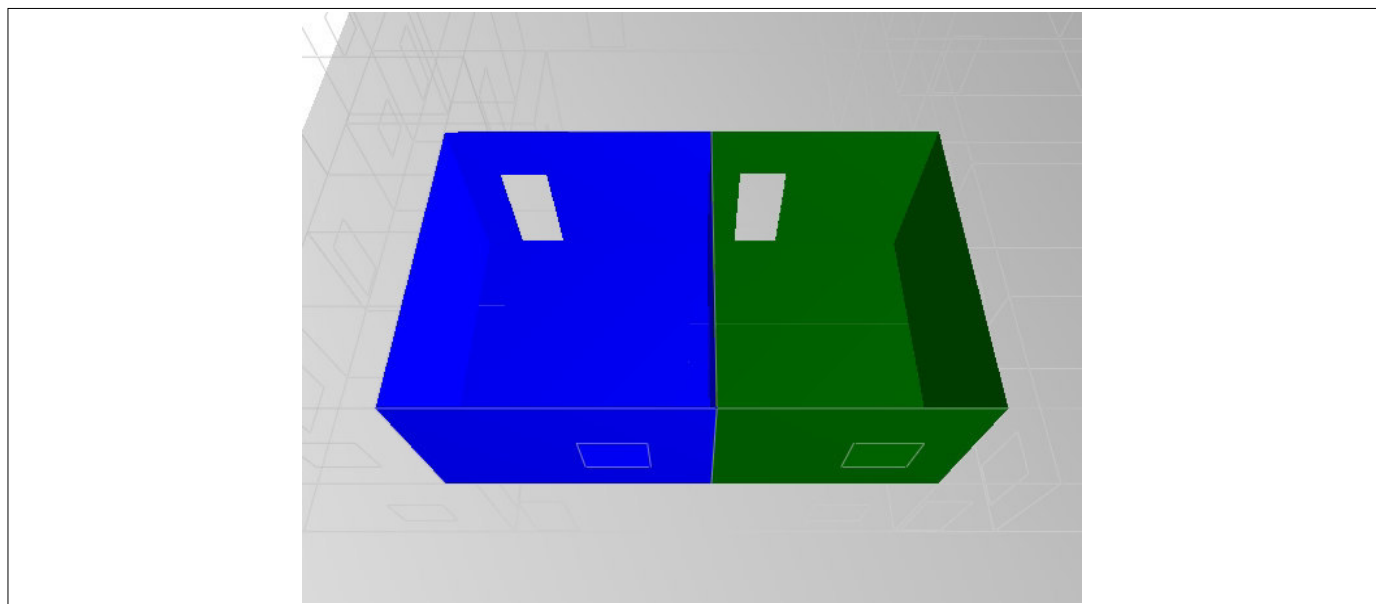
| Parámetros Acústicos | | | | | | | |
|----------------------|-----------|---------|---------------|-------------|----------------|-------------|------------|
| | $S [m^2]$ | $l [m]$ | $m' [kg/m^2]$ | $R_A [dBA]$ | $L_{n,w} [dB]$ | $R_A [dBA]$ | $L_w [dB]$ |
| f4 | 11,10 | 3,00 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| f5 | 17,83 | 4,82 | 15,00 | 34,00 | - | 13,00 | 9,00 |

| CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR | | | | |
|--------------------------------------|------------------|---------|-----------|------------------|
| | | Cálculo | Requisito | Cumplimiento |
| Aislamiento a Ruido Aéreo | $D_{nT,A} [dBA]$ | 42 | 50 | NO CUMPLE |

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



| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 6 de 12 | Hoja 16 |



| RECINTO EMISOR | | | |
|---------------------------|--------|---------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.CMTE | 62,48 |

| Soluciones Constructivas | |
|--------------------------|--|
| F1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |

| Parámetros Acústicos | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
| F1 | 0,67 | 1,86 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |

| RECINTO RECEPTOR | | | |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.SUB.MAYOR | 53,50 |

| Soluciones Constructivas | |
|--------------------------|--|
| f1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| f2 | RI15+LHD115+RI15(med) |

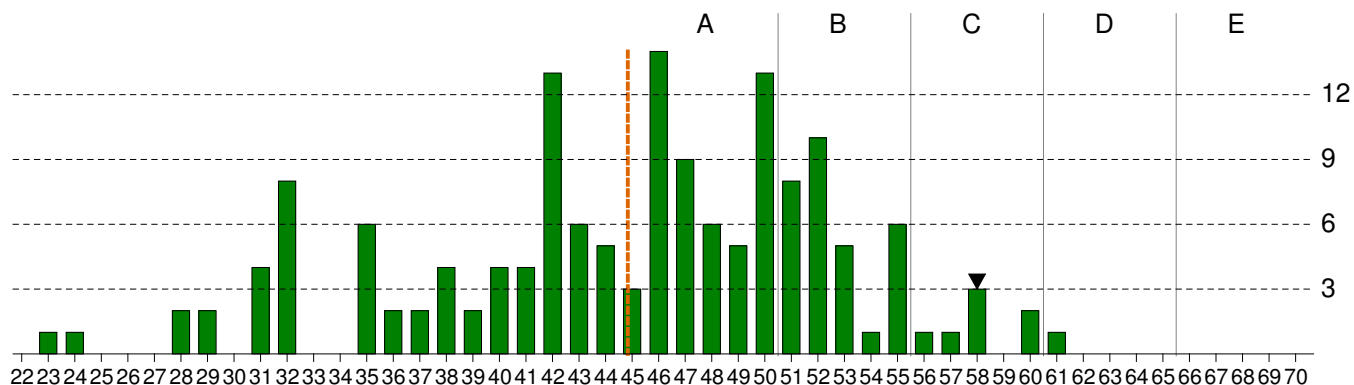
| Parámetros Acústicos | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
| f1 | 6,88 | 1,86 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| f2 | 14,46 | 1,86 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |

| CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR | | | | |
|---------------------------------------|--------------|---------|-----------|---------------|
| | | Cálculo | Requisito | Cumplimiento |
| Nivel de Presión de Ruido de Impactos | L' nT,w [dB] | 58 | 65 | CUMPLE |

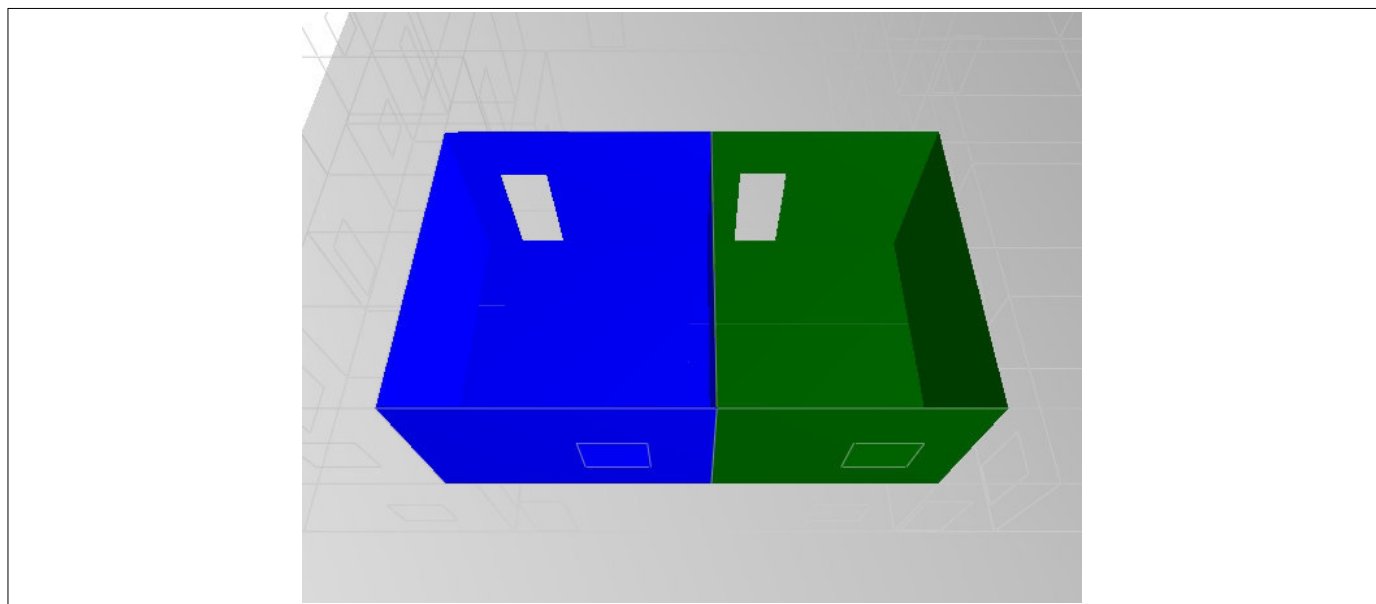
| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 6 de 12 | Hoja 17 |

HISTOGRAMAS

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



| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 7 de 12 | Hoja 18 |



| RECINTO EMISOR | | | |
|---------------------------|--------|---------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.CMTE | 62,48 |

| Soluciones Constructivas | |
|--------------------------|--|
| F1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |

| Parámetros Acústicos | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
| F1 | 1,07 | 2,96 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |

| RECINTO RECEPTOR | | | |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.SUB.MAYOR | 53,50 |

| Soluciones Constructivas | |
|--------------------------|--|
| f1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| f2 | RI15+LHD115+RI15(med) |

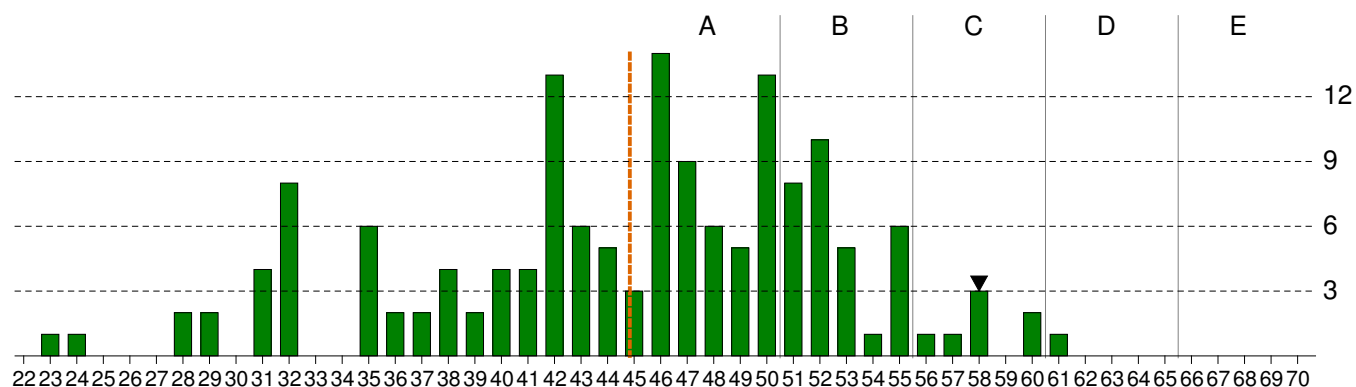
| Parámetros Acústicos | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
| f1 | 10,95 | 2,96 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| f2 | 14,46 | 2,96 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |

| CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------|---------|-----------|---------------|
| | | Cálculo | Requisito | Cumplimiento |
| Nivel de Presión de Ruido de Impactos | L' _{nT,w} [dB] | 58 | 65 | CUMPLE |

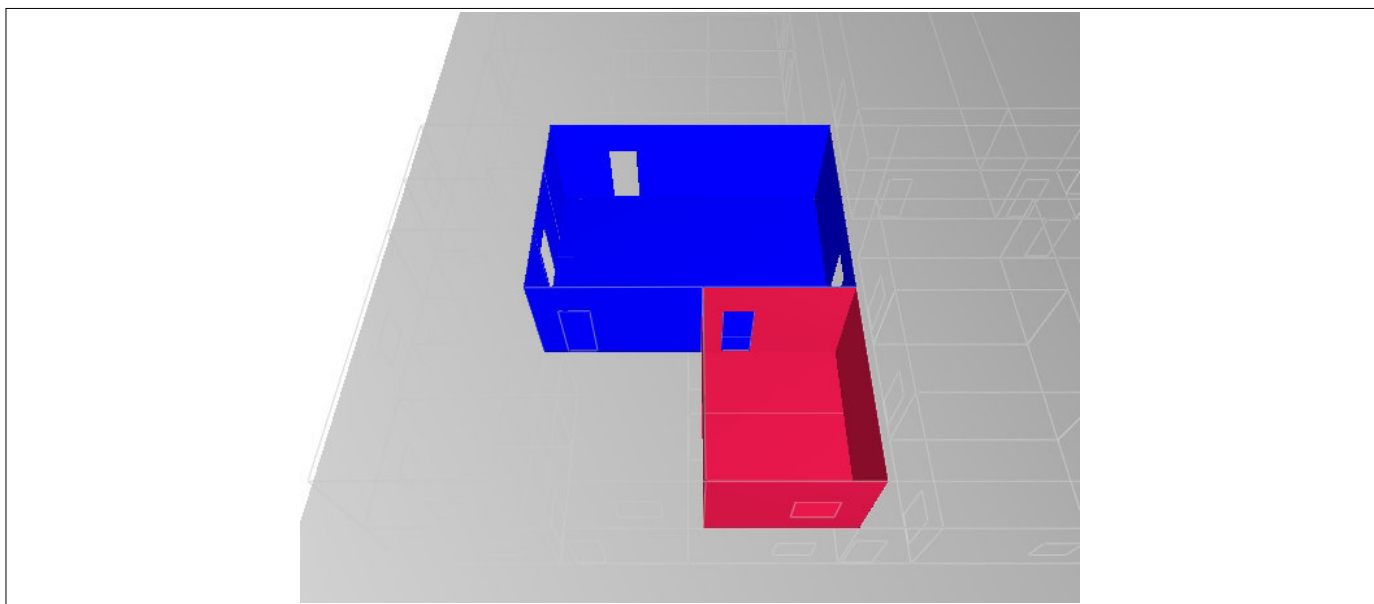
| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 7 de 12 | Hoja 19 |

HISTOGRAMAS

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



| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 8 de 12 | Hoja 20 |



RECINTO EMISOR

| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
|-----------------|--------|---------------|---------------------|
| Habitable | | 1º ASEO | 137,44 |

Soluciones Constructivas

| | |
|----|--|
| D1 | RI15+LHD115+RI15(med) |
| F1 | RI15+LHD115+RI15(med) |
| F2 | RI15+LHD115+RI15(med) |
| F3 | PSMMW50+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |
| F4 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |

Parámetros Acústicos

| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
|----|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| D1 | 11,10 | 0,00 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| F1 | 12,99 | 3,00 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| F2 | 17,10 | 3,00 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| F3 | 45,81 | 3,70 | 15,00 | 34,00 | - | 13,00 | 9,00 |
| F4 | 1,87 | 3,70 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |

RECINTO RECEPTOR

| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------------|
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.SUB.MAYOR | 53,50 |

Soluciones Constructivas

| | |
|----|--|
| d1 | RI15+LHD115+RI15(med) |
| f1 | RI15+LHD115+RI15(med) |
| f2 | RI15+LHD115+RI15(med) |
| f3 | PSMMW50+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |
| f4 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |

Parámetros Acústicos

| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
|----|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| d1 | 11,10 | 0,00 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| f1 | 14,46 | 3,00 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| f2 | 14,46 | 3,00 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| f3 | 17,83 | 3,70 | 15,00 | 34,00 | - | 13,00 | 9,00 |
| f4 | 6,88 | 3,70 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |

Documento Básico HR Protección frente al ruido

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

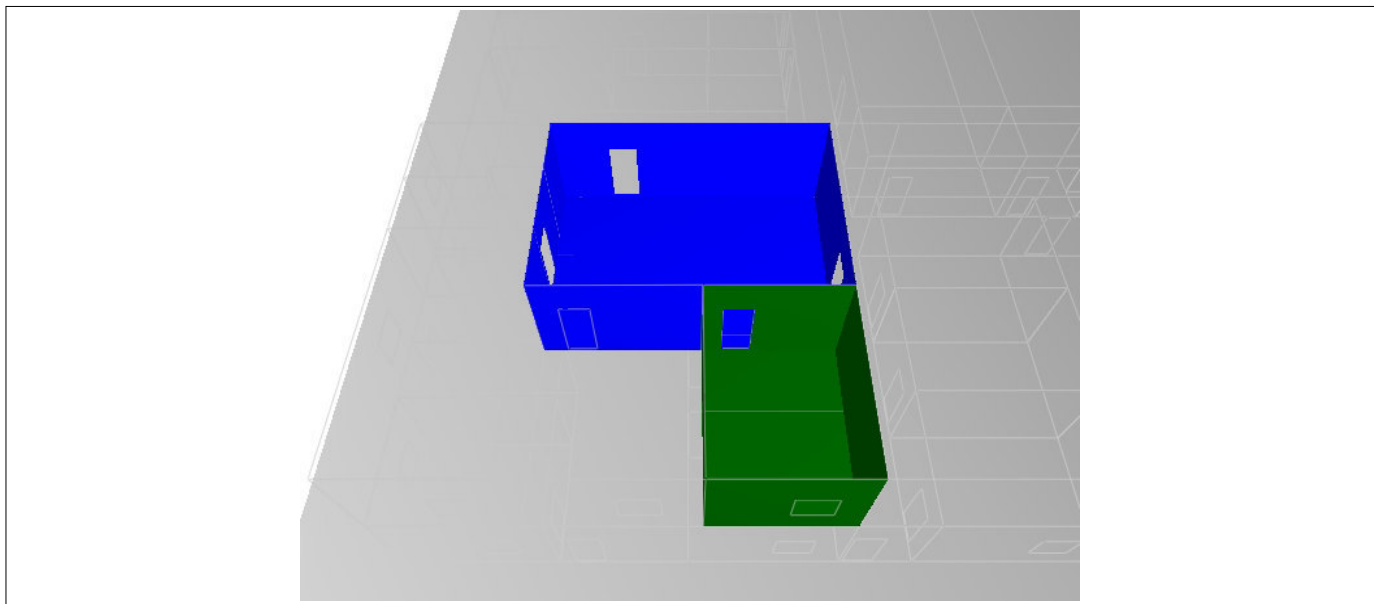
SONarchitect Profesional

| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 8 de 12 | Hoja 21 |

| Ventanas, Puertas y Capialzados | | | | |
|---------------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Descriptor | S [m ²] | R _A [dBA] | C _{tr} [dB] | R _A [dBA] |
| Puerta (30dB) | 1,72 | 30,00 | -3,00 | 0,00 |

| CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR | | | | |
|---|-------------------------|---------|-----------|--------------|
| | | Cálculo | Requisito | Cumplimiento |
| Aislamiento a Ruido Aéreo | D _{nT,A} [dBA] | 38 | - | - |
| El recinto NO CUMPLE los requisitos del DB-HR a ruido aéreo dado que el índice global de reducción acústica del muro RA=42,00 dBA es menor de 50 dBA. | | | | |

| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 9 de 12 | Hoja 22 |



| RECINTO EMISOR | | | |
|-----------------|--------|---------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Habitable | | 1º ASEO | 137,44 |

| Soluciones Constructivas | |
|--------------------------|--|
| F1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |

| Parámetros Acústicos | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
| F1 | 1,87 | 3,70 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |

| RECINTO RECEPTOR | | | |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.SUB.MAYOR | 53,50 |

| Soluciones Constructivas | |
|--------------------------|--|
| f1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| f2 | RI15+LHD115+RI15(med) |

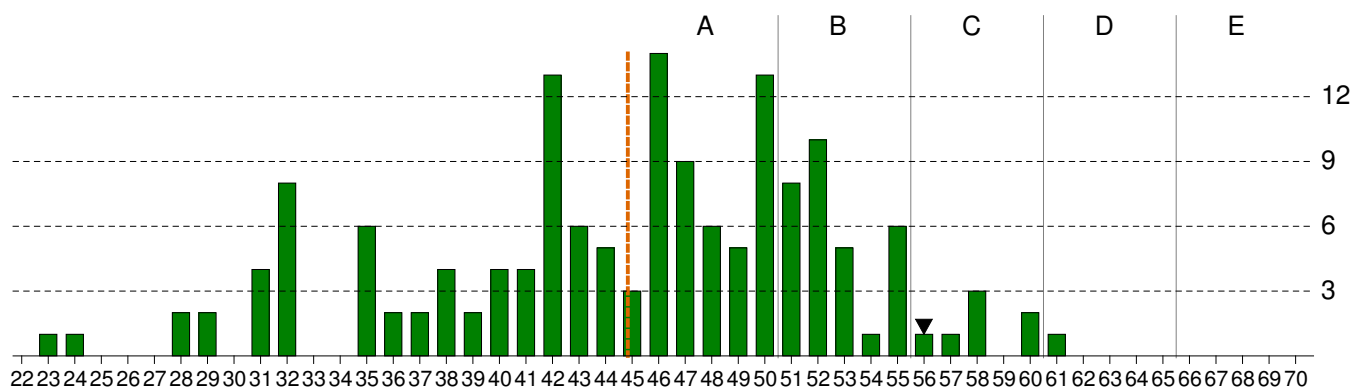
| Parámetros Acústicos | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
| f1 | 6,88 | 3,70 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| f2 | 11,10 | 3,70 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |

| CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR | | | | |
|---------------------------------------|--------------|---------|-----------|---------------|
| | | Cálculo | Requisito | Cumplimiento |
| Nivel de Presión de Ruido de Impactos | L' nT,w [dB] | 56 | 65 | CUMPLE |

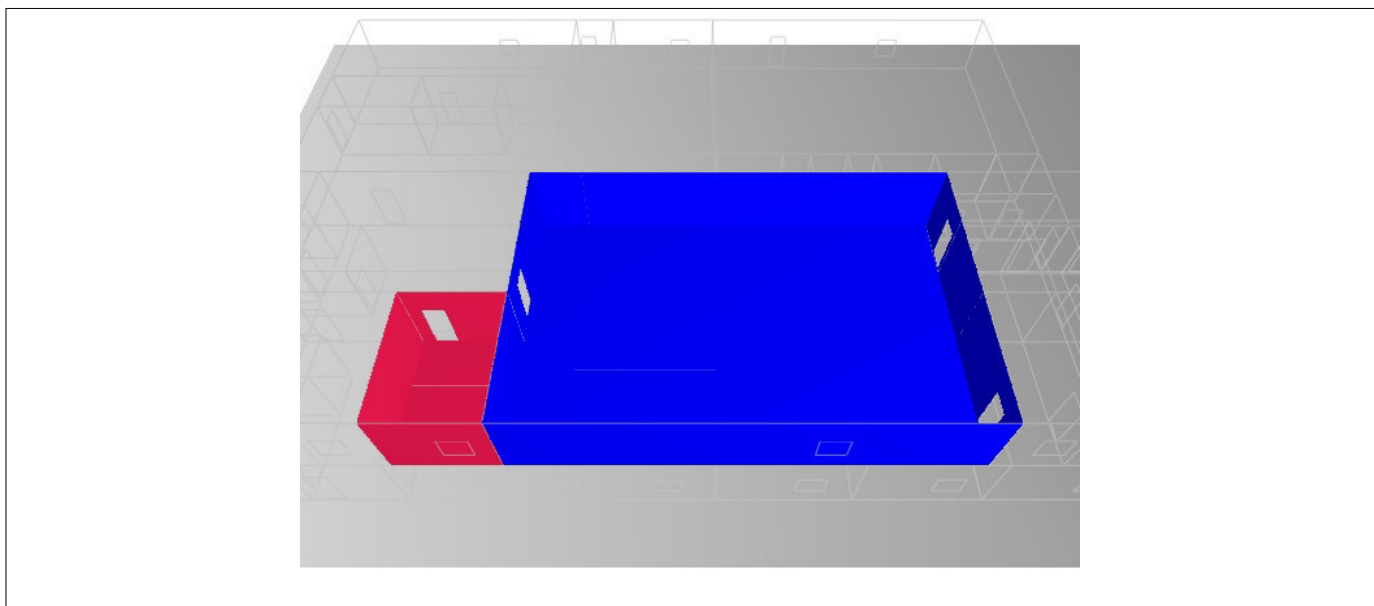
| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 9 de 12 | Hoja 23 |

HISTOGRAMAS

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



| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 10 de 12 | Hoja 24 |



RECINTO EMISOR

| | | | |
|-------------------------|--------|--------------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Actividad/Instalaciones | | 1º LOCAL DE ENSAYO | 502,48 |

Soluciones Constructivas

| | |
|----|--|
| D1 | RI15+LHD115+RI15(med) |
| F1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| F2 | RI15+LHD115+RI15(med) |
| F3 | S1 |
| F4 | PSMMW50+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |

Parámetros Acústicos

| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
|----|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| D1 | 14,46 | 0,00 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| F1 | 20,91 | 1,86 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| F2 | 17,10 | 3,00 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| F3 | 47,85 | 3,00 | 634,00 | 66,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| F4 | 167,49 | 4,82 | 15,00 | 34,00 | - | 13,00 | 9,00 |

RECINTO RECEPTOR

| | | | |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.SUB.MAYOR | 53,50 |

Soluciones Constructivas

| | |
|----|--|
| d1 | RI15+LHD115+RI15(med) |
| f1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| f2 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| f3 | S4 |
| f4 | RI15+LHD115+RI15(med) |
| f5 | PSMMW50+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |

Parámetros Acústicos

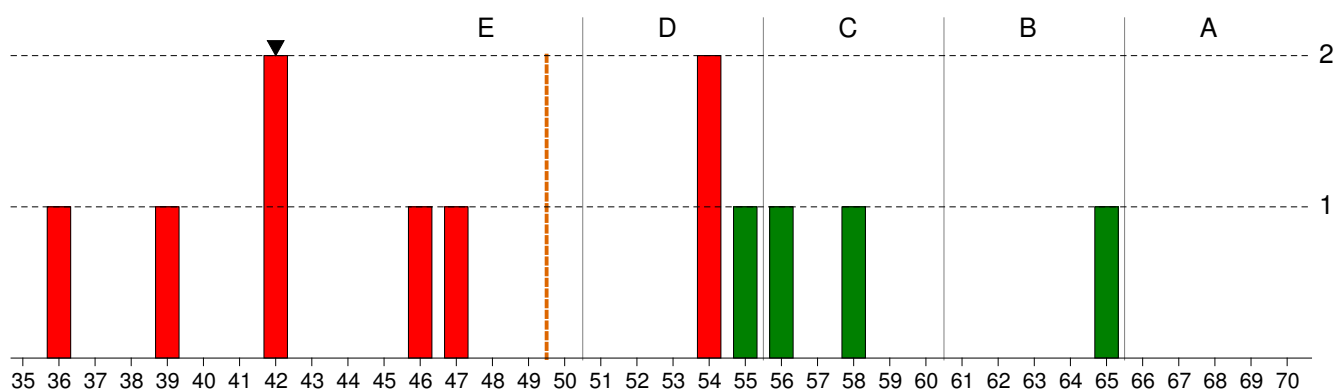
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
|----|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| d1 | 14,46 | 0,00 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| f1 | 6,88 | 1,86 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| f2 | 10,95 | 2,96 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| f3 | 11,10 | 3,00 | 633,00 | 66,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| f4 | 11,10 | 3,00 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| f5 | 17,83 | 4,82 | 15,00 | 34,00 | - | 13,00 | 9,00 |

| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 10 de 12 | Hoja 25 |

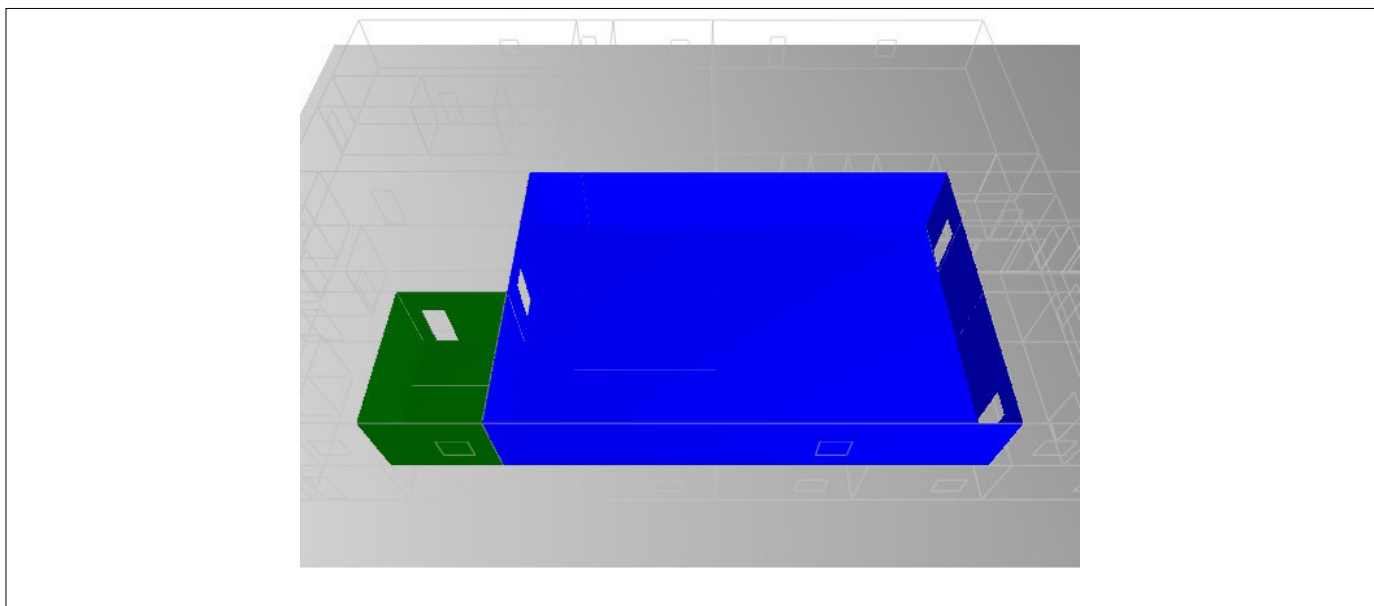
| Parámetros Acústicos | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |

| CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------|---------|-----------|------------------|
| | | Cálculo | Requisito | Cumplimiento |
| Aislamiento a Ruido Aéreo | D _{nT,A} [dBA] | 42 | 55 | NO CUMPLE |

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



| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 11 de 12 | Hoja 26 |



| RECINTO EMISOR | | | |
|-------------------------|--------|--------------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Actividad/Instalaciones | | 1º LOCAL DE ENSAYO | 502,48 |

| Soluciones Constructivas | |
|--------------------------|--|
| F1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |

| Parámetros Acústicos | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
| F1 | 20,91 | 1,86 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |

| RECINTO RECEPTOR | | | |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.SUB.MAYOR | 53,50 |

| Soluciones Constructivas | |
|--------------------------|--|
| f1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| f2 | RI15+LHD115+RI15(med) |

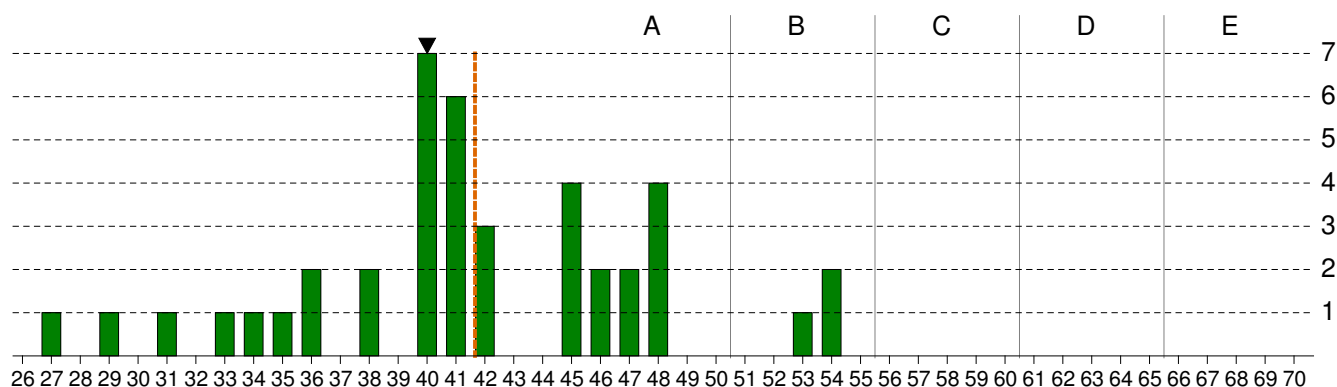
| Parámetros Acústicos | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
| f1 | 6,88 | 1,86 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| f2 | 14,46 | 1,86 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |

| CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR | | | | |
|---------------------------------------|--------------|---------|-----------|---------------|
| | | Cálculo | Requisito | Cumplimiento |
| Nivel de Presión de Ruido de Impactos | L' nT,w [dB] | 40 | 60 | CUMPLE |

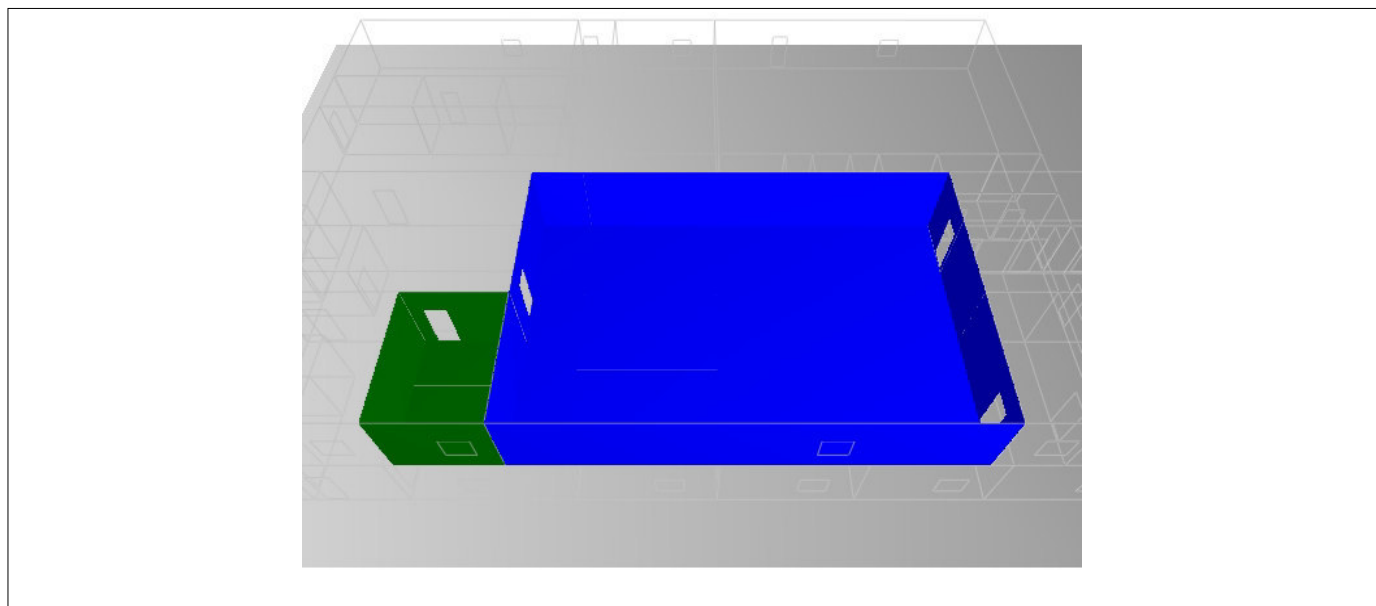
| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 11 de 12 | Hoja 27 |

HISTOGRAMAS

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



| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 12 de 12 | Hoja 28 |



| RECINTO EMISOR | | | |
|-------------------------|--------|--------------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Actividad/Instalaciones | | 1º LOCAL DE ENSAYO | 502,48 |

| Soluciones Constructivas | |
|--------------------------|--|
| F1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |

| Parámetros Acústicos | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
| F1 | 20,91 | 2,96 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |

| RECINTO RECEPTOR | | | |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.SUB.MAYOR | 53,50 |

| Soluciones Constructivas | |
|--------------------------|--|
| f1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| f2 | RI15+LHD115+RI15(med) |

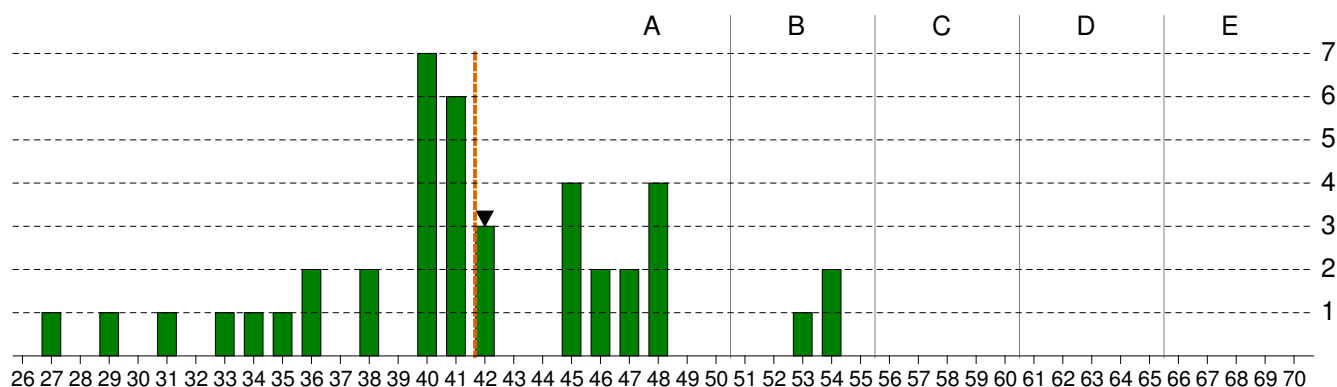
| Parámetros Acústicos | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
| f1 | 10,95 | 2,96 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| f2 | 14,46 | 2,96 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |

| CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------|---------|-----------|---------------|
| | | Cálculo | Requisito | Cumplimiento |
| Nivel de Presión de Ruido de Impactos | L' _{nT,w} [dB] | 42 | 60 | CUMPLE |

| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 12 de 12 | Hoja 29 |

HISTOGRAMAS

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

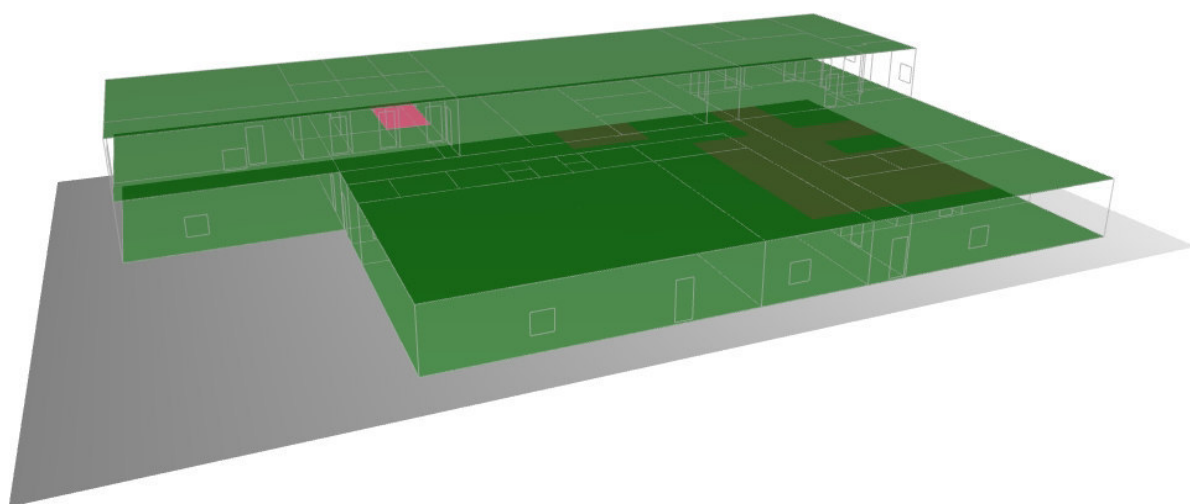


| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|-------------------|-------------|----|
| Proyecto | Edificio de investigación de la ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Mediciones | Hoja | 30 |

RESULTADOS DEL CALCULO DEL TIEMPO DE REVERBERACION

| Recinto | Tipo | V [m3] | T30 [s] | Req. | Cumplimiento |
|--------------------------|---------------------------|--------|---------|------|------------------|
| Recinto 3 (0ºPAÑOL) | Aulas y salas de conferen | 211,26 | 2,05 | 0,7 | NO CUMPLE |
| Recinto 5 (0ºPAÑOL) | Aulas y salas de conferen | 268,15 | 2,49 | 0,7 | NO CUMPLE |
| Recinto 8 (0ºPAÑOL) | Aulas y salas de conferen | 28,20 | 0,49 | 0,7 | CUMPLE |
| Recinto 10 (0ºPAÑOL) | Aulas y salas de conferen | 28,26 | 0,49 | 0,7 | CUMPLE |
| Recinto 12 (0ºPASILLO) | Uso Común | 261,73 | 0,52 | 0,8 | CUMPLE |
| Recinto 13 (0ºSALA REUNI | Aulas y salas de conferen | 54,24 | 0,54 | 0,7 | CUMPLE |
| Recinto 14 (0ºSALA REUNI | Aulas y salas de conferen | 50,60 | 0,53 | 0,7 | CUMPLE |
| Recinto 15 (0ºSALA REUNI | Aulas y salas de conferen | 54,24 | 0,54 | 0,7 | CUMPLE |
| Recinto 23 (0º) | Uso Común | 12,75 | 0,64 | 0,8 | CUMPLE |
| Recinto 32 (1ºSALA REUNI | Aulas y salas de conferen | 73,26 | 0,67 | 0,7 | CUMPLE |
| Recinto 41 (1ºPASILLO) | Uso Común | 120,00 | 0,54 | 0,8 | CUMPLE |

ANEXO VI: INFORME MODELIZACIÓN ACÚSTICA 3D OPTIMIZADA



**Proyecto Acústico según Documento Básico
DB HR Protección frente al ruido
EDIFICIO DE INVESTIGACION ENM**

| | |
|--------------|--------------------------------------|
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez |
| Organización | GOC |
| Referencia | |
| Fecha | 06/03/2017 |

| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|------------|-------------|---|
| Proyecto | Edificio de investigacion ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | | Hoja | 2 |

| RECINTOS POR TIPOLOGIA | | | |
|--|---------|---------|-----------|
| Tipología | Totales | CUMPLEN | NO CUMPLE |
| Espacios de uso común | 3 | 3 | 0 |
| Escaleras | 0 | 0 | 0 |
| Recintos de actividad o instalaciones | 4 | 4 | 0 |
| Ascensores | 0 | 0 | 0 |
| Recintos habitables | 14 | 14 | 0 |
| Dormitorios | 0 | 0 | 0 |
| Estancias en edificio residencial o sanitario | 0 | 0 | 0 |
| Estancias en edificio cultural, docente, administrativo o religi | 17 | 16 | 1 |
| Aulas en edificio cultural, docente, administrativo o religioso | 8 | 5 | 3 |
| Restaurantes y comedores | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 46 | 42 | 4 |

| TIPOS DE EXIGENCIAS EN AISLAMIENTO | | | |
|--|---------|---------|-----------|
| Tipología | Totales | CUMPLEN | NO CUMPLE |
| Habitables con huecos en el separador | 26 | 26 | 0 |
| Habitables | 49 | 49 | 0 |
| Misma unidad de uso | 36 | 36 | 0 |
| Protegidos con huecos en el separador | 28 | 28 | 0 |
| Protegidos | 224 | 224 | 0 |
| Protegidos frente a instalaciones | 55 | 54 | 1 |
| Ruido Exterior | 40 | 39 | 1 |
| Habitables frente a instalaciones con huecos | 4 | 4 | 0 |
| Habitables frente a instalaciones (impacto) | 3 | 3 | 0 |
| Habitables o protegidos frente a ascensores | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 465 | 463 | 2 |

| TIPOS DE EXIGENCIAS EN REVERBERACION | | | |
|--------------------------------------|---------|---------|-----------|
| Tipología | Totales | CUMPLEN | NO CUMPLE |
| Espacios de uso común | 3 | 3 | 0 |
| Aulas y salas de conferencias | 8 | 6 | 2 |
| Restaurantes y comedores | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 11 | 9 | 2 |

Declaración de No Cumplimiento

El edificio presenta un total de 46 recintos, de los que 46 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 42 recintos cumplen los requisitos de aislamiento calculados según el método general expuesto en el apartado 3.1.3 del DB-HR y 4 no los cumplen.

Por otro lado, el edificio presenta 11 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 9 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

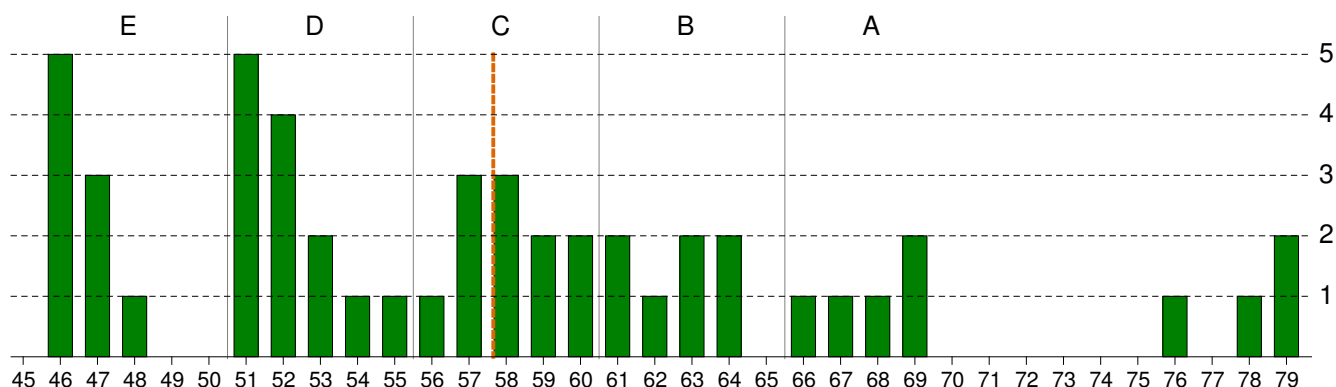
EDIFICIO DE INVESTIGACION ENM

NO CUMPLE los requisitos del DB HR.

| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|------------|-------------|---|
| Proyecto | Edificio de investigación ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | | Hoja | 3 |

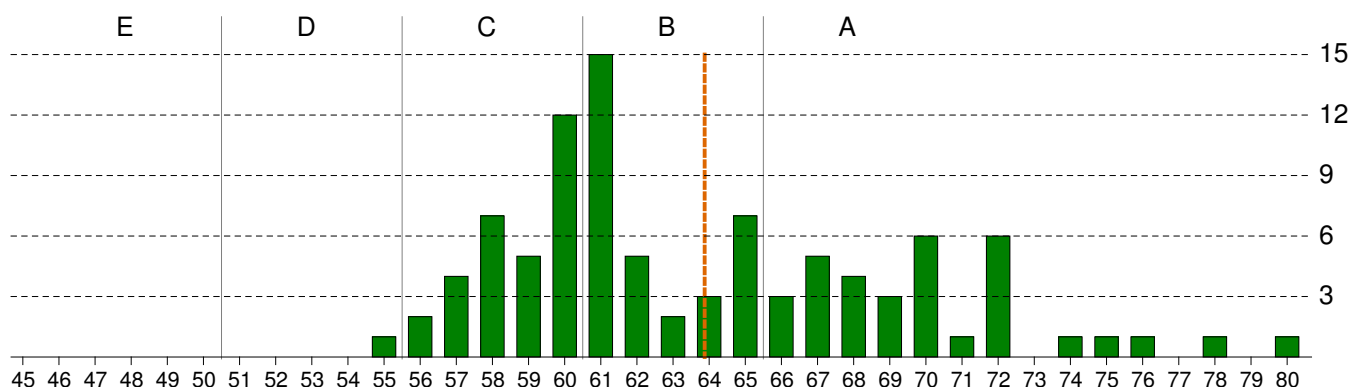
Aislamiento a ruido aéreo en recintos habitables (DnT,A)

| Totales | E | D | C | B | A | Media (dBA) | Clasificación |
|---------|---|----|----|---|---|-------------|---------------|
| 49 | 9 | 13 | 11 | 7 | 9 | 57,65 | Clase C |



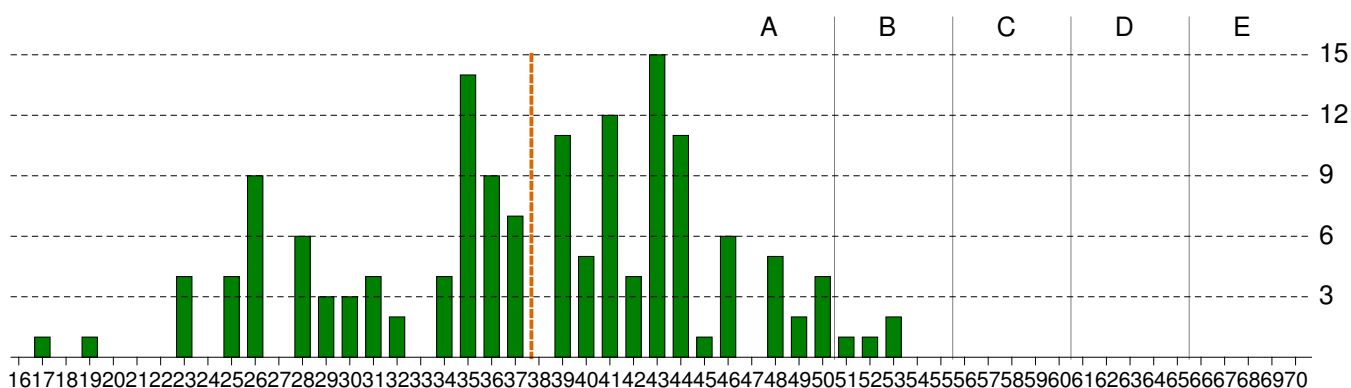
Aislamiento a ruido aéreo en recintos protegidos (DnT,A)

| Totales | E | D | C | B | A | Media (dBA) | Clasificación |
|---------|---|---|----|----|----|-------------|---------------|
| 96 | 0 | 1 | 30 | 32 | 33 | 63,88 | Clase B |



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

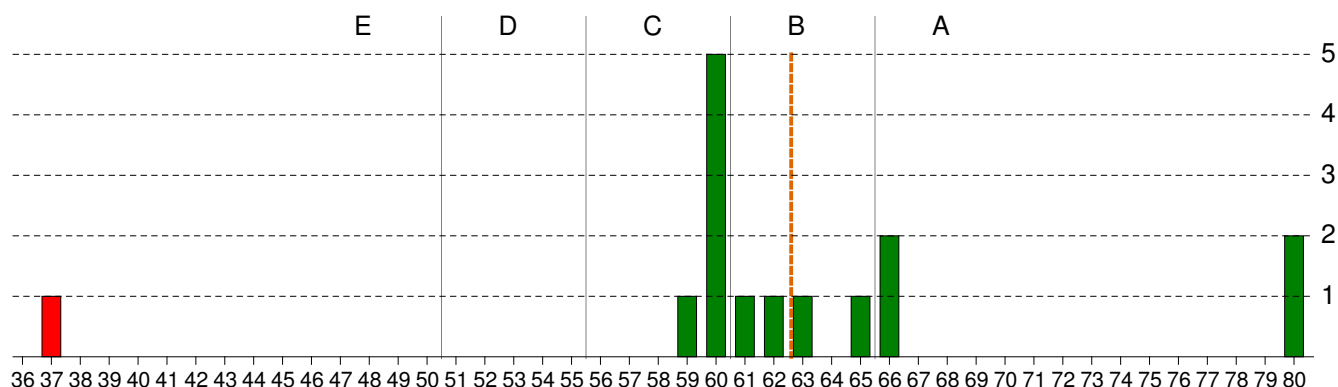
| Totales | E | D | C | B | A | Media (dB) | Clasificación |
|---------|---|---|---|---|-----|------------|---------------|
| 151 | 0 | 0 | 0 | 4 | 147 | 37,68 | Clase A |



| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|------------|-------------|---|
| Proyecto | Edificio de investigación ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | | Hoja | 4 |

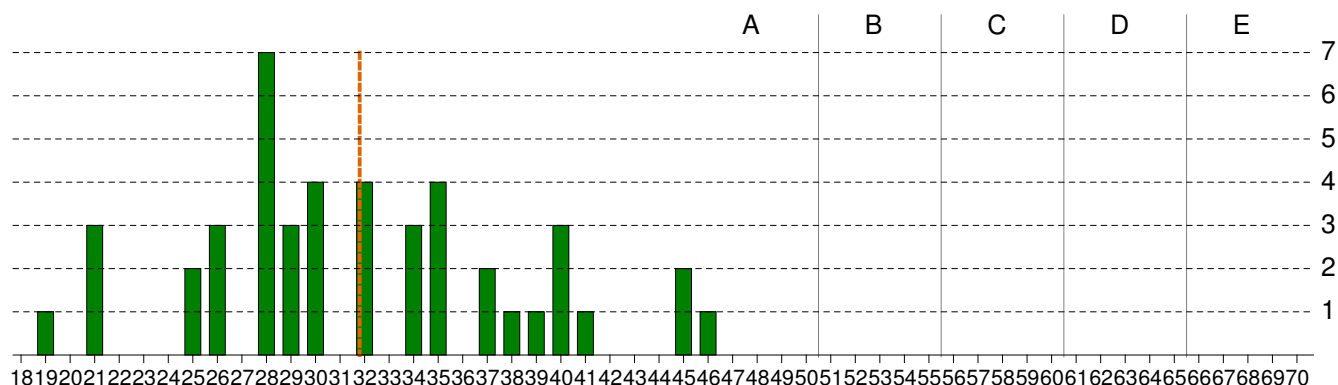
Aislamiento a ruido aéreo en recintos protegidos frente a instalaciones (DnT,A)

| Totales | E | D | C | B | A | Media (dBA) | Clasificación |
|---------|---|---|---|---|---|-------------|---------------|
| 15 | 1 | 0 | 6 | 4 | 4 | 62,60 | Clase B |



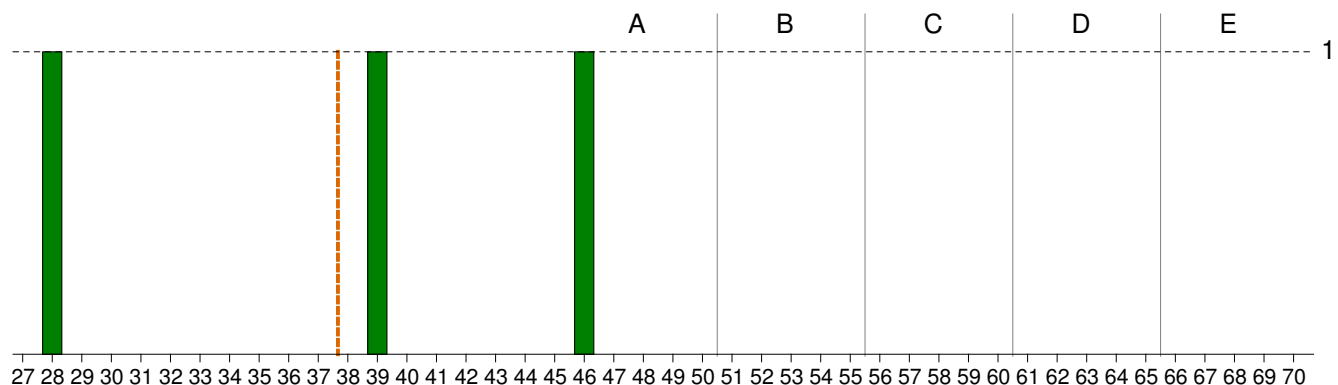
Aislamiento a ruido de impactos en recintos protegidos frente a instalaciones (Ln,w)

| Totales | E | D | C | B | A | Media (dB) | Clasificación |
|---------|---|---|---|---|----|------------|---------------|
| 45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 45 | 31,80 | Clase A |



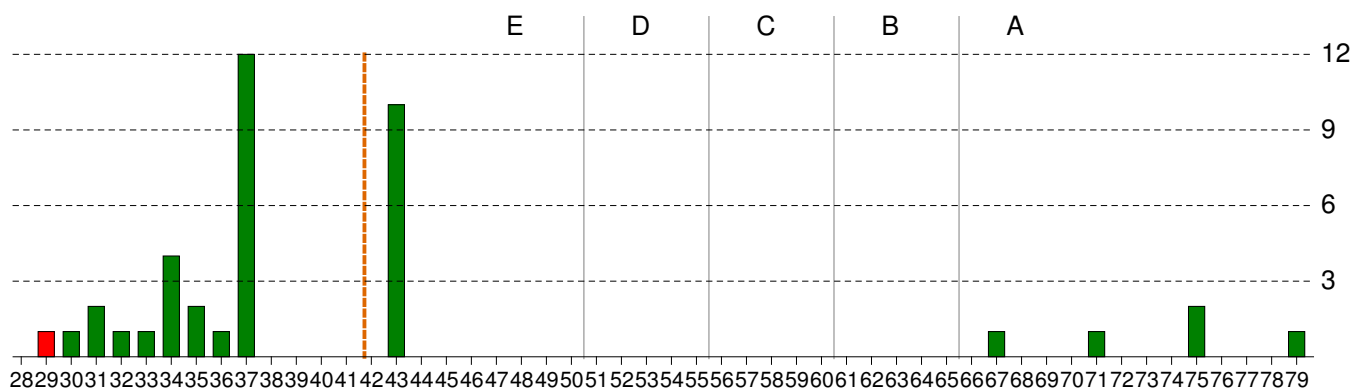
Aislamiento a ruido de impactos en recintos habitables frente a instalaciones (Ln,w)

| Totales | E | D | C | B | A | Media (dB) | Clasificación |
|---------|---|---|---|---|---|------------|---------------|
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 37,67 | Clase A |

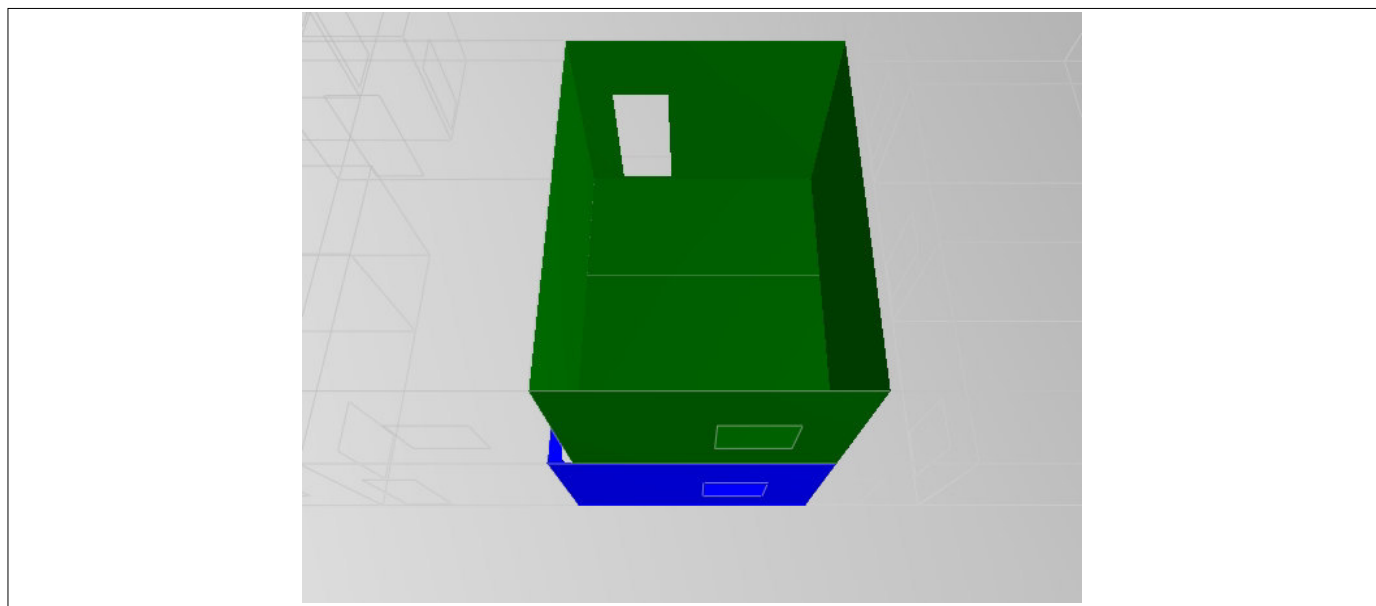


| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|------------|-------------|---|
| Proyecto | Edificio de investigacion ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | | Hoja | 5 |

| Aislamiento a ruido exterior en recintos protegidos (D2m,nT,Atr) | | | | | | | |
|--|----|---|---|---|---|---------------|---------------|
| Totales | E | D | C | B | A | Media (dBAtr) | Clasificación |
| 40 | 35 | 0 | 0 | 0 | 5 | 41,72 | Clase E |



| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|---------------|
| Proyecto | Edificio de investigacion ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 1 de 12 | Hoja 6 |



RECINTO EMISOR

| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
|---------------------------|--------|---------------|---------------------|
| Estancia cult/doc/admin/r | | Bajo OFICINA | 36,05 |

Soluciones Constructivas

| | |
|----|---|
| D1 | INCO70.4 H140+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |
| F1 | INCO70.4 H140+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |
| F2 | S5+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |
| F3 | RI15+LHD115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |
| F4 | S4+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] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
|----|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| D1 | 10,95 | 0,00 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 13,00 | 9,00 |
| F1 | 1,07 | 2,96 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 13,00 | 9,00 |
| F2 | 8,88 | 2,96 | 446,00 | 60,00 | - | 13,00 | 0,00 |
| F3 | 12,18 | 3,70 | 160,00 | 42,00 | - | 13,00 | 0,00 |
| F4 | 12,18 | 3,70 | 633,00 | 66,00 | - | 13,00 | 0,00 |

RECINTO RECEPTOR

| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------------|
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.SUB.MAYOR | 53,50 |

Soluciones Constructivas

| | |
|----|---|
| d1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| f1 | RI15+LHD115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |
| f2 | YL2x15+ATMW70+YL12,5+SP+ATMW70+YL2x15(PL)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |
| f3 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| f4 | S4+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] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
|----|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| d1 | 10,95 | 0,00 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| f1 | 14,46 | 2,96 | 160,00 | 42,00 | - | 13,00 | 0,00 |
| f2 | 14,46 | 2,96 | 65,00 | 65,00 | - | 13,00 | 0,00 |
| f3 | 6,88 | 3,70 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| f4 | 11,10 | 3,70 | 633,00 | 66,00 | - | 13,00 | 0,00 |

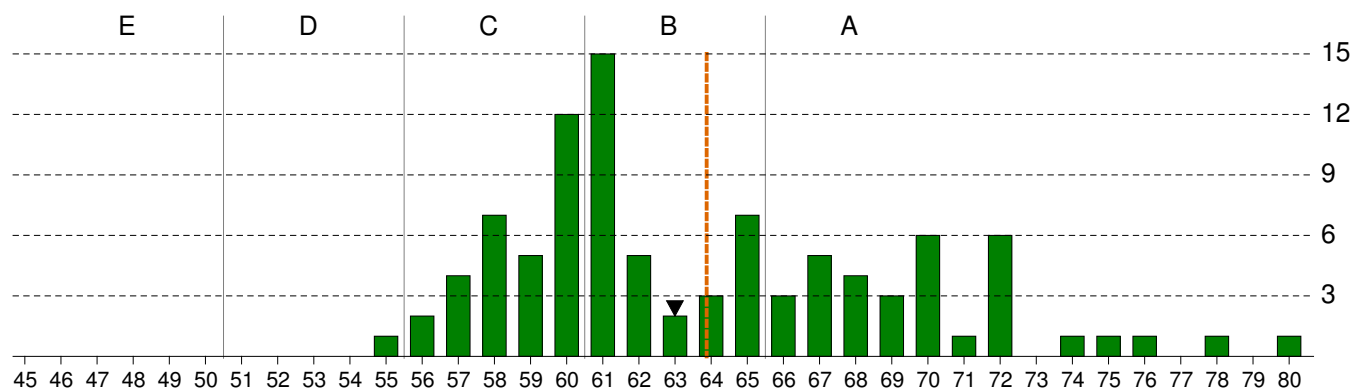
| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|---------------|
| Proyecto | Edificio de investigacion ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 1 de 12 | Hoja 7 |

CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR

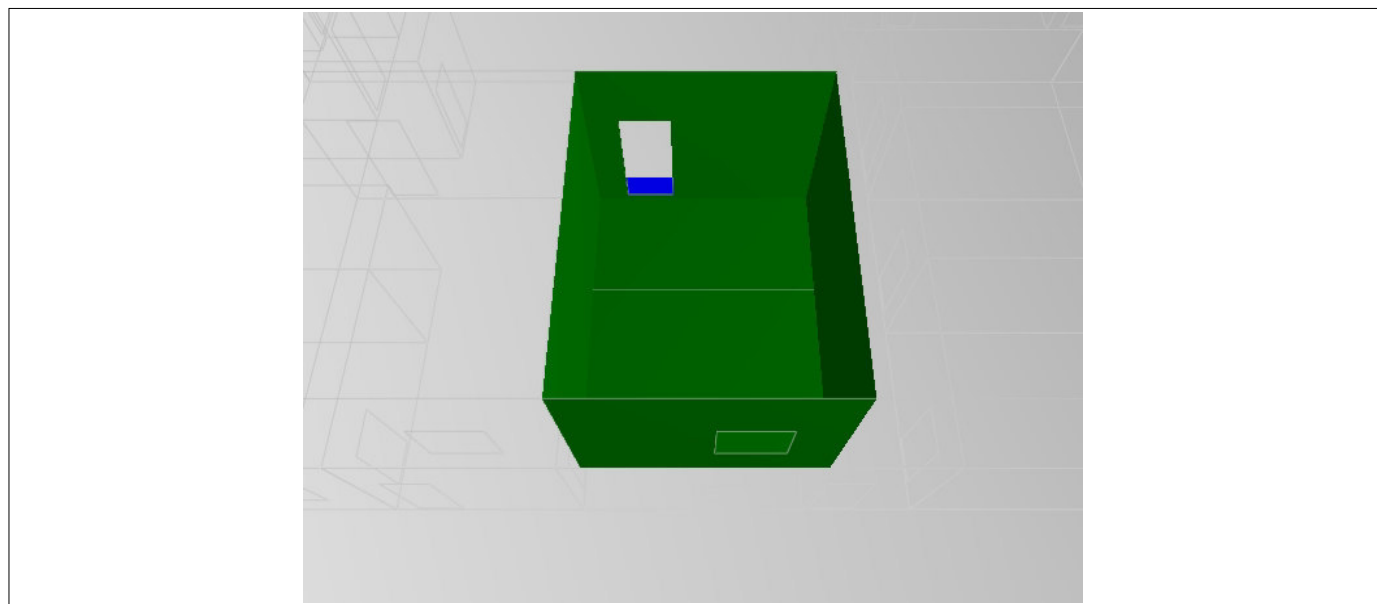
| | | Cálculo | Requisito | Cumplimiento |
|---------------------------|------------------|---------|-----------|---------------|
| Aislamiento a Ruido Aéreo | $D_{nT,A}$ [dBA] | 63 | 50 | CUMPLE |

HISTOGRAMAS

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



| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|---------------|
| Proyecto | Edificio de investigacion ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 2 de 12 | Hoja 8 |



RECINTO EMISOR

| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
|---------------------------|--------|---------------|---------------------|
| Aula cult/doc/admin/relig | | Bajo PAÑOL | 28,26 |

Soluciones Constructivas

| | |
|----|---|
| D1 | INCO70.4 H140+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |
| F1 | S5+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |
| F2 | INCO70.4 H140+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |
| F3 | INCO70.4 H140+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |
| F4 | RI15+LHD115+RI15(med)+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] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
|----|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| D1 | 6,88 | 0,00 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 13,00 | 9,00 |
| F1 | 6,96 | 1,86 | 446,00 | 60,00 | - | 13,00 | 0,00 |
| F2 | 0,67 | 1,86 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 13,00 | 9,00 |
| F3 | 1,87 | 3,70 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 13,00 | 9,00 |
| F4 | 12,18 | 3,70 | 160,00 | 42,00 | - | 13,00 | 0,00 |

RECINTO RECEPTOR

| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------------|
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.SUB.MAYOR | 53,50 |

Soluciones Constructivas

| | |
|----|---|
| d1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| f1 | YL2x15+ATMW70+YL12,5+SP+ATMW70+YL2x15(PL)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |
| f2 | RI15+LHD115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |
| f3 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| f4 | RI15+LHD115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |

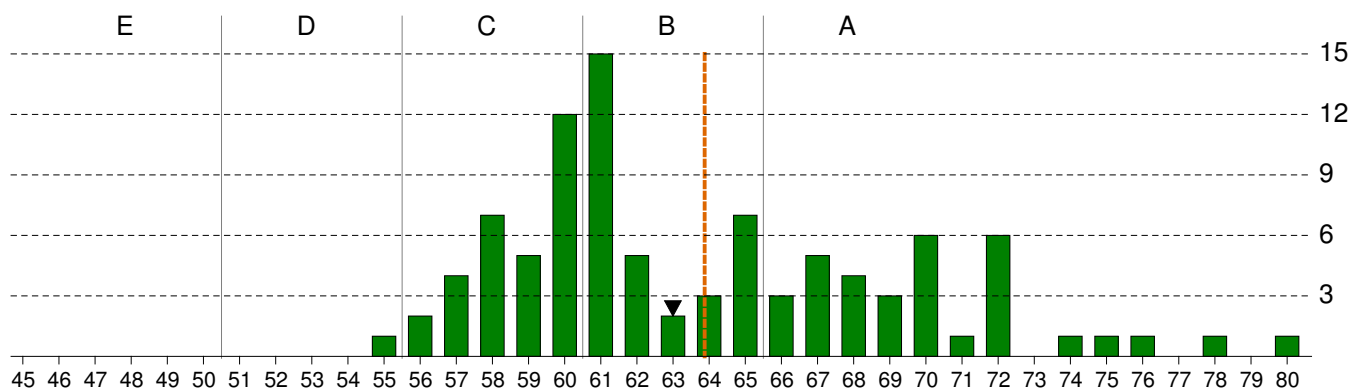
Parámetros Acústicos

| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
|----|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| d1 | 6,88 | 0,00 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| f1 | 14,46 | 1,86 | 65,00 | 65,00 | - | 13,00 | 0,00 |
| f2 | 14,46 | 1,86 | 160,00 | 42,00 | - | 13,00 | 0,00 |
| f3 | 10,95 | 3,70 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| f4 | 11,10 | 3,70 | 160,00 | 42,00 | - | 13,00 | 0,00 |

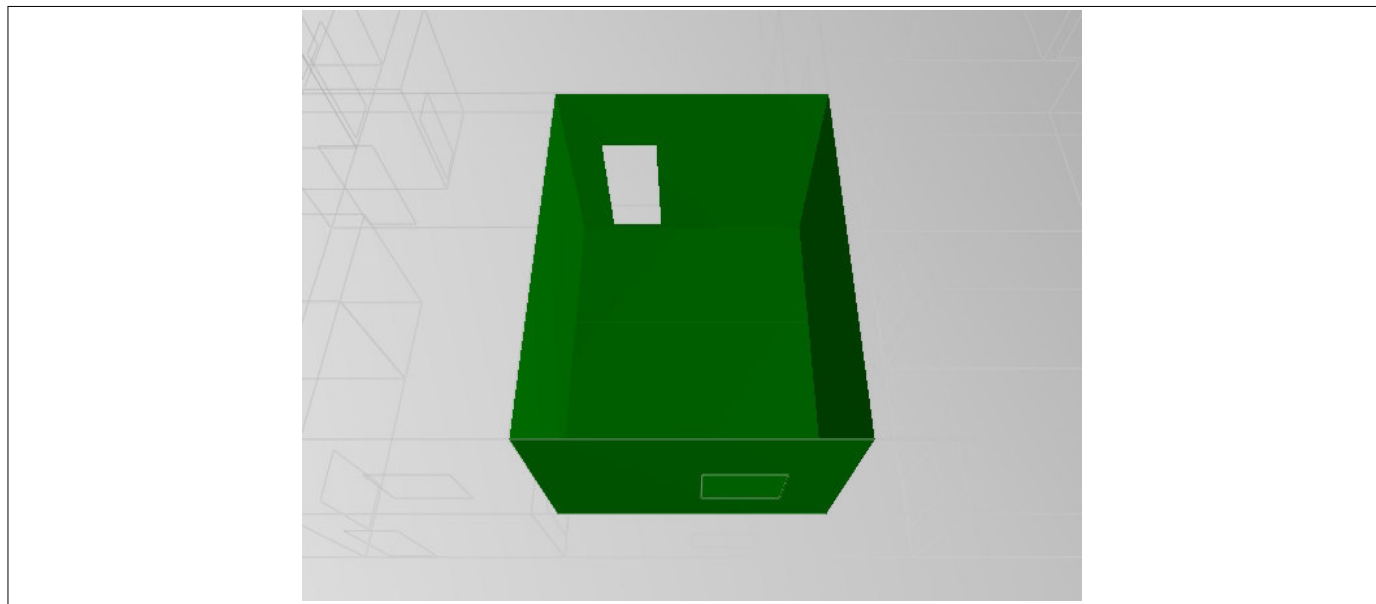
| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|---------------|
| Proyecto | Edificio de investigacion ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 2 de 12 | Hoja 9 |

| CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|---------|-----------|---------------|
| | | Cálculo | Requisito | Cumplimiento |
| Aislamiento a Ruido Aéreo | $D_{nT,A}[dBA]$ | 63 | 50 | CUMPLE |

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



| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigacion ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 3 de 12 | Hoja 10 |



CUBIERTA

| | |
|-----------------------------|---------------------|
| Tipo de Ruido Exterior | L _d [dB] |
| Automóviles y Ferrocarriles | 60,00 |

Soluciones Constructivas

| | |
|----|---|
| D1 | PSMMW50+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |
| F1 | PSMMW50+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |
| F2 | PSMMW50+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |
| F3 | PSMMW50+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |

Parámetros Acústicos

| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | C _{tr} [dB] | Forma | L _{fs} [dB] |
|----|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|----------------------|-------|----------------------|
| D1 | 17,83 | 0,00 | 15,00 | 34,00 | - | - | 0 |
| F1 | 45,81 | 3,70 | 15,00 | 34,00 | - | - | 0 |
| F2 | 167,49 | 4,82 | 15,00 | 34,00 | - | - | 0 |
| F3 | 20,83 | 4,82 | 15,00 | 34,00 | - | - | 0 |

RECINTO RECEPTOR

| | | | |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.SUB.MAYOR | 53,50 |

Soluciones Constructivas

| | |
|----|---|
| d1 | PSMMW50+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |
| f1 | S4 |
| f2 | RI15+LHD115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |
| f3 | RI15+LHD115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |
| f4 | YL2x15+ATMW70+YL12,5+SP+ATMW70+YL2x15(PL)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |

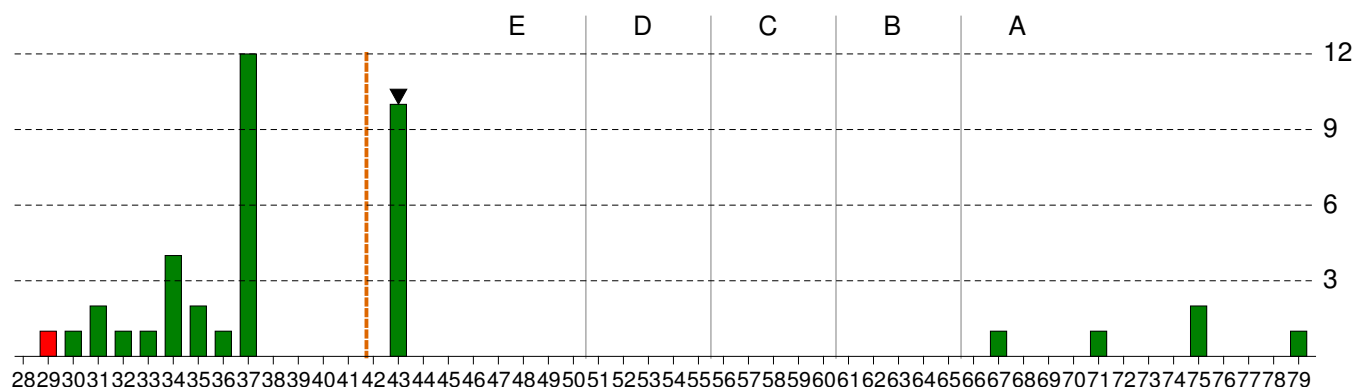
Parámetros Acústicos

| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
|----|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| d1 | 17,83 | 0,00 | 15,00 | 34,00 | - | 13,00 | 9,00 |
| f1 | 11,10 | 3,70 | 633,00 | 66,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| f2 | 11,10 | 3,70 | 160,00 | 42,00 | - | 13,00 | 0,00 |
| f3 | 14,46 | 4,82 | 160,00 | 42,00 | - | 13,00 | 0,00 |
| f4 | 14,46 | 4,82 | 65,00 | 65,00 | - | 13,00 | 0,00 |

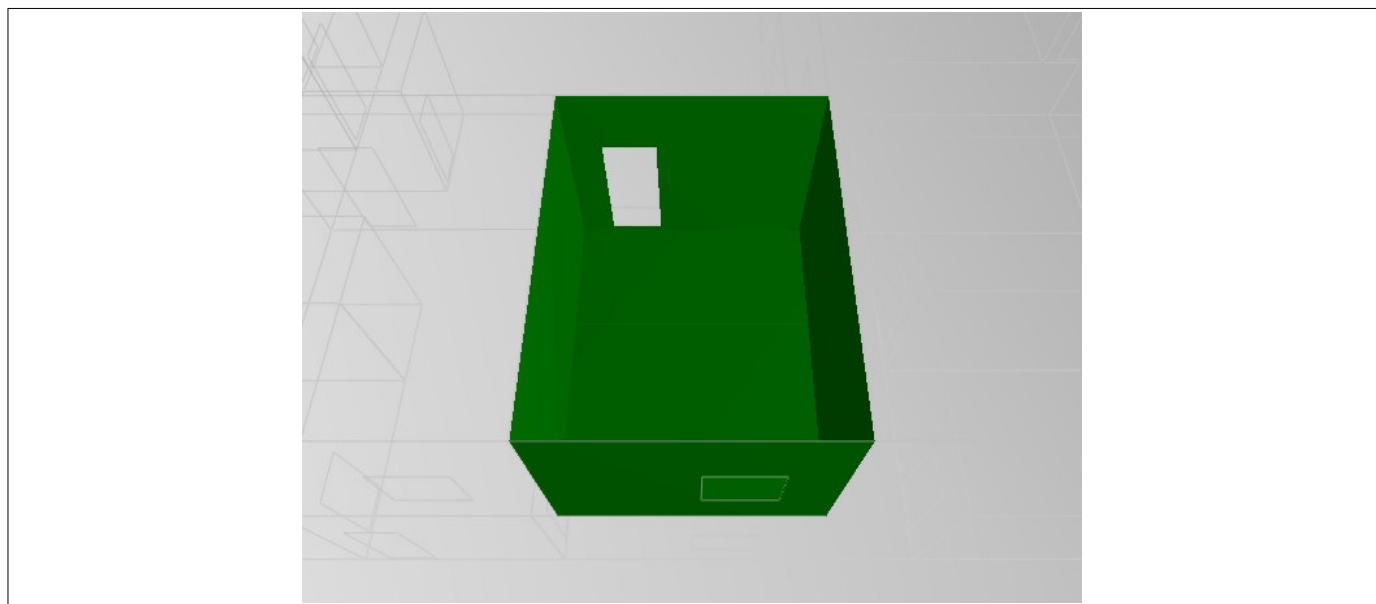
| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigacion ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 3 de 12 | Hoja 11 |

| CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------|---------|-----------|---------------|
| | | Cálculo | Requisito | Cumplimiento |
| Aislamiento a Ruido Aéreo | $D_{2m,nT,Atr}$ [dBAtr] | 43 | 30 | CUMPLE |

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



| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigacion ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 4 de 12 | Hoja 12 |



FACHADA

| | |
|-----------------------------|---------------------------|
| Tipo de Ruido Exterior | L_d [dB] |
| Automóviles y Ferrocarriles | 55,00 |

Soluciones Constructivas

| | |
|----|----|
| D1 | S4 |
| F1 | S4 |
| F2 | S1 |
| F3 | S4 |

Parámetros Acústicos

| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | C _{tr} [dB] | Forma | L _{fs} [dB] |
|----|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|----------------------|-------|----------------------|
| D1 | 11,10 | 0,00 | 633,00 | 66,00 | - | - | 0,00 |
| F1 | 12,99 | 3,00 | 633,00 | 66,00 | - | - | 0 |
| F2 | 47,85 | 3,00 | 634,00 | 66,00 | - | - | 0 |
| F3 | 12,18 | 3,70 | 633,00 | 66,00 | - | - | 0 |

RECINTO RECEPTOR

| | | | |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.SUB.MAYOR | 53,50 |

Soluciones Constructivas

| | |
|----|---|
| d1 | S4+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |
| f1 | RI15+LHD115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |
| f2 | YL2x15+ATMW70+YL12,5+SP+ATMW70+YL2x15(PL)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |
| f3 | PSMMW50+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |
| f4 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |

Parámetros Acústicos

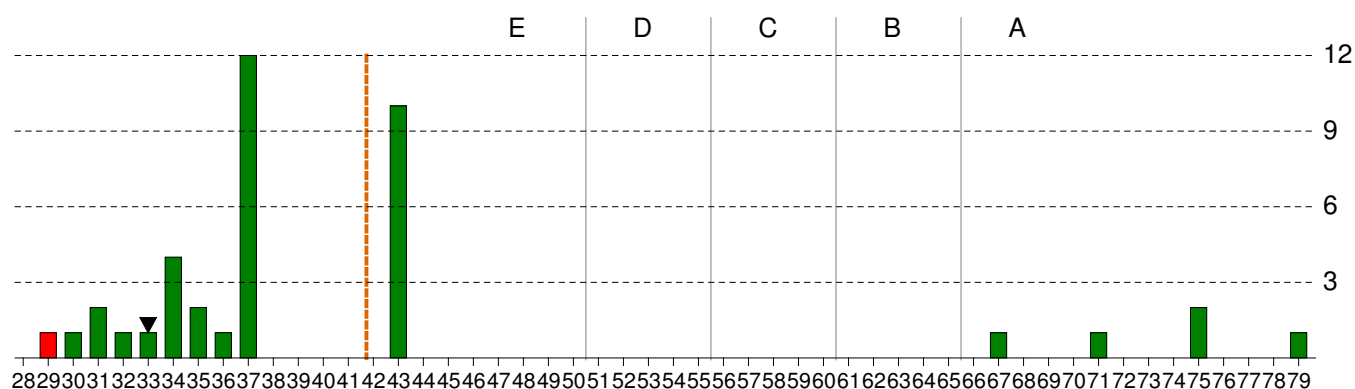
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
|----|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| d1 | 11,10 | 0,00 | 633,00 | 66,00 | - | 13,00 | 0,00 |
| f1 | 14,46 | 3,00 | 160,00 | 42,00 | - | 13,00 | 0,00 |
| f2 | 14,46 | 3,00 | 65,00 | 65,00 | - | 13,00 | 0,00 |
| f3 | 17,83 | 3,70 | 15,00 | 34,00 | - | 13,00 | 9,00 |
| f4 | 10,95 | 3,70 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |

| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigacion ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 4 de 12 | Hoja 13 |

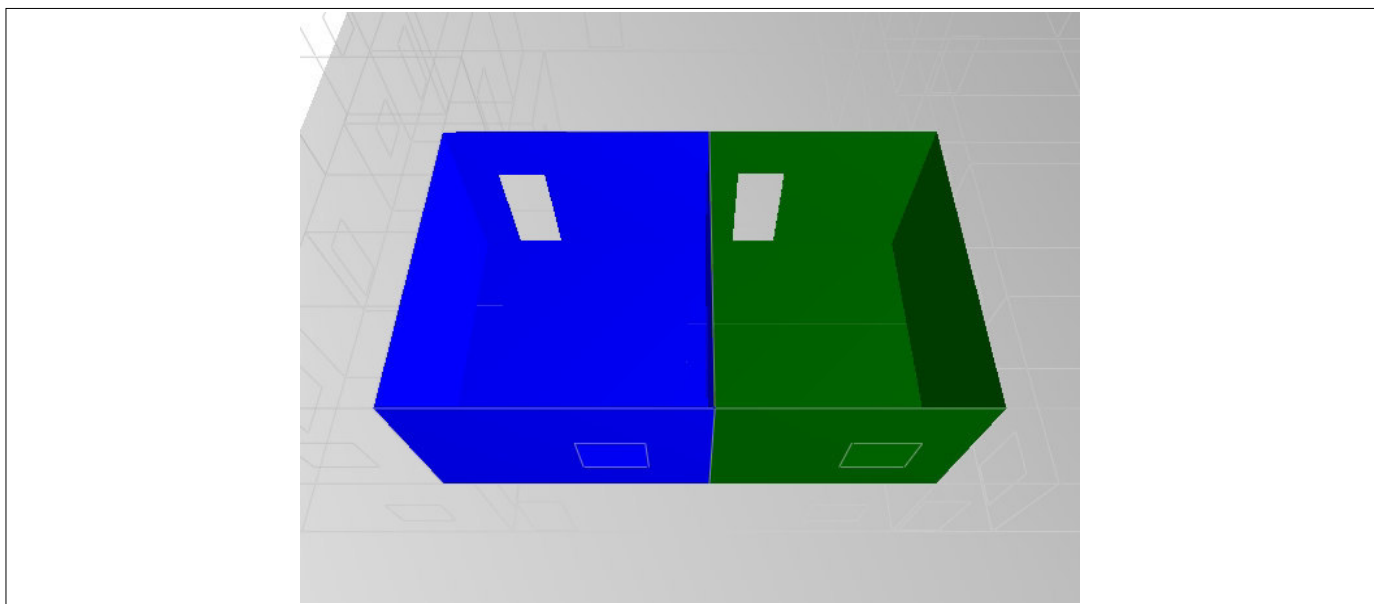
| Ventanas, Puertas y Capialzados | | | | |
|---------------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Descriptor | S [m ²] | R _A [dBA] | C _{tr} [dB] | R _A [dBA] |
| Sen_OSC/NP4-(6...16)-4 | 3,50 | 31,00 | -5,00 | -1,00 |

| CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|---------|-----------|--------------|
| | | Cálculo | Requisito | Cumplimiento |
| Aislamiento a Ruido Aéreo | D _{2m,nT,Atr} [dBAtr] | 33 | 30 | CUMPLE |

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



| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigacion ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 5 de 12 | Hoja 14 |



RECINTO EMISOR

| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
|---------------------------|--------|---------------|---------------------|
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.CMTE | 62,48 |

Soluciones Constructivas

| | |
|----|---|
| D1 | RI15+LHD115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |
| F1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| F2 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| F3 | S4+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |
| F4 | RI15+LHD115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |
| F5 | PSMMW50+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |

Parámetros Acústicos

| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
|----|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| D1 | 14,46 | 0,00 | 160,00 | 42,00 | - | 13,00 | 0,00 |
| F1 | 0,67 | 1,86 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| F2 | 1,07 | 2,96 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| F3 | 12,99 | 3,00 | 633,00 | 66,00 | - | 13,00 | 0,00 |
| F4 | 12,99 | 3,00 | 160,00 | 42,00 | - | 13,00 | 0,00 |
| F5 | 20,83 | 4,82 | 15,00 | 34,00 | - | 13,00 | 9,00 |

RECINTO RECEPTOR

| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------------|
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.SUB.MAYOR | 53,50 |

Soluciones Constructivas

| | |
|----|---|
| d1 | RI15+LHD115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |
| f1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| f2 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| f3 | S4+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |
| f4 | RI15+LHD115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |
| f5 | PSMMW50+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |

Parámetros Acústicos

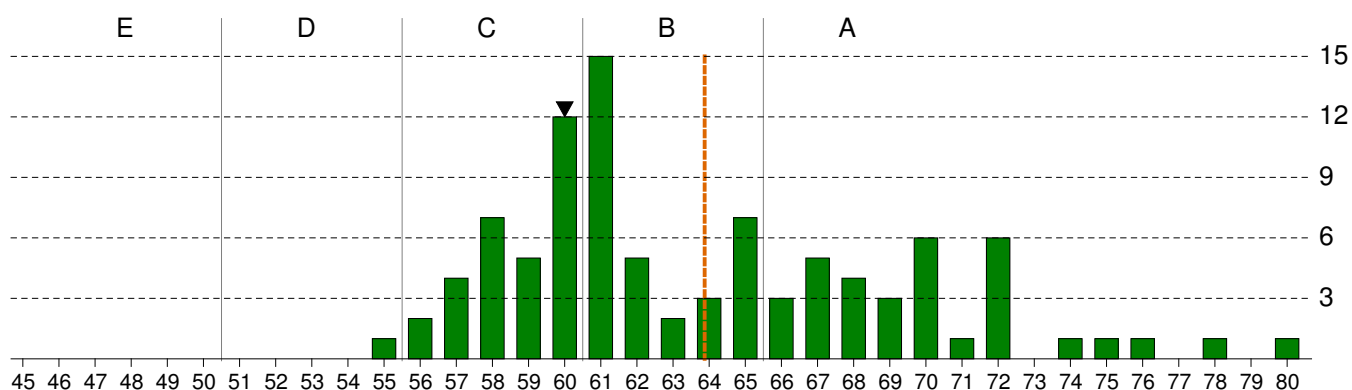
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
|----|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| d1 | 14,46 | 0,00 | 160,00 | 42,00 | - | 13,00 | 0,00 |
| f1 | 6,88 | 1,86 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| f2 | 10,95 | 2,96 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| f3 | 11,10 | 3,00 | 633,00 | 66,00 | - | 13,00 | 0,00 |

| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigacion ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 5 de 12 | Hoja 15 |

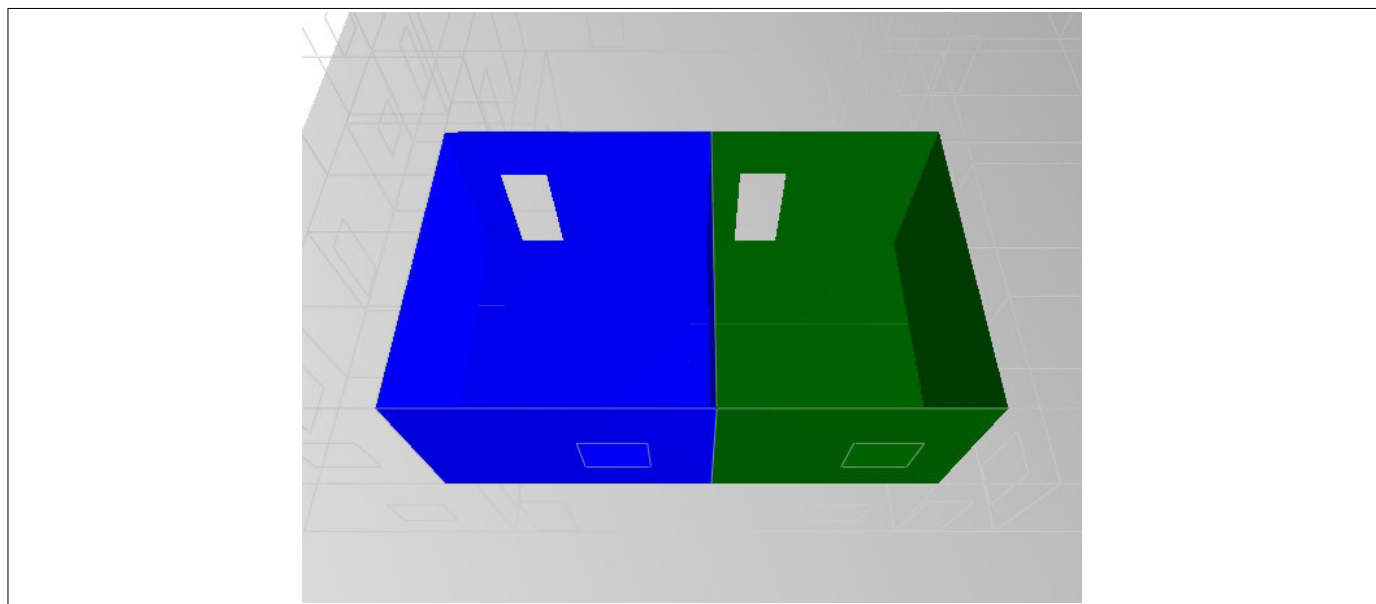
| Parámetros Acústicos | | | | | | | |
|----------------------|-----------|---------|---------------|-------------|----------------|-------------|------------|
| | $S [m^2]$ | $l [m]$ | $m' [kg/m^2]$ | $R_A [dBA]$ | $L_{n,w} [dB]$ | $R_A [dBA]$ | $L_w [dB]$ |
| f4 | 11,10 | 3,00 | 160,00 | 42,00 | - | 13,00 | 0,00 |
| f5 | 17,83 | 4,82 | 15,00 | 34,00 | - | 13,00 | 9,00 |

| CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR | | | | |
|--------------------------------------|--|-----------------|-----------|---------------|
| | | Cálculo | Requisito | Cumplimiento |
| Aislamiento a Ruido Aéreo | | $D_{nT,A}[dBA]$ | 60 | 50 |
| | | | | CUMPLE |

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



| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigacion ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 6 de 12 | Hoja 16 |



| RECINTO EMISOR | | | |
|---------------------------|--------|---------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.CMTE | 62,48 |

| Soluciones Constructivas | |
|--------------------------|--|
| F1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |

| Parámetros Acústicos | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
| F1 | 0,67 | 1,86 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |

| RECINTO RECEPTOR | | | |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.SUB.MAYOR | 53,50 |

| Soluciones Constructivas | |
|--------------------------|---|
| f1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| f2 | RI15+LHD115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |

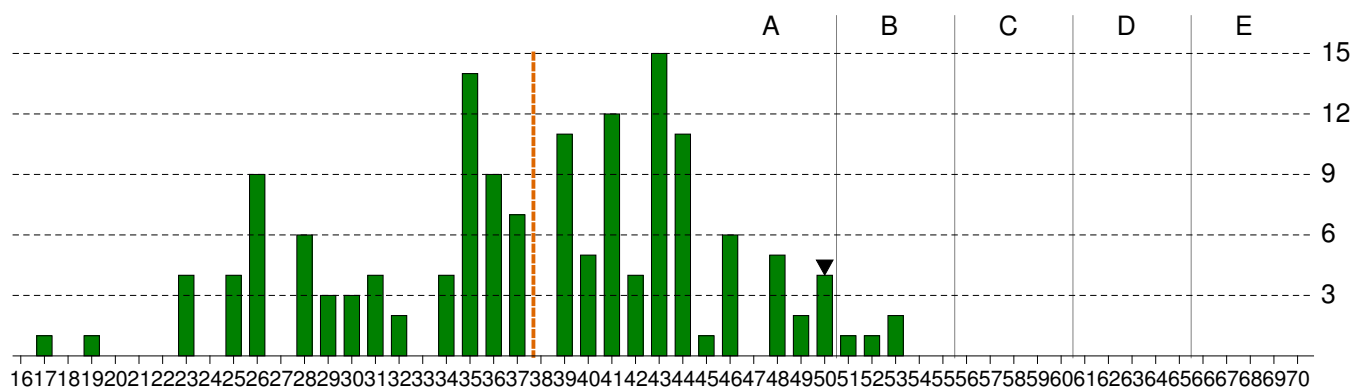
| Parámetros Acústicos | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
| f1 | 6,88 | 1,86 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| f2 | 14,46 | 1,86 | 160,00 | 42,00 | - | 13,00 | 0,00 |

| CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR | | | | |
|---------------------------------------|--------------|---------|-----------|---------------|
| | | Cálculo | Requisito | Cumplimiento |
| Nivel de Presión de Ruido de Impactos | L' nT,w [dB] | 50 | 65 | CUMPLE |

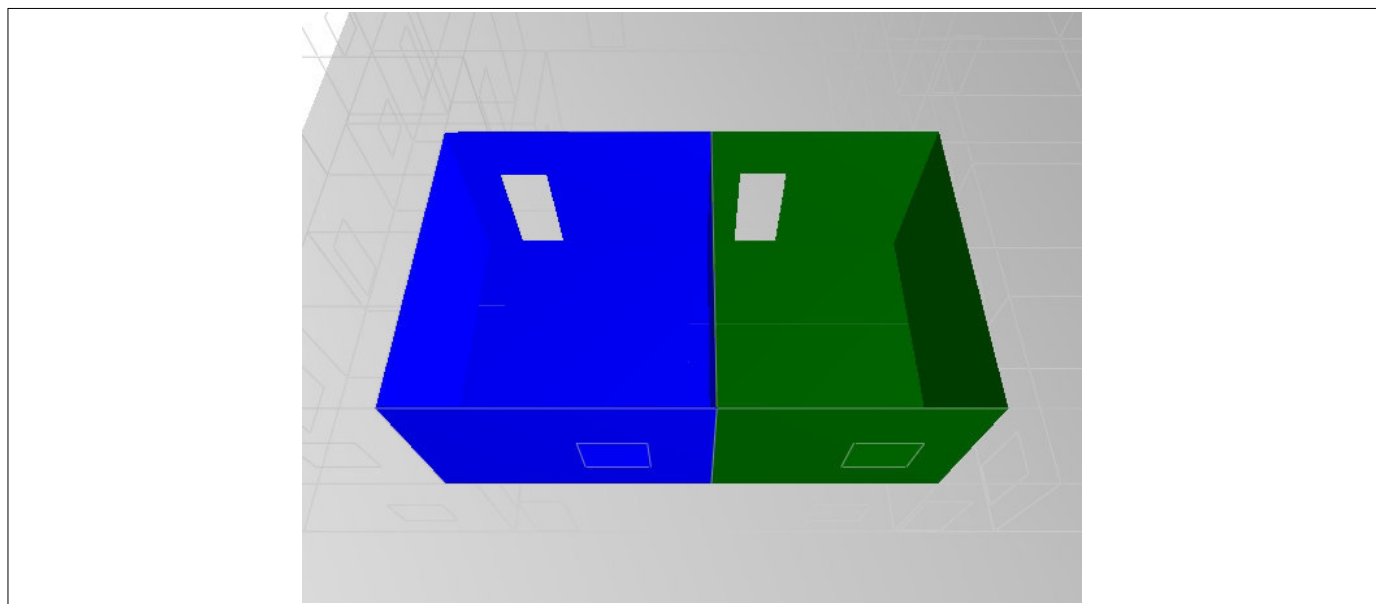
| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigacion ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 6 de 12 | Hoja 17 |

HISTOGRAMAS

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



| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigacion ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 7 de 12 | Hoja 18 |



| RECINTO EMISOR | | | |
|---------------------------|--------|---------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.CMTE | 62,48 |

| Soluciones Constructivas | |
|--------------------------|--|
| F1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |

| Parámetros Acústicos | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
| F1 | 1,07 | 2,96 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |

| RECINTO RECEPTOR | | | |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.SUB.MAYOR | 53,50 |

| Soluciones Constructivas | |
|--------------------------|---|
| f1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| f2 | RI15+LHD115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |

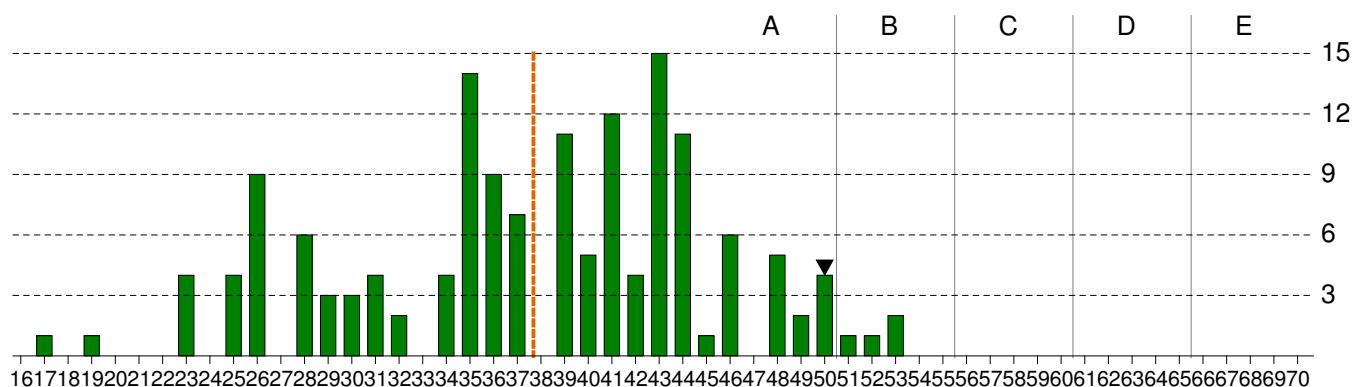
| Parámetros Acústicos | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
| f1 | 10,95 | 2,96 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| f2 | 14,46 | 2,96 | 160,00 | 42,00 | - | 13,00 | 0,00 |

| CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR | | | | |
|---------------------------------------|--------------|---------|-----------|---------------|
| | | Cálculo | Requisito | Cumplimiento |
| Nivel de Presión de Ruido de Impactos | L' nT,w [dB] | 50 | 65 | CUMPLE |

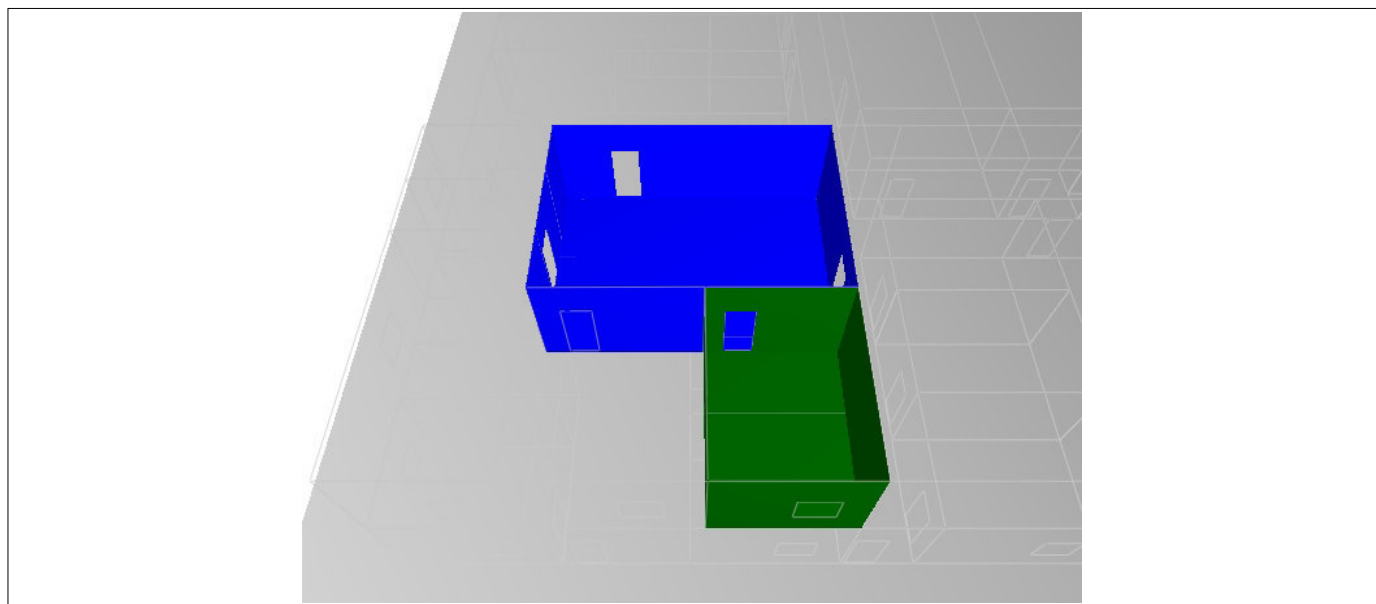
| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigacion ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 7 de 12 | Hoja 19 |

HISTOGRAMAS

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



| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigacion ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 8 de 12 | Hoja 20 |



RECINTO EMISOR

| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
|-----------------|--------|---------------|---------------------|
| Habitable | | 1º ASEO | 137,44 |

Soluciones Constructivas

| | |
|----|--|
| D1 | RI15+LHD115+RI15(med) |
| F1 | RI15+LHD115+RI15(med) |
| F2 | YL2x15+ATMW70+YL12,5+SP+ATMW70+YL2x15(PL) |
| F3 | PSMMW50+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |
| F4 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |

Parámetros Acústicos

| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
|----|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| D1 | 11,10 | 0,00 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| F1 | 12,99 | 3,00 | 160,00 | 42,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| F2 | 17,10 | 3,00 | 65,00 | 65,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| F3 | 45,81 | 3,70 | 15,00 | 34,00 | - | 13,00 | 9,00 |
| F4 | 1,87 | 3,70 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |

RECINTO RECEPTOR

| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------------|
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.SUB.MAYOR | 53,50 |

Soluciones Constructivas

| | |
|----|---|
| d1 | RI15+LHD115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |
| f1 | RI15+LHD115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |
| f2 | YL2x15+ATMW70+YL12,5+SP+ATMW70+YL2x15(PL)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |
| f3 | PSMMW50+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |
| f4 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |

Parámetros Acústicos

| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
|----|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| d1 | 11,10 | 0,00 | 160,00 | 42,00 | - | 13,00 | 0,00 |
| f1 | 14,46 | 3,00 | 160,00 | 42,00 | - | 13,00 | 0,00 |
| f2 | 14,46 | 3,00 | 65,00 | 65,00 | - | 13,00 | 0,00 |
| f3 | 17,83 | 3,70 | 15,00 | 34,00 | - | 13,00 | 9,00 |
| f4 | 6,88 | 3,70 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |

Documento Básico HR Protección frente al ruido

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

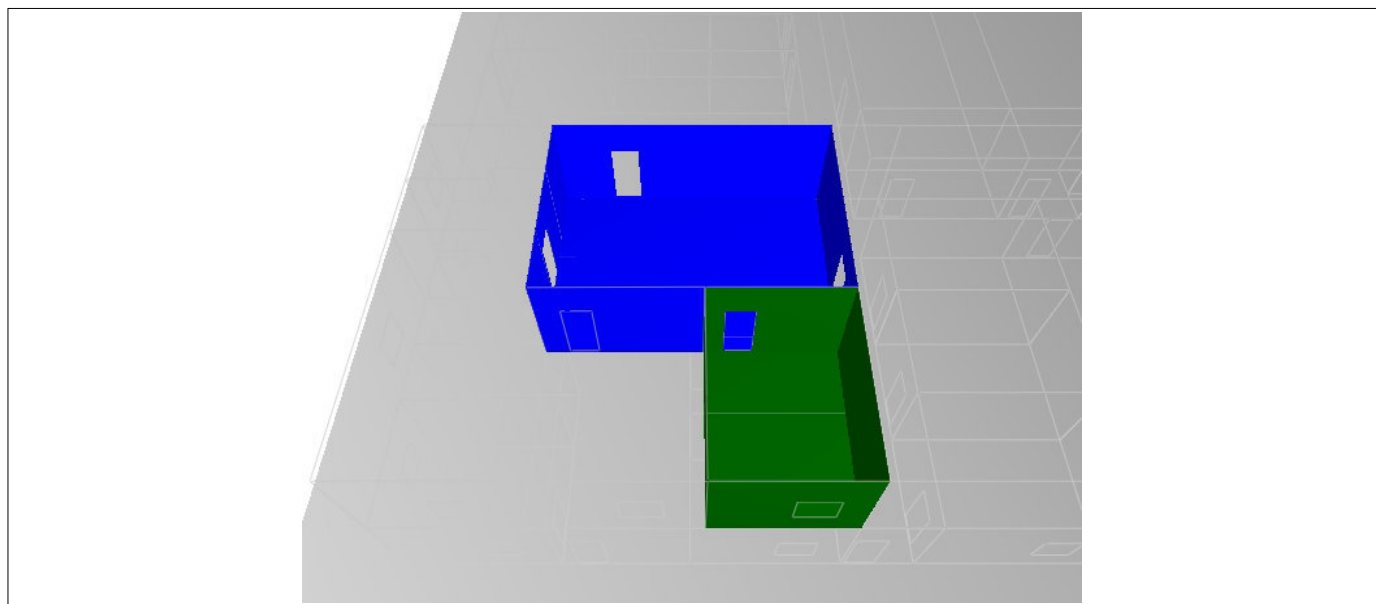
SONarchitect Profesional

| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigacion ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 8 de 12 | Hoja 21 |

| Ventanas, Puertas y Capialzados | | | | |
|---------------------------------|---------------------|----------|----------|----------|
| Descriptor | S [m ²] | RA [dBA] | Ctr [dB] | RA [dBA] |
| Puerta (30dB) | 1,72 | 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=55,00 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 | Edificio de investigacion ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 9 de 12 | Hoja 22 |



| RECINTO EMISOR | | | |
|-----------------|--------|---------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Habitable | | 1º ASEO | 137,44 |

| Soluciones Constructivas | |
|--------------------------|--|
| F1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |

| Parámetros Acústicos | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
| F1 | 1,87 | 3,70 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |

| RECINTO RECEPTOR | | | |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.SUB.MAYOR | 53,50 |

| Soluciones Constructivas | |
|--------------------------|---|
| f1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| f2 | RI15+LHD115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |

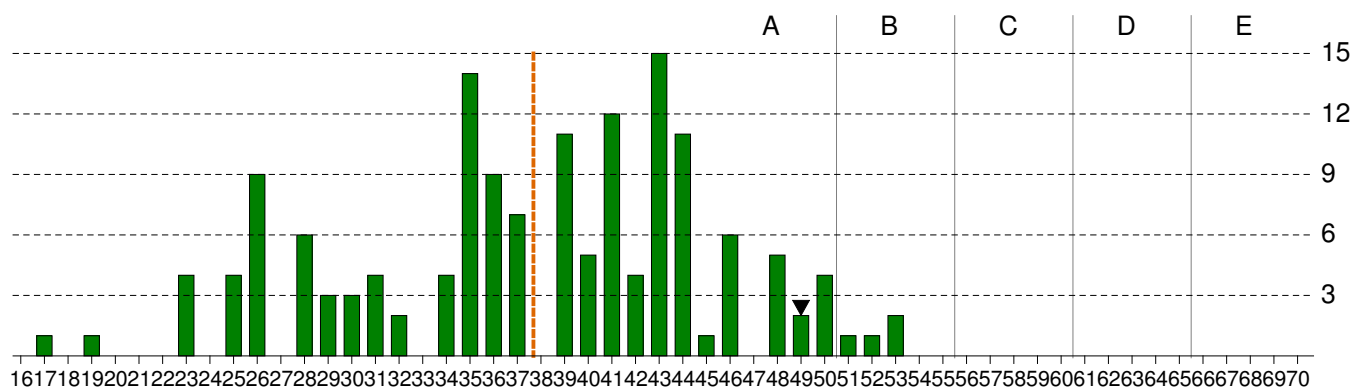
| Parámetros Acústicos | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
| f1 | 6,88 | 3,70 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| f2 | 11,10 | 3,70 | 160,00 | 42,00 | - | 13,00 | 0,00 |

| CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR | | | | |
|---------------------------------------|--------------|---------|-----------|---------------|
| | | Cálculo | Requisito | Cumplimiento |
| Nivel de Presión de Ruido de Impactos | L' nT,w [dB] | 49 | 65 | CUMPLE |

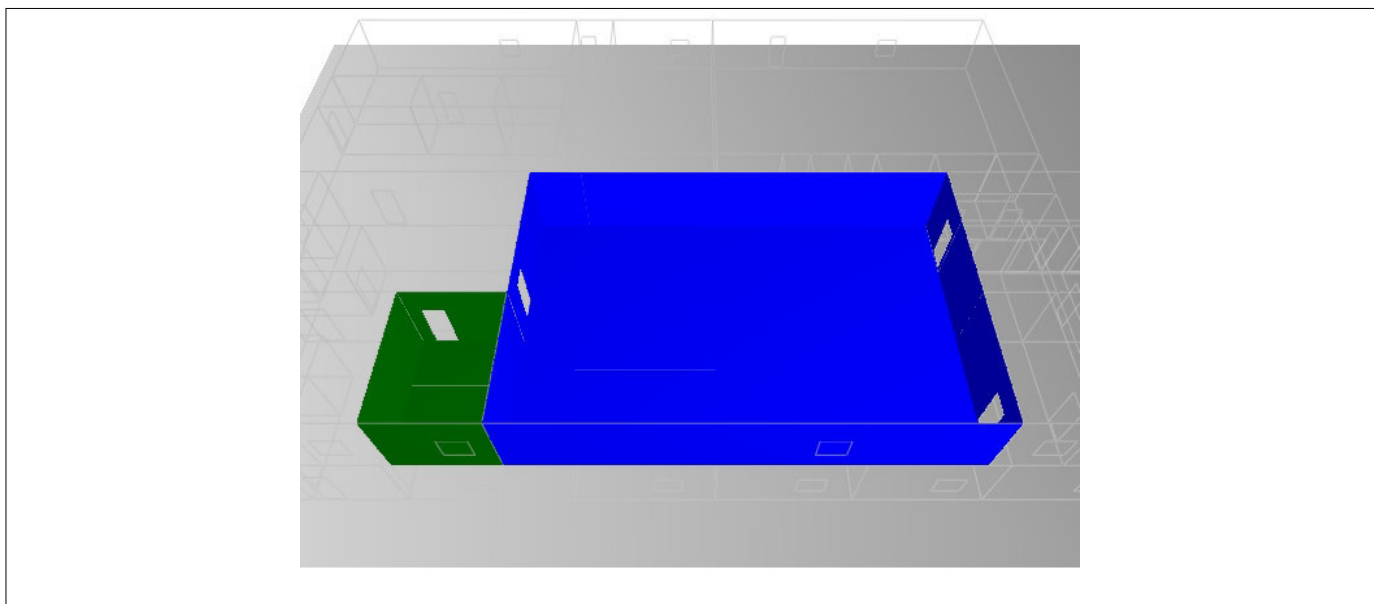
| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigacion ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 9 de 12 | Hoja 23 |

HISTOGRAMAS

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



| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigacion ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 10 de 12 | Hoja 24 |



RECINTO EMISOR

| | | | |
|-------------------------|--------|--------------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Actividad/Instalaciones | | 1º LOCAL DE ENSAYO | 502,48 |

Soluciones Constructivas

| | |
|----|--|
| D1 | YL2x15+ATMW70+YL12,5+SP+ATMW70+YL2x15(PL) |
| F1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW30(m=350kg/m ²) |
| F2 | YL2x15+ATMW70+YL12,5+SP+ATMW70+YL2x15(PL) |
| F3 | S1 |
| F4 | PSMMW50+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |

Parámetros Acústicos

| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
|----|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| D1 | 14,46 | 0,00 | 65,00 | 65,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| F1 | 20,91 | 1,86 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 33,00 |
| F2 | 17,10 | 3,00 | 65,00 | 65,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| F3 | 47,85 | 3,00 | 634,00 | 66,00 | - | 0,00 | 0,00 |
| F4 | 167,49 | 4,82 | 15,00 | 34,00 | - | 13,00 | 9,00 |

RECINTO RECEPTOR

| | | | |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.SUB.MAYOR | 53,50 |

Soluciones Constructivas

| | |
|----|---|
| d1 | YL2x15+ATMW70+YL12,5+SP+ATMW70+YL2x15(PL)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |
| f1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| f2 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| f3 | S4+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |
| f4 | RI15+LHD115+RI15(med)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |
| f5 | PSMMW50+YL15+ATMW50+C100(m=350kg/m ²) |

Parámetros Acústicos

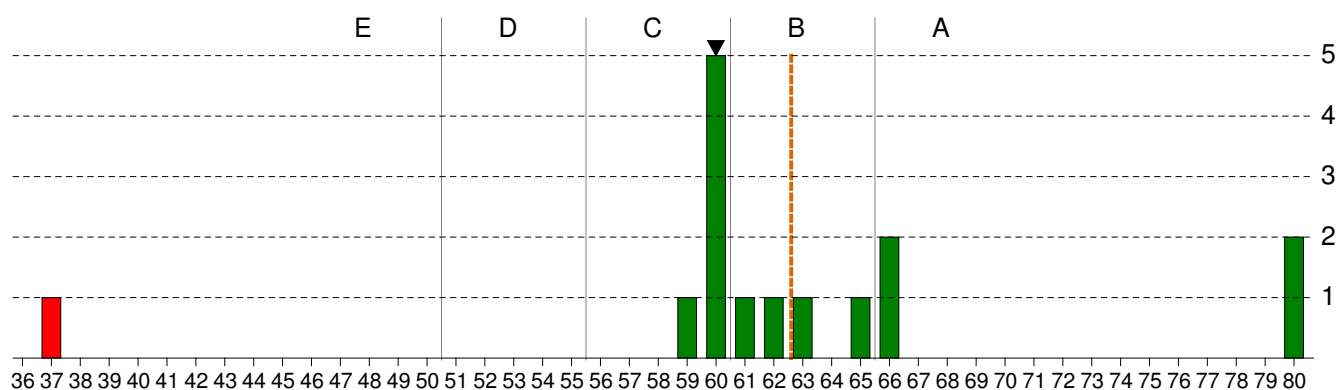
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
|----|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| d1 | 14,46 | 0,00 | 65,00 | 65,00 | - | 13,00 | 0,00 |
| f1 | 6,88 | 1,86 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| f2 | 10,95 | 2,96 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 30,00 |
| f3 | 11,10 | 3,00 | 633,00 | 66,00 | - | 13,00 | 0,00 |
| f4 | 11,10 | 3,00 | 160,00 | 42,00 | - | 13,00 | 0,00 |
| f5 | 17,83 | 4,82 | 15,00 | 34,00 | - | 13,00 | 9,00 |

| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigacion ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 10 de 12 | Hoja 25 |

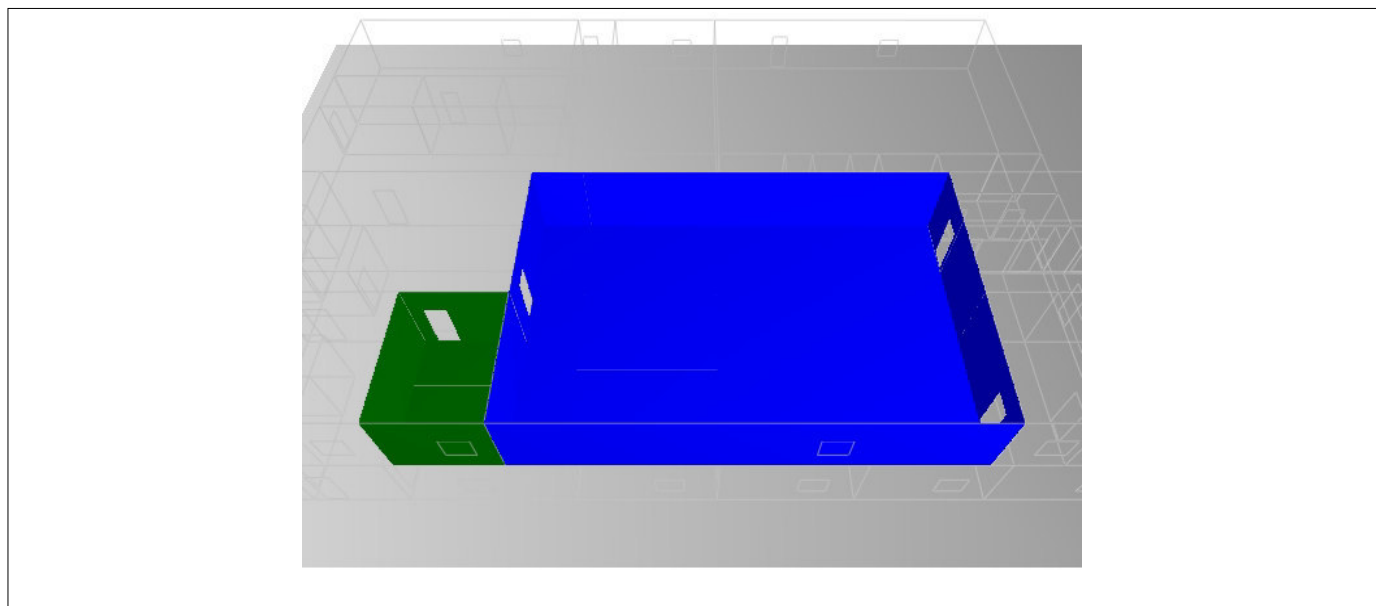
| Parámetros Acústicos | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |

| CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------|---------|-----------|---------------|
| | | Cálculo | Requisito | Cumplimiento |
| Aislamiento a Ruido Aéreo | D _{nT,A} [dBA] | 60 | 55 | CUMPLE |

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



| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigación ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 11 de 12 | Hoja 26 |



| RECINTO EMISOR | | | |
|-------------------------|--------|--------------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Actividad/Instalaciones | | 1º LOCAL DE ENSAYO | 502,48 |

| Soluciones Constructivas | |
|--------------------------|--|
| F1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW30(m=350kg/m ²) |

| Parámetros Acústicos | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
| F1 | 20,91 | 1,86 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 33,00 |

| RECINTO RECEPTOR | | | |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.SUB.MAYOR | 53,50 |

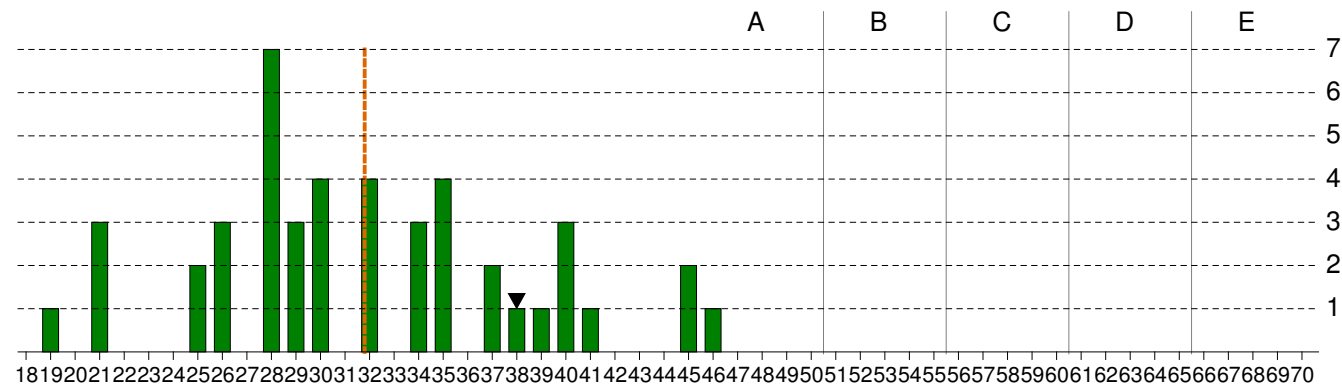
| Soluciones Constructivas | |
|--------------------------|---|
| f1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| f2 | YL2x15+ATMW70+YL12,5+SP+ATMW70+YL2x15(PL)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |

| Parámetros Acústicos | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
| f1 | 6,88 | 1,86 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 33,00 |
| f2 | 14,46 | 1,86 | 65,00 | 65,00 | - | 13,00 | 0,00 |

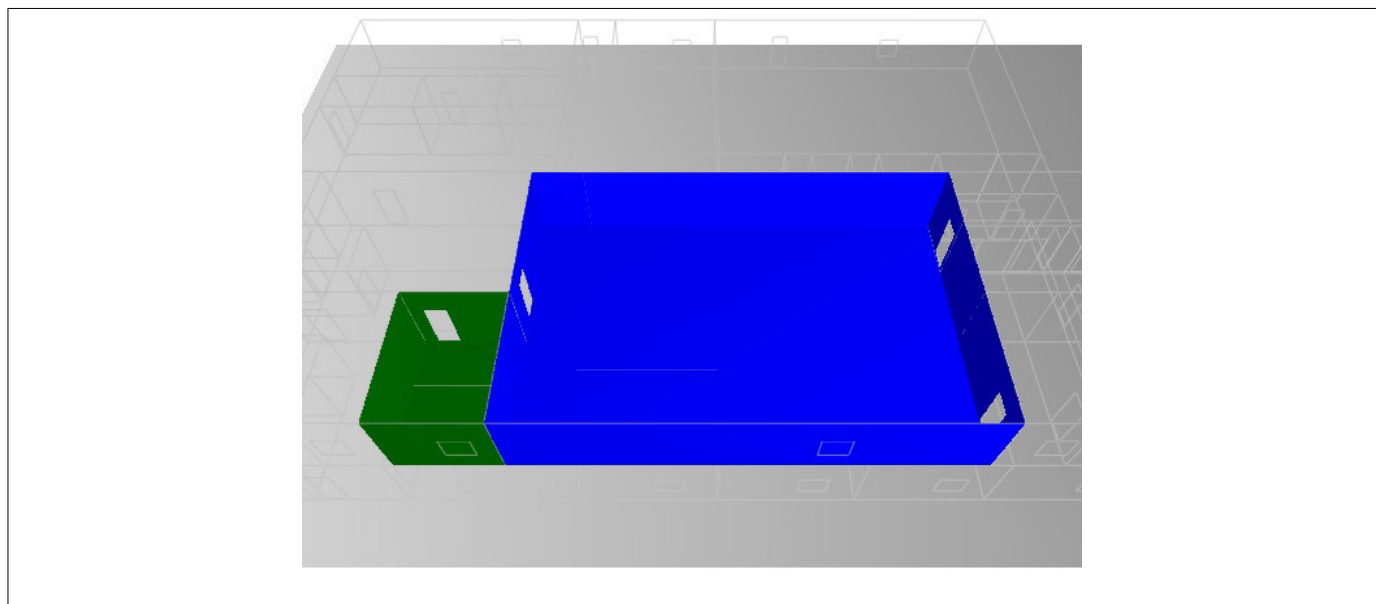
| CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR | | | | |
|---------------------------------------|--------------|---------|-----------|---------------|
| | | Cálculo | Requisito | Cumplimiento |
| Nivel de Presión de Ruido de Impactos | L' nT,w [dB] | 38 | 60 | CUMPLE |

| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigacion ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 11 de 12 | Hoja 27 |

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



| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|----------------|
| Proyecto | Edificio de investigación ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 12 de 12 | Hoja 28 |



| RECINTO EMISOR | | | |
|-------------------------|--------|--------------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Actividad/Instalaciones | | 1º LOCAL DE ENSAYO | 502,48 |

| Soluciones Constructivas | |
|--------------------------|--|
| F1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW30(m=350kg/m ²) |

| Parámetros Acústicos | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
| F1 | 20,91 | 2,96 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 33,00 |

| RECINTO RECEPTOR | | | |
|---------------------------|--------|-----------------|---------------------|
| Tipo de Recinto | Nombre | Unidad de Uso | V [m ³] |
| Estancia cult/doc/admin/r | | 1º OF.SUB.MAYOR | 53,50 |

| Soluciones Constructivas | |
|--------------------------|---|
| f1 | INCO70.4 H140+AC+M50+ARMW20(m=350kg/m ²) |
| f2 | YL2x15+ATMW70+YL12,5+SP+ATMW70+YL2x15(PL)+YL15+MW48+SP(160<m=180kg/m ²) |

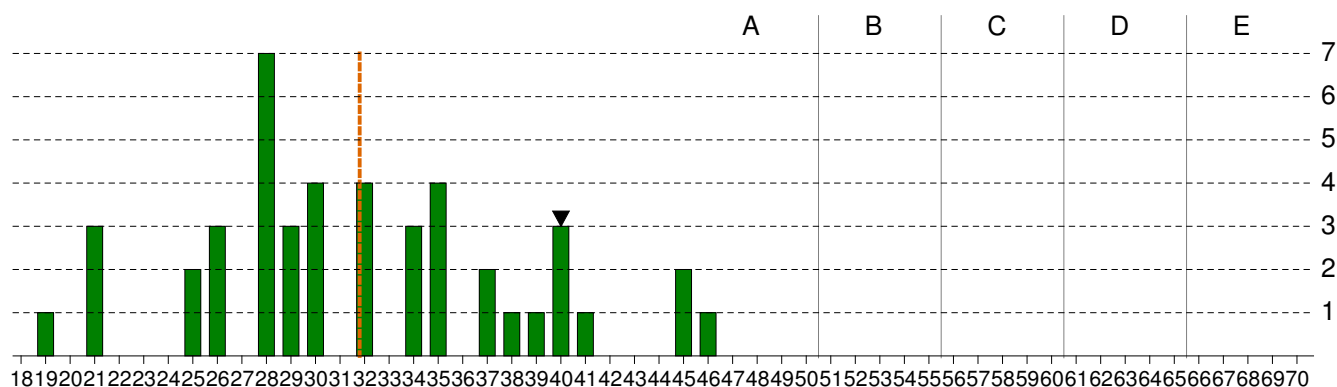
| Parámetros Acústicos | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|-------|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | S [m ²] | l [m] | m' [kg/m ²] | R _A [dBA] | L _{n,w} [dB] | R _A [dBA] | L _w [dB] |
| f1 | 10,95 | 2,96 | 244,00 | 46,00 | 89,00 | 8,00 | 33,00 |
| f2 | 14,46 | 2,96 | 65,00 | 65,00 | - | 13,00 | 0,00 |

| CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DEL DB HR | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------|---------|-----------|---------------|
| | | Cálculo | Requisito | Cumplimiento |
| Nivel de Presión de Ruido de Impactos | L' _{nT,w} [dB] | 40 | 60 | CUMPLE |

| | | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------|-------------|-------------|----|
| Proyecto | Edificio de investigacion ENM | 06/03/2017 | Ref. | | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Ficha | 12 de 12 | Hoja | 29 |

HISTOGRAMAS

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



| | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|-------------------|-------------|----|
| Proyecto | Edificio de investigacion ENM | 06/03/2017 | Ref. | |
| Autor | Francisco Javier Rodríguez Rodríguez | Mediciones | Hoja | 30 |

RESULTADOS DEL CALCULO DEL TIEMPO DE REVERBERACION

| Recinto | Tipo | V [m3] | T30 [s] | Req. | Cumplimiento |
|--------------------------|---------------------------|--------|---------|------|------------------|
| Recinto 3 (0ºPAÑOL) | Aulas y salas de conferen | 211,26 | 3,97 | 0,7 | NO CUMPLE |
| Recinto 5 (0ºPAÑOL) | Aulas y salas de conferen | 268,15 | 4,17 | 0,7 | NO CUMPLE |
| Recinto 8 (0ºPAÑOL) | Aulas y salas de conferen | 28,20 | 0,66 | 0,7 | CUMPLE |
| Recinto 10 (0ºPAÑOL) | Aulas y salas de conferen | 28,26 | 0,66 | 0,7 | CUMPLE |
| Recinto 12 (0ºPASILLO) | Uso Común | 261,73 | 0,66 | 0,8 | CUMPLE |
| Recinto 13 (0ºSALA REUNI | Aulas y salas de conferen | 54,24 | 0,54 | 0,7 | CUMPLE |
| Recinto 14 (0ºSALA REUNI | Aulas y salas de conferen | 50,60 | 0,66 | 0,7 | CUMPLE |
| Recinto 15 (0ºSALA REUNI | Aulas y salas de conferen | 54,24 | 0,67 | 0,7 | CUMPLE |
| Recinto 23 (0º) | Uso Común | 12,75 | 0,64 | 0,8 | CUMPLE |
| Recinto 32 (1ºSALA REUNI | Aulas y salas de conferen | 73,26 | 0,67 | 0,7 | CUMPLE |
| Recinto 41 (1ºPASILLO) | Uso Común | 120,00 | 0,67 | 0,8 | CUMPLE |