



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
INGENIERÍA DE
EDIFICACIÓN

PFG 24. ESTUDIO CALIDAD ACÚSTICA

IGLESIA SAGRADA FAMILIA

Grado en Ingeniería de Edificación
Modalidad: Científico-técnico

Alumno:
FERNANDO ESPAÑA MONEDERO

Dirigido por:
D. Vicente Gómez Lozano
D^a Salvadora Reig García-San Pedro

Julio de 2012



Agradecimientos

A mi familia, por apoyarme y confiar en mí durante cuatro años de duro trabajo, a mis compañeros y amigos por los valores que me han infundido, y a mi novia, por el cariño y motivación que me ha dado.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	
1.1. Justificación del proyecto	7
1.2. Evolución de la acústica en las iglesias	8
2. OBJETIVOS	13
3. IGLESIA SAGRADA FAMILIA	
3.1. Introducción	17
3.2. Situación y entorno	17
3.3. Descripción	18
3.4. Materiales	21
4. CONCEPTOS BÁSICOS DE LA ACÚSTICA	
4.1. Definición del sonido	27
4.2. Propagación del sonido	27
4.3. Frecuencia del sonido	27
4.4. Definiciones y fórmulas utilizadas en proyecto	28
5. INSTRUMENTACIÓN	35
6. NORMATIVA	
6.1. Introducción	41
6.2. Objetivos	41
6.3. Datos previos	41
6.4. Zonificación y exigencias	43
6.5. Ordenanza municipal Alzira	45
7. ESTUDIO ACÚSTICO	
7.1. Medición “in situ” de aislamiento a ruido aéreo	51
7.2. Fichas cumplimiento CTE	66
7.3. Curvas referencia Noise Criteria	74
7.4. Medición “in situ” tiempos de reverberación	76
7.5. Análisis parámetros obtenidos	86
8. SIMULACIÓN MEDIANTE SOFTWARE	
8.1. Utilización software	95
8.2. Datos obtenidos	99
8.3. Conclusión	101

9. INTERVENCIÓN GEOMÉTRICA DE ACÚSTICA EN SALA PRINCIPAL	
9.1. Presentación de la mejora	105
9.2. Características y forma de la mejora	105
9.3. Estudio económico	108
9.4. Datos obtenidos en la simulación	111
9.5. Conclusión	114
10. CONCLUSIÓN PFG	115
11. BIBLIOGRAFÍA	116
12. ANEXOS	
12.1. Planos	119
12.2. Tabla de datos	125
12.3. Gráficos DnT	131
12.4. Catálogo De materiales	139
12.5. Renders	153



1. INTRODUCCIÓN





1.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El motivo por el que realizar este proyecto es la importancia creciente que está acometiendo en nuestra sociedad actual, y con los tiempos difíciles que pasamos, de adentrarnos en el campo de la sostenibilidad y la eficiencia energética en la edificación. Estos conceptos, que pueden parecer nacidos de algún movimiento verde en contra del cambio climático y la contaminación, aunque no desencaminados, nada tienen que ver. Realmente la eficiencia energética es un camino que nos lleva a una mejora de las prestaciones de un determinado recinto, el ahorro energético en pos de un futuro limpio en el que no derrochar excesivos materiales para un determinado elemento constructivo. En cierto modo, nos encauza hacia una utilización de los medios en su justa medida y que nos puede dar unos mejores resultados con menos.

En nuestro caso, la calidad acústica de una edificación también forma parte de una requerida eficiencia energética y que como ya he dicho, se acrecenta en nuestra sociedad y más con la llegada del CTE DB HR, el cual nos sirve de guía para atender a las nuevas necesidades acústicas de la edificación. Se pueden ver edificios que fueron construidos hace 80 años, que actualmente se están rehabilitando y sus cerramientos están adoptando las medidas requeridas por la nueva normativa contra ruido. Y no por tratarse de una normativa, conlleva el hecho de ser algo obligatoriamente malo, el aislamiento acústico del exterior de un edificio, la acústica en su interior son conceptos que indican un aumento de la mejora en la calidad de vida para las personas y que en el mayor de los casos se demanda.

Hay que decir que el hecho de que la eficiencia energética, en calidad de acústica, haya ganado importancia en la sociedad no es nada nuevo ni mucho menos puesto que es una necesidad, no nueva de ahora si no de hace siglos. Actualmente si bien se pueden aplicar nuevas metodologías de construcción, existen fórmulas para conocer el tiempo de reverberación de un recinto, la calidez, el brillo, la difusión entre paramentos, la absorción... términos que en la antigüedad se desconocían pero ya se tenían en cuenta sin saber. Más adelante hablaré de ellos.

Si me dirijo a mi caso en concreto, que no se trata de un bloque de viviendas donde existen una cantidad de ruidos, impactos, vibraciones molestas por parte de aparatos, vecinos, etc... sino que se trata de una iglesia.

El concepto de acústica en una iglesia toma otro rumbo diferente al mencionado en un bloque de viviendas. Una iglesia no va a tener problemas de sonidos producidos por los vecinos que arrastran muebles o por el aparato de aire acondicionado del vecino del tercero...

En una iglesia toma gran importancia el concepto de la reverberación, el tiempo que tarda el sonido en desaparecer cuando es producido en las palabras que trata de transmitir el párroco. En compañía de la reverberación, viene también con gran papel, el volumen en espacio abierto de los templos, puesto que cuanto más grande es, mayor reverberación tendrá. Durante siglos se han construido catedrales, iglesias... las cuales cada vez eran más grandes y que tenían consigo un mayor espacio en la base principal, el cual daba la función de, además de abarcar mayor número de feligreses, de conseguir mayor volumen; ya que por

aquellos tiempos, aun sin conocer las reglas de la física acústica como se conocen actualmente, podían apreciar la buena sonoridad.

La palabra transmitida con cierta espiritualidad y una buena sonoridad de la música junto los coros es aquello que motiva a realizar un estudio donde la acústica y la ciencia pueden ayudar a conseguirlo. “El acercamiento convencional al diseño del carácter acústico en lugares de culto a sido reconocer que ambos: la música y la palabra hablada, con sus divergentes requerimiento acústicos deber tomar lugar en el mismo local pues el rito religioso involucra a ambas.” [Sovik, 1973] Estas palabras nos muestran como en un mismo recinto la acústica debe jugar un mismo papel con la buena sonoridad de la palabra y la calidad sonora de la música.

Mediante este estudio de la calidad acústica en la iglesia de la sagrada familia de Alzira, podré obtener datos con lo que realizar una valoraciones que asegurarán si el templo esta construido con la idoneidad para cumplir dichas exigencias que vienen demandándose en estos centros litúrgicos.

1.2. EVOLUCIÓN DE LA ACÚSTICA EN LAS IGLESIAS

Hoy en día, los Templos Católicos Romanos siguen los edictos dados por el Concilio Vaticano II, pero en los 20 siglos anteriores, existieron diferentes reglas. Precisamente en servicios religiosos que tuvieron fuertes implicaciones en el ambiente acústico de los templos. El Concilio decidió que los sermones deberían ser dados a la feligresía en su lengua vernácula y que ellos podría cantar durante la ceremonia misma. Estos cambios relevantes en la música y la palabra de los servicio religiosos implicaron una nueva necesidad por una apropiada condición acústica en templos.

Se realizaron varios cambios radicales en la Iglesia Católica, puesto que el idioma en que se realizaban los sermones fue cambiando desde el griego, al latín hasta poder hacerlo en cualquier idioma. Se observa como a través de la historia del templo no hubo una preocupación por entender lo que se decía, por tanto, unas apropiadas condiciones acústicas para la palabra hablada no eran necesarias.

De la misma forma hubieron cambios en la música utilizada durante los servicios religiosos a través del tiempo: desde un rol primordial y trascendente hasta su casi total desaparición. Al inicio del cristianismo, la música fue muy importante, incluso los instrumentos musicales eran permitidos. En el siglo IV la música coral fue permitida en reemplazo de muchos instrumentos musicales. En los siglos VI y VII un nuevo cambio en el repertorio de los templos se da con el desarrollo del canto gregoriano. La contrarreforma, a inicio del siglo XVI, resintió profundamente en la iglesia Católica.

Es de gran importancia conocer y comprender la naturaleza de la liturgia de la Iglesia a través de su historia y las correspondientes cualidades del ambiente sonoro de los templos que realzaron los servicios religiosos a lo largo del tiempo. Durante estos cambios, tal vez las condiciones acústicas fueron totalmente olvidadas o quizás ellas fueron subestimadas ante las consideraciones litúrgicas. Por lo tanto, el estudio de la influencia de los estilos arquitectónicos en las características acústicas de los templos surge como una hipótesis de investigación.



Los templos construidos hace décadas y siglos seguro no cumplen con los requerimientos acústicos de los estilos actuales de rito religiosos y liturgia establecidos por las nuevas normativas, ya que pueden albergar muchas veces techos altos, gran volumen de aire interior y paredes altamente reflectantes. Estas características físico arquitectónicas causan un largo tiempo de reverberación. Además las naves laterales y las pequeñas capillas en ellas, dentro de los grandes templos generan muchas veces acoplamiento acústico, causando problemas debido a la diferencia en los tiempos de reverberación de ambos espacios con la nave central. La forma y material del techo (a dos aguas, con bóvedas de medio punto, corridas y otras, cúpulas, etc.) pueden también causar ecos o energéticas reflexiones de larga demora. Frecuentemente, muchas de estas características arquitectónicas se combinan y causan que los grandes templos tengan estos problemas acústicos.



2. OBJETIVOS





2. OBJETIVOS

El objetivo de este proyecto es realizar un estudio acústico de los diferentes recintos que compone la iglesia, haciendo especial hincapié en la sala principal de la misma, donde se desarrolla la actividad principal.

Se pretende realizar pruebas para medir el aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas y el aislamiento acústico a ruido aéreo entre locales. Para ello se utilizarán aparatos e instrumentos de especiales características diseñadas para estas pruebas y que serán también motivo de análisis, ya que el proyecto también viene enfocado al aprendizaje y manejo de los principales instrumentos destinados a los estudios acústicos.

Con estos aparatos obtendremos, además de los valores de aislamiento mencionados, valores de tiempo de reverberación y diferentes parámetros derivados de este.

Por otra parte, será motivo de estudio la normativa que se sea de aplicación a la iglesia, ya que en principio nos viene la mente el código técnico en su documento básico HR, pero debido a la peculiaridad del edificio y su tipología, se deberá recurrir a las ordenanzas del municipio en cuestión.

Además se llevarán a cabo propuestas en el interior de la iglesia para modificar aquellos valores que puedan ser mejorables en cuanto a la calidad del sonido interior. Para ello utilizaremos y analizaremos software específico para realizar simulaciones.

3. IGLEISA SAGRADA FAMILIA

3.1. INTRODUCCIÓN

La iglesia por el cual tiene motivo este estudio sobre la calidad acústica, es la iglesia sagrada familia de Alzira (Valencia). De construcción reciente, 2007, se puede describir como un templo modesto dedicado a la liturgia para la gente del barrio. No destaca por su gran volumen comparado con otras iglesias de la ciudad, ni otras destacadas a nivel nacional ni mucho menos. En los siguientes puntos hablaré de su ubicación, composición, sus dimensiones, geometría, materiales, su forma tanto en planta como en alzado, ya que se muestra de manera peculiar al resto en cuanto a su planta, por ser de forma abierta y casi circular, y en alzado viene destacando su cubierta nada convencional en forma de planos triangulares.



Figura 1. Fachada principal desde Avda. Padre Pompilio

3.2. SITUACIÓN Y ENTORNO

Se encuentra ubicada en el barrio de l'Alquerieta de Alzira (Valencia), entre la Avda. Padre Pompilio y la calle Trafalgar. Edificación exenta, ya que fue construida en un solar donde a su alrededor no existe otra alguna excepto en su parte izquierda, aunque sin ser colindante a esta. En su parte delantera quedan ambas calles mencionadas y en su lateral derecho y su parte trasera desembocan en un solar de grandes dimensiones. La avenida en cuestión está bastante concurrida de tráfico ya que se trata de una vía que, comunicando con otra avenida adyacente, atraviesa todo el pueblo por un lateral del mismo.

Aunque no a todas horas el nivel de tráfico es denso, concentrándose a las 9:00, las 13:00 y las 19:00 h. La iglesia se sitúa enfrente de una rotonda perteneciente a la avenida, lo que hace que los coches disminuyan la velocidad y por tanto el ruido disminuye teóricamente, ya que se debe tener en cuenta el ruido mecánico de los coches y sobre todo camiones y motocicletas. En la **figura 2** se muestra un pequeña vista general de la zona.



1	Iglesia Sagrada Familia
2	IES Jose M ^a Parra
3	Avda. Padre Pompilio
4	Solar "Campo del Moro"

La iglesia se ubica en un núcleo urbano próximo a la zona industrial, enfrente encontramos el instituto José M^a Parra, uno de los principales de la ciudad en la cual puede haber cabida para 800 alumnos, lo que nos hace pensar que a ciertas horas de la mañana habrá una circulación de gente alta por los alrededores, además de las alarmas del timbre de entrada y salida al mismo.

3.3. DESCRIPCIÓN

La iglesia está dispuesta de una forma que no atiende a los cánones antiguos conforme a la construcción de las iglesias, las cuales se formaban alrededor de la nave central, quedando a los lados las capillas e incluso en forma de cruz se podían albergar otras naves para poder celebrar misa.

La iglesia en cuestión, como ya he dicho modesta, se dispone en un espacio totalmente abierto y sin pilares en las zonas de paso, ya que solo se disponen seis pilares en toda la estructura principal de la iglesia: 4 en forma de V y 2 en forma de T.

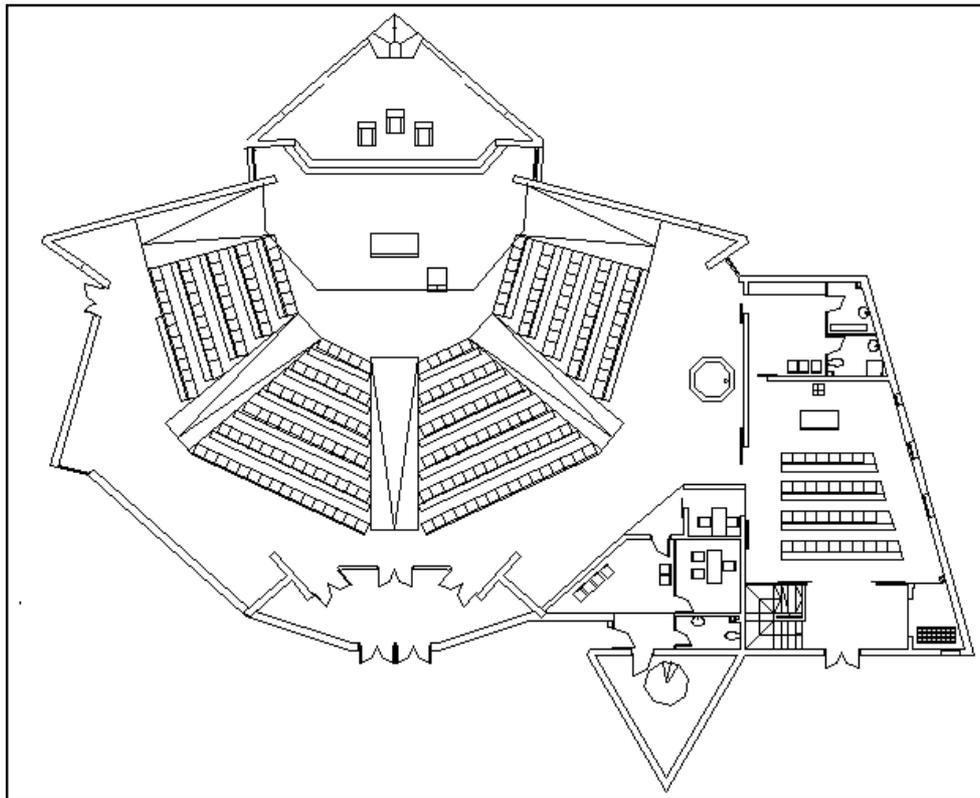


Figura 3. Plano planta general de la iglesia.

La planta es prácticamente semicircular, ya que el altar queda al fondo y formando un semicírculo se disponen las filas de bancos para los fieles. Esta forma recuerda a los antiguos anfiteatros de la época griega, donde estos se construían aprovechando la ligera pendiente de una colina para las filas de asientos, de esta manera el orador, manteniéndose en el centro imaginario de este semicírculo de oyentes, podía transmitir con el mismo nivel sonoro a las personas situadas en la misma fila al existir la misma distancia. Se observa como la sala esta construida en planta con una forma que favorece a la difusión del sonido.

Podemos ver en la planta de la iglesia, concretamente entre las filas de los bancos, como se dispone una pendiente del 3% hacia el altar. En los laterales de la iglesia encontramos material de ensayo del coro, podríamos decir que está dedicado a un posible deambulatorio como antiguamente podría ser conocido, o simplemente una zona de paso hacia la salida o comunicación entre distintas zonas de bancos. La entrada queda definida por un vestíbulo de independencia como comúnmente se denomina hoy en día, aunque si bien puede corresponderse con las entradas a las iglesias de época antigua, esta doble compartimentación ofrece una mejora hacia la calidad acústica en el interior al no tener que abrir y cerrar la puerta del exterior. Destacar de igual manera que existe un altillo encima de este vestíbulo dedicado a la colocación del coro y música instrumental de cuerda (guitarra); para acceder queda dispuesta en la parte izquierda una escalera de caracol de material metálico.

La iglesia está compuesta además por distintas estancias en su parte derecha. Empezando desde la parte superior hacia la inferior, destacamos una habitación dedicada a vestuario del párroco y para su aseo previo a algún acontecimiento o misa; este queda

comunicado con una puerta al recinto siguiente, el cual se trata de la capilla. En esta estancia encontramos un pequeño altar y 4-5 filas dobles de bancos dedicados al rezo. En la misma y al fondo derecho queda situado un confesionario. En la parte derecha de los recintos encontramos ambas zonas de reunión y una estancia mayor de unos 12 m² dedicado a despacho. Destacar brevemente que en la misma capilla existen unas escaleras que comunican a un nivel inferior utilizado como almacén.

TEMPLO	
Nártex	21,35
Recinto Principal	348,86
Presbiterio	106,55
Confesionario	7,60
Despacho 1	12,06
Despacho 2	8,35
Circulación	3,74
Lavabo	3,66
CAPILLA	
Sacristía	13,12
Limpieza	3,68
Lavabo	4,02
Capilla	62,47
Oratorio	18,42
TOTAL	613,88

La cubierta de la iglesia tiene una forma peculiar como ha quedado reflejado en la imagen de la página anterior y en los siguientes planos que se adjuntan. Construida a base de hormigón armado visto en su gran mayoría, exceptuando la parte más alta de la misma, desde la cota +18,00 hasta +21,00 m. y en su parte posterior donde queda toda revestida.

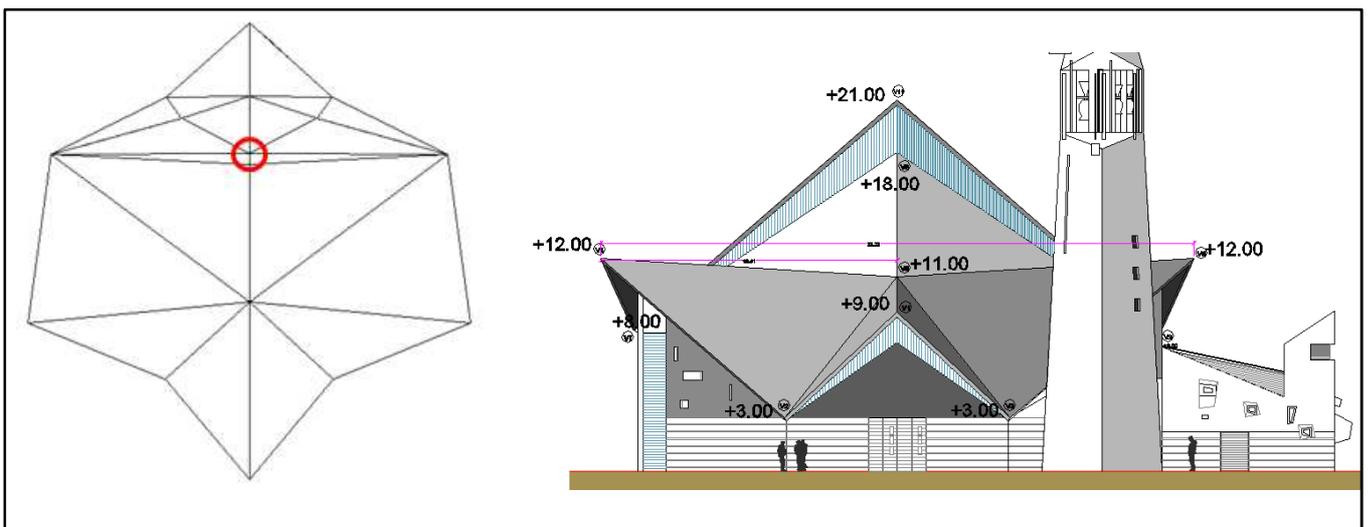


Figura 4. Planta y alzado principal de cubierta.

Este modelo de cubierta puede no seguir los cánones de las antiguas edificaciones de iglesias de una forma, digamos, estricta, pero si que capta la esencia que debían tener

aquellas, y es la altura. Se observa que no alcanza una altura considerable si se compara con cualquier catedral que se precie, pero si sabemos que solo podemos estar dentro de la misma a cota 0,00 m., la cosa es distinta. La esencia que intentaban captar sobre la altura era la idea de llegar a las puertas del cielo, podemos ver como en la entrada principal la cubierta llega a los 9,00 m y que de manera exponencial asciende a los 21,00 m. Si observamos la planta, esta máxima altura (redondeada en rojo) queda situada en la zona del altar donde el orador transmite la palabra y, de manera simbólica, hace llegar al señor.

3.4. MATERIALES

A la hora de elegir los materiales, cabe destacar que el arquitecto habrá tenido en cuenta que aquello que esté construyendo deberá tener una acústica determinada, y por ello que se centrará en materiales mayormente reflectantes y pocos o ninguno porosos. Si tratamos los materiales de forma individualizada y por capítulos encontramos:

3.4.1. Estructura

La estructura esta realizada mediante sistema de estructura de hormigón armado, pilares, vigas y zunchos de hormigón armado y forjado "in situ" De viguetas pretensadas semirresistentes y bovedillas de hormigón con capa de compresión y mallazo en salones parroquiales mientras que en cubierta del templo se resuelve mediante losa de hormigón armado en su parte principal, mientras que la posterior se resuelve con estructura metálica. Los forjados de capilla y despachos están resueltos mediante losas alveolares.

El hormigón utilizado en la estructura del templo es HA-30/B/16/IIa y acero B500S. Mientras que el hormigón utilizado en las demás dependencias es HA-30/B/40/IIa.

La cripta posee un muro de hormigón armado perimetral, para la contención de tierra, el hormigón es HA-25/b/40/IIa.

3.4.2. Cubierta

La cubierta del templo en su mitad principal es inclinada mediante el propio forjado, realizado con losa de hormigón armado, recubierto a su vez por un material impermeabilizante a base de revestimiento elástico de consistencia cremosa tipo SIKAFILL. La cubierta del edificio principal en su mitad posterior está resuelta mediante paneles sándwich de aluminio. En su parte más alta y dando a la parte frontal principal, está revestida con paneles de policarbonato translúcido.

La cubierta de los cuerpos anexos al edificio principal, está resuelta mediante cubierta plana transitable en la zona de salones parroquiales.

3.4.3. Cerramientos

El cerramiento del templo y capilla está resuelto mediante muro de fábrica de bloque de hormigón de 40x20x20 cm., recibidos con mortero de cemento procedente de central M-40a (1:6) y con seños rellenos de hormigón armado con dos parrillas de redondos de diámetro 12 mm., mientras que en su parte interior está realizado un trasdosado compuesto a base de piezas de bloque macizo de 40x20x5. A continuación vendrá el aislamiento térmico de

poliuretano proyectado de 40 mm de espesor (40 kg/m^3) y panel de yeso laminado de 1,5 cm de espesor. Hasta cota de + 3m. vendrá una fábrica de ladrillo cerámico hueco de 24x11,5x11 cm. revestido con madera de DM en tonos claros.

El cerramiento de los locales parroquiales queda resuelto mediante fábrica para revestir, de 11 cm. de espesor, enfoscado de mortero bastardo de 1,5 cm. de espesor por la cara interior de la hoja principal, aislamiento a base de paneles de poliestireno expandido de 50 mm. de espesor doblado con tabique de 7 cm. de espesor, realizado con fábrica de ladrillo cerámicos huecos de 24x11,5x7 cm.

3.4.4. Particiones

Las particiones interiores están resueltas por fábrica para revestir, de 11 cm. de espesor, con ladrillos huecos de 24x11,5x11 cm, sentados con mortero de cemento, con juntas de 1 cm. de espesor, así como también por fábrica para revestir, de 7 cm. de espesor, con ladrillos huecos de 24x11,5x7 cm., sentados con mortero de cemento, con juntas de 1cm. de espesor. Dichas particiones vendrán revestidas hasta + 0.90 m con mármol amarillo mares; a continuación se revestirá con tableros aglomerados rechapados en tonos claros hasta una cota de + 4.10 m.

Las medianeras se resuelven mediante cítara de $\frac{1}{2}$ pie de espesor realizada con ladrillos cerámicos perforados de 24x11,5x9 cm.

3.4.5. Revestimientos y solados

Alicatado sin junta realizado con baldosa de pavimento de gres de 20x20 cm., colores suaves, tomado con mortero cola convencional en aseo y baños.

Guarnecido maestreado, y enlucido, realizado con pasta de yeso YG/L sobre paramentos verticales, acabado manual con llana, en tabiquería divisoria entre estancias y paramentos horizontales por los que no discurran instalaciones.

Revestimiento de techo con elementos fono-absorventes, mod. TOPAKUSTIK ECO, de la casa PATT, en paneles de 4061 mm x 128 mm, con unión macho-hembra, con cuerpo en MDF de 16 mm E1, acabado melamínico, en templo y capilla.

Falso techo realizado con placas de escayola lisa de 100x60 cm., sustentado con esparto y pasta de escayola, en zonas por las que discurran instalaciones.

Revestimiento de paramentos verticales con mortero monocapa acabado fratasado en color blanco, aplicado a llana, regleado y fratasado, con un espesor de 15 a 20 mm., en fachadas de locales parroquiales. Se utiliza baldosas de mármol de 96x45 cm., perimetralmente en el interior del templo, a partir de esta altura se reviste mediante paneles de contrachapado de madera de 16 mm., de espesor, a continuación se aplica acabado de mortero monocapa mencionado anteriormente.

Pavimento realizado con baldosas de terrazo para uso normal, grano medio, de 40x40 cm., tonos claros, colocado sobre capa de arena de 2 cm. de espesor mínimo, tomadas con mortero de cemento M-40^a (1:6), incluso rejuntado con lechada de cemento coloreada de la tonalidad de las baldosas, en todas las zonas exceptuando las húmedas.

Pavimentos sin junta realizado con baldosas de pavimento de gres de 30x30 cm., colores suaves, tomado con mortero cola y rejuntado con lechada de cemento en cuarto húmedos.

El revestimiento de la escalera está resuelto mediante peldaño de mármol crema marfil tomados con mortero de cemento.

3.4.6. Carpintería

Carpintería de hormigón para ventanales de templo, incluso parte proporcional de ventana practicable con mecanismo de accionamiento; de diversos modelos y superficie.

Carpintería de acero galvanizado termocolado en lucernarios de templo, con acristalamiento de vidrio traslúcido de seguridad 6+6.

Carpintería exterior de aluminio para ventanas y puertas de diversos modelos y superficie, realizada a base de perfil de aluminio lacado de 60 micras, en locales parroquiales y capilla.

Carpintería interior realizada en haya vaporizada, hoja de aglomerado macizo, canteada en madera noble en todo su perímetro, galces o batientes rechapados en MDF y tapajuntas rechapados en MDF, tanto en ciegas como en correderas.

4. CONCEPTOS BÁSICOS ACÚSTICA

4.1. DEFINICIÓN DEL SONIDO

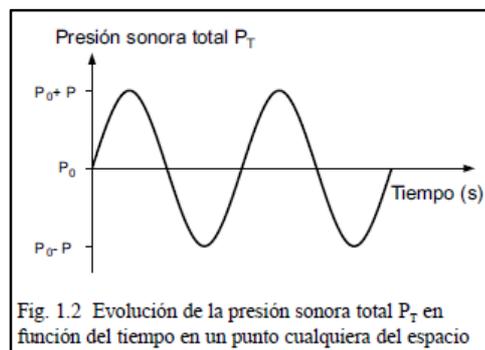
El sonido viene definido de varias maneras, siendo de forma más habitual:

- Vibración mecánica propagada a través de un medio material elástico y denso, y que es capaz de producir una sensación auditiva. Se entiende que, a diferencia de la luz, el sonido no puede propagarse a través del vacío.
- Sensación auditiva producida por una vibración de carácter mecánico que se propaga a través de un medio elástico y denso.

4.2. PROPAGACIÓN DEL SONIDO

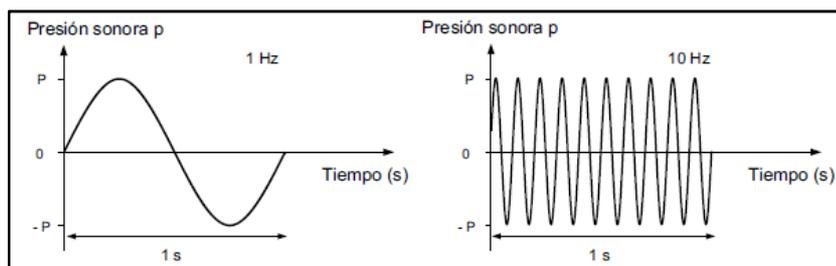
El sonido viene generado a través de una fuente sonora, véase un tambor, cuerda de guitarra... Para que este se genere la fuente tiene que entrar en vibración y a su vez esta es transmitida a las partículas de aire adyacentes y estas a las contiguas. Podemos decir que esta vibración produce una oscilación de las partículas, la cual tiene lugar en la misma dirección que la de propagación de la onda. En este caso se denominan ondas sonoras longitudinales.

La manera más habitual de expresar cuantitativamente la magnitud de un campo sonoro es mediante la presión sonora. Dicha presión se obtiene como suma de la presión atmosférica estática P_0 y la presión asociada a la onda sonora p .



4.3. FRECUENCIA DEL SONIDO (f)

Otro de los parámetros que vienen en el sonido es la frecuencia, definida como el número de oscilaciones por segundo de la presión sonora p , medida en hertzios. Dos ejemplos de presión sonora p donde se observa como en un mismo periodo de tiempo y dependiendo de la frecuencia, las oscilaciones pueden variar.



4.4. DEFINICIONES Y FÓRMULAS UTILIZADAS EN PROYECTO

Aislamiento acústico

Se refiere al conjunto de materiales, técnicas y tecnologías desarrolladas para aislar o atenuar el nivel sonoro en un determinado espacio.

Aislar supone impedir que un sonido penetre en un medio o que salga de él. Por ello, para aislar, se usan tanto materiales absorbentes, como materiales aislantes. Al incidir la onda acústica sobre un elemento constructivo, una parte de la energía se refleja, otra se absorbe y otra se transmite al otro lado. El aislamiento que ofrece el elemento es la diferencia entre la energía incidente y la energía transmitida, es decir, equivale a la suma de la parte reflejada y la parte absorbida. Existen diversos factores básicos que intervienen en la consecución de un buen aislamiento acústico:

Aislamiento por masa. El aislamiento será mayor, cuanto mayor sea la masa superficial y más alta la frecuencia. Para una frecuencia fija, al duplicar la masa se consigue una mejora teórica de 6 dB en el aislamiento y análogamente, para una masa dada, el aislamiento crece 6 dB al duplicar la frecuencia.

Acondicionamiento acústico

El objetivo del acondicionamiento acústico de un local es conseguir un grado de difusión acústica uniforme en todos los puntos del mismo. Con ello se pretende mejorar las condiciones acústicas de sonoridad aumentando el confort acústico interno del local.

Un buen acondicionamiento acústico exige que la energía reflejada sea mínima, con lo cuál, la calidad de un tratamiento acústico de un local vendrá determinada por la capacidad de absorción de los materiales que recubren sus superficies límites. Son de uso general materiales altamente porosos, de estructura granular o fibrosa.

Absorción (Sabine)

En un recinto cualquiera, la reducción de la energía asociada a las ondas sonoras, tanto en su propagación a través del aire como cuando inciden sobre sus superficies límite, es determinante en la calidad acústica final del mismo, debido a la absorción de los materiales que componen el recinto donde se propague.

L_D (Campo directo)

También llamado campo de sonido directo, comprende el sonido procedente directamente de la fuente sin tener en cuenta ninguno de los que viene reflejado por paredes u objetos, de manera que se asemeja a las condiciones del campo libre o aire libre. Atiende a la fórmula siguiente:

$$L_D = L_w - 11 - 20 \log r_c$$

L_R (Campo reverberante)

También llamado campo reflejado, comprende los sonidos procedentes de la fuente pero que han sido reflejados por paredes u objetos, de manera que se asemeja a las condiciones del campo difuso. Estos sonidos llegan después que los del campo de sonido directo. Atiende a la fórmula siguiente:

$$L_R = L_w + 6 - 10 \log A$$

Tiempo de reverberación

Tiempo necesario para que la presión sonora disminuya a la milésima parte de su valor inicial o, lo que es lo mismo, que el nivel de presión sonora disminuya 60 decibelios por debajo del valor inicial del sonido. Puede calcularse mediante la fórmula:

$$T_r = 0,16V/A$$

Donde V es el volumen de la sala en m³, y A es la absorción de la sala en m².

BR (Calidez acústica)

Se dice que una sala tiene calidez acústica (o timbre, según Wilkens) si presenta una buena respuesta a frecuencias bajas. La palabra calidez representa, pues, la riqueza de graves, la suavidad y la melosidad de la música en la sala.

Como medida objetiva de la calidez se suele utilizar el parámetro BR ("Bass Ratio"). Se define como la relación entre la suma de los tiempos de reverberación RT a frecuencias bajas (125 Hz y 250 Hz) y la suma de los RT correspondientes a frecuencias medias (500 Hz y 1 kHz).

Br (Brillo)

Se le adjudica el término brillante como indicativo de que el sonido en la sala es claro y rico en armónicos. Por definición, el brillo Br de una sala es la relación entre la suma de los tiempos de reverberación RT a frecuencias altas (2 kHz y 4 kHz) y la suma de los RT correspondientes a frecuencias medias (500 Hz y 1 kHz). Beranek recomienda que el valor de Br para salas totalmente ocupadas verifique:

$$Br \geq 0,87$$

Claridad musical C80

La claridad musical C80 indica el grado de separación entre los diferentes sonidos individuales integrantes de una composición musical. Según Cremer, el C80 se define como la relación entre la energía sonora que llega al oyente durante los primeros 80 ms desde la llegada del sonido directo y la que le llega después de los primeros 80 ms, calculada en cada banda de frecuencias entre 125 Hz y 4 kHz. El C80 se expresa en escala logarítmica (dB):

$$C_{80} = \frac{\text{Energía hasta 80 ms}}{\text{Energía a partir de 80 ms}} \quad (\text{en dB})$$

Definición D50

La definición D50 o claridad C50, tiene cierta similitud con la claridad C80, ya que su definición es prácticamente la misma, solo que esta tiene en cuenta la relación entre la energía sonora que llega al oyente durante los primeros 50 ms desde la llegada del sonido directo y la que le llega después de los prierio 50 ms.

$$C_{50} = \frac{\text{Energía hasta 50 ms}}{\text{Energía a partir de 50 ms}} \text{ (en dB)}$$

Intimidad

La intimidad o también llamado tiempo de retardo inicial del sonido es el parámetro que indica si en una sala se tiene sensación de recogimiento a la hora de hablar o de producir algún sonido. Si se produce una diferencia mayor de 20 ms entre el nivel directo y l primera reflexión.

Eco

El **eco** es un fenómeno acústico producido cuando una onda se refleja y regresa hacia su emisor. Puede referirse tanto a ondas sonoras como a electromagnéticas.

STI

El índice STI ("Speech Transmission Index"), definido por Houtgast y Steeneken, permite cuantificar el grado de inteligibilidad de la palabra entre los valores 0 (inteligibilidad nula) y 1 (inteligibilidad óptima). El STI se calcula a partir de la reducción de los diferentes índices de modulación de la voz debido a la existencia de reverberación y de ruido de fondo en una sala.

Ruido de fondo. Corrección

Se considera ruido de fondo todo aquel ruido que se percibe en una sala cuando en la misma no se realiza ninguna actividad. Dicho ruido puede ser debido al sistema de climatización, a las demás instalaciones eléctricas y/o hidráulicas, e incluso puede provenir del exterior del recinto (por ejemplo, el ruido de tráfico).

$$R = D + 10 \log (S/A)$$

Índice de reducción sonora, siendo $D = L1 - L2$; donde $L1$ = Nivel de presión sonora en el local emisor, $L2$ = Nivel de presión sonora en el local receptor. S = superficie del paramento separador entre recintos y A = la absorción del recinto emisor.

$$Dn = D - 10 \log (A_2/10)$$

Diferencia de niveles entre dos locales. Se define como la diferencia de niveles de presión sonora entre el local emisor y el receptor. $D = L1 - L2$; donde: $L1$ = Nivel de presión sonora en el local emisor, $L2$ = Nivel de presión sonora en el local receptor. A_2 = absorción en el recinto receptor.

$D_nT = D + 10 \log (T_2/ T_0)$

Diferencia de niveles estandarizada entre dos locales. Se define como la diferencia de niveles de presión sonora entre el local emisor y el receptor a un valor del tiempo de reverberación del local receptor. $D_nT = D + 10 \log (T_2/T_0)$, donde T es el tiempo de reverberación en el local receptor, T_0 es el tiempo de reverberación de referencia (0,5 s).

Índice de ruido día, L_d

Índice de ruido asociado a la molestia durante el periodo día y 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 dB(A).

5. INSTRUMENTACIÓN

El apartado de instrumentación forma parte importante de este proyecto, puesto que el taller está centrado en el aprendizaje y utilización de los mismos con el fin de obtener datos de campo reales. A continuación se nombrarán aquellos aparatos que han sido de utilizados para llevar a cabo el proyecto, así como sus características y funciones.

5.1. INSTRUMENTOS UTILIZADOS

- Sonómetro integrador con filtros de octava y 1/3 de octava, 2238 mediato de la marca Brüel & Kjaer:

Mediator 2238 es un sonómetro integrador de alta calidad de Clase 1, lo cual nos dice que tiene una fiabilidad muy alta en cuanto a resultados, ya que estos pueden variar entre $\pm 0,1$ dB. Tiene capacidad para almacenar hasta 500 archivos de mediciones que pueden transferirse luego a un ordenador.



Figuras 5 y 6. Sonómetro integrador utilizado en ensayos.

Dispone de un filtro para corregir el efecto de la pantalla antiviento y el almacenamiento de un historial de calibración. Cuenta con dos modos de utilización, sonómetro básico y análisis de frecuencias. Es capaz de medir en octavas o tercios de octavas.

- Amplificador de sonidos “Sound Source Type 4224” de la marca Brüel & Kjaer

Este amplificador es una fuente sonora capaz de producir altos niveles de ruido. Es eminentemente utilizado para mediciones acústicas in situ tales como asilamiento acústico y mediciones de reverberación en bandas de octavas, aunque en nuestro caso solo se utilizará para la primera prueba mencionada. Además consigo viene un difusor cónico que puede colocarse en la parte frontal del aparato para precisamente crear un campo difuso en el recinto donde se realiza la prueba. En su modo de banda ancha, la cual es la que utilizaremos, la fuente produce lo que se conoce como ruido rosa con una frecuencia que abarca desde los

100 a los 4000 kHz. La señal de ruido del amplificador puede ser atenuado en pasos de 10 dB hasta un rango de 40 dB.



Figura 7. Fuente de ruido



Figura 8. Cuadro de mando de la fuente sonora, con la configuración utilizada.

- Micrófono electrostático 4188 prepolarizado en campo libre de ½ pulgada; es el micrófono utilizado en el sonómetro integrador anteriormente descrito. Cuenta con una sensibilidad de -30 dB y utiliza bandas de frecuencias desde los 8 Hz hasta los 16 kHz.



Figura 9. Micrófono electrostático.

- Micrófono de condensador de incidencia aleatoria, utilizado para realizar la prueba del tiempo de reverberación de la sala principal de la iglesia, a diferencia del micrófono que se utiliza en el sonómetro, este tiene mayor libertad de captación de sonidos ya que puede recibirlos en cualquier dirección. Además este viene enroscado a un preamplificador y a su vez a un alargador de 50 metros para mayor movilidad por la sala.



Figuras 10 y 11. Micrófono condensador

- Portátil preparado con software "Dirac"

Utilizado en la prueba de tiempo de reverberación, se trata de un mini ordenador portátil con el software dedicado al campo de laboratorio de acústica Dirac 3.0 Type 7841 de Brüel & Kjaer conectado a un amplificador modelo GA-610D de 10W y a un acondicionador de señal externo de la marca Endevco conectado a un preamplificador de la marca Endevco con un micrófono de condensador prepolarizado de precisión.



Figura 12. Portátil utilizado en ensayo con Dirac.

-Amplificador de guitarra tipo GA-610D



Figura 13. Amplificador GA-610D

6. NORMATIVA

6.1. INTRODUCCIÓN

Como bien dice el DB, 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 consecuencias 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.

6.2. OBJETIVO

Para dar una adecuada respuesta a la exigencia básica de protección frente al ruido, en la elaboración del DB HR se han perseguido, entre otros, los siguientes objetivos:

- Elevar los niveles de aislamiento acústico reglamentarios en la edificación en respuesta a una demanda social generalizada, adecuándolos a la meda europea.
- Contemplar adecuadamente los mecanismos de transmisión acústica entre recintos, incluida la transmisión de ruido por flancos, superando así las deficiencias de la NBE-CA en la predicción de la transmisión del ruido entre recintos.
- Limitar el ruido reverberante en aquellas estancias, como aulas y salas de conferencia, donde es necesario conseguir adecuados niveles de inteligibilidad, o comedores y restaurantes, donde debe limitarse convenientemente el ruido de fondo.

La redacción del BD HR se ha coordinado con la redacción de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido y con sus desarrollos reglamentarios (véase apartado 1.3.3), en lo referente procedente del exterior y de las instalaciones.

6.3. DATOS PREVIOS

Determinación de Ld

Las exigencias de aislamiento acústico a ruido exterior se fijan en el DB HR en función del ruido de la zona donde se ubica el edificio, es decir, en función del ruido de día, Ld, que es el índice de ruido asociado a la molestia durante el periodo día y 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 dB(A).

El valor del índice de ruido día, Ld, puede obtenerse mediante consulta en las administraciones competentes, que son las que han elaborado los mapas estratégicos de ruido. En nuestro caso, en el municipio de Alzira, no se tiene elaborado dicho mapa de ruido, por lo que hemos procedido a realizar una estimación del mismo en la calle que transcurre por la iglesia. Una estimación dado que no tenemos tiempo real ni medios para realizar un estudio tan exhaustivo como el que fuera necesario.

Para calcular el ruido de día, Ld, se procede a realizar mediciones, con el sonómetro en modo sonómetro básico, de cinco minutos en cada posición, considerando suficientes tres posiciones a lo largo de la acera de la iglesia con la calle y una en la parte trasera que colinda con un gran solar. Dado que el periodo de Ld se considera desde las 7:00 h hasta las 19:00 h, y para poder sacar una media de los niveles, se realizan estas mediciones en varias horas del día, siempre comprendidas en esta franja (12:00 h; 15:00 h y 18:00 h).

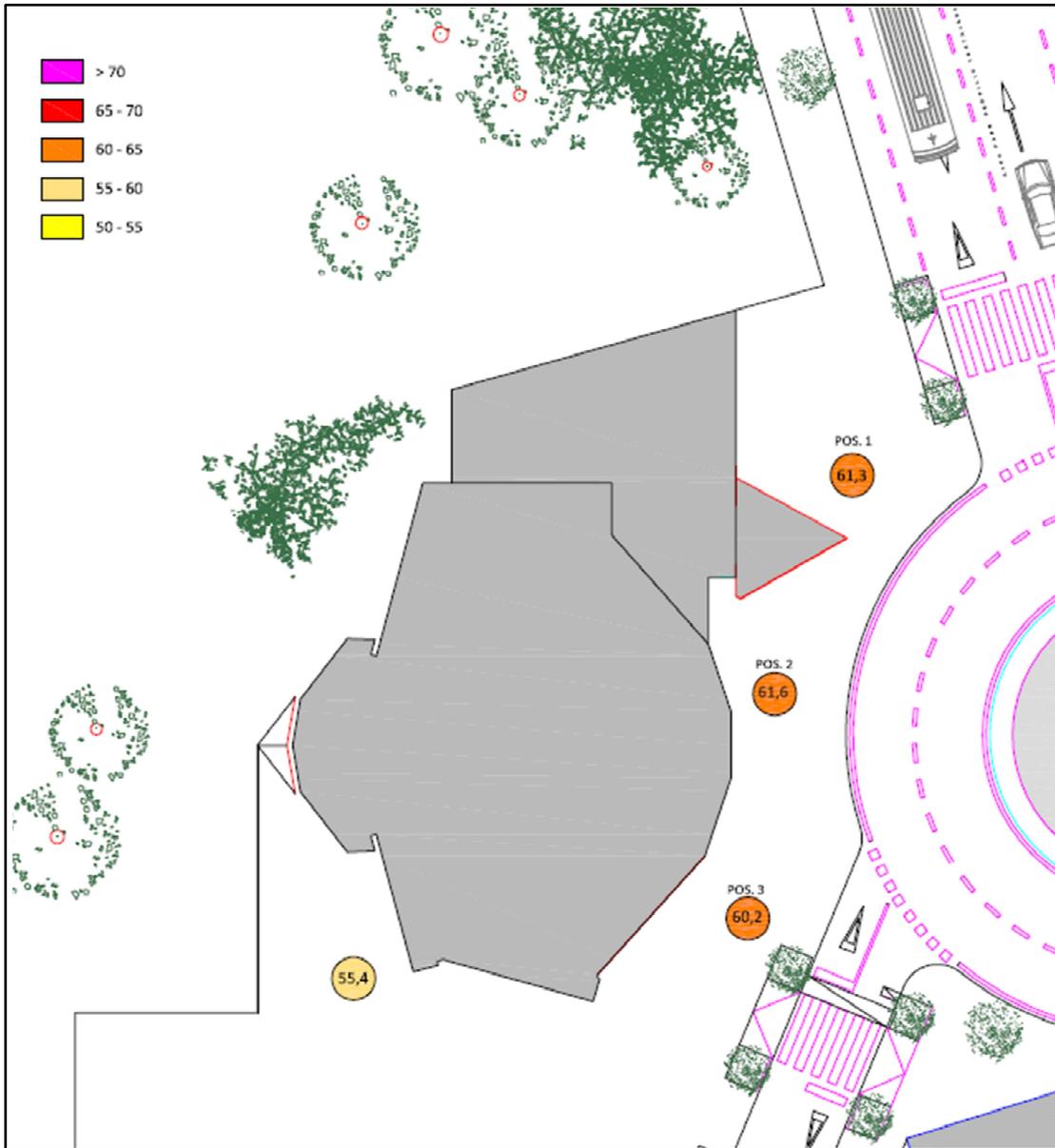


Figura 14. Plano nivel sonoro Ld

En la imagen superior aparece el mapa de ruido elaborado a partir de los resultados obtenidos por el sonómetro de los valores de Leq de las horas mencionadas. El CTE recomienda, al no disponer de mapa de ruido por la administración del municipio, considerar un valor de 60 dBa. Dado que este proyecto está centrado en la instrumentación y el procesado de datos de los mismos, hemos optado por obtener esta aproximación de Ld con el fin de confirmar ese dato aportado por el código técnico, llegando a la conclusión de que se confirma dicho nivel recomendado.

6.4. ZONIFICACIÓN Y EXIGENCIAS

Uso del edificio

Las exigencias de aislamiento acústico del DB HR se aplican a edificios con los siguientes usos:

- Residencial: Público o privado.
- Sanitario: Hospitalario o centros de asistencia ambulatoria.
- Docente.
- Administrativo.

Las exigencias de aislamiento acústico del DB HR no se aplican a edificios de otros usos, por ejemplo, edificios de uso comercial, pública concurrencia, aparcamiento, etc. A pesar de ello, en estos edificios deben identificarse los recintos de uso residencial (público o privado) u hospitalario, (si los hubiera). Los recintos mencionados anteriormente se consideran unidades de uso y se aplicarían las exigencias de aislamiento acústico del DB HR relativas a ruido entre recintos.

Estos párrafos anteriores vienen referenciados de la guía del CTE DB HR. Dado que la iglesia no está incluida en ningún grupo o subgrupo de los que pudiera tratar el documento básico, podemos hacer una adaptación al tratarse de un caso especial como es este. Consideramos que la iglesia queda incluida en el grupo de edificios de pública concurrencia, por lo tanto el párrafo anterior excluiría de aplicación del HR a la iglesia.

Zonificación

Las exigencias de aislamiento **frente a ruido interior** se establecen:

- Entre una unidad de uso y cualquier recinto del edificio que no pertenezca a dicha unidad de uso.
- Entre recintos protegidos o habitables y:
 - Recintos de instalaciones
 - Recintos de actividad o ruidosos

Para determinar los valores de aislamiento acústico a ruido interior, (ruido aéreo y de impactos entre recintos) exigidos en el DB HR, previamente debe zonificarse el edificio e identificarse las diferentes unidades de uso. Después deberían identificarse aquellos recintos que no son una unidad de uso, como:

Recinto de instalaciones, de actividad, ruidosos, y otros recintos que no forman parte de ninguna unidad de uso, ya sean recintos habitables o protegidos.

El DB-HR calificaría la iglesia como **recinto de actividad ruidosa** según queda reflejado en el siguiente párrafo:

“En el DB HR se ha establecido que los recintos de actividad son aquellos en los que el nivel medio de presión sonora estandarizado, ponderado A, es mayor que 70 dBA y no mayor de 80 dBA, ya que a partir de este valor se consideraría al recinto como ruidoso.

Ejemplos de recintos ruidosos son: Recintos de uso industrial, locales con equipos de reproducción sonora o audiovisuales, locales donde se realicen actuaciones en directo, talleres mecánicos, etc.”

Más adelante señala que si previera superar los 80 Dba en el recinto, se deberán adoptar las medidas acústicas oportunas para que los niveles de inmisión en los recintos colindantes no superen los valores límite de ruido especificados en la Ley de Ruido del RD 1367/2007. Si existieran reglamentos específicos como ordenanzas municipales que regulen el aislamiento acústico de recintos ruidosos, éstas deben cumplirse independientemente de la ley mencionada.

Dado que en el municipio de Alzira existe una ordenanza que trata sobre la protección contra la contaminación acústica, deberemos aplicar los valores indicados en la misma para la transmisión y emisión de niveles sonoros entre recintos y al exterior.

Volviendo a la parte de la zonificación de la iglesia, primero debemos grafiar los distintos recintos de la misma y marcando la zona a la que pertenece cada recinto.

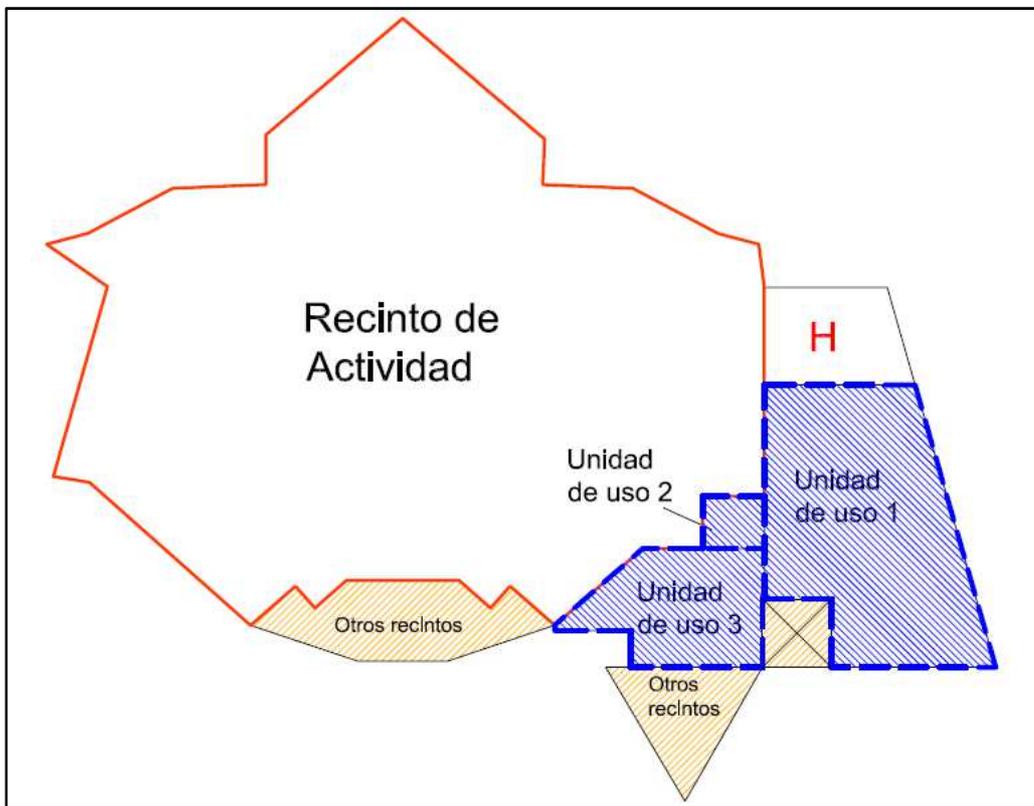


Figura 15. Plano general zonificación recintos.

La sala principal de la iglesia, donde está instalado el sistema de altavoces queda definida como recinto de actividad, la capilla como unidad de uso 1, los despachos como unidades 2 y 3, la zona de aseos como zona habitable tal y como especifica el CTE en su apartado de tipos de recintos *“el resto de recintos habitables de un edificio, como por ejemplo, cocinas, baños, pasillos, escaleras, etc., son recintos habitables.”*

6.5. AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO. ORDENANZA MUNICIPAL ALZIRA, CONTRA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA.

Debido a que el CTE no es de aplicación a edificios considerados como de actividad ruidosa en materia de valores mínimos de aislamiento acústico, debemos referenciarlos a la ordenanza municipal de Alzira.

En su título III. Niveles de perturbación, y en su artículo 10. Valores límite de ruido en el ambiente interior, se indican los valores para los distintos locales y usos que se incluyen, que no deberán ser rebasados. No se incluye el recinto de la capilla como tal, así que la consideramos como recinto de biblioteca o museo, el cual tiene un valor entre 35 y 40 DbA. Para los despachos establece un ruido interior de 45 DbA y para la zona de aseo de 40 dBa.

Estos valores de ruido interior nos son útiles para de una forma adecuar la iglesia a las recomendaciones que nos da el CTE en su DB HR, ya que con ellos podemos calcular los niveles de transmisión del recinto de actividad ruidoso al resto de recintos de uso mencionados anteriormente.

Para dicho cálculo tendremos en cuenta el anexo VII. Medida y evaluación de transmisión de ruido tipificado, de la misma ordenanza, donde establece que para las actividades que se relacionan, los niveles de emisión tipificados se establecen en:

- *“Salas de fiestas, discotecas, tablaos, karaokes, y otros en que se puedan presentar actuaciones en directo, se establece un nivel sonoro de 104 dB (A).”* Este sería el caso de la iglesia, que aunque no es una discoteca ni mucho menos, sí dispone de un sistema de altavoces y presenta “actuaciones” mediante el mismo.

De esta manera podemos calcular el DnT, diferencia de niveles estandarizados el cual indica la transmisión entre recintos. Ya que sabemos el nivel sonoro en la sala principal (104 dB) y los niveles en el interior de cada recinto. Debemos averiguar el tiempo de reverberación en cada recinto dado que la fórmula lo requiere:

$$DnT = L_1 - L_2 + 10 \log (T_2/T_0), \text{ siendo } T_0 = 0,5 \text{ s}$$

Estimamos el tiempos de reverberación de los recintos, tomados de la NBE-CA-82. La capilla la comparamos como una sala de lectura o biblioteca, la cual tiene unos intervalos entre 0,7-1,5, tomaremos 0,7 por tratarse de un recinto con un volumen pequeño (260 m³), como queda establecido a su vez en el CTE *“El tiempo de reverberación en aulas y salas de conferencias vacías (sin ocupación y sin mobiliario), cuyo volumen sea menor que 350 m³, no será mayor que 0,7 s.”* Para la zona de aseo la misma normativa nos da unos valores < 1 s, por lo que tomaremos 0,7 s.

Para los despachos la misma norma nos dice que deberá ser un tiempo < 1s, por lo que dado su volumen (52,42 m³) tomaremos 0,7 s. Para la zona del nártex estimamos mediante Excel su tiempo de reverberación medio, resultando 1,3 s y estimando su nivel de presión sonora L2 = 61 dB (A) considerándolo como si estuviera en contacto con el exterior, ya que el propósito de ensayar esta partición era que mientras se hacía la misa, la puerta principal quedaba abierta, dejando como único elemento de protección sonora del exterior esta.

Calculo de DnT entre SP y recintos

- Capilla

$$D = L_1 - L_2 = 104 - 40 = 64 \text{ dB} \quad DnT = D + 10\log(T_2/T_0) = 64 - 10\log(0,7/0,5) = 65,46 \text{ dB(A)}$$

- Aseos

$$D = L_1 - L_2 = 104 - 40 = 64 \text{ dB} \quad Dnt = 64 + 10\log(0,7/0,5) = 65,46 \text{ dB(A)}$$

- Despachos

$$D = 104 - 45 = 59 \text{ dB} \quad DnT = 59 + 10\log(0,7/0,5) = 60,46 \text{ dB(A)}$$

- Nártex

$$D = 104 - 45 = 59 \text{ dB(A)} \quad DnT = 59 + 10\log(1,3/0,5) = 65,63 \text{ dB (A)}$$

Cálculo de DnT entre SP y exterior

$$D = 104 - 61 = 43 \text{ dB(A)} \quad DnT = 43 + 10\log(0,5/0,5) = 43 \text{ dB(A)}$$

Entre diferentes recintos de unidad de uso, si que les sería de aplicación el CTE en su DB HR, concretamente el DnT lo establece la tabla 2.1.2.2. [figura 16] Exigencias de aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos, como es el caso de entre despachos, despacho y capilla y capilla y zona de aseos.

Tabla 2.1.2.2. Exigencias de aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos

RECINTO EMISOR	RECINTOS DE UNA UNIDAD DE USO		
	Recinto receptor		
	Protegido	Habitable	
EXTERIOR A LA UNIDAD DE USO	Ruido aéreo, $D_{nT,A}$ (dBA)	Ruido aéreo, $D_{nT,A}$ (dBA)	
Otros recintos del edificio ⁽ⁱ⁾ si ambos recintos no comparten puertas o ventanas	50	45 ⁹	
si comparten puertas:	Condiciones del cerramiento opaco y de la puerta o ventana R_A (dBA)		
	Puerta o ventana en		Cerramiento opaco
	recinto protegido	recinto habitable ⁽ⁱⁱ⁾	
	30	20	50

Figura 16. Tabla 2.1.2.2.

Para la separación entre despachos se exigiría un DnT = 50 dB(A), entre despacho y capilla, DnT = 50 dB(A) y entre capilla y zona de aseos un DnT = 45 dB(A). Dado que entre la capilla y la zona de aseos queda dispuesta una puerta de comunicación, está deberá cumplir con las exigencias, $R_A = 30 \text{ dB(A)}$. El en plano siguiente [figura 17] quedan grafiadas las transmisiones entre los diferentes recintos.

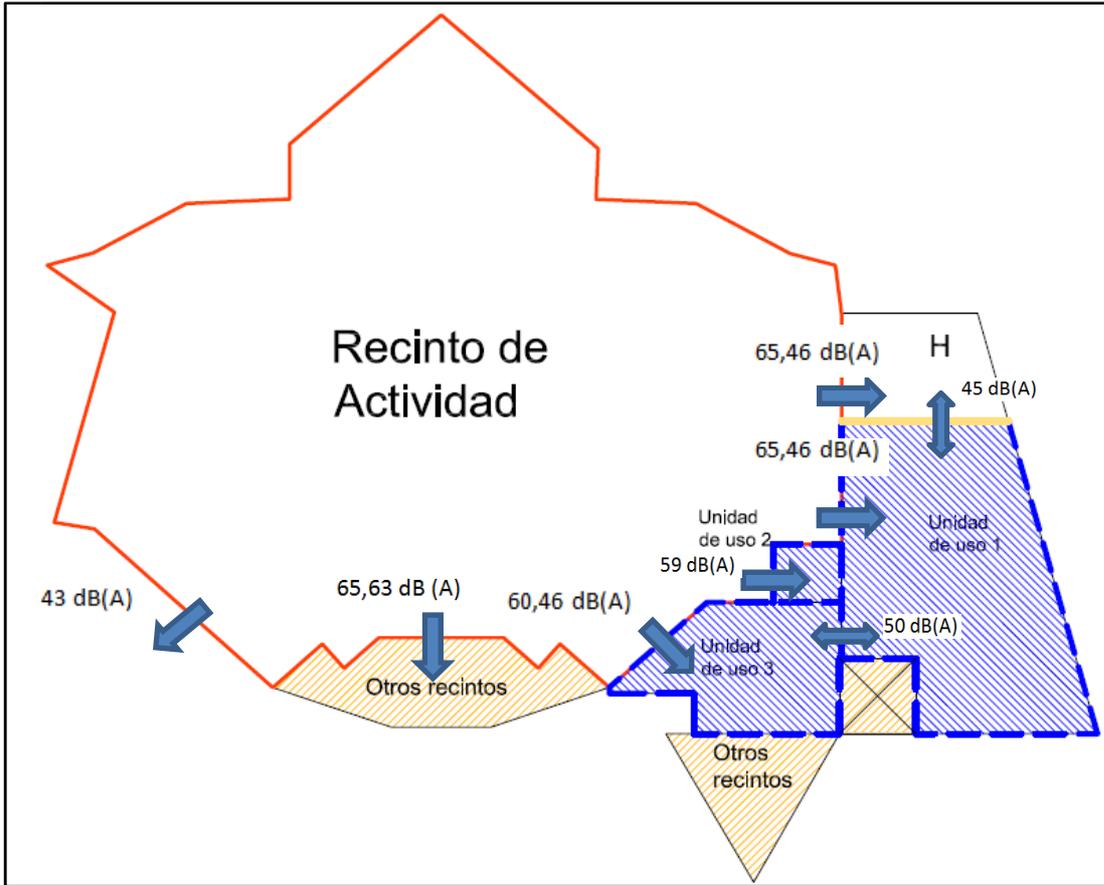


Figura 17. Niveles DnT entre diferentes recintos.

La franja en color amarillo indica los paramentos verticales entre recintos en lo que hay una puerta de comunicación y por tanto se le aplicarán las exigencias anteriormente mencionadas. Estos valores son lo que se nos exigiría por parte de la normativa del CTE y de la ordenanza municipal de Alzira contra contaminación acústica.

7. ESTUDIO ACÚSTICO

7.1. MEDICIÓN “IN SITU” DEL AISLAMIENTO AL RUIDO AEREO

7.1.1. Objetivo

El objetivo de esta prueba es la obtención del aislamiento acústico de las diferentes zonas de la iglesia, así como el aprendizaje de la utilización de los instrumentos necesarios para dicha prueba acorde con el procedimiento que establece las respectivas normativas ISO dependiendo del caso. Posteriormente comprobar que los valores cumplen con la normativa vigente, que en este caso es el CTE DB-HR.

7.1.2. Normativa de aplicación

De la norma ISO 140, para la toma de medidas “in situ” y según lo que queramos medir, consultaremos su correspondiente parte:

- Norma UNE-EN ISO 140-4. “Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 4: Medición “in situ” del aislamiento al ruido aéreo entre locales.”
- Norma UNE-EN ISO 140-5. “Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 5: Mediciones “in situ” del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas.

La norma ISO 717, se aplicará para evaluar los datos obtenidos con las mediciones “in situ” del aislamiento acústico, según sea para ruido aéreo:

- UNE-EN ISO 717-1 1997 “Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo”.

7.1.3. Instrumentos utilizados para las pruebas

Para la prueba de aislamiento se utilizará el amplificador de sonidos “Sound Source Type 4224” de la marca Brüel & Kjaer y el sonómetro integrador 2238 mediator de la marca Brüel & Kjaer en su aplicación de “análisis de frecuencias”, además para realizar la prueba en puntos exteriores se a utilizado un alargador de 25 m.

7.1.4. Descripción casos objeto de la prueba

7.1.4.1. Aislamiento de la fachada de la sala principal.

Para este caso evaluaremos el aislamiento del cerramiento que envuelve la mayor parte de la iglesia, puesto que se trata de una iglesia la cual está exenta de edificios colindantes, exceptuando la cara derecha de la misma que colinda con los recintos de la misma iglesia y que no están compuestos por el mismo cerramiento.

Realizamos la prueba en la zona resaltada número 1, la cual recae a la Avenida Padre Pompilio, la cual como he comentado tiene un tráfico contundente a ciertas horas, lo que puede ser causa de molestia a la hora de realizar la prueba.

El cerramiento en cuestión está compuesto generalmente, desde el trasdós al intradós, por bloque de hormigón de 40x20x20 cm de árido denso, a continuación aislante térmico de poliuretano de 4 cm de espesor con una densidad del mismo de 40 kg/m³, por último tenemos panel de yeso laminado de 1,5 cm. Hasta cota + 3m. existe una fábrica de ladrillo hueco de 24x11,5x11 cm. revestida por paneles de madera de DM.

En cuanto al revestimiento, en la parte exterior cuenta con un aplacado de mármol hasta una cota de 2,50 m desde cota de pavimento en la calle, a partir de esta se reviste mediante un enfoscado de mortero de cemento (1:6) más una capa de pintura plástica para exteriores; para el revestimiento en el intradós, nos encontramos hasta + 0.90 m con un mármol amarillo mares.

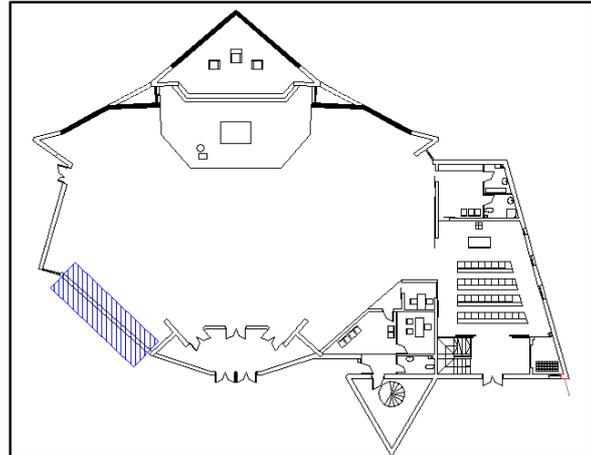


Figura 18. Paramento ensayado.

Figura 19. Planta, zona de ensayo.

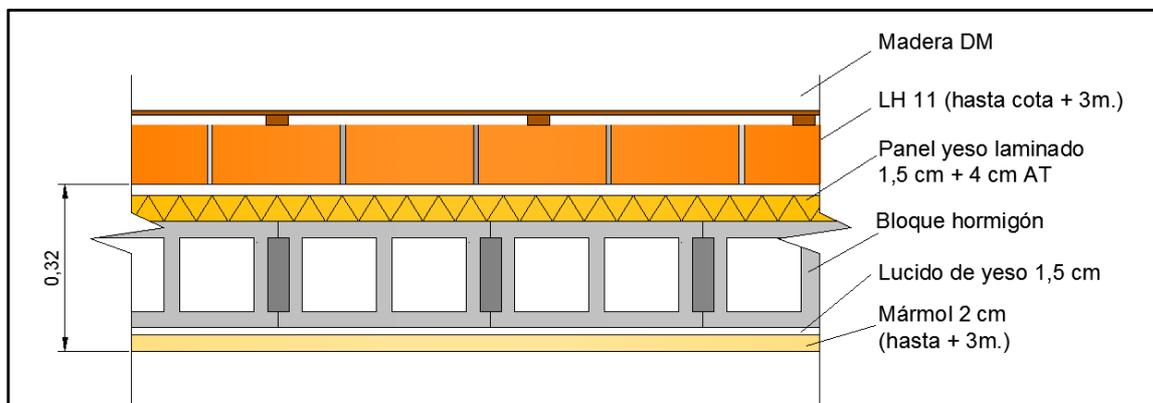


Figura 20. Detalle constructivo cerramiento ensayado.

7.1.4.2. Aislamiento entre recintos, Sala principal y capilla.

La iglesia, como he mencionado en anteriores apartados, está compuesta en su gran mayoría por la sala principal pero también alberga distintas dependencias sitas en su lado derecho. Dado que la superficie de los paramentos de separación entre estos recintos con la sala es realmente pequeña, realizo la prueba con aquél que es mayor, en su caso el paramento separador entre sala y capilla.

El elemento separador es peculiar dado que de los 13 m² de partición, 8 m² pertenece a una gran puerta corredera, quedando tan solo 5 m² de partición compuesta.

La puerta corredera tiene un espesor de 4,5 cm y está compuesta por madera maciza, en su parte inferior y hasta una cota de 0,90 m, cuenta con un revestimiento de mármol amarillo marés introducido en la puerta y quedando a ras de la superficie de la misma. El resto de partición está compuesta por bloques de hormigón de 40x20x20 cm y una cámara de unos 15 cm que alberga las instalaciones de aire acondicionado (rejillas de salida), cableado de altavoces, luminaria...

En cuanto al revestimiento de esta partición, en la parte que recae en la sala se reviste de la siguiente forma: hasta 0,90 m de mármol y a continuación y hasta unos 3 m desde cota 0, queda revestida con contrachapado de madera; en la parte que recae a la capilla se reviste de igual manera con mármol y a continuación placa de yeso laminado de 1,5 cm de espesor.



Figuras 21 y 22. Partición ensayada, vista desde zona receptora y emisora, respectivamente.

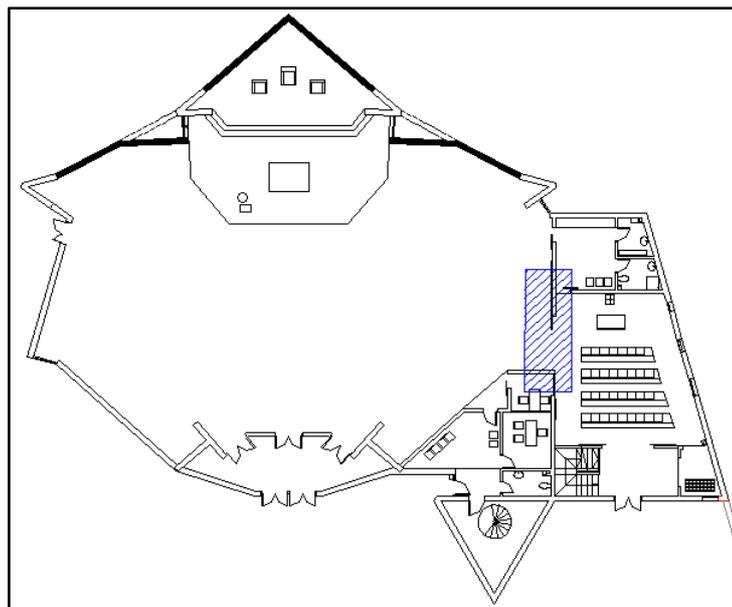
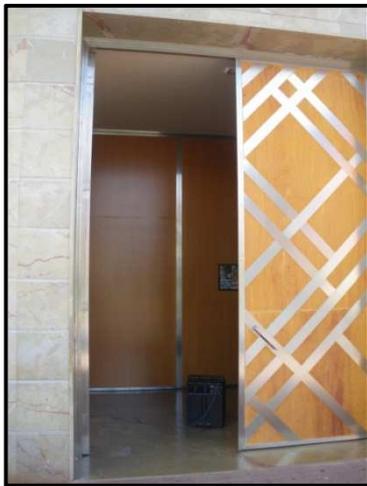


Figura 23. Planta, zona ensayada.

7.1.4.3. Aislamiento entre recintos, Sala Principal y Nártex

El objeto de realizar la prueba de aislamiento entre estas dos dependencias es obtener el valor de aislamiento de la puerta principal de la iglesia. Si bien indico, el nártex es una especie de vestíbulo de independencia entre el exterior y la sala principal, está compuesta por dos puertas grandes de dos hojas abatibles y dos más sencillas abatibles en los laterales del paramento de separación. Las puertas grandes cuentan cada una con una superficie de 9 m^2 y están compuestas por madera maciza de 5 cm de espesor. Estas ocupan todo el nártex en altura, lo que nos deja un bajo porcentaje de partición que pueda afectar a la prueba. Mencionar que esta partición está compuesta de igual manera que la de la capilla en su parte con la sala principal.

El nártex cuenta con una superficie en planta de $24,69 \text{ m}^2$ y un volumen de 74 m^3 , considerablemente bajo comparado con la del templo (5350 m^3).



Figuras 24 y 25. Partición ensayada, vista desde zona emisora y receptora, respectivamente.

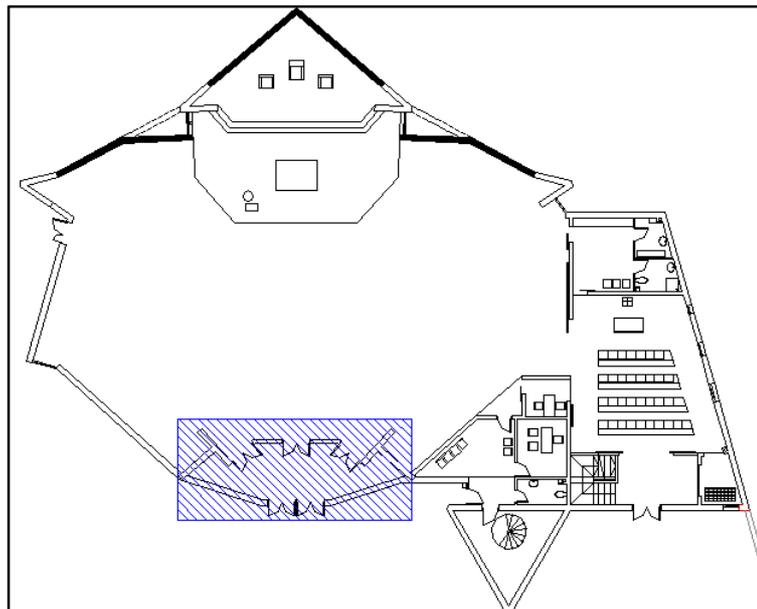


Figura 26. Planta, zona ensayada.

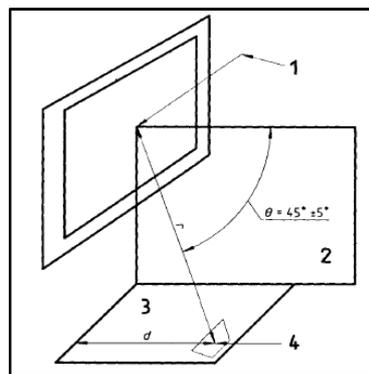
7.1.5. Método utilizado para la prueba

Dependiendo de la zona donde realicemos la prueba deberemos utilizar una normativa u otra, donde seguiremos el procedimiento indicado.

Para la medición del aislamiento de la fachada se utiliza la norma UNE-EN ISO 140-5. "Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 5: Mediciones "in situ" del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas.

Utilizaremos el método global con altavoces, el cual proporciona el índice de reducción sonora de una fachada en relación a una posición 2 metros frente a la fachada. Este ruido es especialmente útil cuando, por diferentes razones de índole práctica, no es posible usar el ruido existente como fuente de ruido, ya que aun habiendo un ruido notable del tráfico por la calle de la iglesia, este no se produce de manera constante y por tanto no nos sirve para la prueba.

Colocamos el altavoz a una distancia d de la fachada, con un ángulo de incidencia de 45° de igual forma que la figura [fotografía xxx]. Se mide a continuación a 2 m frente a la fachada y se calcula la diferencia de nivel $D_{ls,2m}$.



Debe generarse un campo sonoro estacionario con un espectro continuo en el rango de frecuencias considerado, en nuestro caso ya que realizamos la prueba en tercios de octava, este rango deberá estar como mínimo en las centrales desde 100 Hz hasta 3150 Hz.

En todas las bandas de frecuencias relevantes, el nivel de potencia sonora de la fuente de ruido deber ser lo suficientemente alto como para que el nivel de presión sonora en el local receptor exceda al ruido de fondo en 6 dB como mínimo. Las mediciones en el local receptor. En cada local deben usarse cinco posiciones de micrófono como mínimo para obtener el nivel de presión sonora medio de cada campo sonoro. Estas posiciones deben distribuirse uniformemente en el máximo espacio permitido dentro de cada sala.

Los valores de distancias de separación que siguen son los valores mínimo que deberían superar cuando sea posible:

- 0,7 m entre posiciones de micrófonos.
- 0,5 m entre cualquier posición de micrófono y las superficies de los paramentos a ensayar.
- 1 m entre cualquier posición de micrófono y la fuente sonora.

Para las mediciones de aislamiento entre locales (Sala Principal – Sacristía y Sala Principal – Nártex) seguiremos el procedimiento de la norma UNE-EN ISO 140-4. “Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 4: Medición “in situ” del aislamiento al ruido aéreo entre locales.”

Debe situarse la fuente sonora de tal forma que se cree un campo sonoro tan difuso como sea posible y a una distancia tal del elemento constructivo separador y de los elementos laterales que puedan influenciar la transmisión, de manera que la radiación directa sobre ellos no sea dominante.

El sonido generado en el recinto emisor debe ser estacionario y debe tener un espectro continuo en el rango de frecuencia considerado. La potencia sonora debería ser lo suficientemente alta como para que el nivel de presión sonora en el recinto receptor sea, al menos, 10 dB mayor que el nivel de ruido de fondo en cualquier banda de frecuencia. Si no se cumpliera esto, se debería aplicar las correcciones que aparecen en el apartado 6.6 de esta misma normativa.

Se deben realizar un mínimo de cinco posiciones fijas distribuidas uniformemente a lo largo del espacio útil de cada recinto. Las posiciones del micrófono seguirán unas distancias separadoras de igual manera que para la prueba de aislamiento en fachadas.

7.1.6. Datos obtenidos

7.1.6.1. Aislamiento de la fachada de la sala principal.

L1 (emisor)

Tal y como menciona la norma, situamos la fuente sonora al exterior y con dirección difusa al cerramiento, tomando 5 muestras con el sonómetro y la fuente en marcha en las posiciones que se muestran en la **fotografía xxx**.

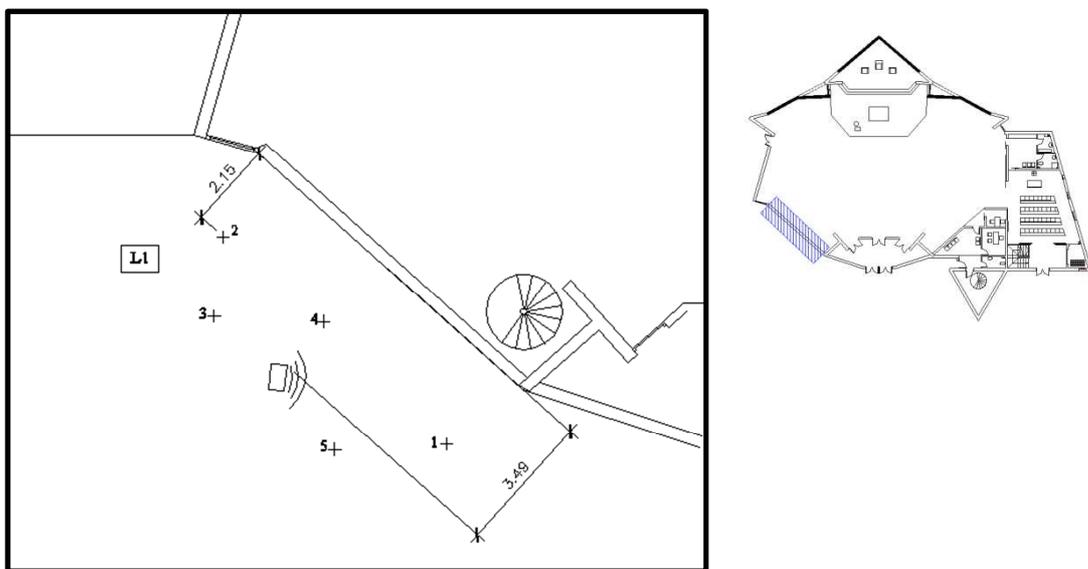


Figura 27. Disposición de muestras, zona emisor.

Obtenemos una serie de resultados al volcar el sonómetro que tras realizar la media energética nos resulta el gráfico siguiente.

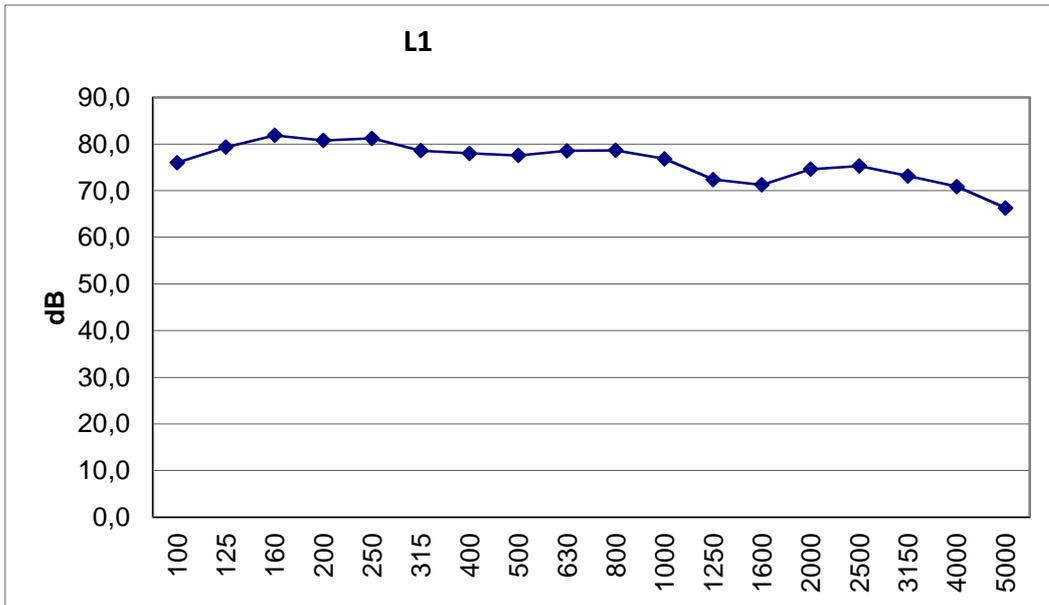


Figura 28. Gráfico de niveles de presión sonora L1.

Resulta unos niveles prácticamente similares en todas las frecuencias excepto en agudos, esto puede ser debido también a la influencia del tráfico rodado puntual que ofrecía un aumento de niveles en frecuencias bajas.

L2 (receptor)

Dejando la fuente sonora encendida nos situamos en el interior de la sala y con la misma potencia sonora utilizada para obtener L1, nos situamos en las siguientes posiciones, las cuales son idénticas para realizar la prueba del ruido de fondo.

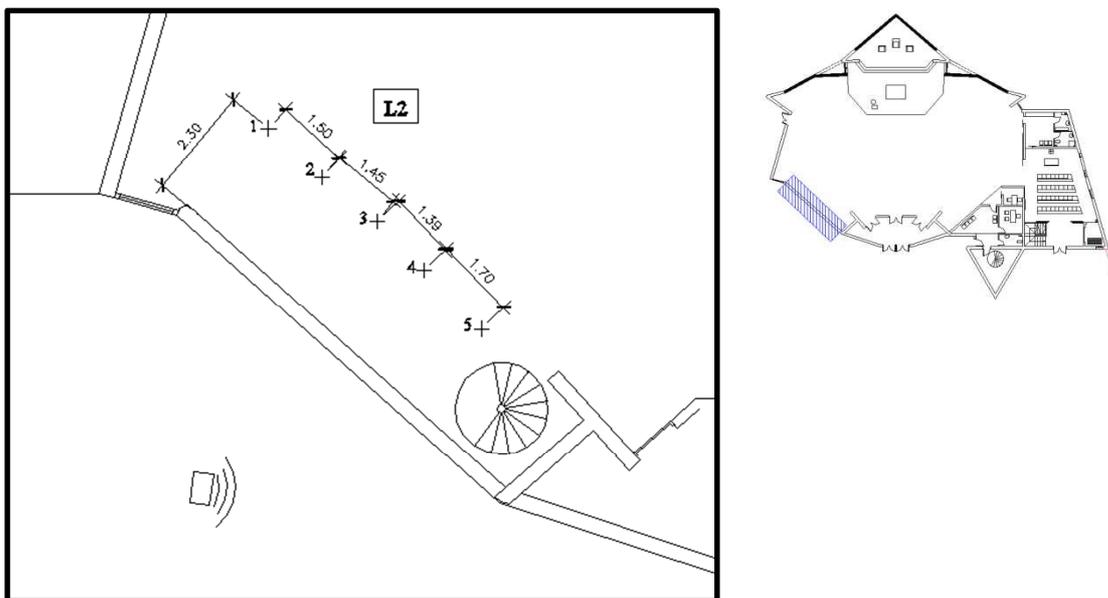


Figura 29. Disposición de muestras, zona receptor.

Se tienen en cuenta la separación que debe dejarse desde la posición de medida con micrófono hasta el paramento de la fachada a ensayar, así como la distancia mínima entre posiciones de medición.

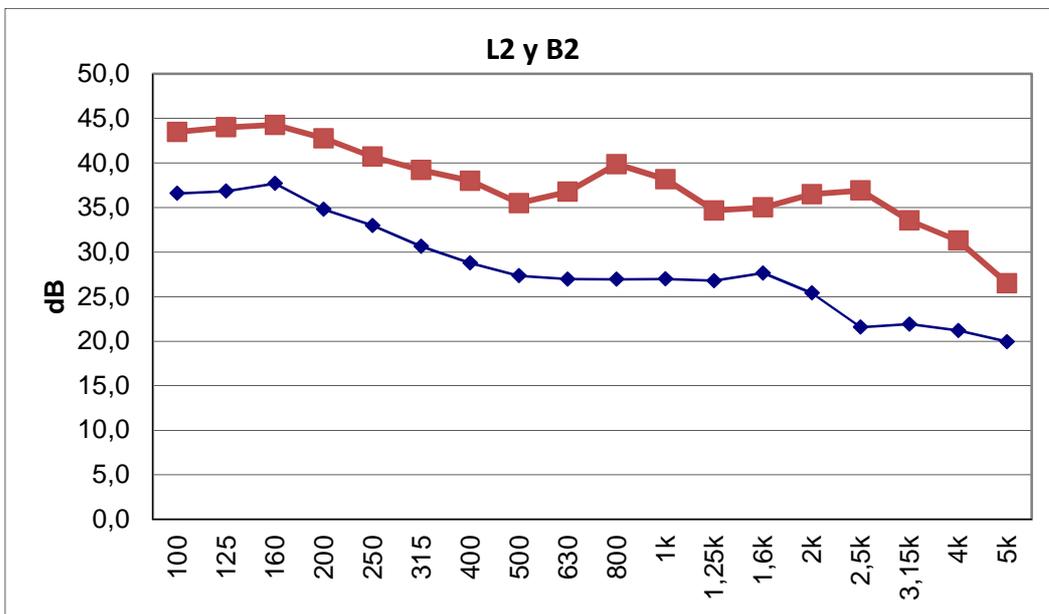


Figura 30. Gráfico de niveles de presión sonora L2 y ruido de fondo.

En la gráfica superior observamos en rojo la curva de la medición L2 y en su parte inferior la curva del ruido de fondo. De esta forma se puede comparar la diferencia de niveles entre ellas, que según la norma establece que el nivel de ruido de fondo debería ser, como mínimo 6 Db, y preferiblemente 10 dB, inferior al nivel de la señal y del ruido de fondo combinados. Si la diferencia de niveles es inferior a 10 dB pero mayor de 6 dB, hay que calcular las correcciones a la señal de acuerdo con la siguiente ecuación:

VALORES OBTENIDOS A RUIDO AÉREO. CERRAMIENTO									
f(HZ)	L1	L2	B2	T2	L2 correg.	D (L1-L2correg.)	DnT D+10lg(T2/0,5)	Referencia UNE 717-1	Referencia ajustada
100	76,0	43,5	36,6	18,46	42,5	33,5	40,6	33	29
125	79,3	44,0	36,8	19,53	43,1	36,3	43,6	36	32
160	81,9	44,3	37,7	21,42	43,2	38,7	46,2	39	35
200	80,8	42,8	34,8	23,15	42,0	38,8	46,6	42	38
250	81,2	40,7	33,0	25,27	39,9	41,3	49,7	45	41
315	78,6	39,2	30,6	28,34	38,5	40,0	48,4	48	44
400	78,0	38,0	28,8	32,37	37,5	40,5	48,7	51	47
500	77,5	35,5	27,3	37,26	34,8	42,8	49,7	52	48
630	78,6	36,8	27,0	42,82	36,3	42,3	50,4	53	49
800	78,6	39,9	26,9	47,27	39,9	38,8	47,8	54	50
1k	76,8	38,2	27,0	7,10	38,2	38,7	47,5	55	51
1,25k	72,4	34,7	26,8	11,94	33,9	38,5	47,5	56	52
1,6k	71,3	35,0	27,6	6,70	34,1	37,1	46,2	56	52
2k	74,6	36,5	25,4	6,83	36,5	38,1	47,1	56	52
2,5k	75,3	36,9	21,6	6,69	36,9	38,4	46,9	56	52
3,15k	73,1	33,5	21,9	6,43	33,5	39,6	47,6	56	52
4k	70,9	31,3	21,2	6,17	31,3	39,6	47,1		
5k	66,3	26,5	19,9	5,64	25,4	40,9	47,7		
								DnT,w	48

Figura 31. Tabla de datos obtenidos en el ensayo.

En la tabla superior [figura 31] se indica un resumen de los datos que se han obtenido y mediado de L1, L2 y B2 para posteriormente sacar los resultados de los valores del L2 corregido, siguiendo la fórmula anterior, D y DnT.

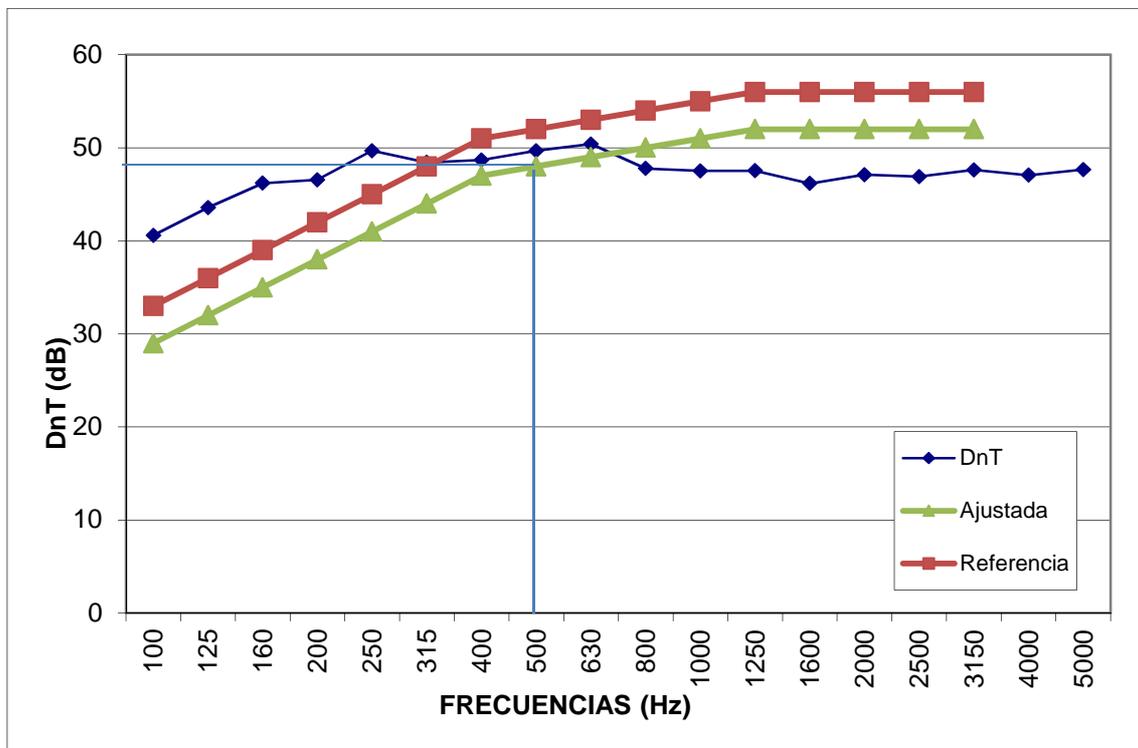


Figura 32. Gráfico resultados DnT.

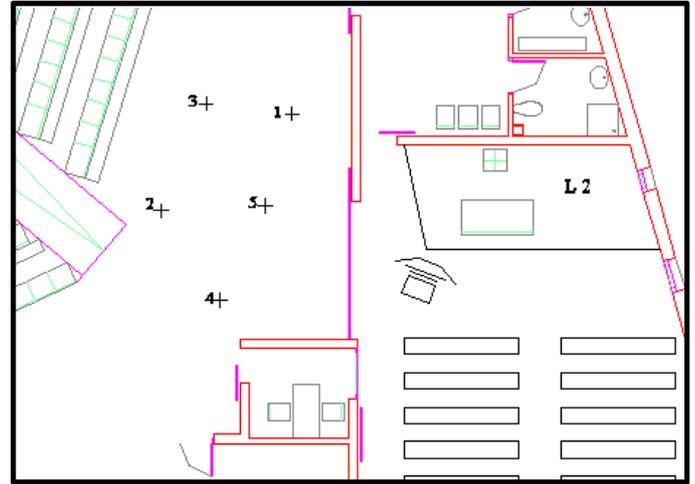
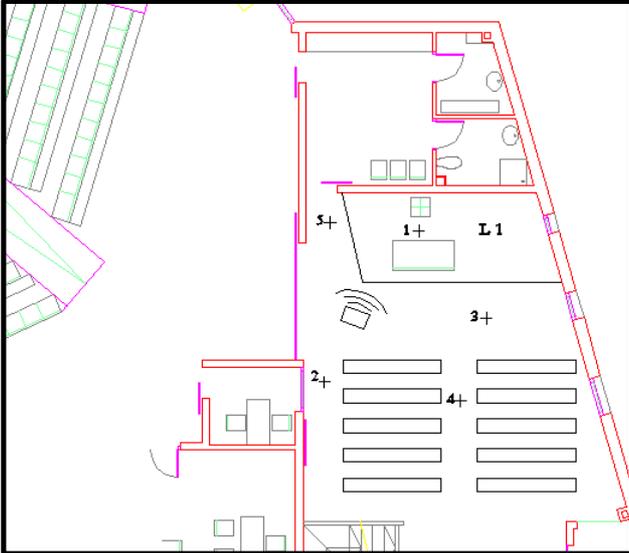
Utilizamos el método de comparación, según la norma UNE-EN ISO 717-1, para valorar los resultados en bandas de tercio de octava, desplazando la curva de referencia en saltos de 1 dB hacia la curva medida, hasta que la suma de las desviaciones desfavorables sea lo mayor posible pero no mayor que 32,0 dB.

Sabemos que se produce una desviación desfavorable en una determinada frecuencia cuando el resultado de las mediciones es inferior al valor de referencia. De acuerdo con este procedimiento, después del desplazamiento, el valor en decibelios de la curva de referencia a 500 Hz, es el de DnT,w, el cual es igual a 48 dB.

Según queda establecido en las ordenanza municipal de Alzira contra la contaminación acústica y habiendo calculado los valores de transmisión DnT para el aislamientos de ruido aéreo con el exterior para fachadas, se establece un valor de DnT mínimo de 32 dB (A). Por lo tanto el cerramiento **SI CUMPLE** con las exigencias de la ordenanza municipal.

7.1.6.2. Aislamiento entre locales, Sala principal – Capilla

A continuación indico de forma esquemática la situación de las mediciones tanto para L1 y L2 y B2, estas dos últimas comparten las mismas posiciones para mayor comodidad en el momento del ensayo.



Figuras 33 y 34. Distribución muestras en zona emisora y receptora, respectivamente.

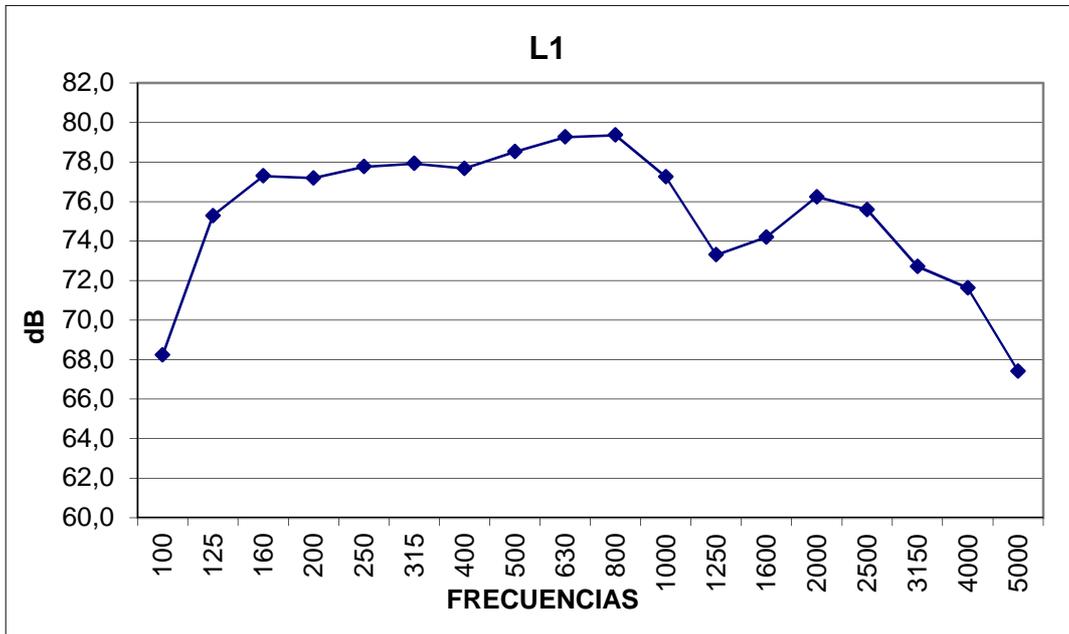


Figura 35. Gráfico de niveles de presión sonora L1.

En el gráfico anterior observamos unos picos descendentes en las bandas de frecuencias más bajas y en las bandas más altas, esto puede deberse a que los materiales que componen el revestimiento de la capilla absorben más en bajos que en la sala principal, al tratarse de la misma forma de una sala mucho más pequeña.

Destacar que se ha realizado en ensayo considerando dos casos, ya que el ensayo se centra en la puerta principalmente por abarcar la mayoría de la partición, uno con la puerta entreabierta y otro con la puerta totalmente cerrada. A continuación vemos las gráficas obtenidas para L2₁ y L2₂ [figura 36]

Las gráficas nos indican una curva prácticamente idéntica. Si observamos los valores de los niveles de presión sonora indicados en los gráficos, vemos que con la puerta entreabierta son ligeramente superiores en frecuencias medias y bajas, pero invariables para frecuencias altas.

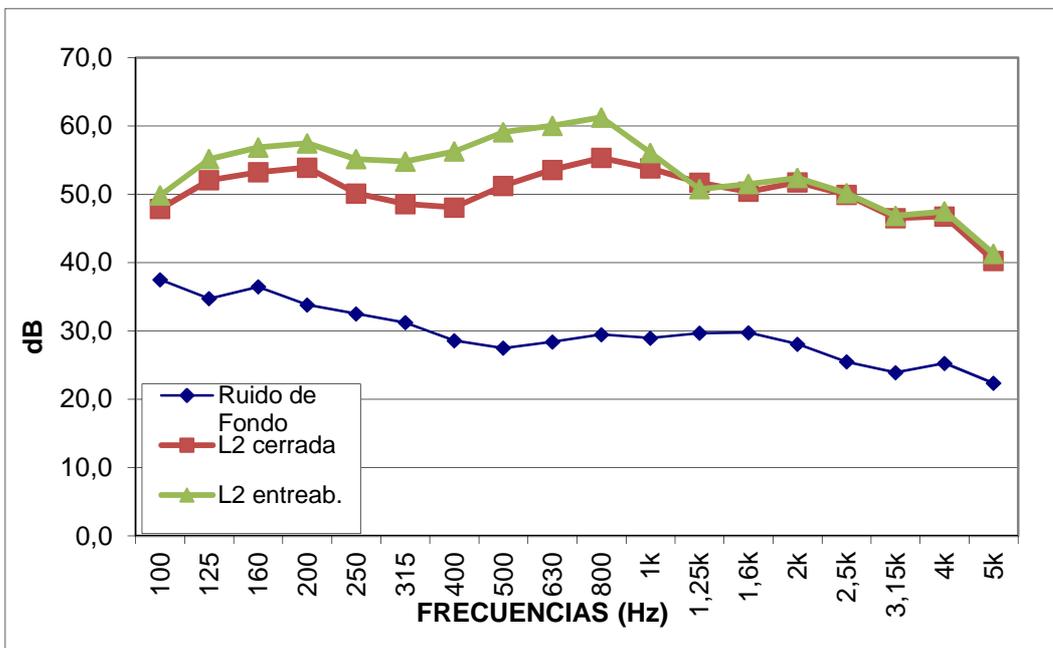


Figura 36. Gráfico niveles comparados de L2 entreabierta y L2 cerrada y ruido de fondo.

En la tabla siguiente [figura 37] se indica un resumen de los datos que se han obtenido y mediado de L1, L2 ha puerta cerrada y B2 para posteriormente sacar los resultados de los valores del L2 corregido, siguiendo la fórmula anterior, D y DnT.

VALORES OBTENIDOS A RUIDO AÉREO ENTRE LOCALES. SP -SACRISTÍA									
f(HZ)	L1	L2	B2	T2	L2 correg.	D (L1-L2correg.)	DnT D+10lg(T2/0,5)	Referencia UNE 717-1	Referencia ajustada
100	68,2	49,8	37,5	26,10	49,8	20,4	27,4	33	17
125	75,3	55,2	34,7	25,43	55,2	23,2	30,5	36	20
160	77,3	56,8	36,4	27,78	56,8	24,1	31,6	39	23
200	77,2	57,5	33,8	29,21	57,5	23,3	31,1	42	26
250	77,8	55,1	32,5	31,57	55,1	27,6	36,0	45	29
315	77,9	54,8	31,2	34,83	54,8	29,3	37,8	48	32
400	77,7	56,3	28,6	40,37	56,3	29,6	37,8	51	35
500	78,5	59,1	27,5	46,85	59,1	27,3	34,2	52	36
630	79,3	60,0	28,4	55,34	60,0	25,7	33,8	53	37
800	79,4	61,2	29,5	66,67	61,2	24,0	33,0	54	38
1k	77,2	56,1	29,0	8,11	56,1	23,4	32,3	55	39
1,25k	73,3	50,7	29,7	7,69	50,7	21,6	30,7	56	40
1,6k	74,2	51,5	29,8	3,02	51,5	23,8	32,9	56	40
2k	76,2	52,4	28,1	13,35	52,4	24,5	33,5	56	40
2,5k	75,6	50,1	25,5	14,16	50,1	25,7	34,2	56	40
3,15k	72,7	46,8	23,9	14,24	46,8	26,2	34,2	56	40
4k	71,6	47,5	25,3	14,28	47,5	24,9	32,4		
5k	67,4	41,3	22,3	15,25	41,3	27,2	33,9		
								DnT,w	36

Figura 37. Tabla de valores obtenidos en ensayo.

Según queda establecido en las ordenanza municipal de Alzira contra la contaminación acústica y habiendo calculado los valores de transmisión DnT para el aislamientos de ruido aéreo interior entre recintos, se establece un valor de DnT mínimo de 65,5 dB (A). Siendo el valor DnT obtenido en la prueba “in situ” de 36 dB(A), se puede decir que la partición **NO CUMPLE** con las exigencias establecidas en la ordenanza municipal.

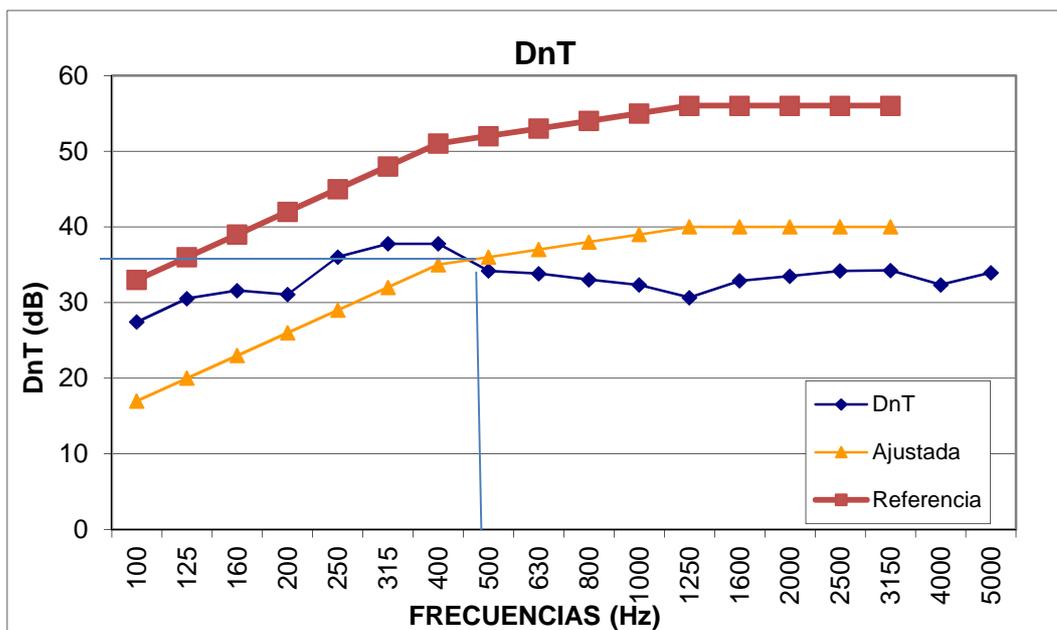


Figura 38. Gráfico resultados DnT

7.1.6.3. Aislamiento entre locales. Sala principal – Nártex

A continuación indico de forma esquemática la situación de las mediciones tanto para L1 y L2 y B2, estas dos últimas comparten las mismas posiciones para mayor comodidad en el momento del ensayo.

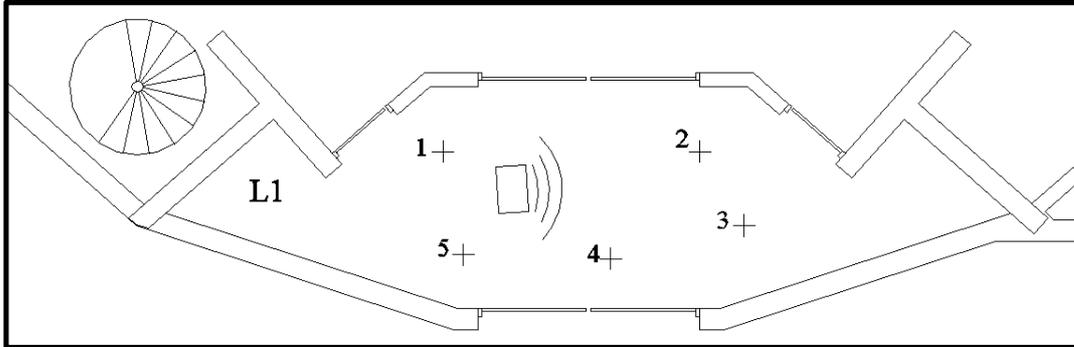


Figura 39. Disposición muestras en recinto emisor.

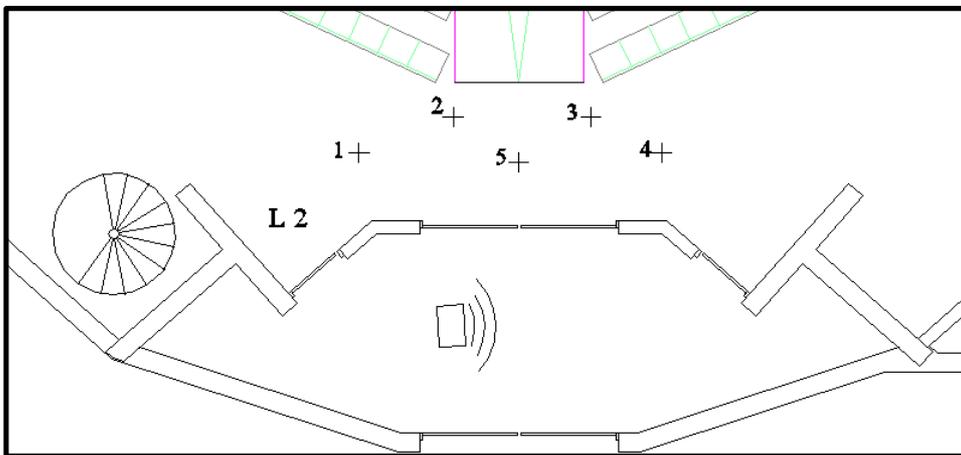


Figura 40. Disposición muestras en recinto receptor.

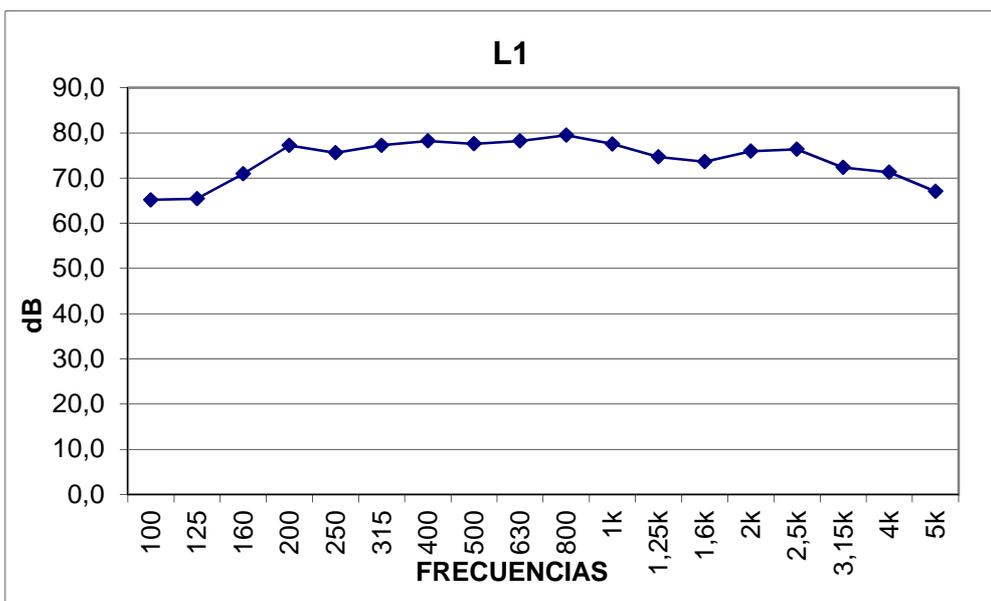


Figura 41. Gráfico niveles de presión sonora L1.

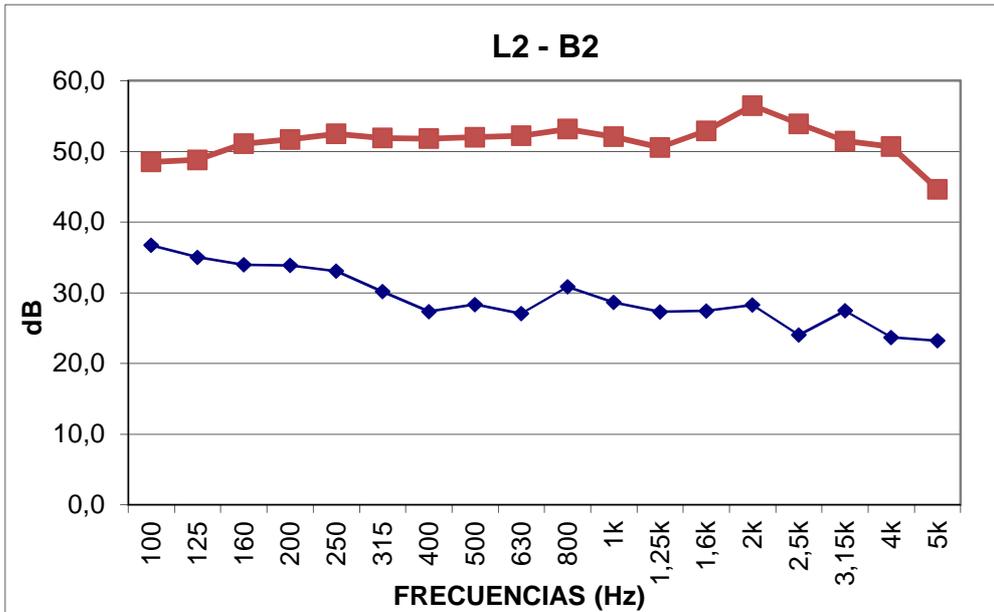


Figura 42. Gráfico niveles de presión sonora L1 y ruido de fondo B2.

En la figura 42 puede verse como no se precisa de corrección puesto que la diferencia este L2 y B2 es mayor a 10 dB(A).

En la figura 43 podemos ver un resumen de los datos obtenidos en la prueba de aislamiento donde se obtiene los valores de DnT y finalmente el valor de DnTw en la banda de 500 Hz tras ajustar los valores de referencia.

VALORES OBTENIDOS A RUIDO AÉREO ENTRE LOCALES. SP -NÁRTEX									
f(HZ)	L1	L2	B2	T2	L2 correg.	D (L1-L2correg.)	DnT D+10lg(T2/0,5)	Referencia UNE 717-1	Referencia ajustada
100	65,2	48,5	36,7	12,52	48,5	16,7	23,7	33	13
125	65,5	48,8	35,0	13,71	48,8	16,7	24,0	36	16
160	71,0	51,1	34,0	15,80	51,1	19,9	27,4	39	19
200	77,3	51,7	33,9	18,14	51,7	25,6	33,3	42	22
250	75,6	52,5	33,1	15,51	52,5	23,1	31,5	45	25
315	77,3	51,9	30,2	28,39	51,9	25,4	33,8	48	28
400	78,2	51,8	27,4	32,76	51,8	26,4	34,6	51	31
500	77,6	52,0	28,3	38,98	52,0	25,6	32,5	52	32
630	78,2	52,2	27,1	47,38	52,2	26,0	34,2	53	33
800	79,5	53,2	30,9	55,78	53,2	26,4	35,4	54	34
1k	77,6	52,1	28,6	16,36	52,1	25,5	34,4	55	35
1,25k	74,7	50,6	27,3	16,45	50,6	24,2	33,2	56	36
1,6k	73,6	52,9	27,4	15,95	52,9	20,7	29,8	56	36
2k	76,0	56,5	28,3	16,84	56,5	19,5	28,5	56	36
2,5k	76,4	53,9	24,0	16,93	53,9	22,5	31,0	56	36
3,15k	72,4	51,5	27,5	16,52	51,5	20,9	29,0	56	36
4k	71,3	50,7	23,7	15,95	50,7	20,6	28,1		
5k	67,1	44,6	23,2	14,38	44,6	22,4	29,2		
								DnT,w	32

Figura 43. Tabla de valores obtenidos en ensayo.

Según queda establecido en las ordenanza municipal de Alzira contra la contaminación acústica y habiendo calculado los valores de trasmisión DnT para el aislamientos de ruido aéreo interior entre recintos, se establece un valor de DnT mínimo de 65,6 dB (A). Siendo el valor DnT obtenido en la prueba “in situ” de 32 dB(A), se puede decir que la partición **NO CUMPLE** con las exigencias establecidas en la ordenanza municipal.

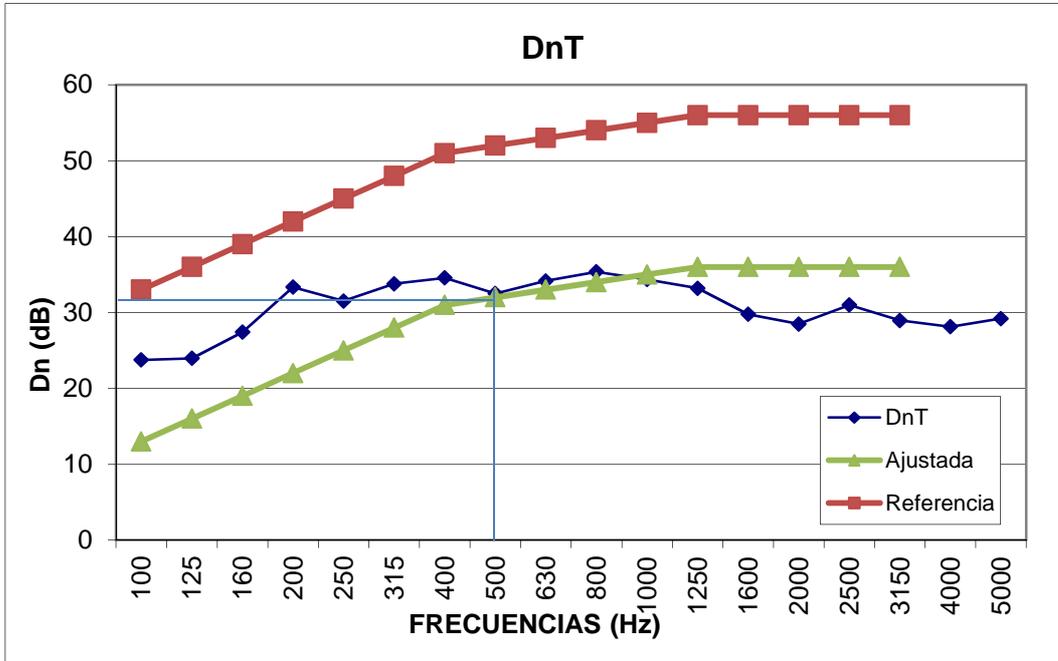


Figura 44. Gráfico resultados DnT.

7.2. FICHAS CUMPLIMIENTO CTE

A continuación se procede al cálculo de las transmisiones de niveles de DnT de aislamiento a ruido exterior y ruido interior, por el método general que nos proporciona el código técnico. Se han rellenado tres fichas, referentes a distintas zonas de la iglesia:

- Aislamiento a ruido exterior con fachada principal recayente a calle Padre Pompilio.
- Aislamiento a ruido interior entre recintos Sala principal y capilla.
- Aislamiento a ruido interior entre Sala principal y nártex.

Se adjuntan las fichas justificativas donde se refleja la solución constructiva que se ha utilizado en los cerramientos, aunque al no disponer de los datos exactos de los materiales empleados en la construcción de las particiones y cerramiento, como soluciones constructivas se han tomado supuestos teóricos y los datos de aislamiento basados en el Catálogo de Elementos Constructivos que nos proporciona la aplicación en Excel por el CTE.

En las susodichas fichas se pretende calcular el DnT, diferencia de niveles estandarizado o simplemente aislamiento a ruido exterior/interior, además de comprobar si cumple según las exigencias del CTE. Dado que nuestro caso es peculiar y no le es de aplicación el CTE DB HR, realizamos las fichas a modo de prueba para comprobar que los datos obtenidos de DnT se aproximan a los obtenidos en las pruebas reales de aislamiento "in situ".

El aislamiento a ruido aéreo exterior DnT que obtenemos en la primera ficha para la fachada principal es de 57 dB(A), cumpliendo sobradamente la exigencia de la HR (32 dB(A)), la cual está referenciada a un tipo de recinto cultural, docente y administrativo frente al ruido exterior de vehículos de 61 dB(A). En la prueba "in situ" se ha obtenido un DnT = 48 dB(A). C

El aislamiento a ruido aéreo entre recintos DnT de la SP y la capilla en la segunda ficha es de 41 dB(A), siendo el mínimo exigido de 50 dB(A), con lo que no cumpliría la exigencia por parte del CTE. En la prueba "in situ" se ha obtenido un DnT = 36 dB(A), lo cual se aproximan los valores. La justificación también nos proporciona valores de **aislamiento a ruido de impacto** LnTw, siendo este de 20 dB(A) y exigiéndose 65. Dado que no se ha realizado prueba "in situ" de aislamiento a impacto, no se pueden comparar valores.

El aislamiento a ruido aéreo entre recintos DnT de la SP y el nártex en la tercera ficha es de 22 dB(A) exigiendo la norma del código técnico, 50 dB(A). En la prueba "in situ" se ha obtenido un DnT = 32 dB(A).

Zona	DnT			
	Valor "in situ"	Valor ficha CTE	Exigencia ordenanza	Conclusión
Cerramiento fachada principal	48	57	32	CUMPLE
Partición SP - Capilla	36	41	65,5	NO CUMPLE
Partición SP - Nártex	32	22	65,6	NO CUMPLE

Figura 45. Resumen cumplimiento.

En la **figura 45** podemos ver un resumen de las zonas ensayadas “in situ” con los correspondientes valores obtenidos además de los valores de las fichas del CTE. Al comparar los valores con las exigencias establecemos su cumplimiento.

La partición entre sala principal y la capilla no cumple con una diferencia de 24,4 dB(A), por lo que si pretenderíamos realizar una propuesta de intervención para poder cumplir con las exigencias deberíamos realizar cambios que implicaran eliminar ciertos elementos. Lo mismo ocurriría con la partición de la sala principal con el nártex, aunque en este caso solo debiéramos cambiar el tipo de puerta, ya que es el elemento con mayor superficie.

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo en fachadas.

Proyecto	Estudio Acústico de Iglesia Sagrada Familia (Alzira)	
Autor	Fernando España Monedero	
Fecha	2 de Junio 2012	
Referencia	Fachada iglesia recayente a la calle Padre Pompilio	

Características técnicas de la fachada y edificio							
Tipo de Ruido Exterior	Automóviles			L_{eq} (dBA)	61		
Forma de fachada	Plano de Fachada			ΔL_{fs} (dB)	0		
Soluciones Constructivas							
Sección Separador	RE + BH AD 140 + AT + LH 70 + Enl 15						
Sección Flanco F1	RE + BH AD 140 + AT + LH 70 + Enl 15						
Sección Flanco F2	RE + BH AD 140 + AT + LH 70 + Enl 15						
Sección Flanco F3	RE + BH AD 140 + AT + LH 70 + Enl 15						
Sección Flanco F4	RE + BH AD 140 + AT + LH 70 + Enl 15						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m²)	l_i (m)	m'_i (kg/m²)	$R_{A,tr}$ (dBA)	R_A (dBA)		
Sección Separador	47,66	-	269	46	49	-	-
Sección Flanco F1	456,3	8,92	269	46	49	-	-
Sección Flanco F2	997,66	12,19	269	46	49	-	-
Sección Flanco F3	15,51	3	269	46	49	-	-
Sección Flanco F4	24,69	2,55	269	46	49	-	-

Características técnicas del recinto receptor							
Tipo de Recinto	ural, sanitario, docente y administrativo Estan			Volumen	5350 m ³		
Soluciones Constructivas							
Sección Separador	RE + BHAD 140 + AT + LH 70 + Enl 15						
Suelo f1	LM 500 mm						
Techo f2	LM 300 mm						
Pared f3	Enl 15 + BHAD 290 + Enl 15						
Pared f4	Enl 15 + BHAD 290 + Enl 15						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m²)	l_i (m)	m'_i (kg/m²)	R_A (dBA)	$R_{A,tr}$ (dBA)	ΔR_A (dBA)	
Sección Separador	47,66	-	269	49	46	0	-
Suelo f1	476,33	8,92	1250	75	-	0	-
Techo f2	696	12,19	750	67	-	0	-
Pared f3	78,53	3	350	55	-	0	-
Pared f4	24,54	2,55	350	55	-	0	-

Huecos en el separador						
Ventanas, puertas y lucernarios		S (m²)	$R_{A,tr}$ (dBA)	R_A (dBA)	ΔR (dB)	
	Hueco 1	2,16	29	31	0	
	Hueco 2	0	0	0	0	
	Hueco 3	0	0	0	0	
	Hueco 4	0	0	0	0	



Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo en fachadas.

Vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Vías de transmisión aérea	transmisión directa I	$D_{n,e1,A}$ (dBA)	-
	transmisión directa II	$D_{n,e2,A}$ (dBA)	-
	transmisión indirecta	$D_{n,s,A}$ (dBA)	-

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K_{Ff}	K_{Fd}	K_{Df}
fachada - suelo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	8,24	17,64	8,24
fachada - techo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	6,83	13,11	6,83
fachada - pared	Unión en T de doble hoja con discontinuidad de hoja interior (orientación 2)	11,80	19,43	11,80
fachada - pared	Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos (orientación 7)	5,77	7,39	5,77

Transmisión de ruido del exterior				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{2m,nT,Atr}$ (dBA)	57	32	CUMPLE

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos inter
 Caso: Recintos adyacentes con 2 aristas comunes. Transmisión horizontal. Caso B

Proyecto	Estudio Acústico Iglesia Sagrada Familia (Alzira)	
Autor	Fernando España Monedero	
Fecha	2 de Junio de 2012	
Referencia	Partición entre sala principal y capilla (> proporción puerta)	

Características técnicas del recinto 1							
Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor	-	Volumen	5350 m ³				
Soluciones Constructivas							
Separador	Enl 15 + LP 115 + Enl 15 (valores mínimos)						
Suelo F1	LM 500 mm						
Techo F2	LM 300 mm						
Pared F3	Enl 15 + LP 115 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared F4	Enl 15 + BH AD 190 + Enl 15						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m²)	l_i (m)	m'_i (kg/m²)	R_A (dBA)	L_{n,w} (dB)	ΔR_A (dBA)	ΔL_w (dB)
Separador	13,08	-	150	42	-	0	-
Suelo F1	476,33	4,36	1250	75	56	0	0
Techo F2	696	4,36	750	67	63	0	0
Pared F3	13,5	4,5	150	42	-	0	-
Pared F4	8	2,67	239	48	-	0	-

Características técnicas del recinto 2							
Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor	Protegido	Volumen	186,18 m ³				
Soluciones Constructivas							
Separador	Enl 15 + LP 115 + Enl 15 (valores mínimos)						
Suelo f1	LM 500 mm						
Techo f2	LM 300 mm						
Pared f3	RE + BH AD 140 + AT + LH 70 + Enl 15						
Pared f4	Enl 15 + LP 115 + Enl 15 (valores mínimos)						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m²)	l_i (m)	m'_i (kg/m²)	R_A (dBA)	L_{n,w} (dB)	ΔR_A (dBA)	ΔL_w (dB)
Separador	13,08	-	150	42	-	0	-
Suelo f1	79,63	4,36	1250	75	56	0	0
Techo f2	79,63	4,36	750	67	63	0	0
Pared f3	12,6	4,5	74	34	-	-	-
Pared f4	12,66	4,22	150	42	-	0	0

Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Ventanas, puertas y lucernarios	superficie	S (m²)	8
	índice de reducción	R_A (dBA)	18
Vías de transmisión aérea	transmisión directa	D_{n,e,A} (dBA)	0
	transmisión indirecta	D_{n,s,A} (dBA)	0



Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos inter
Caso: Recintos adyacentes con 2 aristas comunes. Transmisión horizontal. Caso B

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K_{Ff}	K_{Fd}	K_{Df}
separador - suelo	Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos (orientación 2)	-2,45	10,53	10,53
separador - techo	Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos (orientación 1)	-1,37	8,48	8,48
separador - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	5,70	5,70	5,70
separador - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 4)	5,93	5,93	8,79

Transmisión del recinto 1 al recinto 2 →				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	D_{nTA} (dBA)	27	50	NO CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	L'_{nTw} (dB)	35	65	CUMPLE

Transmisión del recinto 2 al recinto 1 ←				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	D_{nTA} (dBA)	41	50	NO CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	L'_{nTw} (dB)	29	65	CUMPLE



Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos inter
Caso: Recintos adyacentes con 4 aristas comunes.

Proyecto	Estudio Acústico Iglesia Sagrada Familia (Alzira)	
Autor	Fernando España Monedero	
Fecha	2 de Junio de 2012	
Referencia	Partición entre nártex (vestíbulo entrada) y sala principal.	

Características técnicas del recinto 1							
Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor	-		Volumen	74,4 m ³			
Soluciones Constructivas							
Separador	Enl 15 + BH AD 190 + Enl 15						
Suelo F1	LM 500 mm						
Techo F2	U_BH 300 mm						
Pared F3	RE + BH AD 140 + AT + LH 70 + Enl 15						
Pared F4	RE + BH AD 140 + AT + LH 70 + Enl 15						
Parámetros Acústicos							
	S _i (m ²)	l _i (m)	m' _i (kg/m ²)	R _A (dBA)	L _{n,w} (dB)	ΔR _A (dBA)	ΔL _w (dB)
Separador	24	-	239	48	-	0	-
Suelo F1	24,8	7,68	1250	75	56	0	0
Techo F2	24,8	7,68	372	55	74	0	0
Pared F3	12,78	4,26	269	49	-	-	-
Pared F4	12,78	4,26	269	49	-	-	-

Características técnicas del recinto 2							
Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor	Protegido		Volumen	5350 m ³			
Soluciones Constructivas							
Separador	Enl 15 + BH AD 190 + Enl 15						
Suelo f1	LM 500 mm						
Techo f2	U_BH 300 mm						
Pared f3	RE + BH AD 140 + AT + LH 70 + Enl 15						
Pared f4	RE + BH AD 140 + AT + LH 70 + Enl 15						
Parámetros Acústicos							
	S _i (m ²)	l _i (m)	m' _i (kg/m ²)	R _A (dBA)	L _{n,w} (dB)	ΔR _A (dBA)	ΔL _w (dB)
Separador	24	-	239	48	-	0	-
Suelo f1	476,33	7,68	1250	75	56	0	0
Techo f2	696	7,68	372	55	74	0	0
Pared f3	47,66	4,26	269	49	-	-	-
Pared f4	14,13	4,26	269	49	-	-	-

Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Ventanas, puertas y lucernarios	superficie	S (m ²)	9
	índice de reducción	R _A (dBA)	18
Vías de transmisión aérea	transmisión directa	D _{n,e,A} (dBA)	0
	transmisión indirecta	D _{n,s,A} (dBA)	0



Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos inter
Caso: Recintos adyacentes con 4 aristas comunes.

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K_{Ff}	K_{Fd}	K_{Df}
separador - suelo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 2)	-1,49	8,64	8,64
separador - techo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 1)	3,20	5,91	5,91
separador - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 1)	14,36	7,18	7,18
separador - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 2)	14,36	7,18	7,18

Transmisión del recinto 1 al recinto 2				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	D_{nTA} (dBA)	41	50	NO CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	L'_{nTw} (dB)	35	65	CUMPLE

Transmisión del recinto 2 al recinto 1				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	D_{nTA} (dBA)	22	50	NO CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	L'_{nTw} (dB)	41	65	CUMPLE

7.3. CURVAS DE REFERENCIA NOISE CRITERIA

Las curvas de referencia Noise Criteria, establecen los niveles máximos de ruido recomendables para diferentes tipos de recintos en función de su aplicación, para que las actividades que en ellos se lleven a cabo se desarrollen adecuadamente. Estas curvas siguen de forma aproximada la evolución de la sensibilidad del oído humano en función de la frecuencia, ya que el oído es menos sensible a medida que la frecuencia considerada es menor. En la figura 46 vemos los valores para estas curvas.

f (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1 kHz	1,25 kHz	1,6 kHz	2 kHz	2,5 kHz	3,15 kHz
NC -65	76,7	75	73,7	72,3	71	70	69	68	67,3	66,7	66	65,3	64,7	64	63,7	63,3
NC-60	73	71	69,7	68,3	67	65,7	64,3	63	62,3	61,7	61	60,3	59,7	59	58,7	58,3
NC-55	69,3	67	65,3	63,7	62	60,7	59,3	58	57,3	56,7	56	55,3	54,7	54	53,7	53,3
NC-50	66,3	64	62	60	58	56,7	55,3	54	53	52	51	50,3	49,7	49	48,7	48,3
NC-45	62,3	60	58	56	54	52,3	50,7	49	48	47	46	45,3	44,7	44	43,7	43,3
NC-40	59,3	57	54,7	52,3	50	48,3	46,7	45	43,7	42,3	41	40,3	39,7	39	38,7	38,3
NC-35	54,7	52	49,7	47,3	45	43,3	41,7	40	38,7	37,3	36	35,3	34,7	34	33,7	33,3
NC-30	51	48	45,7	43,3	41	39	37	35	33,7	32,3	31	30,3	29,7	29	28,7	28,3
NC-25	47,3	44	41,7	39,3	37	35	33	31	29,7	28,3	27	26	25	24	23,3	22,7
NC-20	43,7	40	37,7	35,3	33	30,7	28,3	26	24,7	23,3	22	21	20	19	18,3	17,7
NC-15	39,7	36	33,7	31,3	29	26,7	24,3	22	20,3	18,7	17	16	15	14	13,3	12,7

Figura 46. Tabla valores curvas Noise Criteria.

A continuación, representamos el ruido de fondo de la sala principal junto a las curvas NC, para así poder determinar, por comparación, a qué nivel corresponde el aula. Se recomienda, aunque no especifica para iglesias ya que no aparece este subtipo como tal, que el ruido de fondo tiene que estar establecido por debajo de la curva NC-30 para salas de conferencias, que es lo más parecido a una iglesia por tratarse también de un recinto donde aquello que se pretende es transmitir la palabra.

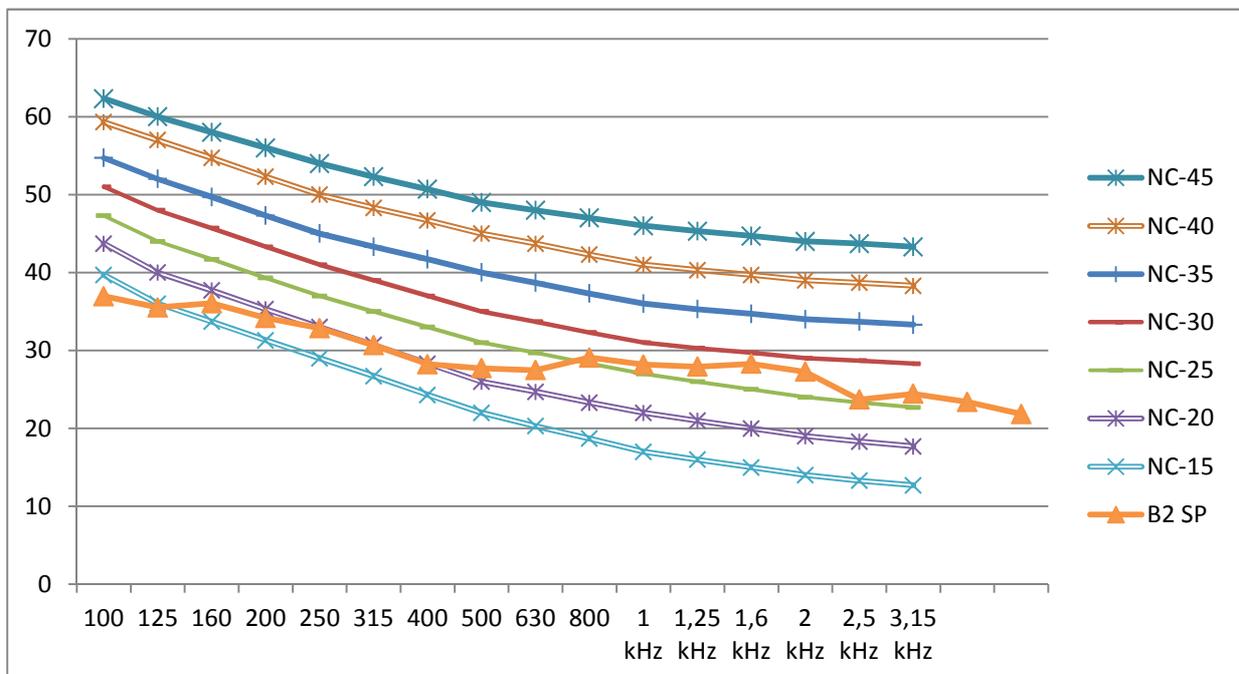


Figura 47. Gráfico curvas noise criteria.

Vemos como la curva de ruido de fondo queda justo por debajo de la curva NC-30, por lo tanto se encuentra dentro de los niveles recomendados.

7.4. ESTUDIO DE TIEMPOS DE REVERBERACIÓN DE LA SALA PRINCIPAL

7.4.1. Objetivo

El objeto de este estudio es poder cuantificar la reverberación en un recinto, concretamente en la sala principal de la iglesia, donde puede mostrarse un mayor interés en saber el valor de este parámetro ya que es la sala de mayor volumen y donde se realizan los eventos. Se define el tiempo de reverberación a una frecuencia determinada como el tiempo que transcurre desde que el foco emisor se detiene hasta el momento en que el nivel de presión sonora cae 60 dB respecto del valor inicial.

A partir de la obtención del RT, podremos obtener distintos parámetros que definan la calidad de la sala en cuanto a su sonoridad, ya sea la claridad C80, definición D50, STI... parámetros que se obtienen con el software Dirac.

7.4.2. Método utilizado

Para realizar esta prueba seguiremos la Norma UNE-EN ISO 3382-2 2008 “Acústica. Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios”, para el método de respuesta impulsiva integrada. Para ello necesitamos una serie de instrumentos, los cuales son proporcionados por el departamento de Física aplicada de la ETSA. Estos aparatos son: un ordenador portátil con el software dedicado al campo de laboratorio de acústica Dirac 3.0 Type 7841 de Brüel & Kjaer conectado a un amplificador modelo GA-610D de 10W y a un acondicionador de señal externo de la marca Endevco conectado a un preamplificador de la marca Endevco con un micrófono de condensador prepolarizado de precisión. En la **figura 48** se muestra la disposición de montaje de aparatos.



Figura 48. Montaje para la prueba.

La norma recomienda un número de posiciones a lo largo de la hora de realizar la medición para obtener una cobertura adecuada en un recinto. Se nos recomienda que para un recinto con geometría complicada se deberían hacer un mayor número de tomas ya que este hecho puede darnos valores no deseados.

	Control	Ingeniería ^a	Precisión
Combinaciones fuente-micrófono	2	6	12
Posiciones de la fuente ^b	≥ 1	≥ 2	≥ 2
Posiciones de micrófono ^c	≥ 2	≥ 2	≥ 3
Número de decrecimientos en cada posición (método del ruido interrumpido)	1	2	3

^a Cuando el resultado se utiliza para un término de corrección en otras mediciones del nivel de ingeniería, solo se requiere una posición de la fuente y tres posiciones de micrófono.

^b Para el método del ruido interrumpido, se pueden utilizar simultáneamente fuentes no correlativas.

^c Para el método del ruido interrumpido y cuando el resultado se utiliza para un término de corrección, se puede utilizar una percha de micrófono rotativo en lugar de múltiples posiciones de micrófono.

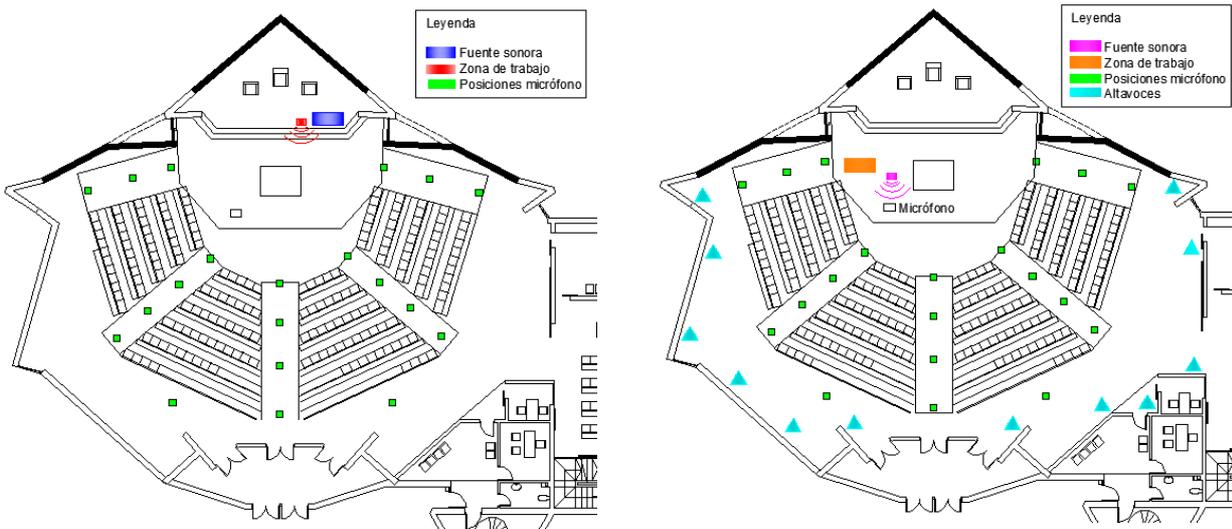
Figura 49. Tabla de número mínimo de mediciones y posiciones.

En la **figura 49** se nos indica el número de posiciones que deberemos realizar con el micrófono. Debido a que tenemos un recinto con un volumen bastante grande, alrededor de 5350 m³, y con una geometría complicada tanto en planta como referida a cubierta, realizaremos un número de tomas elevado para tener un valor lo más cercano a la realidad.

Las posiciones de micrófono deben estar separadas entre ellas al menos 2 m para el rango de frecuencias habitual, la distancia a cualquier superficie reflectante, incluida el suelo debe de ser de al menos 1 m.

En nuestro recinto realizaremos dos pruebas tipo, la primera en la que se tomarán 20 muestras utilizando únicamente el amplificador de guitarra GA-610D para crear el sonido y la segunda de manera diferente, debido a que en la sala principal se tiene instalado un sistema de altavoces alrededor y con un micrófono para el orador dispuesto en el altar, el cual es utilizado normalmente por el párroco en las misas, por tanto era de interés realizar la prueba para así averiguar si tiene el mismo tiempo de reverberación de una forma u otra.

Destacar que las pruebas se realizan con las mismas posiciones y material, pero en días diferentes. En las siguientes imágenes [**figuras 50 y 51**] se señalan para los distintos casos la posición de la fuente sonora, la zona de trabajo con el portátil y las posiciones del micrófono:



Figuras 50 y 51. Disposición fuente sonora y muestras en los diferentes casos.

Para el caso en que utilizamos el sistema de altavoces [fotografía xxx], cambiamos la posición de la fuente ya que, cuando el orador no utiliza la megafonía, este suele situarse en la zona alta del altar como se marca en la fotografía anterior, pero cuando sí la utiliza se posiciona en la zona baja y más próxima a los bancos en su parte izquierda. Los altavoces utilizados en la sala son de la marca Ineli® de forma alargada como se aprecia en las **figura 52**.



Figura 52. Altavoz tipo de la iglesia.



Figura 53. Detalle marca altavoz.

Seguimos el procedimiento especificado en la norma para realizar ambas pruebas. Una vez conectados de forma correcta todos los aparatos y comprobando que es así, procedemos a iniciar el software Dirac 3.0 el cual nos proporcionará unos determinados sonidos. La idoneidad de estos viene definida en la norma como unos impulsos producidos por chispazos, salvas de ruido, barridos sinusoidales o secuencias de longitud máxima como señales, en nuestro caso utilizamos el modo e-Sweep, el cual produce un barrido de todas las frecuencias (dando mayor tiempo a los graves para su mejor captación) para poder obtener sus tiempos de reverberación.

Una vez posicionado el micro y habiendo escogido el modo correcto, se comprueba mediante la opción test, que con el nivel del amplificador, el micrófono no produzca saturación en la muestra puesto que esto sería poco beneficioso para la misma.

A continuación presionamos start, produciéndose una serie de sonidos repetidos en escala de frecuencias, o lo que la norma menciona excitación del recinto, con la cual la fuente impulsiva debe ser capaz de producir un nivel de presión acústica de pico suficiente para garantizar una curva de decrecimiento empezando al menos 35 dB por encima del ruido de fondo. Señalar que el ruido de fondo para frecuencias medias es de 27 dB, con lo que resulta fácil satisfacer este requerimiento de la norma.

Este procedimiento se repite en todos y cada uno de los puntos señalados anteriormente y asegurándonos en cada medición que el parámetro INR en todas las frecuencias se encuentra por encima de 30 para garantizarnos una correcta medición, tal como se muestra en la **figura 54** referente a la medición 56 realizada en el primer caso.

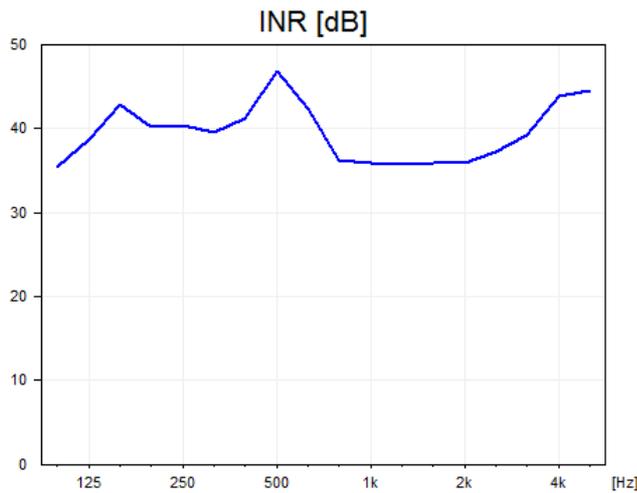


Figura 54. Gráfico INR con buenos valores tipo. (> 30)

7.4.3. Datos obtenidos

Una vez tomadas todas las muestras “in situ” y habiendo seguido la metodología señalada en la normativa, debemos extraer y procesar los datos obtenidos mediante el software Dirac 3.0, ya que no solo nos da los parámetros referentes al T20, si no una variedad de parámetros indicadores de la calidad acústica de la sala.

Caso 1: Prueba simple

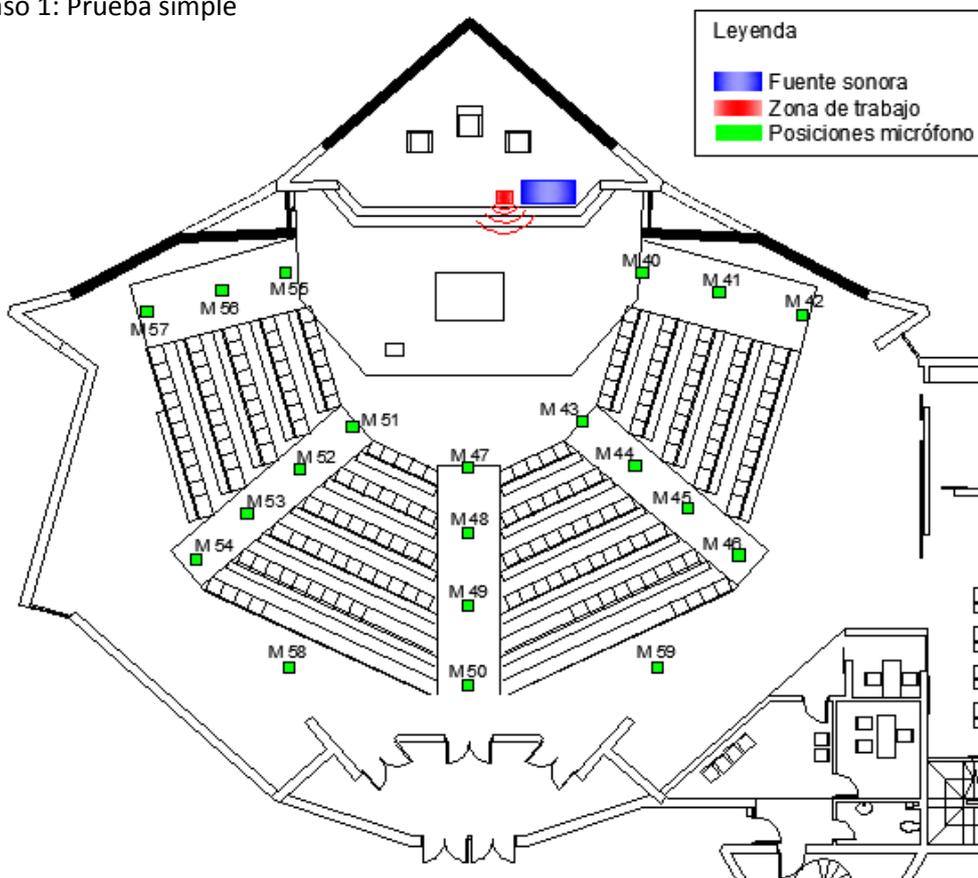


Figura 55. Planta disposición fuente sonora y muestras, caso 1.

En la anterior imagen [figura 55] se detalla de manera más ampliada la posición de las muestras así como su número, de esta manera en caso de obtener una muestra con resultados dispares al resto, podías reconocer la posición y volver a realizar la prueba con el micrófono el dicho punto.

Los datos del T20 se extraen del programa Dirac y se trasladan a una tabla Excel para realizar la media de las muestras en cada una de sus frecuencias. De esta forma podemos obtener la curva tonal de la sala principal [figura 56], de la que podemos decir que el RT es mayor en frecuencias altas que en bajas, produciéndose un descenso pronunciado hacia las frecuencias bajas de la voz (500 Hz) y otro de igual forma en frecuencias de 4000 Hz.

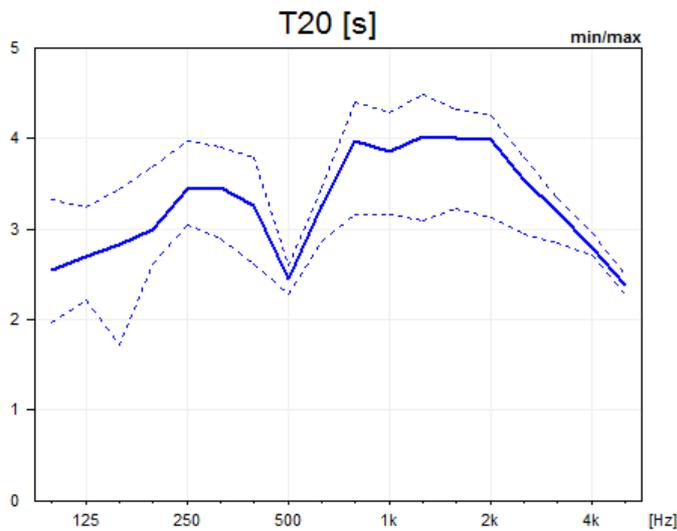


Figura 56. Gráfico de la curva tonal, caso 1.

Para comprobar si el tiempo de reverberación del aula cumple con el CTE, se calcula TRmid, [figura 57] siendo éste el tiempo de reverberación medio para las frecuencias 500, 1000 y 2000Hz. El motivo por el cual se cogen estas tres bandas es porque la frecuencia de 500Hz se considera como la más baja para la inteligibilidad de la voz y 1000Hz la media.

TIEMPOS DE REVERBERACIÓN																					
f (Hz)	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	Prom. T2 (s)
100	2,618	2,534	2,659	3,319	2,086	2,82	2,758	3,076	2,596	2,546	1,983	2,137	3,11	2,333	2,49	2,531	2,415	2,188	2,681	1,971	2,54
125	2,748	2,679	2,655	2,969	2,46	2,304	3,165	3,165	2,839	2,84	2,659	2,392	2,517	2,72	2,544	2,565	2,664	2,477	3,243	2,217	2,69
160	2,734	2,826	2,606	2,907	3,107	3,236	2,855	3,389	3,446	3,164	1,711	2,722	2,924	2,49	2,736	2,666	2,52	2,718	2,823	3,035	2,83
200	3,195	3,297	2,618	2,944	2,924	2,946	3,096	2,893	2,949	2,899	3,006	3,117	2,76	2,693	3,053	3,192	2,928	3,691	2,928	2,908	3,00
250	3,047	3,461	3,223	3,521	3,486	3,433	3,397	3,564	3,396	3,143	3,222	3,287	3,272	3,974	3,746	3,808	3,358	3,454	3,437	3,655	3,44
315	3,431	3,128	2,898	3,651	3,461	3,575	3,299	3,906	3,849	3,199	3,379	3,329	3,555	3,578	3,325	3,858	3,052	3,682	3,508	3,642	3,47
400	3,718	3,638	3,019	3,141	3,697	3,495	3,345	3,114	3,237	2,772	2,614	3,26	3,498	3,042	3,434	3,797	3,027	3,24	3,093	3,158	3,27
500	2,389	2,368	2,59	2,431	2,5	2,529	2,284	2,343	2,478	2,547	2,487	2,424	2,353	2,323	2,405	2,545	2,489	2,475	2,437	2,571	2,45
630	3,328	3,429	3,406	3,084	3,436	3,218	3,035	3,158	3,462	3,247	2,861	3,396	3,046	3,135	3,395	3,332	3,299	3,158	3,325	3,282	3,25
800	3,923	4,245	4,355	3,689	4,014	4,399	3,971	4,245	4,032	3,165	3,18	4,3	3,832	3,819	3,792	4,024	4,217	4,007	4,313	3,861	3,97
1000	4,02	3,921	4,29	3,692	3,961	3,998	3,957	3,726	3,777	3,486	3,156	4,154	3,757	3,788	3,871	3,746	3,972	4,258	3,991	3,526	3,85
1250	4,183	4,123	4,122	4,101	4,481	3,784	3,9	4,102	4,258	3,423	3,1	4,284	3,807	4,45	3,795	3,685	4,269	4,055	4,137	4,298	4,02
1600	3,889	4,191	4,244	4,065	4,179	3,75	4,182	4,273	4,101	3,232	3,281	4,301	4,315	4,107	3,767	3,861	4,188	4,273	3,823	4,206	4,01
2000	4,125	3,984	4,247	3,997	3,72	4,04	4,117	3,939	4,235	3,125	3,224	3,974	4,15	4,135	4,135	4,155	3,97	4,06	4,219	4,113	3,98
2500	3,708	3,457	3,783	3,679	3,671	3,673	3,682	3,411	3,364	3,125	2,94	3,333	3,409	3,726	3,578	3,653	3,684	3,457	3,689	3,757	3,54
3150	3,282	3,298	3,143	3,27	3,246	3,204	3,095	3,338	3,295	3,253	2,837	3,26	3,105	3,205	3,093	3,136	3,262	3,236	3,056	3,136	3,19
4000	2,856	2,803	2,729	2,743	2,72	2,847	2,751	2,962	2,891	2,763	2,83	2,797	2,706	2,864	2,797	2,794	2,855	2,73	2,873	2,749	2,80
5000	2,466	2,353	2,36	2,307	2,358	2,432	2,362	2,418	2,433	2,368	2,463	2,338	2,298	2,391	2,284	2,466	2,499	2,458	2,311	2,345	2,39
TR mid																					3,15 s

Figura 57. Tabla de valores obtenidos en ensayo.

Obtenemos un valor para TR_{mid} de 3,15 s, siendo el tiempo recomendado para recintos destinados a iglesias entre 2 y 3 s. Dado que sobrepasa el 0,15 s el tiempo idóneo se puede decir que es aceptable aunque un tanto elevado.

Posiblemente este elevado valor se deba a una excesiva altura de la cubierta en relación a un planta relativamente pequeña, ya que la cubierta alcanza una altura máxima de 20 metros aproximadamente en su intradós y teniendo una planta de, en términos cuadrangulares, de 23 x 28 m.

El tiempo de reverberación está relacionado no solo como la viveza acústica de una sala, sino también con la calidez y el brillo de la misma.

Se dice que una sala tiene calidez acústica si presenta una buena respuesta a frecuencias bajas. La palabra calidez representa la riqueza en graves, la suavidad y la meosidad de la música en la sala. Viene expresada con la siguiente fórmula:

$$BR = \frac{RT(125\text{ Hz}) + RT(250\text{ Hz})}{RT(500\text{ Hz}) + RT(1\text{ kHz})}$$

En el primer caso obtenemos una calidez de **0,974**, debiendo estar comprendido entre $1,10 \leq BR \leq 1,25$ para la música y $BR = 1$ para la palabra. Con esto podemos desprender que la sala no es buena para la música ni la palabra siendo muy picajosos en el segundo aspecto, aunque podríamos considerar que es una sala donde es aceptable para el uso de la palabra por estar cercano a 1.

Por otra parte, el término brillante se ha elegido como indicativo de que el sonido en la sala es claro y rico en armónicos. Por definición, el brillo Br de una sala es la relación entre la suma de los tiempos de reverberación RT a frecuencias altas (2 kHz y 4 kHz) y la suma de los RT correspondientes a frecuencias medias (500 Hz y 1 kHz).

$$Br = \frac{RT(2\text{ kHz}) + RT(4\text{ kHz})}{RT(500\text{ Hz}) + RT(1\text{ kHz})}$$

En el primer caso obtenemos un brillo de **1.08**, debiendo ser $Br \geq 0.87$. Por ese aspecto puede parecer que es un buen valor, no obstante conviene que no sea mayor de 1 debido a la pérdida de energía de las ondas sonoras al propagarse por el aire sobre todo en frecuencias altas a partir de 2 kHz. Con lo cual el valor del brillo obtenido excede de este valor pero de forma muy pequeña, lo que nos dice que existe una cierta claridad en armónicos aceptable.

Caso 2: Prueba con sistema de altavoces

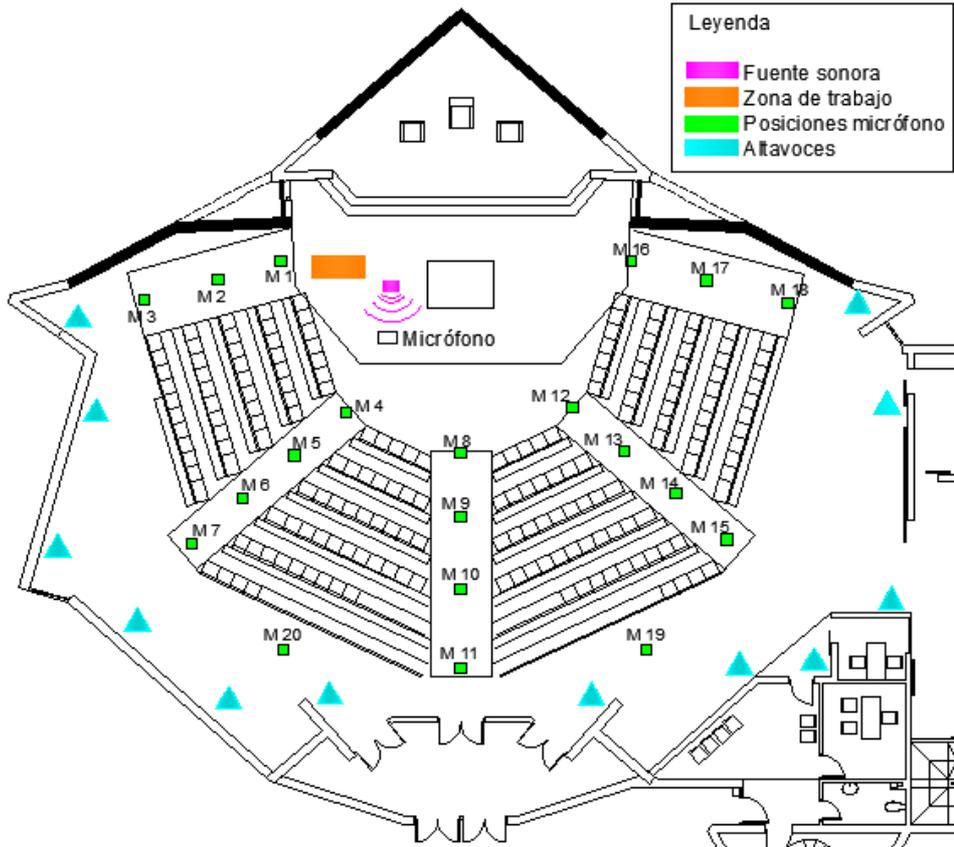


Figura 58. Planta disposición fuente sonora y muestras, caso 2.

Este caso número 2, tiene el objeto de comprobar que realizando la prueba mediante el sistema de altavoces repartidos por la sala, seguimos obteniendo el mismo tiempo de reverberación medio, además de otros parámetros que se valoran en el apartado 5.3.

Obtenemos la siguiente tabla de valores:

TIEMPOS DE REVERBERACIÓN																						
f (Hz)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Prom. T2 (s)	
100	1,84	1,316	1,609	2,446	2,649	2,476	1,915	2,441	3,221	1,981	2,387	2,9	2,235	1,87	2,012	1,655	2,902	1,277	1,699	2,377	2,16	
125	2,934	2,045	2,097	3,042	2,956	3,261	2,911	3,209	2,514	2,256	2,438	3,229	2,454	3,047	2,749	2,84	3,121	3,038	2,354	2,623	2,76	
160	3,166	3,31	2,334	2,284	3,274	2,56	3,269	3,194	2,851	2,851	3,147	3,479	2,802	3,109	2,744	3,024	2,417	3,077	3,181	2,853	2,95	
200	3,577	3,048	3,224	2,604	2,907	2,969	3,067	3,138	3,068	2,754	2,869	2,939	3,282	2,918	3	2,854	2,922	3,303	3,509	2,927	3,04	
250	3,362	3,265	3,146	3,233	3,479	3,567	3,367	3,443	3,451	3,327	3,525	3,61	3,726	3,472	3,392	3,646	3,039	3,311	3,119	3,45	3,40	
315	3,381	4,341	3,462	3,746	3,802	4,003	3,224	3,792	3,599	3,079	3,658	3,819	3,284	3,206	3,594	3,426	3,797	3,45	3,885	3,259	3,59	
400	3,252	3,775	3,431	3,414	3,4	3,206	3,481	3,668	3,63	3,278	3,533	3,089	3,348	3,205	3,219	3,367	3,466	3,66	3,793	3,384	3,43	
500	2,47	2,422	2,475	2,552	2,364	2,479	2,417	2,404	2,479	2,659	2,614	2,487	2,515	2,347	2,48	2,67	2,519	2,487	2,536	2,48	2,49	
630	3,029	2,989	3,092	3,266	3,135	3,061	2,958	3,044	3,066	3	3,077	3,198	3,235	3,02	3,086	2,918	3,214	3,081	3,131	2,935	3,08	
800	3,949	3,917	3,826	4,316	4,036	3,932	3,985	3,991	4,133	3,946	3,849	4,019	3,998	3,779	3,986	4,143	3,932	3,688	4,205	4,025	3,98	
1000	3,818	3,684	3,844	3,683	3,779	3,743	3,916	3,982	3,738	3,795	3,899	3,897	3,824	3,788	3,593	3,94	3,636	3,84	3,815	3,809	3,80	
1250	4,261	4,149	4,136	4,109	3,982	4,27	4,234	4,231	4,147	4,095	4,305	4,02	3,843	4,025	4,041	4,138	4,166	3,899	4,144	3,959	4,11	
1600	4,22	4,197	4,238	4,271	4,203	4,274	4,119	3,902	4,469	4,138	4,127	3,839	4,231	4,166	3,931	3,856	3,966	4,033	4,065	4,177	4,12	
2000	4,025	3,946	3,598	3,902	3,79	4,091	4,092	3,924	3,836	3,975	4,118	4,015	3,954	4,171	3,623	4,061	4,167	3,66	4,015	3,936	3,94	
2500	3,637	3,639	3,608	3,484	3,655	3,56	3,537	3,39	3,399	3,696	3,373	3,366	3,413	3,724	3,422	3,409	3,34	3,426	3,558	3,882	3,53	
3150	3,488	3,314	3,303	3,332	3,286	3,416	3,332	3,125	3,222	3,404	3,385	3,281	3,275	3,447	3,332	3,312	3,278	3,221	3,437	3,625	3,34	
4000	3,027	3,001	2,938	2,93	3,038	3,044	2,831	2,699	3,046	2,915	2,918	2,972	2,959	3,05	2,954	2,888	3,038	3,032	3,037	3,119	2,97	
5000	2,498	2,579	2,386	2,396	2,712	2,498	2,407	2,152	2,543	2,429	2,517	2,51	2,435	2,525	2,565	2,573	2,417	2,476	2,564	2,594	2,49	
																					Trmid	3,15 s

Figura 59. Tabla de valores obtenidos en ensayo.

Con la que podemos representar en una gráfica su correspondiente curva tonal.

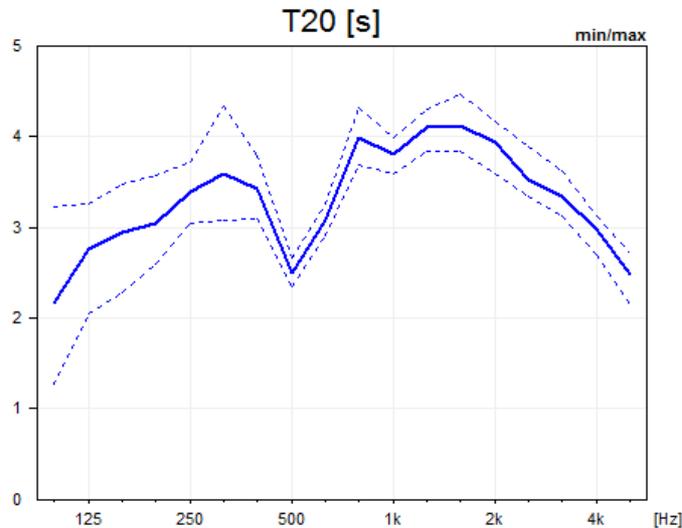


Figura 60. Gráfico curva tonal, caso 2.

La curva tonal presenta un forma casi idéntica a la del primer caso, frecuencias bajas con tiempos más bajos que en agudos, un pico en caída para las frecuencias de 500 Hz y otra caída para las frecuencias más agudas.

De la tabla anterior desprendemos un RT medio de 3,15 s, igual que el primer caso, y siendo el intervalo idóneo para este de, entre 2 – 3 s para iglesias, el comentario es idéntico al primer caso.

La calidez alcanza un valor de **0,978**, idéntico al caso 1. En cuanto al brillo, este se sitúa en **1,10**, siendo muy aproximado al anterior (1.08). Vistos estos valores, puedo decir que merecen la misma conclusión que el caso 1.

Cabe decir que esta prueba fue realizada en condiciones de sala vacía como es natural. Añadir que para que se considere que se realiza la prueba de forma correcta a sala vacía, en ella debe haber un máximo de 2 personas para que los resultados obtenidos sean satisfactorios conforme a la norma. En mi caso, a la hora de realizar la prueba nos encontrábamos dos personas, yo mismo y un ayudante para la el manejo del micrófono alrededor de la sala.

Habiendo realizado los respectivos comentarios de los datos anteriores, convendría realizar un estudio, a raíz de los mismos, de los tiempos de reverberación a sala llena, ya que a priori se podría decir que el TR medio debiera ser más bajo. El hecho de esta afirmación parte de la base de que no estamos tratando con una sala de conferencias, un auditorio, un teatro... donde los asientos/ butacas pudieran estar fabricados con materiales porosos y por tanto absorbentes, en los que no importaría que se realizase (teóricamente) la prueba a sala llena o a sala vacía, debido a que nos darían resultados talmente parecidos.

Esto no es casualidad, sino que las casas comerciales fabrican estas butacas para que tengan un coeficiente de absorción los más parecido al que tenemos una persona. Esto es beneficioso, debido a que en una actuación en la que la sala no se encuentre llena al completo, la sonoridad no quede afectada por este hecho.

En nuestro caso, no se utilizan butacas absorbentes, sino bancos de madera noble, que más bien se clasifican en materiales reflectantes. Por ello, los tiempos de reverberación a sala llena deberían de ser más bajos al aportar más absorción por parte de la gente. Para ello, partiendo de los tiempos obtenidos, calculamos la absorción por el método de Sabine, calculamos la absorción que aportan las personas, partiendo de que la sala tiene una capacidad aproximada de asientos para 200 personas (sin contar el orador y la gente que pudiera estar de pie, como es en el caso de bodas, bautizos, comuniones... donde el número de personas es mayor y por tanto la absorción sería mayor, pero ahora lo realizaremos a sala llena en el caso de las gente que ocupe los bancos). Sumamos las absorciones y con este nuevo número invertimos la fórmula de Sabine para obtener los nuevos tiempos de reverberación a sala llena. En la siguiente tabla se pueden ver los resultados obtenidos:

TIEMPO REVERBERACIÓN SALA LLENA					
f (Hz)	Absorción T2	Abs./persona	Abs./persona	Abs. Total	TR llena
100	401,2	0,2	40	441,2	1,96
125	314,5	0,3	60	374,5	2,31
160	294,2	0,3	60	354,2	2,45
200	284,7	0,3	60	344,7	2,51
250	255,2	0,3	60	315,2	2,75
315	241,4	0,4	80	321,4	2,70
400	252,7	0,4	80	332,7	2,61
500	347,7	0,4	80	427,7	2,03
630	281,7	0,5	100	381,7	2,27
800	217,6	0,5	100	317,6	2,73
1000	228,0	0,5	100	328,0	2,64
1250	211,0	0,6	120	331,0	2,62
1600	210,3	0,6	120	330,3	2,62
2000	219,7	0,6	120	339,7	2,55
2500	245,8	0,6	120	365,8	2,37
3150	259,4	0,5	100	359,4	2,41
4000	291,6	0,5	100	391,6	2,21
5000	348,2	0,5	100	448,2	1,93
TR mid					2,33

Figura 61. Tabla TR a sala llena.

Vistos estos resultados vemos como los tiempos de reverberación han bajado considerablemente comparados con los obtenidos con sala vacía. Señalar que son meramente teóricos obtenidos a partir de los reales y que pudieran variar al realizar la prueba "in situ" con el aforo real.

Aun así obtenemos un tiempo de reverberación medio que se encuentra dentro de los valores idóneos para iglesias (2-3). Considerando lo anteriormente dicho sobre los bancos, que están compuestos por materiales reflectantes, prevemos que este valor medio está calculado para la sala totalmente llena y que a medida que se vacíe, los valores subirán hasta alcanzar el valor de 3,15.

Con esto quiero decir que el TR medio en la mayoría de los casos en que el orador realice una misa con gente, se podrá decir que este se encuentra dentro los valores adecuados sin sobrepasar de 3 s.

A continuación aparece una tabla con los valores obtenidos de la tabla superior, en ella aparece el TRmid, la calidez y el brillo. La calidez se mantiene en valores aproximados a los obtenidos con la sala vacía mientras que el brillo a disminuido ligeramente encontrándose en valores que se consideran aceptables siendo ≤ 1 como he comentado con anterioridad.

Tr mid	2,33	(2-3)	
BR	0,965	1,10-1,45	Música
		1	Palabra
Br	1,00	>0,87	

Por tanto se puede afirmar que el hecho de que la sala disponga de sistema de megafonía es beneficioso para la misma, dado que mantiene una distribución de los altavoces que favorece a ello. A esto ayuda el hecho de que los altavoces sean del tipo alargado donde en cada uno se disponen 3-4 altavoces pequeños direccionales y de escasa potencia que logran abarcar pequeñas superficies, consiguiendo que el sonido llegue de manera directa a los fieles sin provocar reverberación. Ya que si los altavoces fueran potentes provocarían un exceso de reverberación y por tanto no se entendería, de esta forma se pretende que se entienda la voz del orador de forma más clara.

7.5. ANÁLISIS DE PARÁMETROS OBTENIDOS DE LA SALA PRINCIPAL

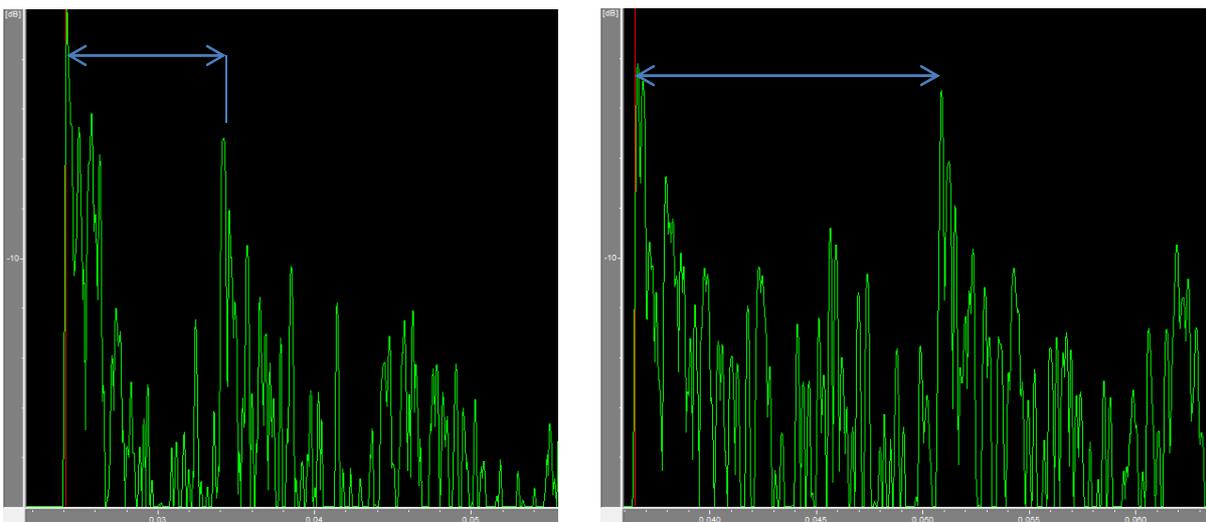
7.5.1. Intimidad

La intimidad o también llamado tiempo de retardo inicial del sonido es el parámetro que indica si en una sala se tiene sensación de recogimiento a la hora de hablar o de producir algún sonido. Este parámetro queda plasmado en un ecograma de sonidos. Concretamente en los ecogramas que hemos obtenido en el ensayo anterior para medir el tiempo de reverberación, ya que el mismo programa Dirac nos lo reproduce. Para que se produzca intimidad en un recinto debe haber una diferencia de más de 20 ms entre el sonido directo y la primera reflexión.

En este caso, a priori y según los casos teóricos, la sala principal de la iglesia debería de mostrar bastante intimidad, ya que en los teatros circulares eran diseñados de esta forma para así conseguir la máxima intimidad entre el actor y el público; al quedar el escenario totalmente rodeado por el público crea dicha sensación. Por esto mismo, las filas de bancos quedan formando un semicírculo hacia el altar donde se sitúa el párroco. Pero esto solo de manera teórica. En la parte práctica y con los datos obtenidos podemos extraer la curva de energía de cada una de las muestras, tanto para el caso realizado con voz natural y el caso en el que se realiza la prueba con ayuda de sistema de altavoces dispuestos alrededor de la sala.

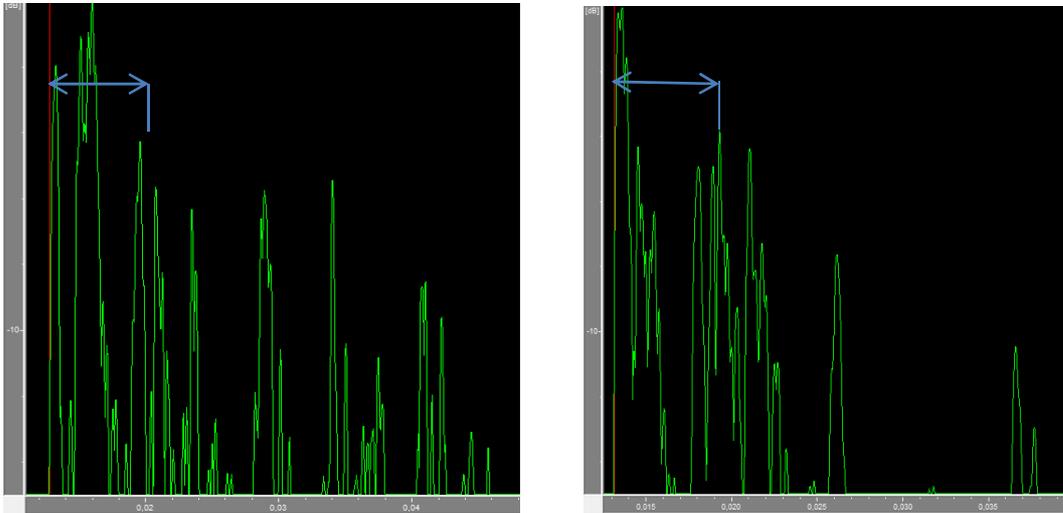
En la siguiente captura de imagen [figura 62], obtenida de la **muestra número 51** con posición en la primera fila de bancos de la izquierda medio, podemos observar como primeramente tenemos un pico que destaca del resto, este es el sonido directo y que posteriormente se desarrollan una serie de primeras reflexiones. Destacar que no todos los picos son primeras reflexiones, pues solo lo serán aquellas que destaquen, es decir, los picos que quedan más bajos pudieran ser segundas o terceras reflexiones.

En este caso, podemos decir, y habiendo medido el tiempo entre sonido directo y la primera reflexión, que existe intimidad pues hay una diferencia de 10 ms.



Figuras 62 y 63. Zoom en curvas de energía de la muestra 51 y 57, respectivamente.

En la captura de pantalla de la derecha [figura 63] pertenece a la muestra número 57, referente también a la prueba realizada para voz natural, se puede observar que también existe una diferencia entre sonido directo y primera reflexión menor a 20 ms, en concreto 14 ms.



Figuras 64 y 65. Zoom en curvas de energía de la muestras 2 y 15.

En las **figuras 64 y 65** estudiamos la intimidad en las muestras 2 y 15 respectivamente, realizadas para los tiempos de reverberación con el sistema de altavoces de la iglesia. En ambas fotografías y con mayor claridad se puede observar en las ampliaciones, vemos que existe intimidad, incluso de forma más acentuada en el caso en que utilizamos el sistema de altavoces.

Tan solo se han ilustrado dos ecogramas de las 20 muestras que se realizaron para cada caso de los tiempos de reverberación obtenidos, pero si se mostraran todas este proyecto se volvería tedioso, por tanto se toman estas dos como muestras de referencia para el resto, ya que también muestran tiempos de intimidad.

7.5.2. Claridad C80

También llamada claridad musical, indica la idoneidad que presenta una sala frente al sonido que es emitido por la música. Conceptualmente indica el grado de separación entre los diferentes sonidos individuales integrante de una composición musical.

Según Cremer, el C80 es la relación entre la energía sonora que llega al oyente los primeros 80 ms durante los primeros 80 ms desde la llegada del sonido directo y la que le llega después de los primeros 80 ms.

$$C_{80} = \frac{\text{Energía hasta 80 ms}}{\text{Energía a partir de 80 ms}} \quad (\text{en dB})$$

Del mismo programa Dirac obtenemos valores del C80 de las muestras obtenidas para ambos casos. La gráfica que se muestra [figura 66] hace referencia a la media de las 20

muestras del primer caso (tiempo de reverberación mediante palabra), las líneas discontinuas superior e inferior indican la desviación típica.

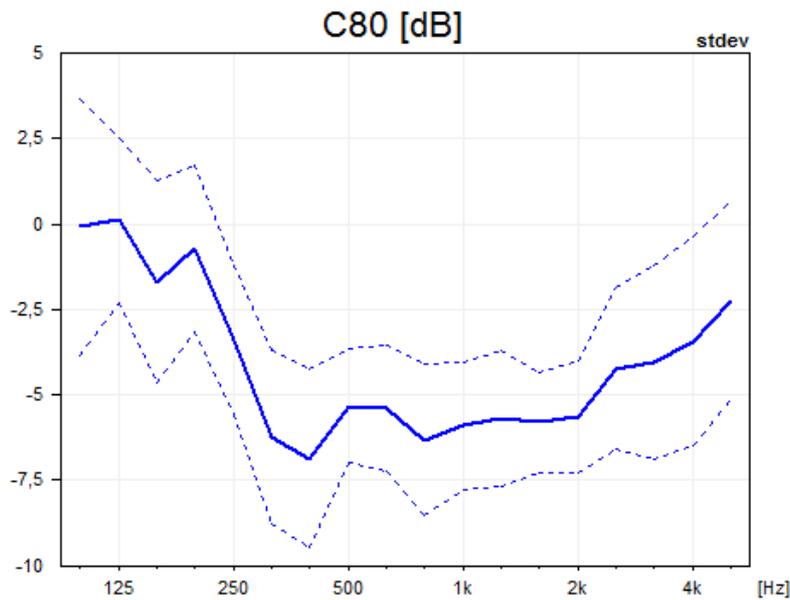


Figura 66. Gráfico desviación típica C80, media de todas las muestras.

En el gráfico de la **figura 67** se muestra de igual manera, en línea más gruesa, la media de las 20 muestras y en líneas discontinuas la muestra con C80 máxima y la muestra con C80 mínima, también para el primer caso.

Los valores se sitúan entre $-6.88 \leq C_{80} \leq 0.10$

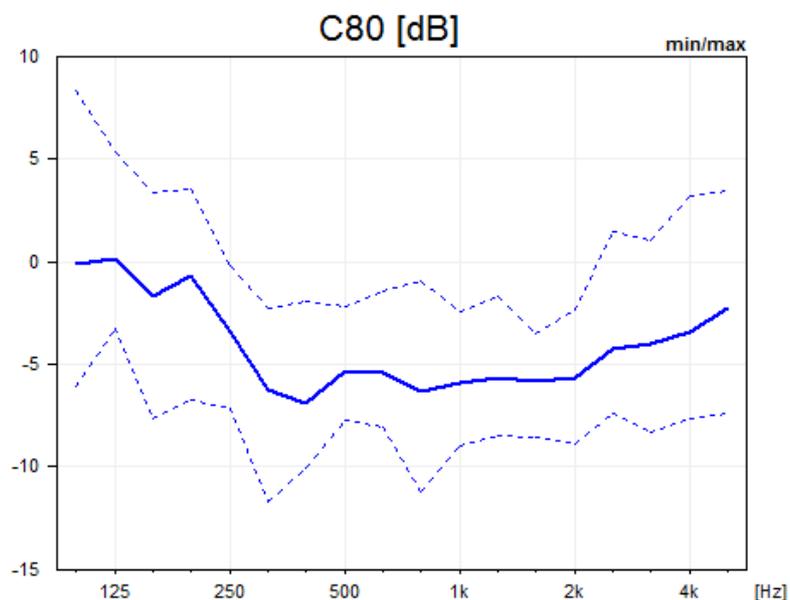


Figura 67. Gráfico máximo y mínimo C80, media de todas las muestras.

A continuación se muestran los gráficos [figuras 68 y 69] referentes al caso 2 (Tr realizado con el sistema de altavoces de la sala principal), el primero muestra, de la misma forma que los anteriores, con mayor grosor la media de las 20 muestras y en discontinua la desviación típica,

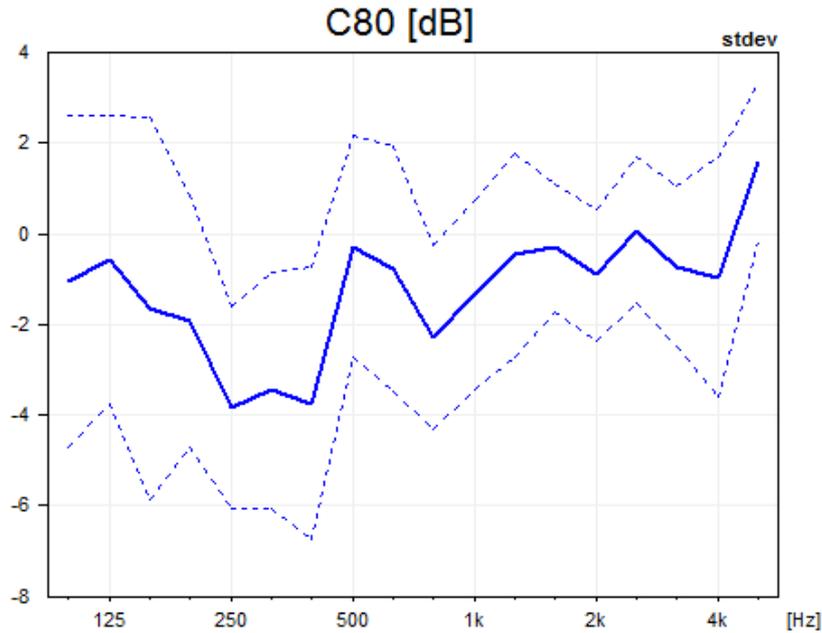


Figura 68. Gráfico desviación típica C80, media de todas las muestras

y en la figura 69 se muestra, además de la media de las 20 muestras, el valor máximo y el mínimo en sus distintas frecuencias en 1/3 de octava.

Los valores se sitúan entre $-3.84 \leq C_{80} \leq 1.57$.

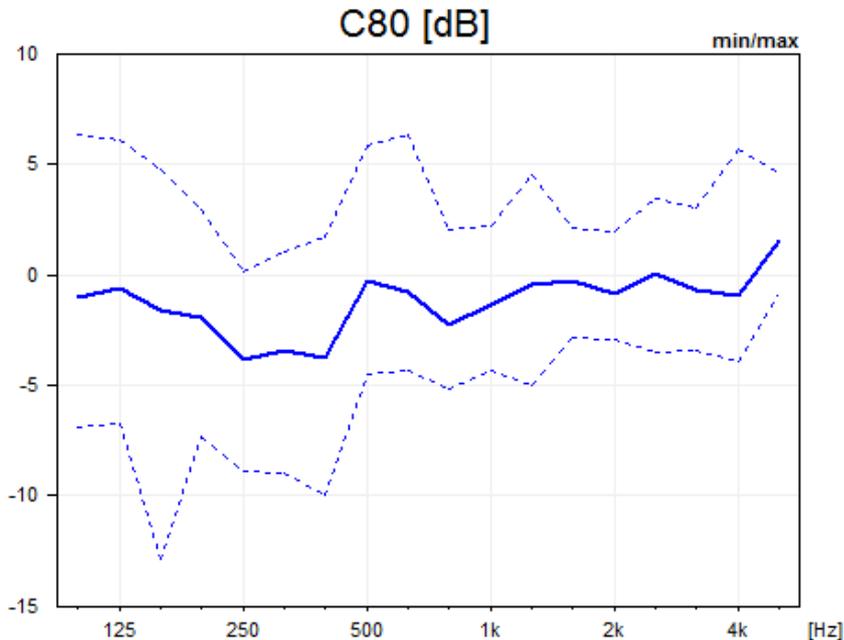


Figura 69. Gráfico máximo y mínimo C80, media de todas las muestras.

Beranek recomienda para la sala vacía que el valor medio de los C80 correspondientes a las bandas de 500 Hz, 1 kHz y 2 kHz (denominado “music average”) se sitúe preferentemente entre:

$$-4 \leq C80(3) \leq 0 \text{ dB}$$

Las conclusiones que podemos sacar a partir de los parámetros obtenidos y cogiendo como referencia aquello que nos dice Beranek, vemos como para el primer caso la claridad musical C80 para bajos es bastante mala ya que es de **-6.88 dB** mientras que para los agudos (2kHz) resulta un tanto más aceptable ya que prácticamente se encuentra dentro del rango (**+0.10 dB** siendo el rango 0 dB).

Para el segundo caso, ocurre el caso contrario, en bajos es aceptable al tratarse de **-3.84dB** y es malo en agudos al mostrar un valor medio de **+1.57 dB**.

Por tanto podemos decir que la claridad musical en la sala principal deja que desear para las frecuencias en bajos y es *aceptable en agudos*. Solo sacamos conclusión del primer caso dado que para la música no hace falta utilizar instrumentos al sistema de altavoces, así como la palabra musical.

7.5.3. Definición D50

La definición D50 o claridad C50, tiene cierta similitud con la claridad C80, ya que su definición es prácticamente la misma, solo que esta tiene en cuenta la relación entre la energía sonora que llega al oyente durante los primeros 50 ms desde la llegada del sonido directo y la que le llega después de los prierio 50 ms.

$$C_{50} = \frac{\text{Energía hasta 50 ms}}{\text{Energía a partir de 50 ms}} \quad (\text{en dB})$$

Aunque se expresa de la forma anterior, en escala logarítmica, L.G. Marshall nos dice que debe calcularse como la media aritmética de las bandas de 500, 1000, 2000 y 4000 kHz de manera ponderada:

$$C_{50} \text{ ("speech average")} = 0,15 \cdot C_{50} (500 \text{ Hz}) + 0,25 \cdot C_{50} (1 \text{ kHz}) + 0,35 \cdot C_{50} (2 \text{ kHz}) + 0,25 \cdot C_{50} (4 \text{ kHz})$$

Debiendo ser mayor de 2 el valor que se obtenga. En nuestro caso primero (solamente la voz del orador) la fórmula nos da el siguiente valor:

$$C_{50_1} = 0.15 \times 0.12 + 0.25 \times 0.15 + 0.35 \times 0.17 + 0.25 \times 0.25 = \mathbf{0.18 \text{ dB}}$$

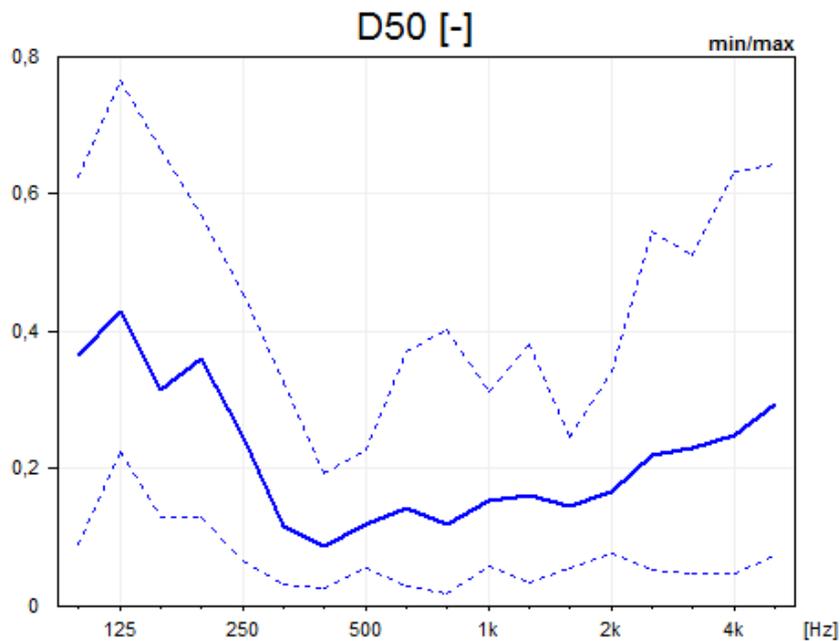


Figura 70. Gráfico máximo y mínimo D50, media de todas las muestras.

Obtenemos un resultado MUY BAJO, puesto que como mínimo debería de ser 2 dB. Cuanto más bajo sea este valor, peor será la inteligibilidad de la palabra y la sonoridad en el punto considerado. Para el caso en que utilizamos el sistema de altavoces, obtenemos el siguiente parámetro:

$$C50_2 = 0.15 \times 0.42 + 0.25 \times 0.36 + 0.35 \times 0.37 + 0.25 \times 0.37 = 0.38 \text{ Db}$$

De igual manera obtenemos un valor, que aunque mínimamente superior al anterior, bajo y que por tanto nos dice que la sala principal de la iglesia tiene una mala inteligibilidad de la palabra así como sonoridad en el punto considerado.

7.5.4. STI (Speech Transmission Index) o RASTI (Rapid STI)

Estos parámetros miden la inteligibilidad de la palabra en base a los índices de modulación de transferencia en varias frecuencias.

El valor obtenido a partir de la media de los 20 valores de las muestras realizadas, es de **0,37**, para el primer caso; para el segundo caso el valor medio obtenido es de **0,45**.

STI (RASTI)	Inteligibilidad palabra
0-0.30	Mala
0.30-0.45	Pobre
0.45-0.60	Aceptable
0.60-0.75	Buena
0.75-1	Excelente

Siguiendo los valores de referencia para la inteligibilidad de la palabra en función del STI (RASTI), vemos que para el primer caso obtenemos un valor POBRE, mientras que para el segundo caso, con ayuda de los altavoces, obtenemos un valor que ya pudiera entrar en el rango de ACEPTABLE. Se sabe que regularmente, el párroco realiza las misas con la ayuda del micrófono y los altavoces repartidos alrededor de la iglesia.

7.5.5. EDT

El EDT se define como seis veces el tiempo que transcurre desde que el foco emisor deja de radiar hasta que el nivel de presión sonora cae 10 dB.

Está más relacionado con la impresión subjetiva de viveza que el RT, utilizado tradicionalmente. Esto significa que, en todos aquellos puntos de una sala con un EDT significativamente menor que el RT, la sala resultará, desde un punto de vista subjetivo, más apagada de lo que se deduciría del valor de RT.

Con objeto de garantizar una buena difusión del sonido en una sala ocupada, es preciso que el valor medio de los EDT correspondientes a las bandas de 500 Hz y 1 kHz sea del mismo orden que RTmid :

$$\text{EDTmid} \approx \text{RTmid}$$

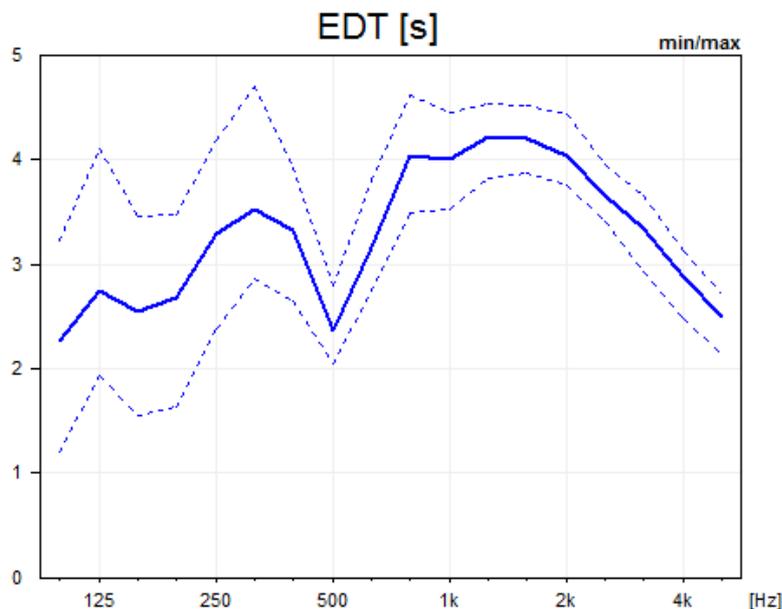


Figura 71. Gráfico máximo y mínimo EDT, media de todas las muestras.

Se muestra en la **figura 71** el gráfico de la media del EDT de las 20 muestras, con la que podemos calcular el EDTmid. En nuestro caso el EDT para frecuencias de 500 Hz y de 1 kHz son de 2.37 s y de 4 s, respectivamente; dándonos un EDTmid = **3.18 s**, aproximándose bastante al Tr mid = **3.15 s**.

Concluyo con que, puesto que el valor medio de EDT es incluso mayor que el Trmid, esto garantiza una buena difusión del sonido en la sala.

8. SIMULACIÓN MEDIANTE SOFTWARE

El programa con el cual se realiza la simulación se denomina “Simulación acústica” y se nos proporciona por parte del departamento de física aplicada de la ETSA.

8.1. UTILIZACIÓN DEL SOFTWARE

Para realizar una simulación precisamos obtener previamente una serie de elementos y saber con qué materiales vamos a revestir los paramentos a simular. Para ello realizamos un 3D con el programa de CAD donde grafiamos la iglesia tan y como queremos ensayarla, en un primer caso, en su estado original.

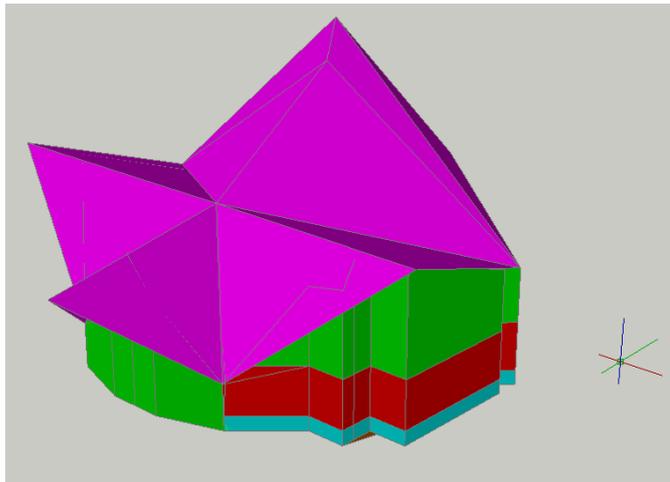


Figura 72. Modelado 3D de la iglesia en dwf.

Cada color indica un material distinto del interior de la sala principal de la iglesia. El cian indica el mármol, el rojo es madera tipo 1, el verde las placas de yeso (aclarar que la fachada de entrada se ha dejado en verde para identificarlo con uno cualquiera, pero no tiene relevancia en la simulación interior) y en morado para la madera tipo 2 de la cubierta.

Este 3D se guarda en DXF para poder importarlo al software de simulación donde se asignará a cada capa un el tipo de material más adecuado.

Previamente a la asignación de materiales en el software, realizamos un estudio en excel con los materiales que se con su absorción nos proporcionen una curva tonal lo más parecida a la obtenida en el estudio de reverberación real. Para ello he elegido los siguiente materiales:

MATERIAL	Coeficientes Absorción					
	125	250	500	1000	2000	4000
Pladur	0,21	0,13	0,08	0,05	0,03	0,02
Contrachapado de madera	0,15	0,1	0,2	0,09	0,1	0,2
Mármol	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03
Vidrio	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
Madera fijada sólidamente a una pared o a un sólido	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02
Asientos de madera 100 % ocupados	0,6	0,74	0,88	0,96	0,93	0,85

Figura 73. Tabla de materiales utilizados. Coeficientes de absorción.

Los cuales son asignados a sus respectivos paramentos y superficies para obtener los siguientes valores de reverberación y curva tonal:

SALA PRINCIPAL									
Situación	Material	Superficie	Frecuencias						
VOLUMEN TOTAL =		5350	125	250	500	1000	2000	4000	
Paredes	Pladur	387,17	81,3	50,3	31,0	19,4	11,6	7,7	
Techo	Contrachapado de madera	873,12	131,0	87,3	174,6	78,6	87,3	174,6	
Suelo y paredes	Mármol	474,93	4,7	4,7	4,7	4,7	9,5	14,2	
Fachada	Vidrio	8,39	1,5	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2	
Paredes	Madera fijada sólidamente a una pared o a un sólido	334,66	13,4	13,4	10,0	10,0	10,0	6,7	
	Bancos ocupados	134,54	80,7	99,6	118,4	129,2	125,1	114,4	
	Sumatorio Absorción	2078,27	312,6	255,8	339,1	242,1	243,8	317,8	
TR	SABINE		2,8	3,4	2,6	3,6	3,6	2,7	

Figura 74. Tabla estudio previo del tiempo de reverberación.

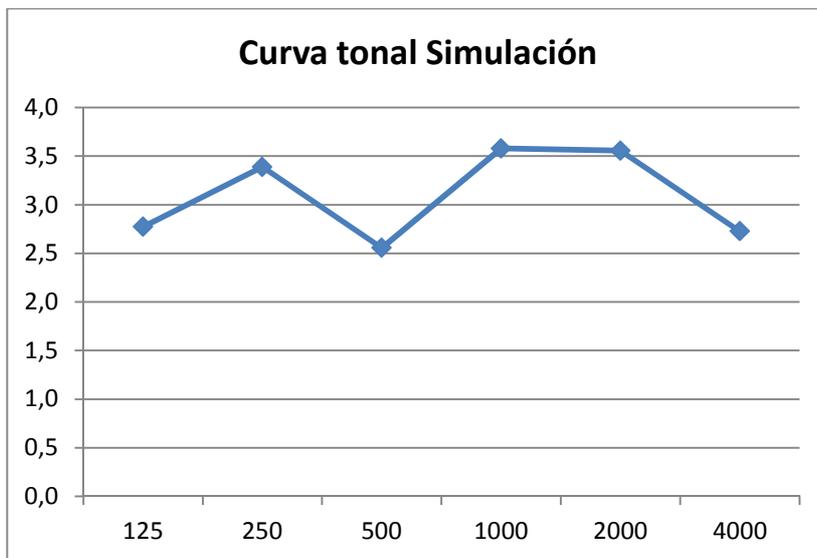
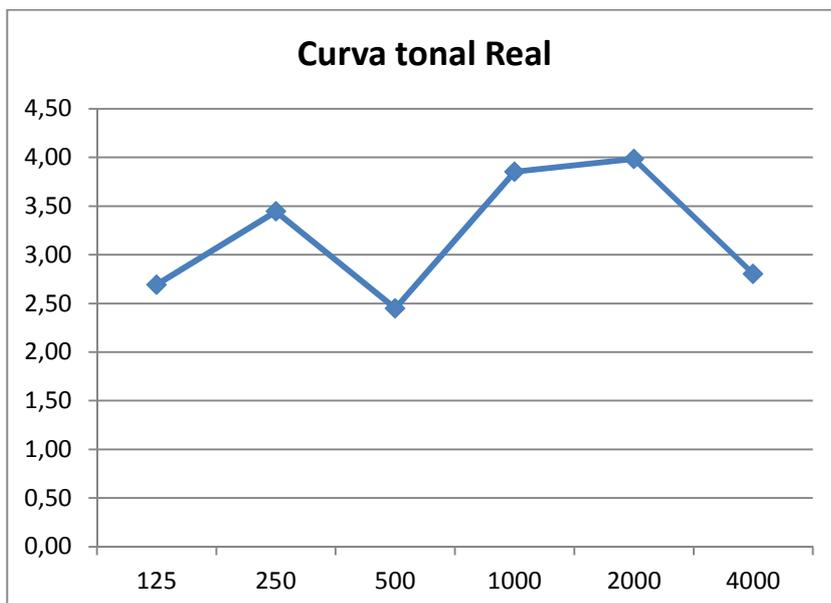


Figura 75. Gráfico curva tonal estudio previo.

Se ha intentado asemejar la curva tonal simulada a la real, ya que no se disponía de los coeficientes de absorción de los materiales exactos utilizados en la iglesia.



Aun así se consigue una forma aproximada y con unos valores de Trmid, brillo y calidez prácticamente iguales a los reales.

VALORES PREVIO SIMULACIÓN	
TR mid	3,1
BR	1,00
Br	1,02
COMPARACIÓN REAL	
Tr mid	3,15
BR	0,97
Br	1,08

Figura 76. Tabla resultados TRmid comparados.

Una vez realizado el estudio previo y visto que los materiales se asemejan a los reales, procedemos a realizar la simulación. Exportado el archivo en DXF al software, asignamos los materiales a cada capa del 3D.

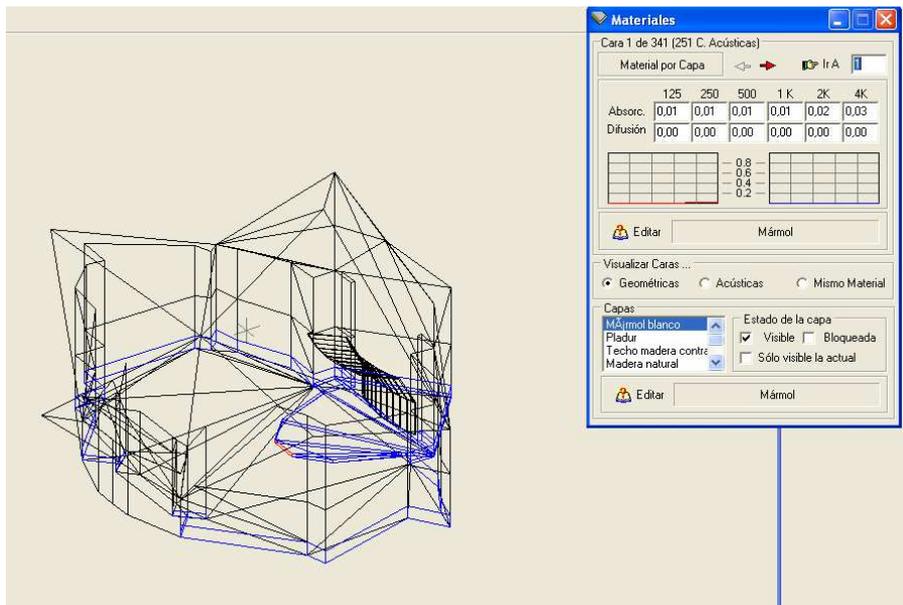


Figura 77. Asignación de materiales a las diferentes capas del 3D.

A continuación elegimos la posición de la fuente sonora y como el tipo de fuente, que será omnidireccional, así como la posición de un receptor. Esta prueba es previa para conocer aproximadamente el valor que tendrá TR20. (En la imagen aparece una concha, debido a que se tomó la imagen de la posterior simulación con la mejora).

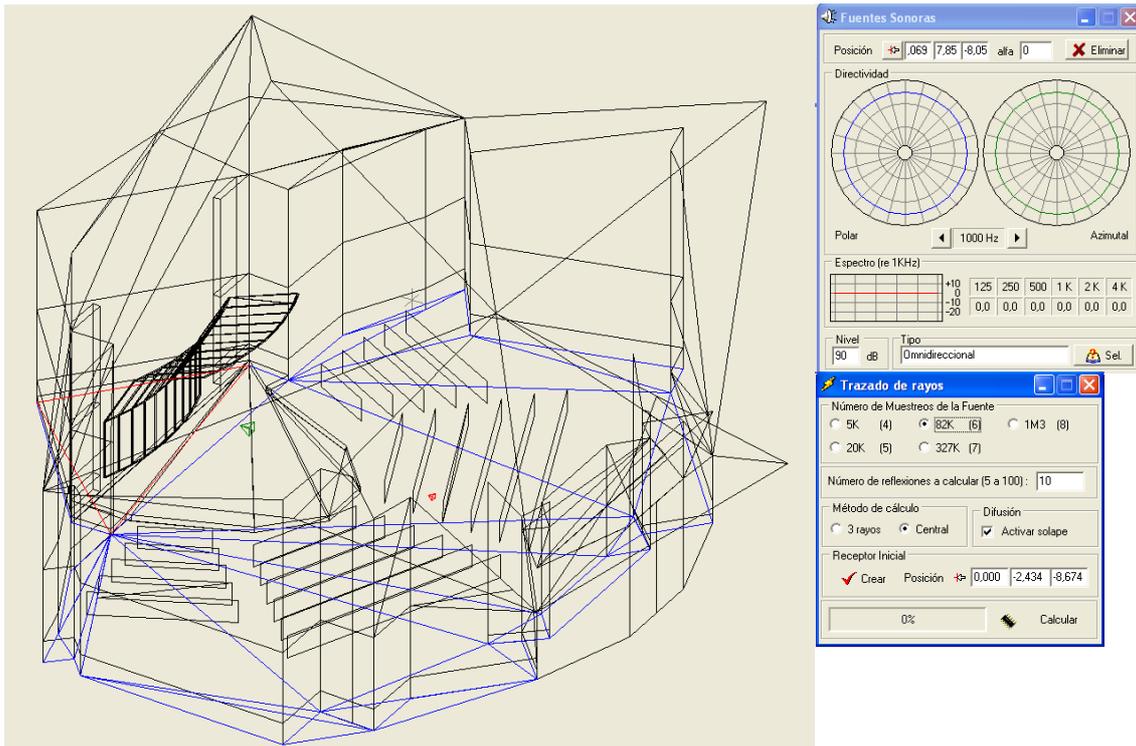


Figura 78. Posición de emisor (verde) y receptor (rojo) puntual en la sala.

A continuación colocamos una malla de receptores en la zona del pavimento, donde se situarán los espectadores, para realizar la simulación de una manera más exhaustiva. La malla se coloca a una altura de 0,90 m y con un intereje de 0,30 m, es decir, se coloca un receptor cada 0,30 m en ambas direcciones. Iniciamos el cálculo de la simulación.

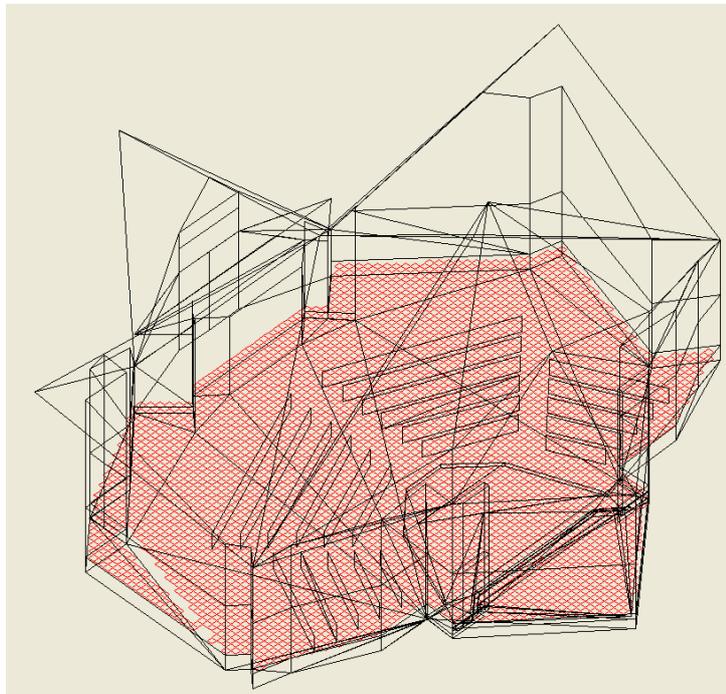


Figura 79. Disposición de malla de receptores.

8.2. DATOS OBTENIDOS

Tras la simulación obtenemos valores de reverberación, niveles de presión sonora, claridad C80 y gráficos de los ecogramas.

En la **figura 80** aparece el ecograma en banda de 1000 Hz. En una primera visión parece ser que no existe esa intimidad que hemos afirmado en el apartado 7.4. *Análisis de parámetros obtenidos*, pero afinando el zoom se aprecia que tras el sonido directo aparece una primera reflexión antes de los 20 ms.

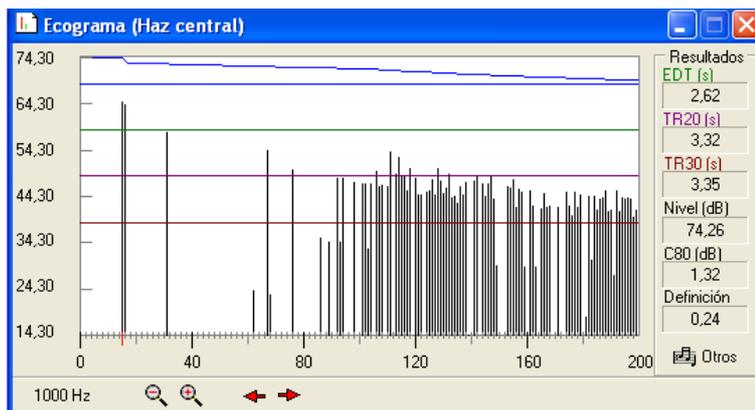


Figura 80. Ecograma en haz central de la simulación.

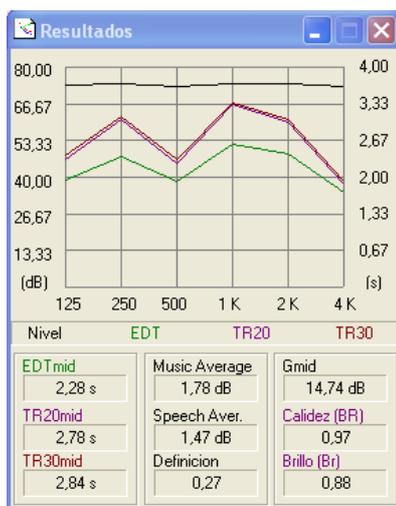


Figura 81. Resultados con gráfico y parámetros.

Con la opción “Rayos” encontramos en el desplegable la opción estimación difusa con los valores de tiempos de reverberación calculadas con fórmulas de Sabine, Eyring y Kuttruff. Particularmente consideraré los valores de Sabine como referencia.



En este apartado nos aparece una gráfica con la curva tonal de los tiempos de reverberación obtenidos. Parece ser que se asemejan a los obtenidos en el estudio previo en Excel aunque con un ligero descenso en todas las frecuencias. De los valores de TR con Sabine podemos sacar el **T_{rmid}**, siendo este **2,9 s**, un valor aproximado al obtenido en el estudio previo (**3,1 s**).

Figura 82. Estimación difusa con valores TR y gráfico.

El programa nos ofrece una visualización con colores de los distintos parámetros sobre el pavimento simulado. En la **figura 83** aparece una visual de los niveles en la banda media de 1kHz, en la opción de contraste. Alcanzando valores de entre 81,3 dB desde la zona del emisor hasta alrededor de 72 dB.

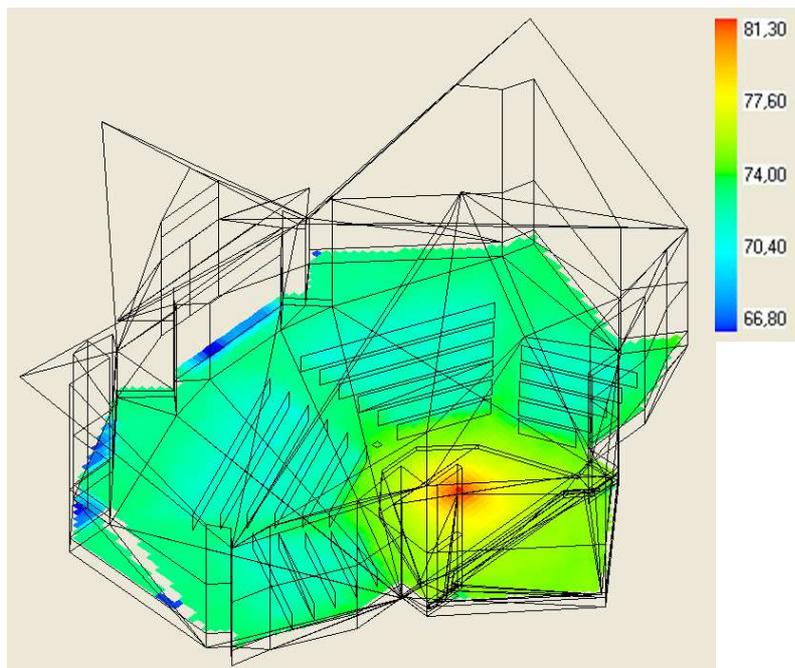


Figura 83. Imagen con niveles de presión sonora en la sala.

En la **figura 84** aparece la visual del TR30 en la banda media de 1kHz, en la opción de contraste. Se aprecia como el tiempo de reverberación va aumentando conforme la distancia es mayor a la fuente sonora, ya que su posición el TR30 es muy bajo.

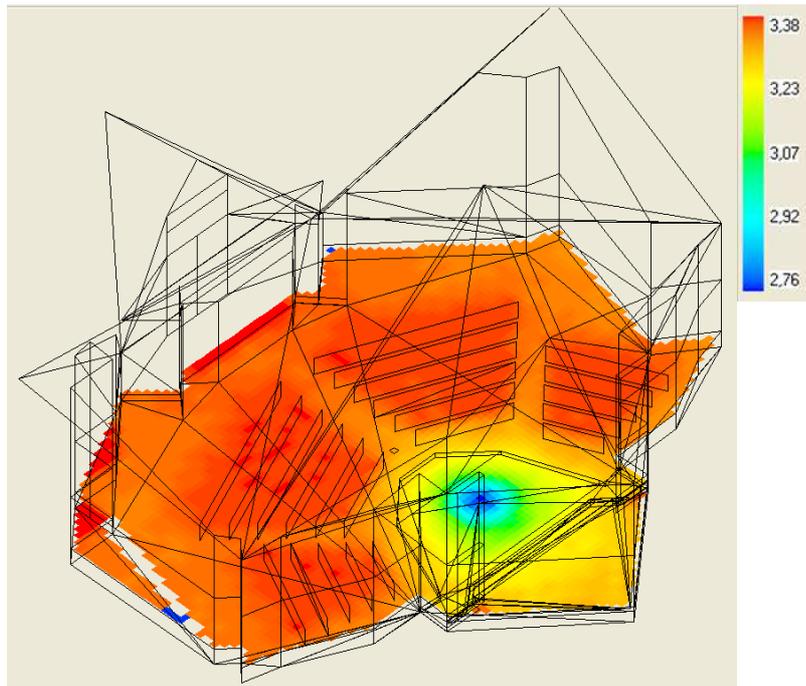


Figura 84. Imagen con valores de TR30 en la sala.

8.3. CONCLUSIÓN

Los datos obtenidos en la simulación con los materiales asignados en los paramentos, previo estudio en Excel, son muy semejantes con la realidad. El software de simulación es útil de cara a obtener unos valores aproximados a la realidad, sin necesidad de realizar pruebas “in situ” y en escaso tiempo, siendo esto un punto a su favor.

9. INTERVENCIÓN GEOMÉTRICA DE LA ACÚSTICA EN LA SALA PRINCIPAL

9.1. PRESENTACIÓN DE LA MEJORA

Este punto pretende aprovechar que estamos estudiando una iglesia con una geometría que muestra una cierta dificultad, para intentar introducir una mejora en su calidad acústica. Si bien hemos visto en las pruebas realizadas que se han obtenidos unos tiempos de reverberación algo por encima de los intervalos recomendados, trataré de bajarlos.

¿De qué manera pienso que se puede conseguir? En mi opinión y como ya dejo escrito en el apartado 5.2. *Tiempos de reverberación*, “...Posiblemente este elevado valor se deba a una excesiva altura de la cubierta en relación a un planta relativamente pequeña, ya que la cubierta alcanza una altura máxima de 20 metros aproximadamente en su intradós y teniendo una planta de, en términos cuadrangulares, de 23 x 28 m.” Añado que los materiales utilizados en la sala son en su gran mayoría muy reflectantes, dado que tenemos mármol alrededor de toda la iglesia, el pavimento es de terrazo, etc... Lo que produce que el sonido no se atenúe lo suficiente, aunque ya hemos visto que a sala llena los tiempos de reverberación se sitúan dentro de los parámetros recomendados.

9.2. CARACTERÍSTICAS Y FORMA DE LA MEJORA

Por ello la mejora que introduzco en la sala principal es una concha de escena situada detrás de la posición asidua del orador. Está configurada con un radio determinado en planta y una curvatura en su sección [figura 85]. De esta manera se consigue dar reflexiones a todas las filas de los bancos dispuestos de forma semicircular, además de recoger las reflexiones que se distribuyen hacia la cubierta en su pico más alto, el cual precisamente se sitúa en la zona del altar, para así dirigir las hacia los bancos.

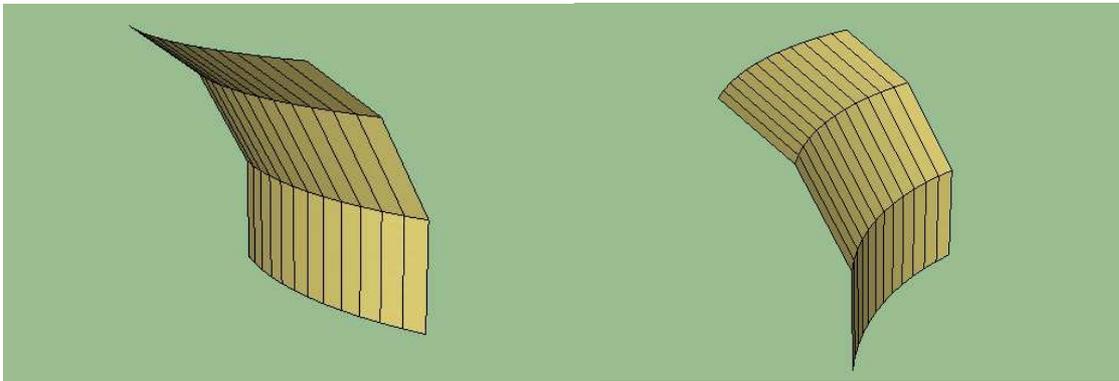


Figura 85. Modelado 3D de la concha.

En la figura 86 vemos el lugar donde colocaríamos la concha, aprovechando el espacio que queda tras el altar, en forma de “V”, dejando un paso de 0,90 m como mínimo en los laterales para acceder a dicho espacio.



Señalar que concretamente en la zona donde se situara la concha, posiblemente tropezada en altura con el cristo que se observa en la foto, o tapara parte del mismo. Materia que en principio no me compete ya que este estudio es meramente académico y se rige en la investigación de aquello que ofrezca una mayor calidad acústica. El lugar idóneo para la concha desde mi punto de vista es ese. En todo caso, si manera profesional se ejecutase tal mejora, se procedería a su recolocación en otro lugar.

Figura 86. Lugar de colocación concha.

En el siguiente plano [figura 87] aparece una sección longitudinal de la iglesia de manera sencilla, donde se grafía el lugar de colocación de la concha así como la cristalería de los laterales que aporta iluminación natural al altar. Además se han marcado el alcance de las reflexiones que produciría la concha. Se observa como solo la parte central de la misma produce reflexiones suficientes para todas las filas de bancos y la zona alta donde se sitúa el coro; la zona baja ofrece reflexión tanto al orador como a los bancos y la parte superior se centra solo en los bancos.

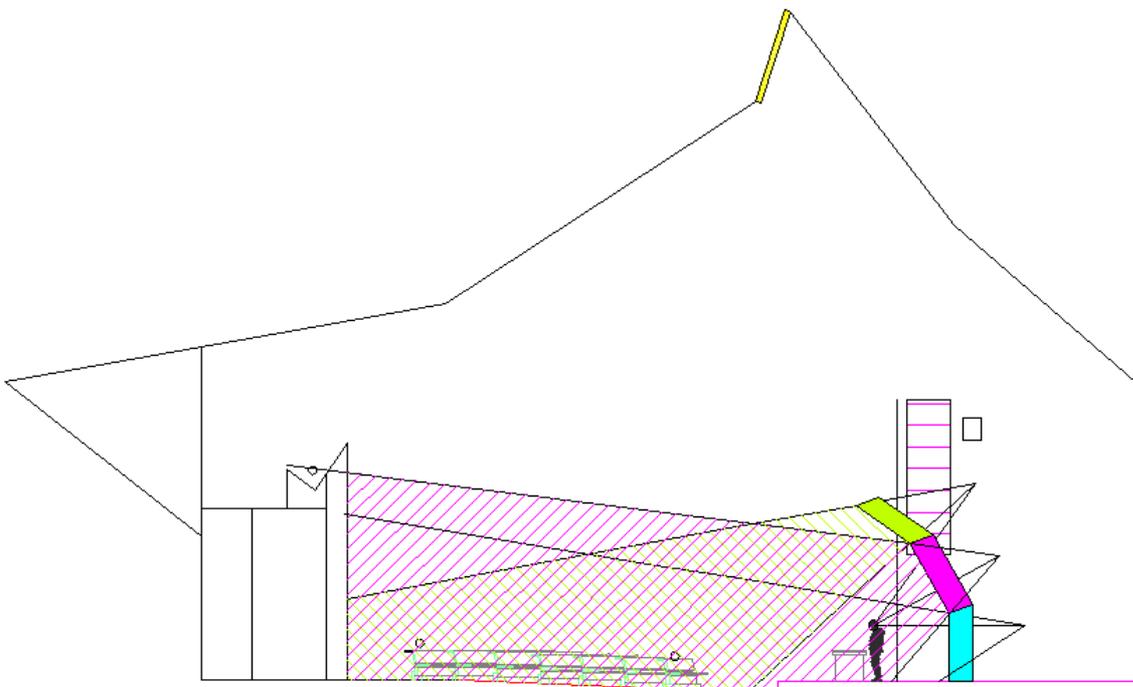


Figura 87. Alcance de los paramentos de la concha. Sección longitudinal.

En planta se observa como además de ofrecer reflexiones a la parte central, también lo hace hacia los laterales y de manera más que suficiente [figura 88]

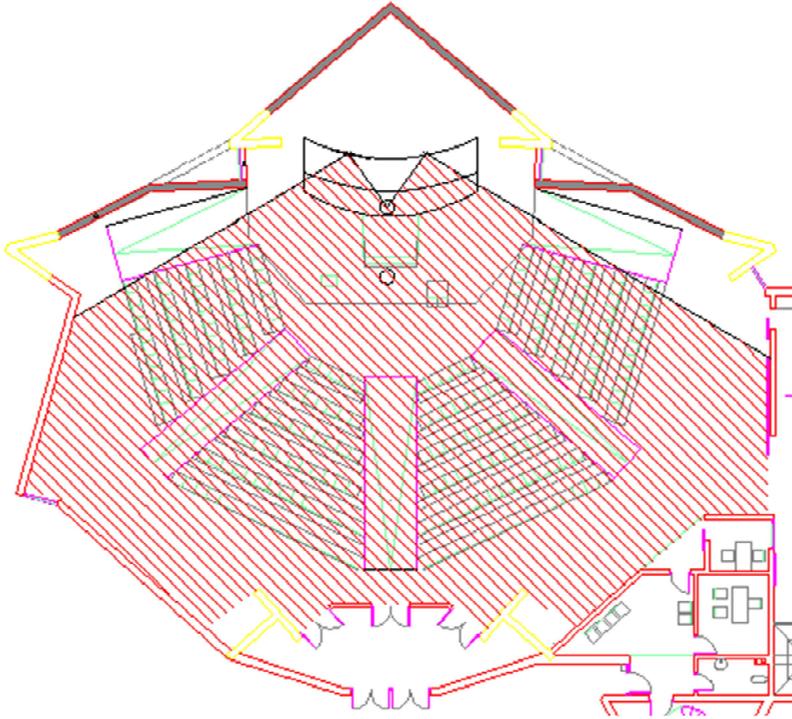


Figura 88. Alcance paramentos concha. Planta

Colocar aquí la concha no supondría un empeoramiento de la luminosidad natural ofrecida por las cristalerías laterales ya que esta alcanza una altura máxima de 6 m y disponiéndose de forma curva, permitiendo que la luz natural pueda acceder incluso a la zona del orador. Puede que el inconveniente fuera la luz ofrecida por la parte superior de la cubierta revestida de policarbonato traslúcido, ya que la concha actúa como parasol, pero esta afirmación no solo podría hacerse tras realizar un estudio de rayos, materia que no es de interés en este proyecto.

9.3. ESTUDIO ECONÓMICO DE LA MEJORA

Para hablar del costo económico de añadir la concha, debemos saber de qué material pondremos la concha. He elegido un revestimiento laminado de madera DM con acabado de madera de Haya de 17 mm de espesor (de color suave para no destacar sobre el resto de maderas de la sala), el cual viene con una perfilera de metal. Este debe ser un material que pueda presentar propiedades reflectoras, puesto que su cometido es el de reflejar lo máximo posible.



A la izquierda [figura 89] se muestra color y acabado del material que revestirá la concha.

La forma que tendría la concha en planta y sección es la que se muestra en la figura 90. Dispone de 49,23 m² de superficie total distribuidos en los tres paneles curvados de la concha.

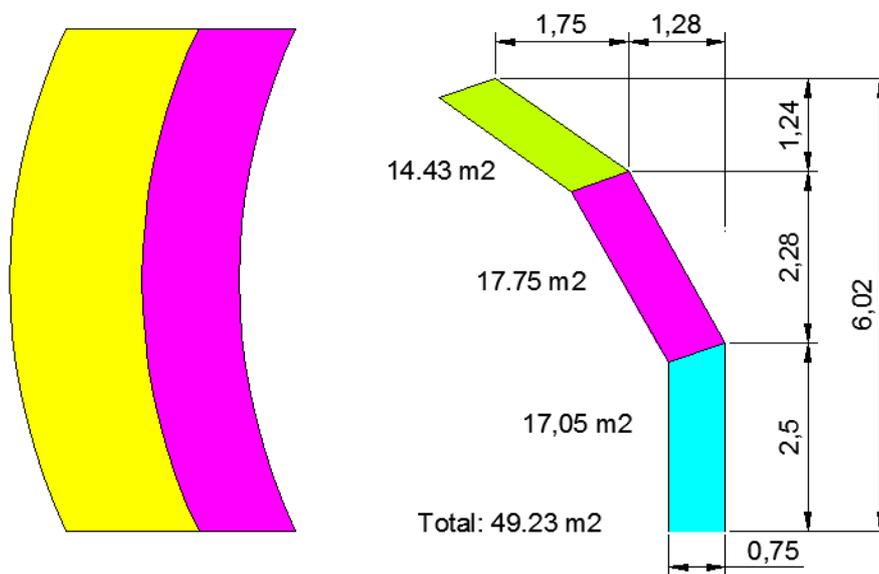


Figura 90. Planta y sección concha.

Para la obtención del precio aproximado del montaje, instalación, etc. de la concha, he consultado con el profesor Ignacio Guillen, el cual ha participado en diversos proyectos de acústica y conoce empresas relacionadas con el asunto, las cuales pueden guiarme.

El precio/m² de las conchas fijas ronda entre 100 – 120 €/m² y si fuera una concha móvil (no es nuestro caso) hablaríamos de precios de entre 180 – 200 €/m², más elevados

debido a la mayor complejidad de instalación y su composición de mecanismos. En este caso nos ajustamos al primer intervalo de precios puesto que la concha es fija.

El precio incluye los materiales de madera de DM de 15 a 19 mm con el chapado de madera o lacado, la estructura metálica para la sustentación de la misma, así como su montaje e instalación.

Además de este material de madera incluiremos en su parte posterior un trasdosado de lana de roca tipo Rock Plus Kraft de 40 mm de espesor, la cual viene revestida en su cara vista por papel kraft. Su precio por metro cuadrado es de 4,73 €/m².

Deberemos tener en cuenta que la forma que tiene la concha deberá ser atirandada por una estructura colocada en su parte trasera. El costo de esta partida puede estimarse sobre un 5% sobre el valor final de la concha, al no disponer de cálculos acerca de como debiera ser dicha estructura.

Dado que la concha queda dispuesta en planta en la zona de peldaños hasta el altar (porque era su mejor situación), se deberían quitar los peldaños y todo su recrecido de hormigón en masa. Esta demolición tendría un coste de 54,39 €/m³, habiendo una superficie de 40,95 m² y teniendo en cuenta que cada peldaño tiene una tabica de 0,17 cm (con 2 tabicas), tenemos un volumen de 13,92 m³.

EADE.5ba m3 Demol est H-masa c/martillo					54,39
Demolición de elemento de hormigón en masa, con martillo neumático y compresor, incluso retirada de escombros y carga, sin incluir transporte a vertedero.					
Código	Cantidad	Ud	Descripción	Precio	Importe
MOOA12a	1,650	h	Peón ordinario construcción.	21,90	36,14
MMMA.4aa	1,500	h	Compr diésel 3m3	2,60	3,90
MMMD.1aa	1,500	h	Martll picador 80mm	3,28	4,92
MMMR.1de	0,150	h	Pala crgra de neum 179cv 3,2m3	55,76	8,36
%	0,020		Costes Directos Complementarios	53,32	1,07

El precio de la demolición está obtenido de la web de base de precios del IVE 2012, actualizado en marzo del mismo año.

El precio de la mejora ascendería:

- m². Concha de escena de madera DM de 19 mm, con revestimiento chapado de madera de haya en tonos suaves, con estructura interior metálica, incluido montaje e instalación de la misma.
120 €/ m² Superficie: 49,23² 5.907,6 €
- m². Trasdoso de concha con lana de roca tipo Rock Plus Kraft de 40 mm de espesor revestida con papel kraft en su parte vista.
4,73 €/m² Superficie: 49,23² 232,83 €
- Estructura metálica con fines de atirantamiento de la concha de escena.
5% sobre valor concha (5330,43 €) 266,50 €

- m³. Demolición de elemento de hormigón en masa, con martillo neumático y compresor, incluso retirada de escombros y carga, sin incluir transporte a vertedero.
54,39 €/m³Volumen: 13,92 m³ 757,11 €

Total precio: 7.164 € (valor sin 18% IVA)

Total precio +18% iva: 8.453,57 €

9.4. DATOS OBTENIDOS EN LA SIMULACIÓN

Habiendo ya explicado el proceso de simulación con el software en el apartado 8.1, cabe destacar que también se realiza un estudio previo de los nuevos valores de tiempo de reverberación con la concha. Se prevé que con la introducción de la mejora los tiempos de reverberación suban debido al aumento de material de madera (más reflectante que absorbente), pero al revestir la parte trasera de la misma con material absorbente de lana de roca, los tiempos bajan en el estudio previo. En la tabla siguiente se muestra dichos valores:

SALA PRINCIPAL CON CONCHA									
Situación	Material	Superficie	Frecuencias						
VOLUMEN TOTAL =		5349,97	125	250	500	1000	2000	4000	
Paredes	Pladur	387,17	81,3	50,3	31,0	19,4	11,6	7,7	
Techo	Contrachapado de madera	873,12	131,0	87,3	174,6	78,6	87,3	174,6	
Suelo y paredes	Mármol	474,93	4,7	4,7	4,7	4,7	9,5	14,2	
Fachada	Vidrio	8,39	1,5	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2	
Paredes y concha	Madera fijada sólidamente a una pared o a un sólido	393,89	15,8	15,8	11,8	11,8	11,8	7,9	
Concha	Asientos ocupados	134,54	80,7	99,6	118,4	129,2	125,1	114,4	
	Lana de roca RockPlus Kraft	49,23	4,9	17,2	29,5	44,3	46,8	46,8	
	Sumatorio	2078,27	319,9	275,4	370,4	288,2	292,3	365,8	
TR	SABINE		2,7	3,1	2,3	3,0	3,0	2,4	
TR mid			2,7						
BR			1,10						
Br			1,00						

Figura 91. Tabla cálculos tiempo reverberación y parámetros, estudio previo.

De esta manera se prevé que el tiempo de reverberación medio se rebaje en 0,4, lo que resulta beneficioso para la inteligibilidad de la palabra en la sala. Además los valores de calidez y brillo han cambiado, la calidez se sitúa en valores recomendados para la música respetando la palabra (1,10 – 1,45) mientras que el brillo sube hasta 1,00, valor que indica brillantez en la sala siendo superior a 0,87 y no mayor a 1,00. En la figura 92 tenemos la curva tonal prevista, donde se ve como mantiene la misma forma pero con valores de tiempo menores.

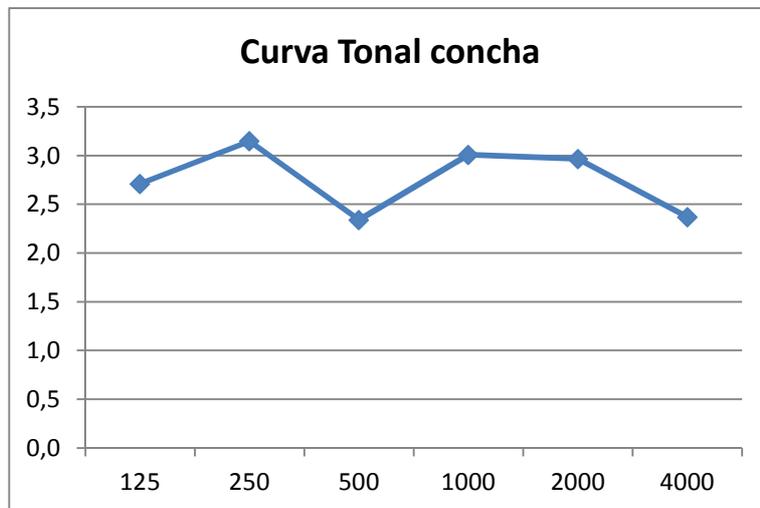


Figura 92. Gráfico curva tonal, estudio previo.

Tras asignar los materiales en el software y realizar la simulación obtenemos los siguientes datos. En la **figura 93** vemos el ecograma en el haz central de la sala en la banda de 1kHz.

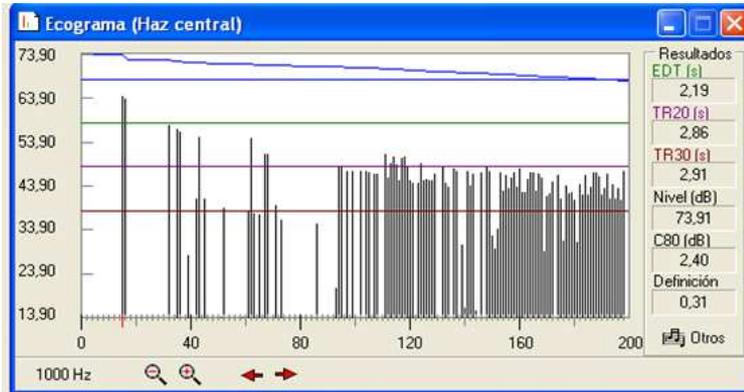
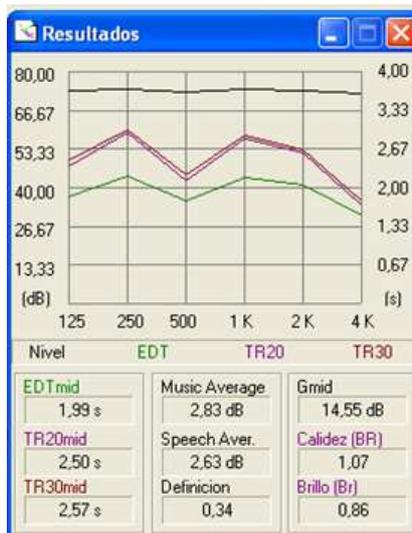


Figura 93. Ecograma en haz central de la simulación.

Vemos como sigue existiendo intimidad al no haber una diferencia mayor de 20 ms entre el directo y la primera reflexión. Los niveles obtenidos en la sala con la concha son inapreciablemente más bajos que en la sala inicial, se diferencian 0,35 dB (74,26 – 73,91), ya que el oído humano no llega a apreciar la variación de 1 dB de presión sonora.

Se descarta la existencia de eco en la sala, por no haber una diferencia mayor de 80 ms entre reflexiones.



Figuras 94 y 95. Resultados con gráfico y parámetros y estimación difusa con valores TR y gráfico.

En el apartado resultados [figura 94] podemos ver la curva tonal resultante de la simulación. Tiene un descenso de valores en agudos, manteniendo los graves inalterados e incluso subiéndolos en la banda de 125 Hz. El brillo se mantiene igual y dentro de los valores recomendados de 0,86. En cuanto a la calidez vemos que ha aumentado conforme a las previsiones hasta 1,07, habiendo previsto 1,10, lo que nos confirma una mejora en cuanto a la calidad musical de la sala. La definición aumenta a 0,34 manteniéndose en valores insuficientes para los recomendados de 2 dB.

En el apartado de la **figura 95** aparece de nuevo una estimación difusa donde podemos ver la curva tonal de los tiempos de reverberación en la sala con la concha. Obtenemos unos valores de reverberación algo más bajos que en la sala inicial, debido sobre todo a la incorporación de la lana de roca de la concha, la cual absorbe bien en agudos pero no en graves. Continúa teniendo la misma forma que la curva inicial. Obtenemos mediante estos valores un TRmid de **2.63 s**, habiendo estimado 2,7 s.

En la **figura 96** vemos una visual de los niveles en la banda media de 1kHz, en la opción de contraste. Alcanzando valores de entre 79,60 dB desde la zona del emisor hasta alrededor de 71,30 dB.

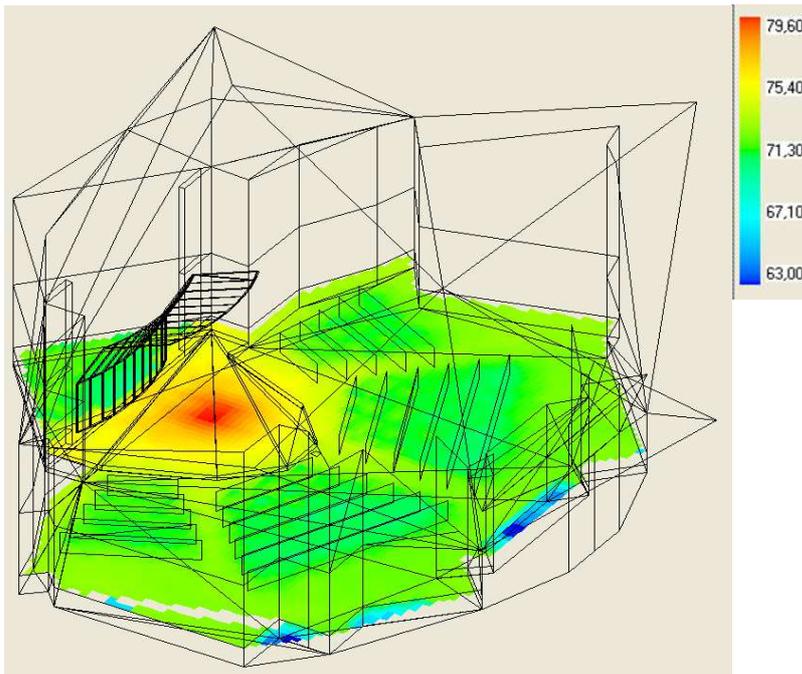
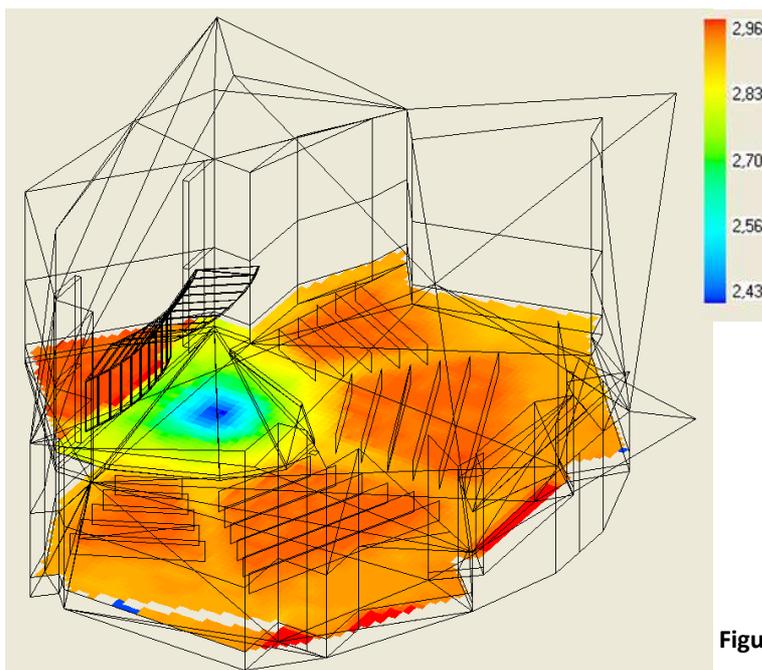


Figura 96. Imagen de niveles de presión sonora de la sala con concha.



En la **figura 97** aparece la visual del TR30 en la banda media de 1kHz, en la opción de contraste. Se aprecia como el tiempo de reverberación va aumentando conforme la distancia es mayor a la fuente sonora, ya que su posición el TR30 es muy bajo.

Figura 97. Imagen valores TR 30 en sala.

9.5. CONCLUSIÓN

Comparando los tiempos de reverberación reales y los simulados con los obtenidos en la simulación de la concha, vemos que la incorporación de la misma reduce el TRmid en un intervalo de $0,3 \text{ s} < \Delta\text{TRmid} < 0,45 \text{ s}$, lo cual, como hemos visto con los valores de calidez y brillo en la sala, resulta beneficioso. Los niveles de presión sonora no varían de manera significativa, puesto que lo hacen en menos de 1 dB, inapreciable para el oído humano. Obtenemos valores de claridad mejores que el inicial, situados entre $-1,5 < C_{80} < 1$, de mejor forma que el inicial (entre $-3,84 < C_{80} < 1,57$) siendo el recomendado de $-4 < C_{80} < 0$.

Con la incorporación de la concha nos aseguramos una mayor reflexión en los bancos situados en los laterales que pudieran quedar con menor calidad sonora así como una mayor inteligibilidad de la palabra y la música.

10. CONCLUSIÓN PFG

Tras haber realizado la redacción del proyecto final de grado llego a la principal conclusión de la importancia que tiene la acústica en la edificación, tanto en aislamiento como acondicionamiento, ya que actualmente viene sumido en un marco normativo realmente amplio donde se plasman las directrices para realizar elementos constructivos que satisfagan las necesidades de convivencia que el ruido cotidiano nos niega.

En el proyecto no he tenido la posibilidad de trabajar de forma más exhaustiva con el código técnico, ya que este en su DB HR no contempla la iglesia, sino que llegado a un punto lo considera recinto de actividad ruidosa, rediriéndote a la Ley de Ruido o en caso de existencia, las ordenanzas del municipio pertinente en materia de ruido. Pero si he podido trabajar con la mayor parte de su contenido, ya que he podido adaptar los recintos de la iglesia para realizar los aislamientos por el método general.

Me ha parecido un taller muy útil en cuanto al aprendizaje de los instrumentos de medición de parámetros acústicos, así como la normativa UNE que rige la forma de utilizarlos en su conjunto de forma correcta en una prueba determinada. Este aprendizaje, resulta beneficioso de cara a una posible salida profesional que a lo largo de la carrera no se menciona.

También destaco la importancia de haber utilizado software dedicado al campo de la acústica, el cual te permite calcular, en el momento, parámetros que de realizarlos "in situ" precisarías de algo más de tiempo. Concretamente hablo de la simulación acústica, la cual me parece que ofrece unos valores fiables, dentro del error permitido con los reales. Apuntar que el realizar estas simulaciones no quita el realizar cálculos previos a las mismas, ya que antes de simular un recinto se ha previsto que los materiales asignados cumplan una serie de requisitos de coherencia con la realidad, en cuanto a valores y parámetros.

Puede decirse que se trata de un taller donde la opinión de la gente que acude a la iglesia de forma constante, cobra gran importancia, ya que te aporta una serie de conocimientos que pueden guiarte hacia una posible vía de investigación. Un ejemplo es el motivo que me movió a realizar la prueba de aislamiento de la puerta principal a la iglesia. Lo realicé debido a la opinión ofrecida por una mujer que frecuenta la iglesia y que me contó como en horario de misa, se escuchaban conversaciones desde el exterior, pudiendo deberse a que se dejaba la puerta más cercana abierta y la otra cerrada. Eso me pareció un motivo para realizar la prueba, confirmando las quejas de la mujer, ya que no cumplía con el aislamiento requerido.

En general, el mundo de la acústica, el cual desconocía a principio de curso, me parece fascinante, del cual en su parte de aislamiento podemos obtener grandes beneficios en una sociedad sumida en el ruido de la ciudad, en su parte de acondicionamiento obtener espacios confortables adecuados a su uso, ya sea dedicado a museos (tranquilidad), auditorios (música) o en este caso espacios donde juega un papel importante, la palabra...

11. BIBLIOGRAFÍA

UNE-EN ISO 140 "Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción"

UNE-EN ISO 140-4 1999 "Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 4: Medición in situ del aislamiento al ruido aéreo entre locales".

UNE-EN ISO 140-5 1999 "Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 5: Mediciones in situ del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas".

UNE-EN ISO 140-7 1999 "Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 7: Medición in situ del aislamiento acústico de suelos al ruido de impactos".

UNE-EN ISO 717 "Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción".

UNE-EN ISO 717-1 1997 "Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos"

Ordenanza Municipal de Protección contra contaminación acústica de Alzira.

Ley 37/2003, de 17 de Noviembre, del Ruido.

Páginas Web:

<http://www.alfa.com.co/descarga/pdfichas/marmol/marmol.pdf>

<http://www.mausa.es/>

<http://www.five.es/>

<http://www.utpl.edu.ec/>

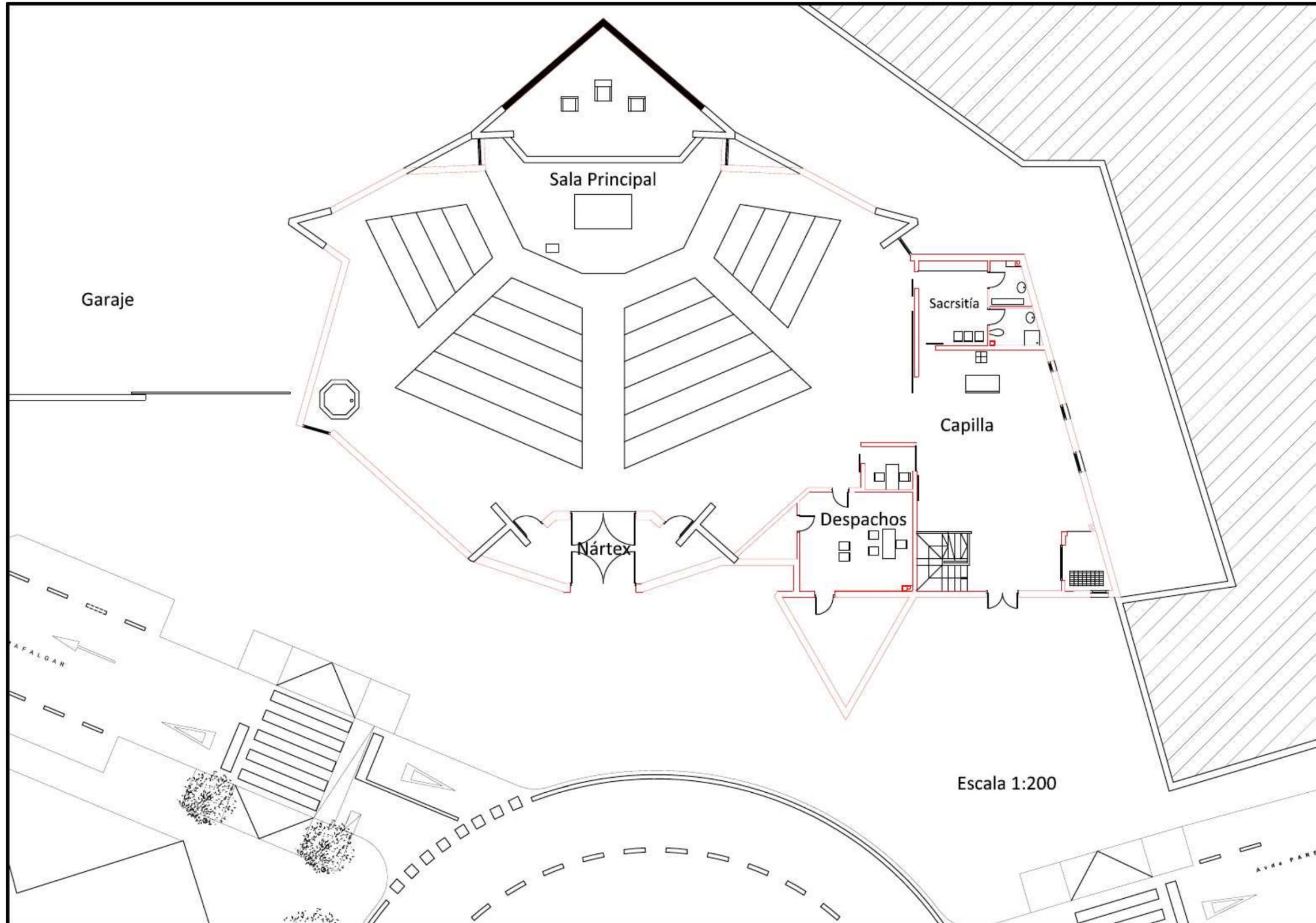
<http://www.codigotecnico.org/web/recursos>

<http://www.ehu.es/acustica/espanol/ruido/acaces/acaces.html>

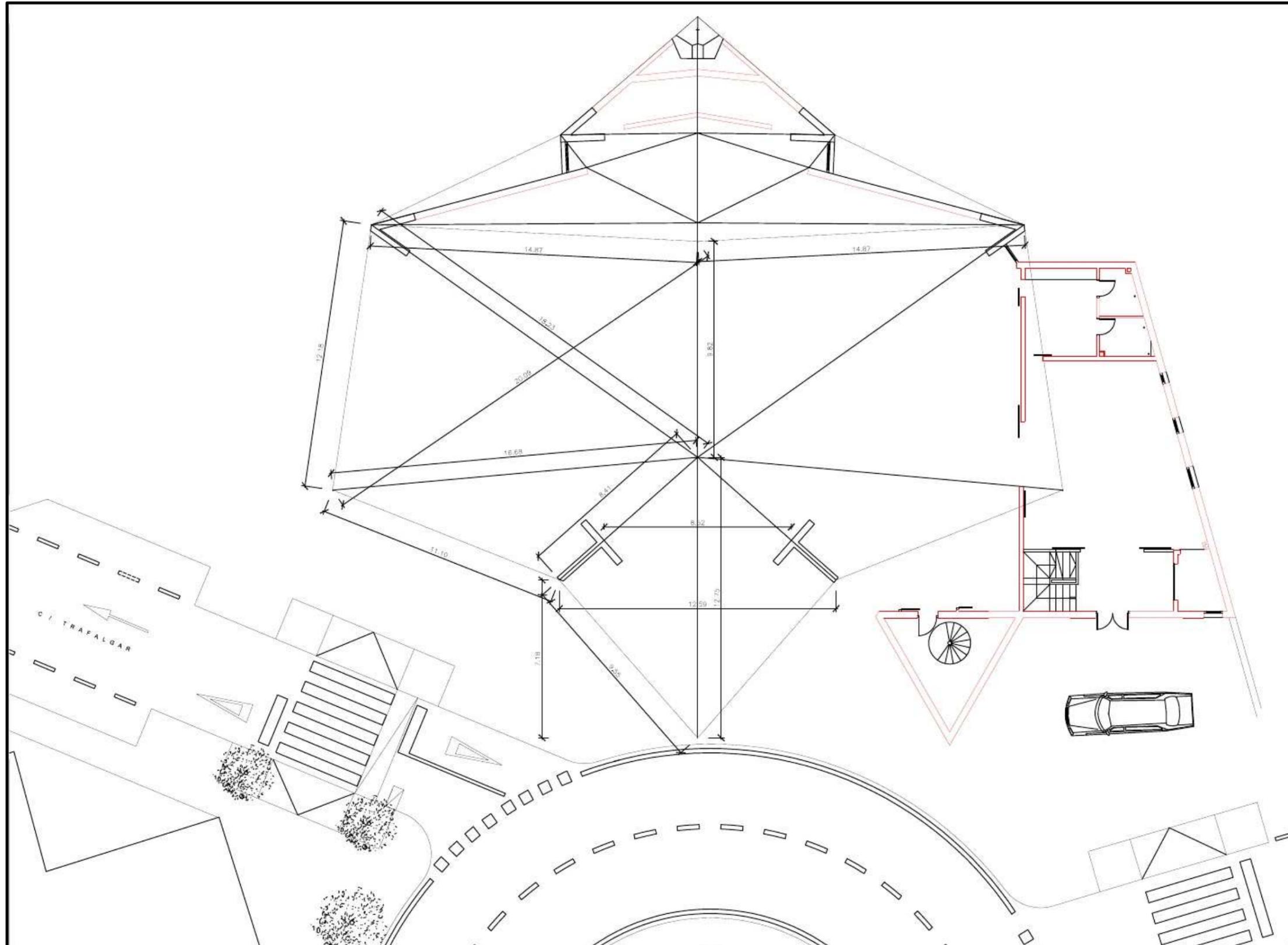
<http://www.alzira.es/>

12. ANEXOS

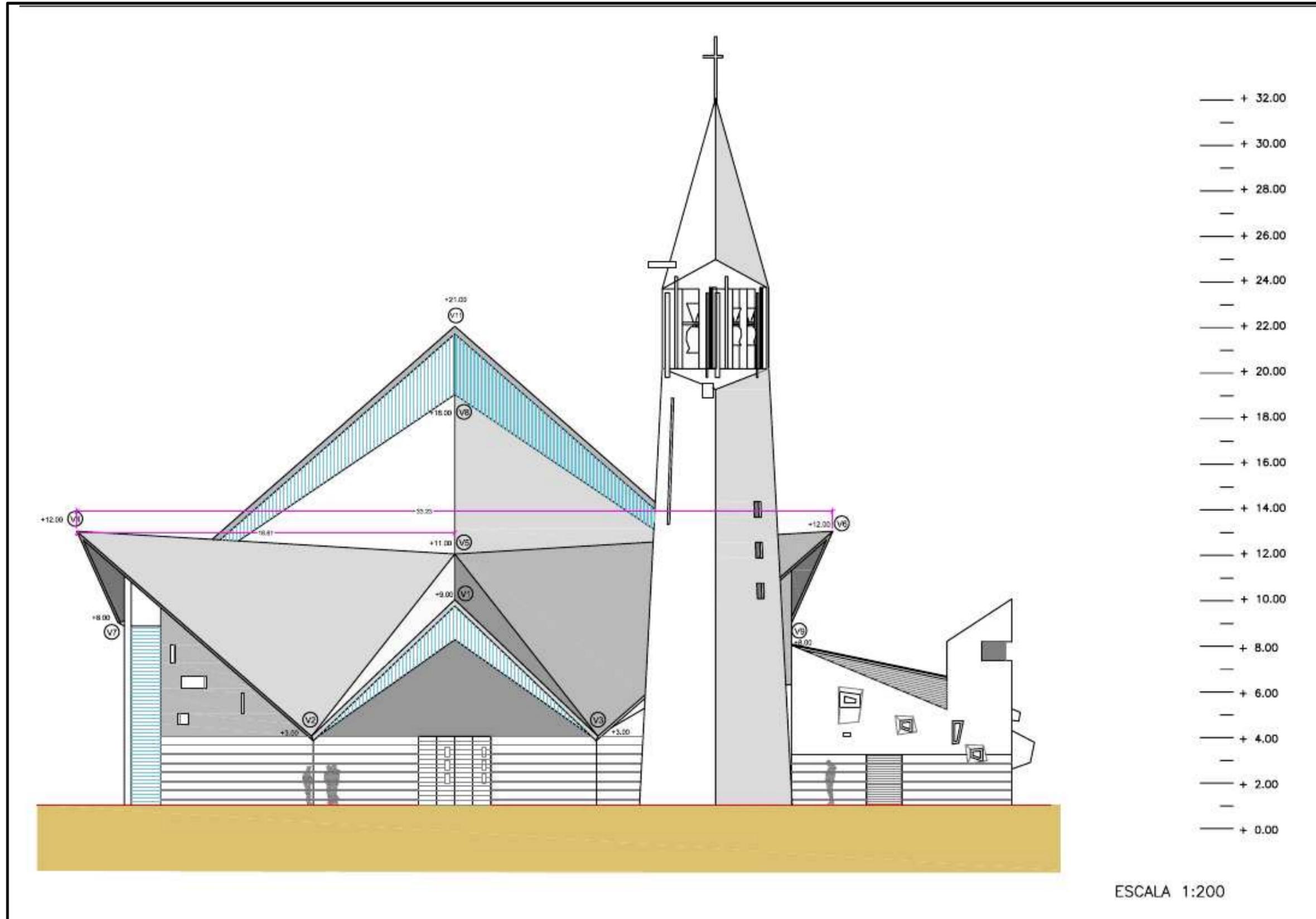
12.1.1. PLANO GENERAL



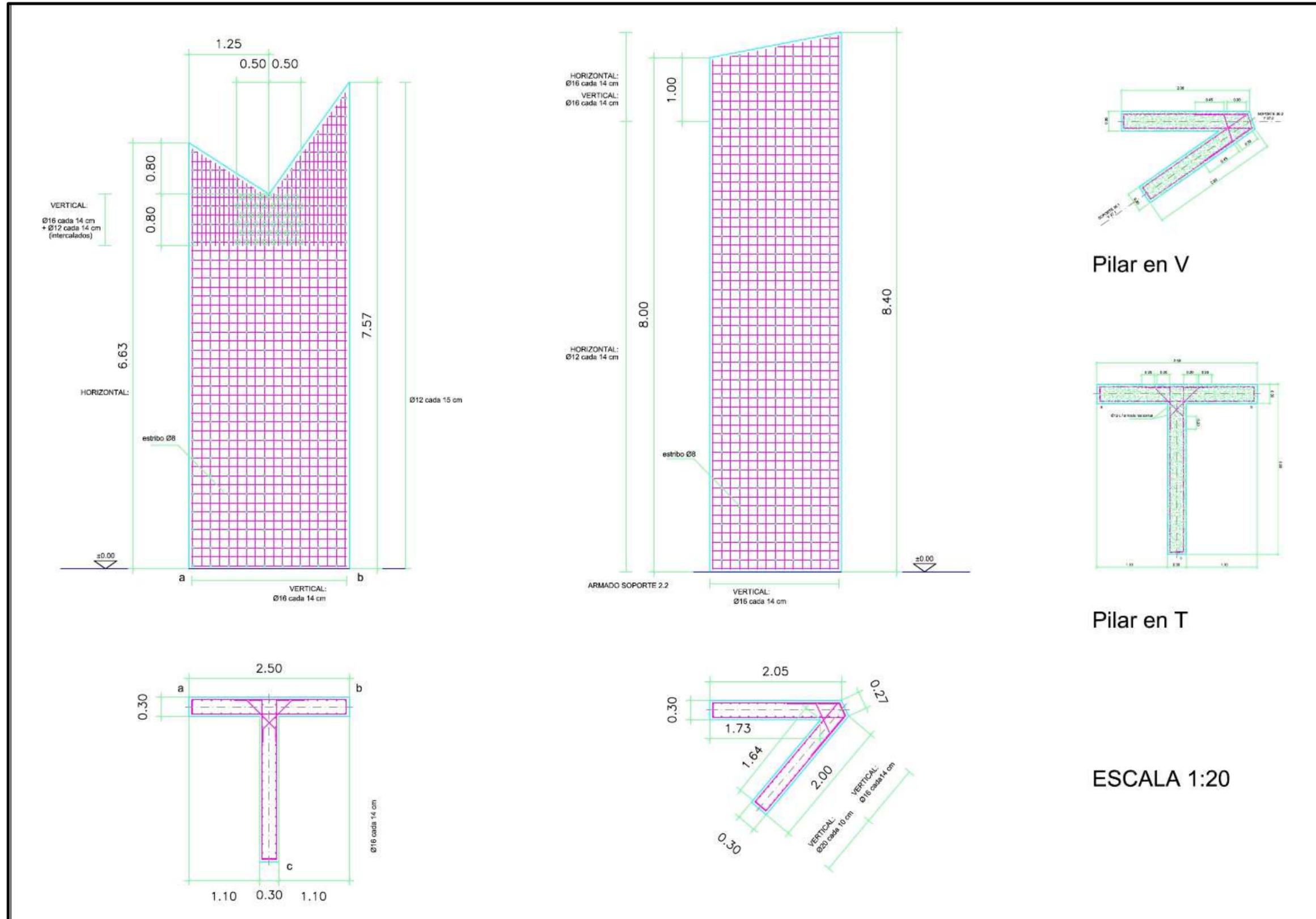
12.1.2. PLANO CUBIERTA



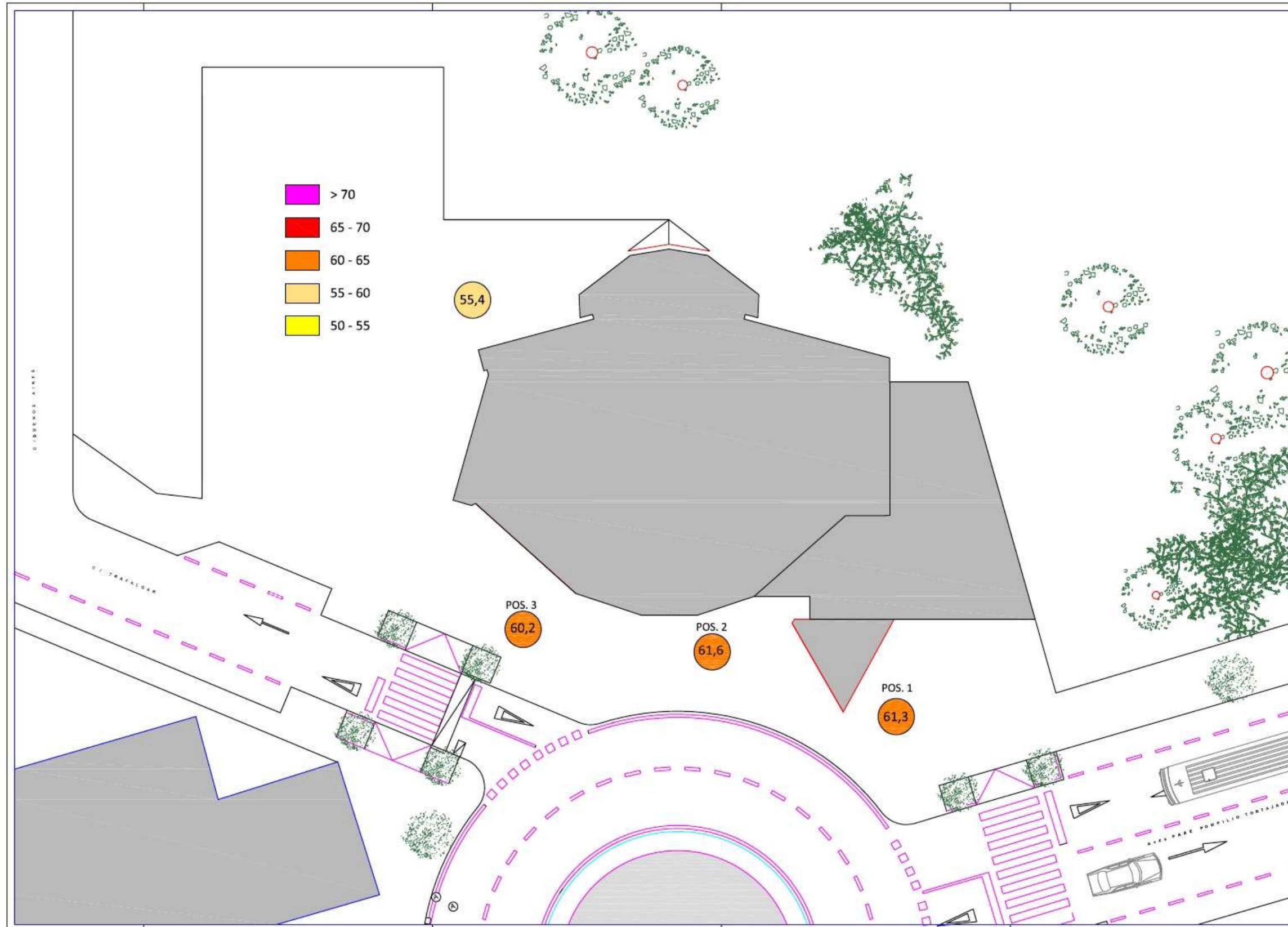
12.1.3. PLANO ALZADO PRINCIPAL



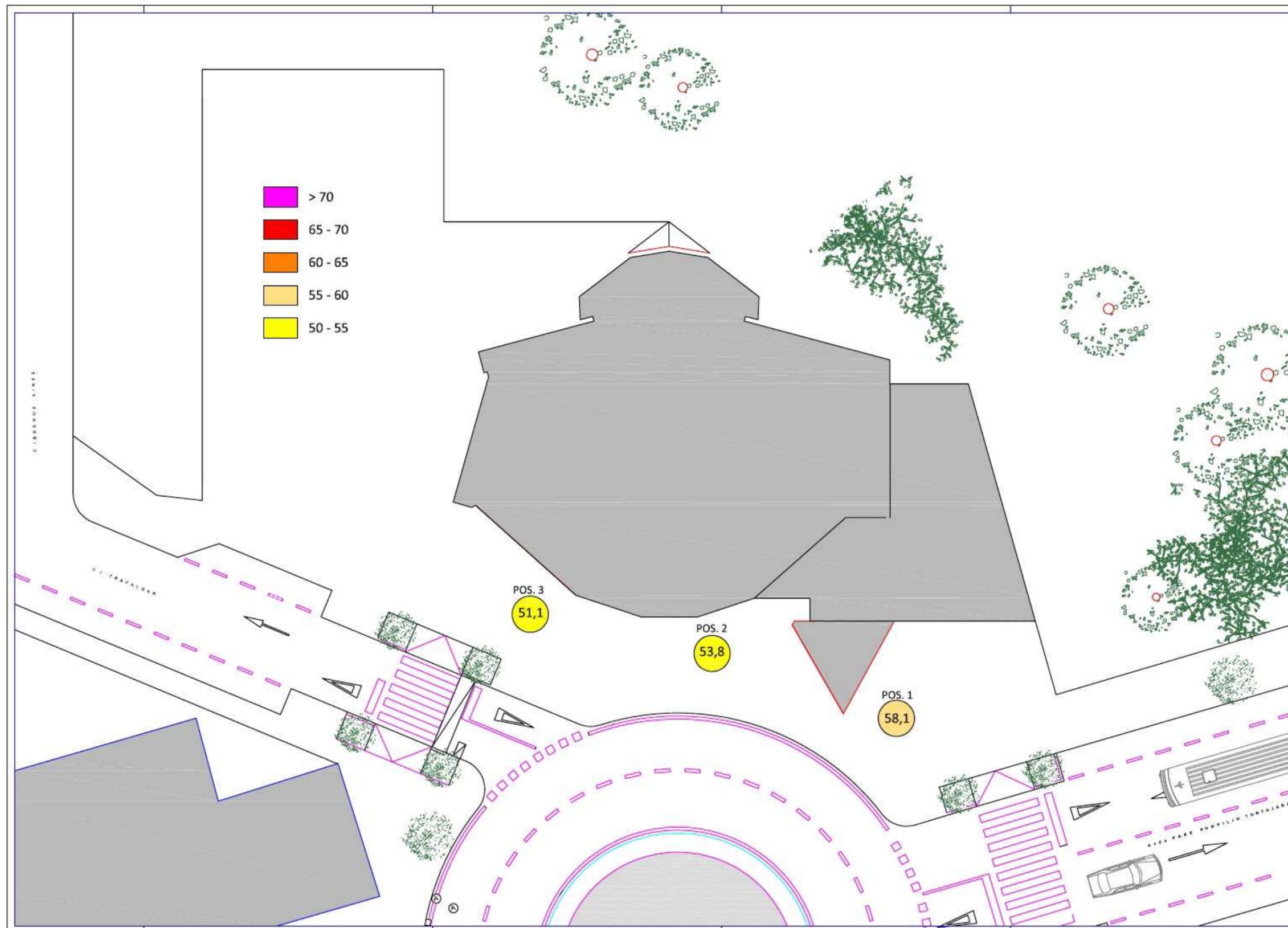
12.1.4. PLANO ESTRUCTURA PILARES



12.1.5. PLANO NIVEL SONORO Ld (DIURNO)



12.1.6. PLANO NIVEL SONORO Ln (NOCTURNO)



12.2.1. TABLA DATOS AILAMIENTO. CERRAMIENTO

VALORES OBTENIDOS A RUIDO AÉREO. CERRAMIENTO																									
f(HZ)	Nivel de presión sonora. Fachada						Nivel de presión sonora Sala Principal						Nivel de ruido de fondo Sala Principal						Tiempo de reverberación	L2 correg.	D 2m L1-L2correg.	DnT D+10lg(T2/0,5)	Referencia UNE 717-1	Referencia ajustada	A sabine 0,162*V/Tr
	L1, 2m	Mediciones					L2	Mediciones					B2	Mediciones					T2 (Tr20)						
	Promedio	Pos. 1	Pos. 2	Pos. 3	Pos. 4	Pos. 5	Promedio	Pos. 1	Pos. 2	Pos. 3	Pos. 4	Pos. 5	Promedio	Pos. 1	Pos. 2	Pos. 3	Pos. 4	Pos. 5	Promedio						
100	76,0	64,5	73,3	82,05	63,4	71,2	43,5	43	45	42,8	43,8	42,3	36,6	37,7	35,3	36,3	36,9	36,4	22,66	42,5	33,5	40,6	33	29	340,9
125	79,3	69	79,2	84,1	71,4	78,3	44,0	43,8	44,2	44,3	43,7	44	36,8	37,4	38,4	35,8	36,9	34,8	24,78	43,1	36,3	43,6	36	32	322,1
160	81,9	79,3	80,7	84,6	80,2	82,3	44,3	42,6	43,4	47	44,2	42,3	37,7	37,9	38,2	38,7	37,1	36,2	27,36	43,2	38,7	46,2	39	35	306,2
200	80,8	83,5	74,5	83	80,5	75,2	42,8	43	43,2	43	42,4	42,1	34,8	35,1	34,7	36	32,5	35	29,44	42,0	38,8	46,6	42	38	288,7
250	81,2	82,7	80	84,6	77,5	74,5	40,7	40,1	41,4	39,8	41,1	40,9	33,0	34,1	33,4	32	31,5	33,4	32,35	39,9	41,3	49,7	45	41	251,6
315	78,6	72,1	78,8	83,2	70,9	76,6	39,2	39,1	39	39,7	38,6	39,5	30,6	32,5	29,5	29,7	29,7	31	35,54	38,5	40,0	48,4	48	44	250,1
400	78,0	75,5	74,1	81,8	77,2	77	38,0	37,4	38,2	37,5	37,6	39,1	28,8	28,8	28,3	31,5	26,9	26,4	40,09	37,5	40,5	48,7	51	47	265,3
500	77,5	76	77,1	80	78	74,8	35,5	35,4	35,1	36	35,3	35,6	27,3	27,8	27,9	26,3	27,5	27	45,24	34,8	42,8	49,7	52	48	354,0
630	78,6	73,8	78	80,7	80	77,3	36,8	36,3	35,8	36,7	37,5	37,3	27,0	28,1	28,1	26,8	25,5	25,6	52,30	36,3	42,3	50,4	53	49	266,5
800	78,6	75,1	78,3	81,2	77,4	79	39,9	39,7	40,4	39,5	39,6	40,1	26,9	25,5	27,4	28,3	26,3	26,7	61,16	39,9	38,8	47,8	54	50	218,4
1k	76,8	69,9	74,7	80,6	77,4	75,1	38,2	38,6	38,4	38	37,4	38,4	27,0	24,9	27,1	28,8	26,4	26,8	18,97	38,2	38,7	47,5	55	51	225,0
1,25k	72,4	68,6	72	75,1	69,5	73,5	34,7	34,6	34	35,2	34,9	34,6	26,8	25,3	26,9	28,1	24,7	27,9	18,69	33,9	38,5	47,5	56	52	215,7
1,6k	71,3	68,9	68,1	75,7	69	68,7	35,0	35,4	35,1	35,4	34,4	34,7	27,6	25,6	26,9	27,1	26,2	30,5	18,30	34,1	37,1	46,2	56	52	216,1
2k	74,6	69,8	71,4	79,6	72,4	70,9	36,5	37,1	36,8	36	36,3	36,2	25,4	26,3	25,1	25,3	23,4	26,3	18,65	36,5	38,1	47,1	56	52	217,6
2,5k	75,3	71,7	75,4	78,4	75,4	72,1	36,9	36,5	36,9	36,9	37,1	37,1	21,6	20,9	22,6	20,4	22,6	20,9	18,53	36,9	38,4	46,9	56	52	244,9
3,15k	73,1	70,7	74	75,4	71,8	72	33,5	33,3	32,5	32,9	34,4	34,3	21,9	23,8	23,8	21,2	19,1	19,2	18,19	33,5	39,6	47,6	56	52	271,9
4k	70,9	68,9	71,9	71,1	70,9	71	31,3	30,4	30,5	32,5	32,2	30,3	21,2	21,1	23,6	21	19,9	18,8	12,37	31,3	39,6	47,1			309,2
5k	66,3	64,4	65,4	69,8	63	65,5	26,5	27	26	25	28	25,9	19,9	19,4	23,2	18,5	18,8	17,1	11,62	25,4	40,9	47,7			363,3
																					DnT,w	48			

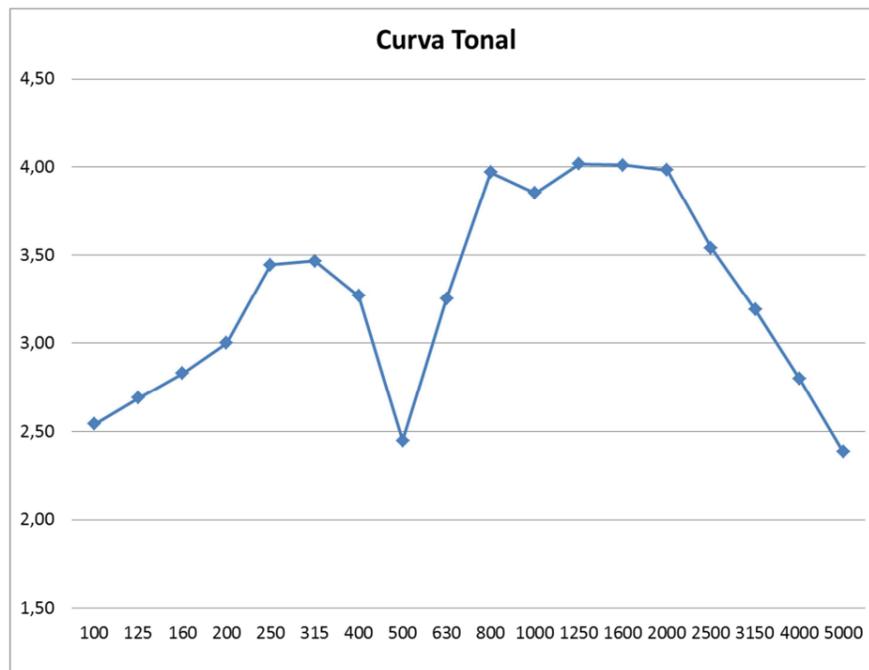
12.2.2. TABLA DATOS AISLAMIENTO. SP – CAPILLA

VALORES OBTENIDOS A RUIDO AÉREO ENTRE RECINTOS. SALA PRINCIPAL - SACRISTÍA (PUERTA CERRADA)																																												
f(HZ)	Nivel de presión sonora. Sacristía						NPSonora Sala Principal Puerta Cerrada						Nivel de ruido de fondo Sala Principal						Tiempo de reverberación	L2 correg.	D 2m L1-L2correg.	DnT D+10lg(T2/0,5)	Referencia UNE 717-1	Referencia ajustada	A sabine 0,162*V/Tr																			
	L1, 2m	Mediciones					L2	Mediciones					B2	Mediciones					T2 (Tr20)																									
	Promedio	Pos. 1	Pos. 2	Pos. 3	Pos. 4	Pos. 5	Promedio	Pos. 1	Pos. 2	Pos. 3	Pos. 4	Pos. 5	Promedio	Pos. 1	Pos. 2	Pos. 3	Pos. 4	Pos. 5	Promedio																									
100	68,2	65,5	68,2	66,2	66,8	71,5	47,9	45,6	47,5	48,5	46,9	49,7	37,5	35	38,3	36,8	34	40,4	2,54	47,9	20,4	27,4	33	17	340,9																			
125	75,3	74,9	71,6	76,4	74,1	77,3	52,1	53,5	52,6	50,1	49,6	53,1	34,7	31	36	35,5	35,4	34,1	2,69	52,1	23,2	30,5	36	20	322,1																			
160	77,3	76,3	77,1	72,6	72,5	81,4	53,2	53,1	52,4	51	52,5	55,7	36,4	29,8	38,2	37,4	36	37	2,83	53,2	24,1	31,6	39	23	306,2																			
200	77,2	78,8	78,6	75,1	75,6	76,5	53,9	53,8	52,9	51,7	49,8	57,4	33,8	29,5	34	35,1	34,6	34	3,00	53,9	23,3	31,1	42	26	288,7																			
250	77,8	78,1	78,9	77,6	77,4	76,4	50,1	50,3	50,8	49,5	47,2	51,6	32,5	27,5	32,9	32,3	33	34,3	3,44	50,1	27,6	36,0	45	29	251,6																			
315	77,9	77,4	77,4	78,4	75,7	79,7	48,6	49,3	49,3	47,8	47,4	48,7	31,2	26,4	30,5	31	31,5	33,8	3,47	48,6	29,3	37,8	48	32	250,1																			
400	77,7	76,3	78,2	77,7	77,2	78,6	48,1	48,3	49,3	46,1	47	48,8	28,6	22,7	29,1	28,3	29,3	30,3	3,27	48,1	29,6	37,8	51	35	265,3																			
500	78,5	77,8	78,7	79	78,3	78,7	51,2	52,5	51,3	49,5	50	52,1	27,5	22,5	26	27,9	28,4	29,6	2,45	51,2	27,3	34,2	52	36	354,0																			
630	79,3	77,8	77,9	80,6	79,4	79,9	53,6	53,1	52,6	51,4	52,5	56,4	28,4	25,2	25,5	29,8	29,2	29,9	3,25	53,6	25,7	33,8	53	37	266,5																			
800	79,4	79,6	78,8	79,9	78,2	80	55,3	55,4	57,2	53,4	53,9	55,7	29,5	24,2	27,4	30,4	31,3	30,7	3,97	55,3	24,0	33,0	54	38	218,4																			
1k	77,2	77,9	77,3	77	75,8	77,9	53,8	54,7	54,5	53,4	53,6	52,4	29,0	24,4	25,9	30,5	30,2	30,4	3,85	53,8	23,4	32,3	55	39	225,0																			
1,25k	73,3	73,2	73,6	74,1	72,9	72,5	51,7	51,5	52,5	51,3	50,9	52	29,7	24,3	24,8	30	32,1	31,6	4,02	51,7	21,6	30,7	56	40	215,7																			
1,6k	74,2	73	73,6	75,2	73,5	75,2	50,4	51,1	51,7	49,9	48,3	50,1	29,8	26,1	25,7	31,7	29,8	31,8	4,01	50,4	23,8	32,9	56	40	216,1																			
2k	76,2	75,7	76,1	77,1	75,7	76,4	51,8	52,6	52,2	50,5	51,2	52	28,1	25,1	24,9	27,5	29,1	30,8	3,98	51,8	24,5	33,5	56	40	217,6																			
2,5k	75,6	74,7	75,8	76,4	74,3	76,3	49,9	49,1	51,6	49,2	48,9	50,1	25,5	19,6	20,4	24,1	26,6	29,3	3,54	49,9	25,7	34,2	56	40	244,9																			
3,15k	72,7	71,4	71,7	72,3	71,4	75,3	46,5	44,6	49,2	45,6	43,1	47,4	23,9	18,3	26	20,7	25,1	25,1	3,19	46,5	26,2	34,2	56	40	271,9																			
4k	71,6	71,5	70,9	71,1	70	73,7	46,8	43,7	50,9	44,2	43,9	46	25,3	18,3	29,7	20,2	24,9	24,2	2,80	46,8	24,9	32,4			309,2																			
5k	67,4	66,2	65,7	69,4	65,7	68,6	40,3	38,8	43	39,3	38,3	40,1	22,3	17,4	26,9	18,3	19,8	21,7	2,39	40,3	27,2	33,9			363,3																			
																						DnT,w			36																			

VALORES OBTENIDOS A RUIDO AÉREO ENTRE RECINTOS. SALA PRINCIPAL - SACRISTÍA (PUERTA ENTORNADA)																																												
f(HZ)	Nivel de presión sonora. Sacristía						NPSonora Sala Principal Puerta entornada						Nivel de ruido de fondo Sala Principal						Tiempo de reverberación	L2 correg.	D 2m L1-L2correg.	DnT D+10lg(T2/0,5)	Referencia UNE 717-1	Referencia ajustada	A sabine 0,162*V/Tr																			
	L1, 2m	Mediciones					L2	Mediciones					B2	Mediciones					T2 (Tr20)																									
	Promedio	Pos. 1	Pos. 2	Pos. 3	Pos. 4	Pos. 5	Promedio	Pos. 1	Pos. 2	Pos. 3	Pos. 4	Pos. 5	Promedio	Pos. 1	Pos. 2	Pos. 3	Pos. 4	Pos. 5	Promedio																									
100	68,2	65,5	68,2	66,2	66,8	71,5	49,8	49,9	49,7	47	48,3	52,3	37,5	35	38,3	36,8	34	40,4	2,54	49,8	18,4	25,5	33	12	340,9																			
125	75,3	74,9	71,6	76,4	74,1	77,3	55,2	54,4	54,2	53,6	55,8	56,9	34,7	31	36	35,5	35,4	34,1	2,69	55,2	20,1	27,4	36	15	322,1																			
160	77,3	76,3	77,1	72,6	72,5	81,4	56,8	55	56,2	57,6	55,6	58,7	36,4	29,8	38,2	37,4	36	37	2,83	56,8	20,5	28,0	39	18	306,2																			
200	77,2	78,8	78,6	75,1	75,6	76,5	57,5	55,9	57	55,9	55,8	60,5	33,8	29,5	34	35,1	34,6	34	3,00	57,5	19,7	27,5	42	21	288,7																			
250	77,8	78,1	78,9	77,6	77,4	76,4	55,1	55	53,7	53,3	53,8	58	32,5	27,5	32,9	32,3	33	34,3	3,44	55,1	22,6	31,0	45	24	251,6																			
315	77,9	77,4	77,4	78,4	75,7	79,7	54,8	53,8	52,9	54,3	55,1	56,8	31,2	26,4	30,5	31	31,5	33,8	3,47	54,8	23,1	31,5	48	27	250,1																			
400	77,7	76,3	78,2	77,7	77,2	78,6	56,3	57,2	54,3	56,9	55,7	56,6	28,6	22,7	29,1	28,3	29,3	30,3	3,27	56,3	21,4	29,6	51	30	265,3																			
500	78,5	77,8	78,7	79	78,3	78,7	59,1	58,9	57,3	60,1	58,3	60,2	27,5	22,5	26	27,9	28,4	29,6	2,45	59,1	19,4	26,3	52	31	354,0																			
630	79,3	77,8	77,9	80,6	79,4	79,9	60,0	58,2	58,3	60,2	59,6	62,4	28,4	25,2	25,5	29,8	29,2	29,9	3,25	60,0	19,2	27,4	53	32	266,5																			
800	79,4	79,6	78,8	79,9	78,2	80	61,2	61,4	57,6	61,2	61,5	62,9	29,5	24,2	27,4	30,4	31,3	30,7	3,97	61,2	18,1	27,1	54	33	218,4																			
1k	77,2	77,9	77,3	77	75,8	77,9	56,1	55,2	54,3	56,3	57,1	56,8	29,0	24,4	25,9	30,5	30,2	30,4	3,85	56,1	21,2	30,1	55	34	225,0																			
1,25k	73,3	73,2	73,6	74,1	72,9	72,5	50,7	49,6	49,6	51,1	50,9	52	29,7	24,3	24,8	30	32,1	31,6	4,02	50,7	22,6	31,6	56	35	215,7																			
1,6k	74,2	73	73,6	75,2	73,5	75,2	51,5	51,5	50,2	51,9	51,6	52,1	29,8	26,1	25,7	31,7	29,8	31,8	4,01	51,5	22,7	31,7	56	35	216,1																			
2k	76,2	75,7	76,1	77,1	75,7	76,4	52,4	53,2	51,7	52,1	52,8	51,9	28,1	25,1	24,9	27,5	29,1	30,8	3,98	52,4	23,9	32,9	56	35	217,6																			
2,5k	75,6	74,7	75,8	76,4	74,3	76,3	50,1	51,9	49,7	49,6	49,5	49,4	25,5	19,6	20,4	24,1	26,6	29,3	3,54	50,1	25,4	33,9	56	35	244,9																			
3,15k	72,7	71,4	71,7	72,3	71,4	75,3	46,8	49,7	44,3	44,6	45,9	47,3	23,9	18,3	26	20,7	25,1	25,1	3,19	46,8	25,9	33,9	56	35	271,9																			
4k	71,6	71,5	70,9	71,1	70	73,7	47,5	49,9	43,4	47,7	48,2	45,4	25,3	18,3	29,7	20,2	24,9	24,2	2,80	47,5	24,2	31,6			309,2																			
5k	67,4	66,2	65,7	69,4	65,7	68,6	41,3	42,9	38,9	40,4	42,3	40,7	22,3	17,4	26,9	18,3	19,8	21,7	2,39	41,3	26,1	32,9			363,3																			
																						DnT,w			31																			

12.2.4. TABLA DATOS TIEMPOS REVERBERACIÓN SALA VACÍA

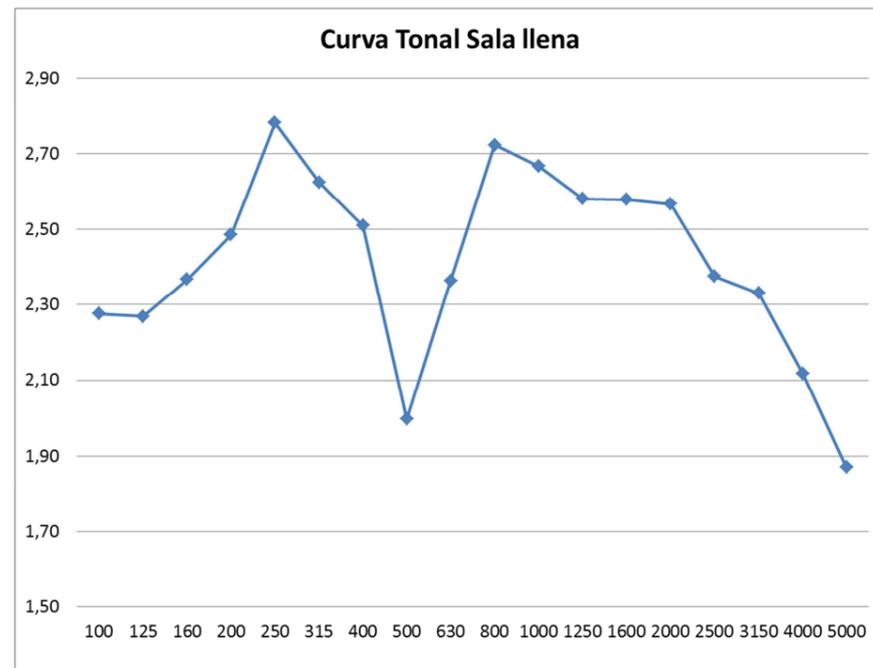
TIEMPOS DE REVERBERACIÓN																					
f (Hz)	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	Prom. T2 (s)
100	2,618	2,534	2,659	3,319	2,086	2,82	2,758	3,076	2,596	2,546	1,983	2,137	3,11	2,333	2,49	2,531	2,415	2,188	2,681	1,971	2,54
125	2,748	2,679	2,655	2,969	2,46	2,304	3,165	3,165	2,839	2,84	2,659	2,392	2,517	2,72	2,544	2,565	2,664	2,477	3,243	2,217	2,69
160	2,734	2,826	2,606	2,907	3,107	3,236	2,855	3,389	3,446	3,164	1,711	2,722	2,924	2,49	2,736	2,666	2,52	2,718	2,823	3,035	2,83
200	3,195	3,297	2,618	2,944	2,924	2,946	3,096	2,893	2,949	2,899	3,006	3,117	2,76	2,693	3,053	3,192	2,928	3,691	2,928	2,908	3,00
250	3,047	3,461	3,223	3,521	3,486	3,433	3,397	3,564	3,396	3,143	3,222	3,287	3,272	3,974	3,746	3,808	3,358	3,454	3,437	3,655	3,44
315	3,431	3,128	2,898	3,651	3,461	3,575	3,299	3,906	3,849	3,199	3,379	3,329	3,555	3,578	3,325	3,858	3,052	3,682	3,508	3,642	3,47
400	3,718	3,638	3,019	3,141	3,697	3,495	3,345	3,114	3,237	2,772	2,614	3,26	3,498	3,042	3,434	3,797	3,027	3,24	3,093	3,158	3,27
500	2,389	2,368	2,59	2,431	2,5	2,529	2,284	2,343	2,478	2,547	2,487	2,424	2,353	2,323	2,405	2,545	2,489	2,475	2,437	2,571	2,45
630	3,328	3,429	3,406	3,084	3,436	3,218	3,035	3,158	3,462	3,247	2,861	3,396	3,046	3,135	3,395	3,332	3,299	3,158	3,325	3,282	3,25
800	3,923	4,245	4,355	3,689	4,014	4,399	3,971	4,245	4,032	3,165	3,18	4,3	3,832	3,819	3,792	4,024	4,217	4,007	4,313	3,861	3,97
1000	4,02	3,921	4,29	3,692	3,961	3,998	3,957	3,726	3,777	3,486	3,156	4,154	3,757	3,788	3,871	3,746	3,972	4,258	3,991	3,526	3,85
1250	4,183	4,123	4,122	4,101	4,481	3,784	3,9	4,102	4,258	3,423	3,1	4,284	3,807	4,45	3,795	3,685	4,269	4,055	4,137	4,298	4,02
1600	3,889	4,191	4,244	4,065	4,179	3,75	4,182	4,273	4,101	3,232	3,281	4,301	4,315	4,107	3,767	3,861	4,188	4,273	3,823	4,206	4,01
2000	4,125	3,984	4,247	3,997	3,72	4,04	4,117	3,939	4,235	3,125	3,224	3,974	4,15	4,135	4,135	4,155	3,97	4,06	4,219	4,113	3,98
2500	3,708	3,457	3,783	3,679	3,671	3,673	3,682	3,411	3,364	3,125	2,94	3,333	3,409	3,726	3,578	3,653	3,684	3,457	3,689	3,757	3,54
3150	3,282	3,298	3,143	3,27	3,246	3,204	3,095	3,338	3,295	3,253	2,837	3,26	3,105	3,205	3,093	3,136	3,262	3,236	3,056	3,136	3,19
4000	2,856	2,803	2,729	2,743	2,72	2,847	2,751	2,962	2,891	2,763	2,83	2,797	2,706	2,864	2,797	2,794	2,855	2,73	2,873	2,749	2,80
5000	2,466	2,353	2,36	2,307	2,358	2,432	2,362	2,418	2,433	2,368	2,463	2,338	2,298	2,391	2,284	2,466	2,499	2,458	2,311	2,345	2,39
TR mid																					3,15 s



Tr mid	3,15	(2-3)	
BR	0,974	1,10-1,45	Música
		1	Palabra
Br	1,08	>0,87	

12.2.5. TABLA DATOS TIEMPOS REVERBERACIÓN SALA LLENA

TIEMPOS DE REVERBERACIÓN																				TIEMPO REVERBERACIÓN SALA LLENA						
f (Hz)	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	Prom. T2 (s)	Absorción T2	Abs./persona	Abs./persona	Abs. Total	TR llena
100	2,618	2,534	2,659	3,319	2,086	2,82	2,758	3,076	2,596	2,546	1,983	2,137	3,11	2,333	2,49	2,531	2,415	2,188	2,681	1,971	2,54	340,9	0,2	40	380,9	2,28
125	2,748	2,679	2,655	2,969	2,46	2,304	3,165	3,165	2,839	2,84	2,659	2,392	2,517	2,72	2,544	2,565	2,664	2,477	3,243	2,217	2,69	322,1	0,3	60	382,1	2,27
160	2,734	2,826	2,606	2,907	3,107	3,236	2,855	3,389	3,446	3,164	1,711	2,722	2,924	2,49	2,736	2,666	2,52	2,718	2,823	3,035	2,83	306,2	0,3	60	366,2	2,37
200	3,195	3,297	2,618	2,944	2,924	2,946	3,096	2,893	2,949	2,899	3,006	3,117	2,76	2,693	3,053	3,192	2,928	3,691	2,928	2,908	3,00	288,7	0,3	60	348,7	2,49
250	3,047	3,461	3,223	3,521	3,486	3,433	3,397	3,564	3,396	3,143	3,222	3,287	3,272	3,974	3,746	3,808	3,358	3,454	3,437	3,655	3,44	251,6	0,3	60	311,6	2,78
315	3,431	3,128	2,898	3,651	3,461	3,575	3,299	3,906	3,849	3,199	3,379	3,329	3,555	3,578	3,325	3,858	3,052	3,682	3,508	3,642	3,47	250,1	0,4	80	330,1	2,63
400	3,718	3,638	3,019	3,141	3,697	3,495	3,345	3,114	3,237	2,772	2,614	3,26	3,498	3,042	3,434	3,797	3,027	3,24	3,093	3,158	3,27	265,3	0,4	80	345,3	2,51
500	2,389	2,368	2,59	2,431	2,5	2,529	2,284	2,343	2,478	2,547	2,487	2,424	2,353	2,323	2,405	2,545	2,489	2,475	2,437	2,571	2,45	354,0	0,4	80	434,0	2,00
630	3,328	3,429	3,406	3,084	3,436	3,218	3,035	3,158	3,462	3,247	2,861	3,396	3,046	3,135	3,395	3,332	3,299	3,158	3,325	3,282	3,25	266,5	0,5	100	366,5	2,36
800	3,923	4,245	4,355	3,689	4,014	4,399	3,971	4,245	4,032	3,165	3,18	4,3	3,832	3,819	3,792	4,024	4,217	4,007	4,313	3,861	3,97	218,4	0,5	100	318,4	2,72
1000	4,02	3,921	4,29	3,692	3,961	3,998	3,957	3,726	3,777	3,486	3,156	4,154	3,757	3,788	3,871	3,746	3,972	4,258	3,991	3,526	3,85	225,0	0,5	100	325,0	2,67
1250	4,183	4,123	4,122	4,101	4,481	3,784	3,9	4,102	4,258	3,423	3,1	4,284	3,807	4,45	3,795	3,685	4,269	4,055	4,137	4,298	4,02	215,7	0,6	120	335,7	2,58
1600	3,889	4,191	4,244	4,065	4,179	3,75	4,182	4,273	4,101	3,232	3,281	4,301	4,315	4,107	3,767	3,861	4,188	4,273	3,823	4,206	4,01	216,1	0,6	120	336,1	2,58
2000	4,125	3,984	4,247	3,997	3,72	4,04	4,117	3,939	4,235	3,125	3,224	3,974	4,15	4,135	4,135	4,155	3,97	4,06	4,219	4,113	3,98	217,6	0,6	120	337,6	2,57
2500	3,708	3,457	3,783	3,679	3,671	3,673	3,682	3,411	3,364	3,125	2,94	3,333	3,409	3,726	3,578	3,653	3,684	3,457	3,689	3,757	3,54	244,9	0,6	120	364,9	2,38
3150	3,282	3,298	3,143	3,27	3,246	3,204	3,095	3,338	3,295	3,253	2,837	3,26	3,105	3,205	3,093	3,136	3,262	3,236	3,056	3,136	3,19	271,9	0,5	100	371,9	2,33
4000	2,856	2,803	2,729	2,743	2,72	2,847	2,751	2,962	2,891	2,763	2,83	2,797	2,706	2,864	2,797	2,794	2,855	2,73	2,873	2,749	2,80	309,2	0,5	100	409,2	2,12
5000	2,466	2,353	2,36	2,307	2,358	2,432	2,362	2,418	2,433	2,368	2,463	2,338	2,298	2,391	2,284	2,466	2,499	2,458	2,311	2,345	2,39	363,3	0,5	100	463,3	1,87
TR mid																				3,15 s	TR mid				2,33	



Tr mid	2,33	(2-3)	
BR	0,965	1,10-1,45	Música
Br	1,00	>0,87	Palabra

12.2. GRÁFICOS DnT. MODO INFORME

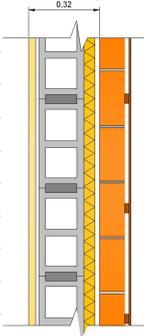
Diferencia de niveles estandarizada de acuerdo con la Norma ISO 140-4
Medición aislamiento fachada iglesia Sagrada Familia (Alzira)

Cliente: depart. Física aplicada ETSA **C.I.F.** B-1234569 **Fecha ensayo:** 05/05/2012

Descripción e identificación del producto:

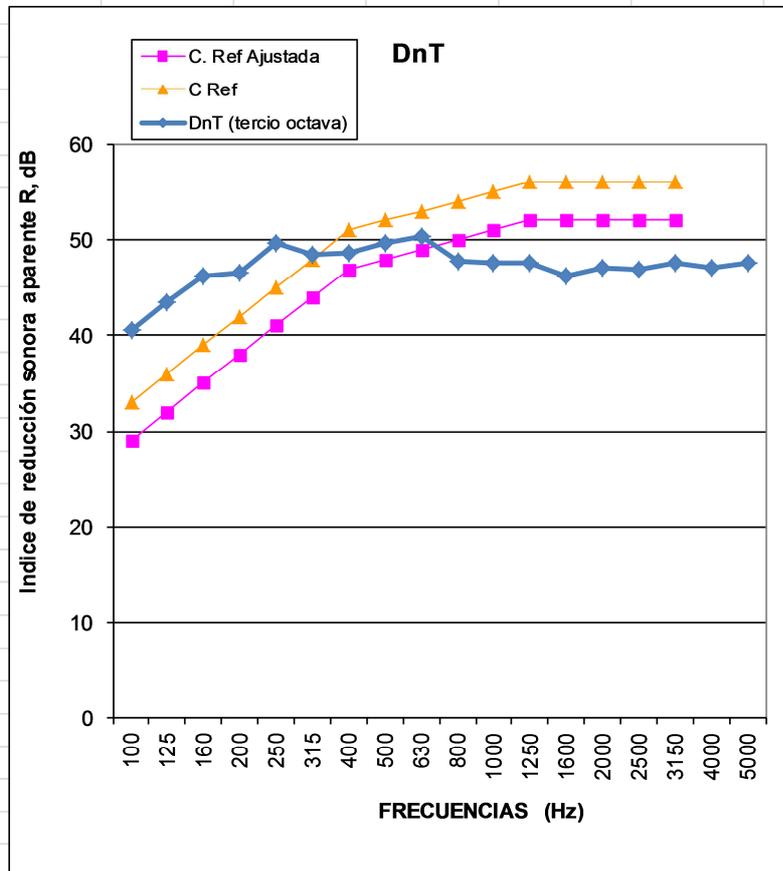
EMISOR Parte exterior de la fachada principal de la iglesia recayente a la calle Padre Pompilio
RECEPTOR Sala principal de la iglesia Sagrada Familia (Alzira)

PRODUCTO ENSAYADO: Cerramiento de doble hoja compuesto por fábrica de bloque de hormigón de 40x20x20 cm., aislamiento térmico de poliuretano proyectado de 40 mm y panel de yeso laminado de 1,5 cm.



Área de la muestra 71,66 m²
 Volumen Recinto Receptor 5350 m³

Frecuencia f (Hz)	DnT (tercios de octava) Db
100	40,6
125	43,6
160	46,2
200	46,6
250	49,7
315	48,4
400	48,7
500	49,7
630	50,4
800	47,8
1000	47,5
1250	47,5
1600	46,2
2000	47,1
2500	46,9
3150	47,6
4000	47,1
5000	47,7



Baremo de acuerdo a la norma UNE EN ISO 717-1

DnT,w (C,Ctr) = 48 (-16;-18) dB

Nº de referencia: xxxxxxxxxxxx

Fecha Informe: 7 de Junio de 2012

Ficha 01

Diferencia de niveles estandarizada de acuerdo con la Norma ISO 140-4
Medición aislamiento recintos SP - Capilla, iglesia Sagrada Familia (Alzira)

Cliente: depart. Física aplicada ETSA

C.I.F. B-1234569

Fecha ensayo: 05/05/2012

Descripción e identificación del producto:

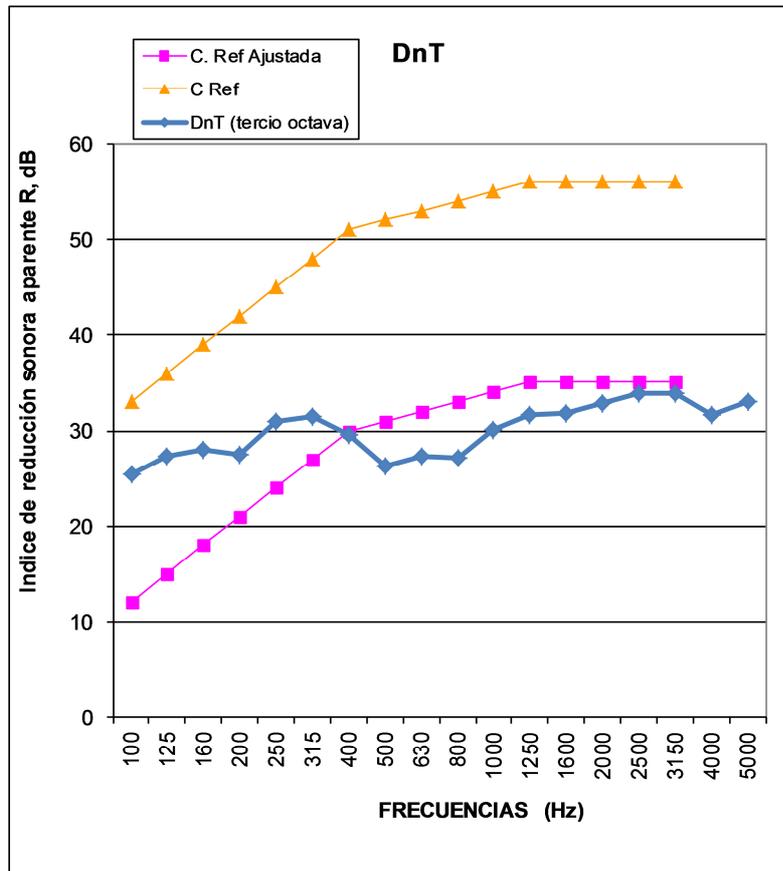
EMISOR RECEPTOR Recinto de la iglesia destinado a zona de rezo o comunmente llamado sacristía. Sala principal de la iglesia Sagrada Familia (Alzira)

PRODUCTO ENSAYADO: Partición de bloque de hormigón de 40x20x20 cm con revestimiento en ambas caras de lucido de yeso (5 m2). Puerta de madera de 4 cm de grosor (8 m2).



Área de la muestra 13 m2
 Volumen Recinto Receptor 5350 m3

Frecuencia f (Hz)	DnT (tercios de octava) Db
100	25,5
125	27,4
160	28,0
200	27,5
250	31,0
315	31,5
400	29,6
500	26,3
630	27,4
800	27,1
1000	30,1
1250	31,6
1600	31,7
2000	32,9
2500	33,9
3150	33,9
4000	31,6
5000	32,9



Baremo de acuerdo a la norma UNE EN ISO 717-1

DnT,w (C,Ctr) = 31 (1;-1) dB

Nº de referencia: xxxxxxxxxxxx

Fecha Informe: 7 de Junio de 2012

Ficha 02

Diferencia de niveles estandarizada de acuerdo con la Norma ISO 140-4
Medición aislamiento recintos SP - Nártex, iglesia Sagrada Familia (Alzira)

Cliente: depart. Física aplicada ETSA

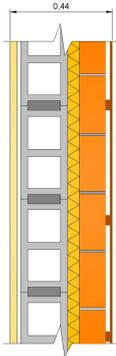
C.I.F. B-1234569

Fecha ensayo: 05/05/2012

Descripción e identificación del producto:

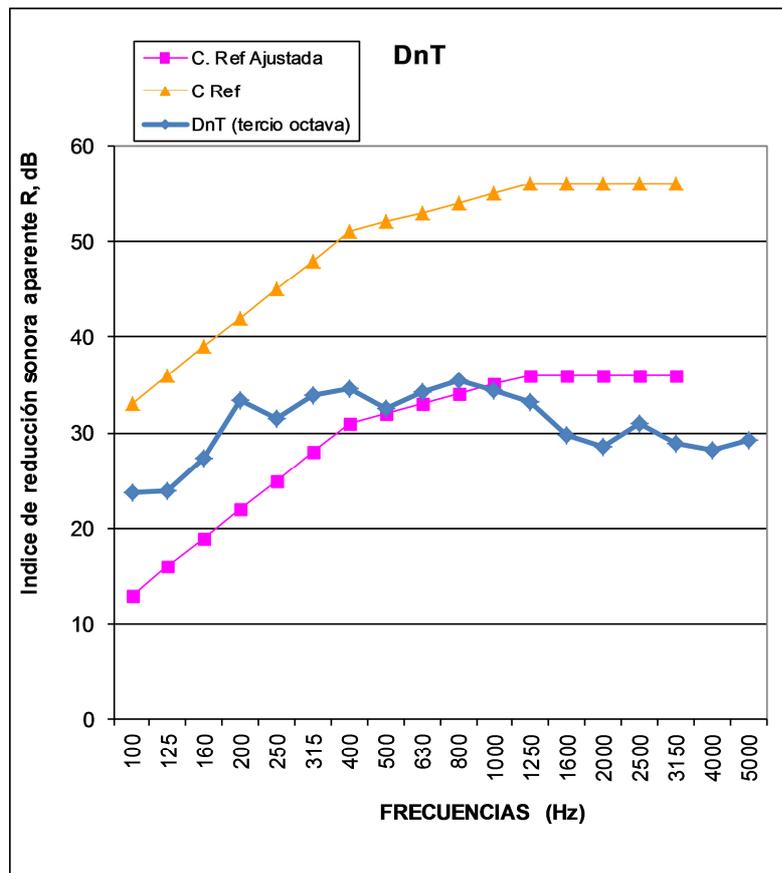
EMISOR Espacio destinado al vestíbulo de entrada a la iglesia.
RECEPTOR Sala principal de la iglesia Sagrada Familia (Alzira)

PRODUCTO ENSAYADO: Partición de bloque de hormigón de 40x20x20 cm con revestimiento de mármol amarillo marés en el trasdós; el intradós lo conforma fábrica de ladrillo hueco de 11 cm. y revestimiento con madera de DM.



Área de la muestra 23,06 m²
 Volumen Recinto Receptor 5350 m³

Frecuencia f (Hz)	DnT (tercios de octava) Db
100	23,7
125	24,0
160	27,4
200	33,3
250	31,5
315	33,8
400	34,6
500	32,5
630	34,2
800	35,4
1000	34,4
1250	33,2
1600	29,8
2000	28,5
2500	31,0
3150	29,0
4000	28,1
5000	29,2



Baremo de acuerdo a la norma UNE EN ISO 717-1

DnT,w (C,Ctr) = 31 (0;-2) dB

Nº de referencia: xxxxxxxxxxxx

Fecha Informe: 7 de Junio de 2012

Ficha 03

CATÁLOGO DE MATERIALES

PLACAS DE YESO LAMINADO. PARAMENTOS VERTICALES



PLACA PLADUR® N 800 mm

...>>>
→ La solución para rehabilitación, reformas
y obras de difícil acceso

*A solução para reabilitação, reformas
e obras de difícil acesso*




PLADUR®
uralita

→ PLACA PLADUR® N 800 mm

DESCRIPCIÓN

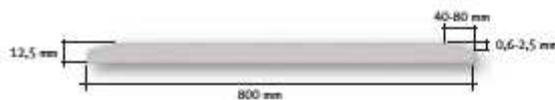
Placa de yeso laminado PLADUR® tipo N con un ancho de 800 mm, un espesor de 12,5 mm y largo variable (2.000-2.600 mm). Está especialmente diseñada para obras de rehabilitación y reformas u obras de difícil acceso gracias a sus reducidas dimensiones y peso.

DESCRIÇÃO

Placa de gesso laminado PLADUR® tipo N com uma largura de 800 mm, espessura de 12,5 mm e comprimento variável (2.000-2.600 mm). Está especialmente desenhada para obras de reabilitação e reformas ou obras de difícil acesso graças às suas reduzidas dimensões e peso.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Código Código	Dimensiones / Dimensões (mm)			Peso Peso kg/ud	Reacción al fuego Reacção ao fogo	Presentación por palet Apresentação em palete	Normativa Normativa
	Espesor Espessura	Anchura Largura	Altura Altura				
2131442	12,5	800	2.000	< 16 kg	A2 s1 d0	50 placas / plitcas	UNE-EN 520
2131441	12,5	800	2.600	< 20 kg			



APLICACIÓN

- Es ideal para reformas, rehabilitación, lugares de difícil acceso y obras pequeñas.
- Se puede utilizar en tabiques, trasdosados, techos o en elementos decorativos.
- Construcción de sistemas de obra seca en interiores: tabiquería/particiones, trasdosados autoportantes/directos, techos continuos, elementos decorativos.
- Aplicable tanto en obra residencial como en no residencial.

APLICAÇÃO

- É ideal para reformas, reabilitação, lugares de difícil acesso e obras pequenas.
- Pode utilizar-se para paredes divisórias, revestimentos, tectos ou elementos decorativos.
- Construção de sistemas de obra seca em interiores: paredes/divisões, revestimentos autoportantes/directos, tectos contínuos, elementos decorativos.
- Aplicável tanto em obra residencial como em não residencial.

VENTAJAS

- Es fácil de transportar, gracias a su reducida dimensión y peso, en espacios reducidos como ascensores, huecos de escaleras o furgonetas pequeñas.
- Facilidad y rapidez de instalación.
- Flexibilidad en la construcción que permite adaptarse a cualquier tipo de proyecto.
- Obra seca, sin rozas.
- Gran calidad de terminación.

VANTAGENS

- Pelo seu tamanho e peso reduzidos é fácil de transportar em espaços reduzidos como elevadores, vão de escadas ou carinhas pequenas.
- Facilidade e rapidez de instalação.
- Flexibilidade na construção, o que permite adaptar a qualquer tipo de projecto.
- Obra seca, sem rozas.
- Grande qualidade de acabamento.



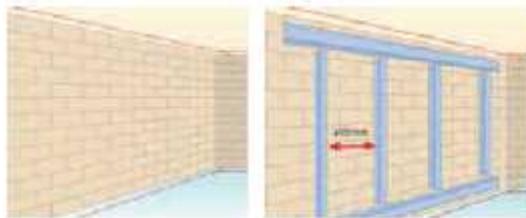
Trasdosado / Revestimiento

Composición <i>Composição</i>	Placas <i>Placas</i> (mm)	Distancia entre anclajes (m) <i>Distância entre apoios (m)</i>	Cámara mínima <i>Câmara mínima</i> (mm)	Aislamiento térmico* <i>Isolamento térmico*</i> (m² K/W) con LV
		Modulación / <i>Modulação</i> 400		
MAESTRA M-70x30/2x13	2x13	0,6	30	1,067
MAESTRA M-70x30/15	1x15	0,6	30	1,043

(*)Para obtener la resistencia total, habrá que sumar a estos valores la resistencia térmica del muro soporte y la resistencia superficial. Cálculos realizados con lana mineral de 30 mm de espesor y $\lambda=0,036$ W/m.K. (**)Para obter a resistência total, deverá somar-se o calorífico do isolamento térmico do muro de suporte e as resistências superficiais. Cálculos realizados com lã mineral de 30 mm de espessura e $\lambda=0,036$ W/m.K.

1 Partimos de un muro soporte con una correcta impermeabilización, planeidad y nivelación.
Replanteamos sobre suelo y techo del plano de la perfilera y replanteamos sobre el muro base, las líneas de situación de las maestras.

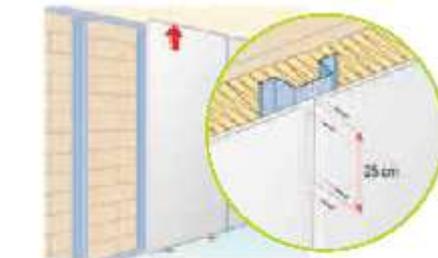
*Partimos de uma parede suporte com uma impermeabilização, alinhamento e nivelamento corretos.
Projectamos sobre o chão e o tecto a plano da perfilera e sobre a parede base as linhas de localização das mestras.*



2 En la zona inferior y superior del muro soporte, se colocarán unas maestras testeras fijadas cada 400 mm, para asegurar el plano y conseguir un perfecto acabado. Después se colocarán las maestras verticales. Para ello, se utilizará una fijación adecuada al muro base, al peso del sistema y a las cargas que penderán de él. Las separaciones máximas entre fijaciones de las maestras al muro serán de 400 mm (dos anclajes, uno en cada ala).

Se recomienda colocar junta estanca en la unión entre todas las maestras y el muro soporte para reducir la transmisión térmica, acústica, humedad, etc.

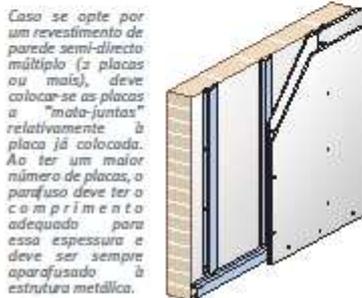
*Na zona inferior e superior da parede suporte colocam-se umas mestras delimitadoras fixadas cada 400 mm, para garantir o plano e conseguir um acabamento perfeito. Depois colocam-se as mestras verticais. Para isto, utiliza-se uma fixação adequada à parede base, ao peso do sistema e às cargas que nela serão suspensas. As separações máximas entre as fixações das mestras à parede serão de 400 mm (dois apoios, um em cada lado).
Recomenda-se colocar juntas estanques na união de todas as mestras e da parede de suporte para reduzir a transferência térmica, acústica, humidade, etc.*



3 Atornillar la placa a la estructura a base de maestras, con tornillos PLADUR® PM (cada 25 cm), colocándola "a tope" con el techo, dejando una distancia entre el suelo y la base de la placa de 1 ó 1,5 cm, pudiéndonos ayudar mediante calzos o pequeños trozos de placa. Aconsejamos colocar material aislante en su interior.

Aparafusar a placa à estrutura base de mestras com parafusos PLADUR® PM (cada 25 cm), colocando-a "tope a tope" com o tecto e deixando uma distância de 1 ou 1,5 cm entre o chão e a base da placa, podendo ser de ajuda a colocação de calços ou pequenos pedaços de placa. Aconselhamos a colocação de material isolante no seu interior.

4 Si se opta por un trasdosado semidirecto múltiple (2 placas o más), se colocarán las placas a "mata juntas" respecto de la placa ya colocada. Al tener mayor número de placas el tornillo debe ser de la longitud adecuada para ese espesor, y siempre atornillando a la estructura metálica.



Caso se opte por um revestimento de parede semi-directo múltiplo (2 placas ou mais), deve colocar-se as placas a "mata-juntas" relativamente à placa já colocada. Ao ter um maior número de placas, o parafuso deve ter o comprimento adequado para essa espessura e deve ser sempre aparafusado à estrutura metálica.

RENDIMIENTO / RENDIMENTO	MODULACIÓN / MODULAÇÃO	
	1 Placa / 1 Placa	
Trasdosado semidirecto PLADUR® M-70x30 <i>Revestimento semi-directo PLADUR® M-70x30</i>	400 mm	
Placa PLADUR® 13 / Placa PLADUR® 13	(m²)	1,05
Pasta de juntas PLADUR® / Pasta de juntas PLADUR®	(Kg)	0,4
Cinta de juntas PLADUR® / Fita de juntas PLADUR®	(m)	1,3
Maestra / Mestra	(m)	3,4
Tornillo PLADUR® PM / Parafuso PLADUR® PM 3,5x25 mm	(ud)	20
Cinta Guardavivros / Fita de Arestas Vivas	(m)	0,15
Material aislante / Material Isolante	(m²)	1,05



Servicio de atención al cliente

Linha de apoio ao cliente

902 023 323

consultas.pladururalita.com

Para contactar con el delegado de su zona consulte "Red Comercial" en

Para contactar o responsável da sua área, consulte "Rede Comercial" em

www.pladur.com

Oficinas Centrales y Filiales de Valencia, Madrid

Placas de Yeso Acústico, Transmisiones y Pisos Acústicos

El presente documento tiene carácter de asesoramiento orientativo y se refiere a la instalación y empleo de los materiales PLADUR® de conformidad con las especificaciones técnicas de su contenido. Cualquier utilización o instalación de materiales PLADUR® que no se ajuste a los parámetros reflejados en el presente documento deberá ser consultada previamente con el Departamento Técnico de Yesos Ibéricos, S.A.

O presente documento tem carácter exclusivamente orientativo e refere-se à instalação e emprego dos materiais PLADUR® de conformidade com as especificações técnicas nele contidas. Qualquer utilização ou instalação de materiais PLADUR® que não se ajuste aos parâmetros refletidos no presente documento deverá ser consultada previamente com o Departamento Técnico de Yesos Ibéricos, S.A.

PLADUR® es una marca registrada en favor de Yesos Ibéricos, S.A. del Grupo URALITA. PLADUR® é uma marca registrada em favor de Yesos Ibéricos, S.A. do Grupo URALITA. Edição/Edição 1. Outubro/Outubro 2010. Esta Edição se considera válida salvo erro tipográfico ou de transcrição. Esta Edição considero-se válida salvo erro tipográfico ou de transcrição. Queda reservada todos los derechos, incluida la incorporación de mejoras y modificaciones. Todos os reservados todos os direitos, incluído a incorporação de melhoras e modificações.

MÁRMOL. REVESTIMIENTO PAVIMENTO Y PARAMENTOS VERTICALES

Línea

MARMOLALFA

► Piedras que envejecen con nobleza

FICHA TÉCNICA 151

FABRICANTE Alfagres S.A.
Autopista Sur Km 13
Teléfono: 01-8000-914900
E-mail: telemercadeo@alfa.com.co
Pagina Web: www.alfa.com.co

Preliminares

Las piedras naturales como los mármoles, granitos, piedras areniscas, pizarras, calizas, etc. son productos de la naturaleza, por lo tanto la presencia de vetas, variaciones de color y tono son características propias del material. En algunos casos puede presentar grietas y fisuras propias de su origen natural. Las muestras exhibidas y/o entregadas pueden presentar variaciones con respecto a los materiales despachados, aún siendo la misma referencia y procedencia.

Descripción

Son rocas naturales compuestas por carbonato de calcio, sílice y otros minerales, de origen metamórfico y sedimentario, que al ser sometidas a grandes presiones y temperaturas aumentan su resistencia y dureza, además generando una amplia gama de colores. Al ser procesados industrialmente permiten superficies adecuadas para recubrimientos de pisos, enchapes, muebles, etc.

Se forman durante la metamorfosis de las piedras calizas, compuesta casi en su totalidad por calcita (CaCO₃). Cuando la calcita se expone a altas temperaturas elimina el dióxido de carbono, el oxígeno restante absorbe nuevamente dicho gas formando nuevos cristales de calcita de estructura diferente con formas y granulaciones regulares y con mayor consistencia. Presenta coloraciones por contener hierro y otros minerales.

Presentaciones

Acabados: Pulido (brillante), apomasado (sin brillo), anticado (envejecido), abujardados (rústico) y natural (se ven las huellas del aserrado).

Tamaños:

- Tabletas en tamaños estándar de 30x30, 30x15, 30x10 y 30x7, todas en 1cm de espesor.
- Placas a medidas máximas que varían de acuerdo a cada referencia. Usualmente para el caso de los importados está de 2.50x1.50 mt, y en los nacionales de 2.00x1.20 mt, todas en espesores de 2 cm.
- Espacattos en tamaño de 15x3cm, en acabado rústico, ideales para enchapes y fachadas.

Usos

Los mármoles tienen un gran número de aplicaciones, las más importantes tienen que ver con pisos, fachadas, enchapes interiores y muebles como mesones de baños o tapas de mesas y escritorios. Para fachadas se recomienda el uso de mármoles claros, que ofrecen menos decoloración a los agentes meteorológicos de la naturaleza. Para muros interiores no hay limitación de color y para pisos los menos apropiados son aquellos muy blandos como los travertinos.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Todas las pruebas fueron hechas en los laboratorios de Alfagres S.A., siguiendo los procedimientos de las normas ISO 10545-4, ASTM-C648 y ANSI A 137-1.



M mármoles Nacionales	Gris Río Claro	Blanco Huila	Dorado Villa de Leyva	Negro San Gil	Gris Payand	Café Pinto	Royal Veteado	Brecciato Perlatto Claro
PROCEDENCIA	Antioquia	Huila	Boyacá	Santander	Tolima	Cesar	Córdoba	No aplica
ABSORCIÓN DE AGUA	0.13%	0.10%	1.21%	0.12%	0.13%	2.65%	0.31%	0.37%
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	124.31 Kg/cm ²	192.54 Kg/cm ²	127.92 Kg/cm ²	115.01 Kg/cm ²	151.13 Kg/cm ²	121.53 Kg/cm ²	101.00 Kg/cm ²	140.00 Kg/cm ²
MÓDULO DE ROTURA	336 lbs	403 lbs	358 lbs	515 lbs	358 lbs	246 lbs	248 lbs	106 lbs
TR FICO	2 - Liviano	4 - Sempesado 0	3 - Medio					

M mármoles Importados	Botticino	Crema Marfil	Verde Saltin	Roso Verona	Rojo Alicante	Amarillo Mares	Crema mediterraneo
PROCEDENCIA	Italia	España	Guatemala	Italia	España	España	Italia
ABSORCIÓN DE AGUA	0.18%	0.27%	0.58%	0.19%	0.20%	0.24%	0.18%
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	218 Kg/cm ²	198 Kg/cm ²	205 Kg/cm ²	188 Kg/cm ²	89 Kg/cm ²	58 Kg/cm ²	215 Kg/cm ²
PRUEBA DE IMPACTO	37 cm	32 cm	45 cm	45 cm	30 cm	22 cm	37 cm
TR FICO	4 - Sempesado	4 - Sempesado	3 - Medio	4 - Sempesado	3 - Medio	3 - Medio	4 - semipesado

Los datos han sido suministrados por cada uno de nuestros proveedores.

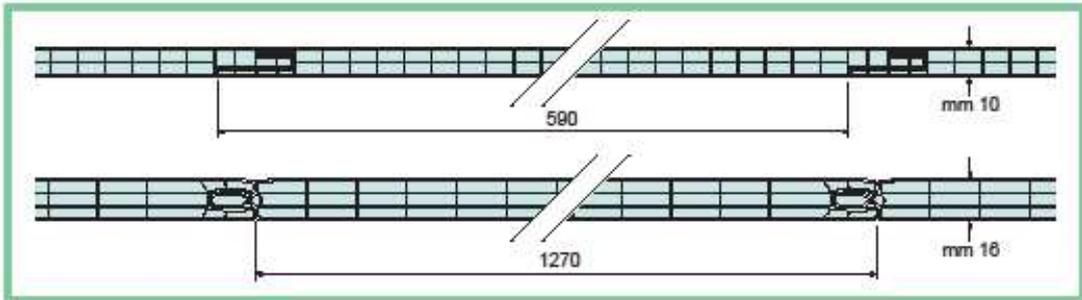
En cualquier caso es importante mencionar que las pruebas son hechas sobre productos naturales, de manera que dentro del mismo mármol los valores pueden cambiar de acuerdo al frente de la mina que se está explotando.



POLICARBONATO TRASLÚCIDO CUBIERTA

MODULAR[®]

PLACAS MODULARES A ENSAMBLAR POR ENCAJE PARA FALSOS
TECHOS INDUSTRIALES

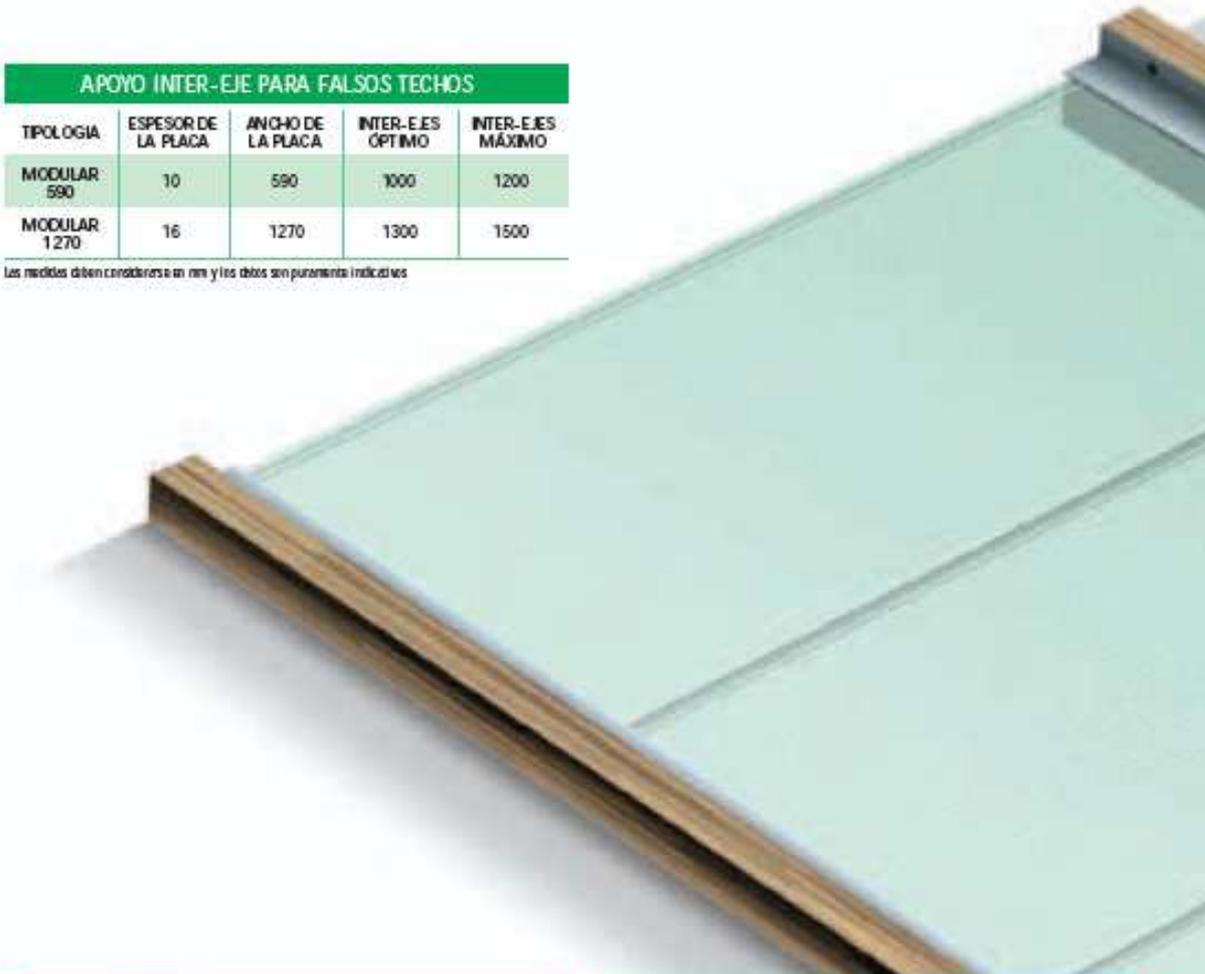


ESQUEMA DE APLICACIÓN PARA FALSOS TECHOS IND

APOYO INTER-EJE PARA FALSOS TECHOS

TIPOLOGIA	ESPEJOR DE LA PLACA	ANCHO DE LA PLACA	INTER-EJES ÓPTIMO	INTER-EJES MÁXIMO
MODULAR 590	10	590	1000	1200
MODULAR 1270	16	1270	1300	1500

Las medidas deben considerarse en mm y los dibujos son puramente indicativos



DETALLE DE FIJACIÓN CON PERFIL METÁLICO



DETALLE DE FIJACIÓN CON DOBLE MARCO DE MADERA



Placa Modular en policarbonato celular, producida en 3 diversos anchos: 590/1270 mm. Es un producto ideal para la realización de falsos techos interiores para construcciones industriales. La placa en fase de extrusión, está producida en su forma final por medio de un sistema a ensamble por encaje. Es un producto sumamente práctico y arquitectónicamente muy interesante, de fácil aplicación y notable efecto decorato porque elimina el uso de los antiestéticos perfiles de unión. A petición se puede realizar placas con ligera precurvatura, estudiada a propósito para limitar deflexión en caso de adaptaciones a longitudes de falsos techos particularmente elevados. Modular garantiza una excelente propiedad de aislamiento térmico y transmisión de luz, es un complemento casi indispensable en el acabado y aislamiento interior para la realización de cubiertas con productos como Thermonda y Thermogreca.

polyù

CARACTERÍSTICAS DEL MODULAR

	MODULAR 590	MODULAR 1270	
CARACTERÍSTICAS DE PRODUCCIÓN	Espesor	mm 10	mm 16
	Estructura	triple pared	cuatro paredes
	Paso útil	mm 590 ±5	mm 1270 ±5
	Longitud de placa	a petición (recomendable máximo de 7 m)	
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-TÉRMICAS	Propiedad termo-aislante	K = 2,3 Kcal/m ² h° C W = 2,7 W/m ² K	K = 1,9 Kcal/m ² h° C W = 2,2 W/m ² K
	Temperatura de uso	- 40°C + 130° C	
	Coefficiente de dilatación lineal	6,7 x 10 ⁻⁶ mm/mm°C	
CARACTERÍSTICAS TRANSMISIÓN DE LUZ	Satinado incoloro	75% ±2	70% ±2
	Satinado opal	68% ±2	38% ±2

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Realización de falsos techos con placas modulares por encaje, extrudidas en policarbonato celular • autoextinguible clase 1 (de Italia) • extremos termosoldados para Modular 590, con cinta para Modular 1270 • fabricadas en la versión normal o con protección contra los rayos ultravioletas.

MODULAR 590

Módulo 590 mm
Longitud a petición
Satinado incoloro y opal
K Valor = 2,3 Kcal/m² h° C
W Valor = 2,7 W/m² K

MODULAR 1270

Módulo 1270 mm
Longitud a petición
Satinado incoloro y opal
K Valor = 1,9 Kcal/m² h° C
W Valor = 2,2 W/m² K

LANA DE ROCA CONCHA



Rockplus Kraft 220.116

Rockplus Kraft 220.116

DESCRIPCIÓN ▼

Panel rígido de lana de roca revestido por una cara con papel kraft como barrera de vapor.

APLICACIONES ▼

Aislamiento térmico y acústico en cerramientos verticales.

Buenas propiedades mecánicas y de resistencia al fuego



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ▼

Densidad nominal
50 Kg/m³

Conductividad térmica
0.035 W (m.K)
Según norma UNE-EN 12667

Resistencia térmica

Espesor en mm	40	50	60	75
R(m ² K/W)	1,10	1,40	1,70	2,10

Calor específico
0.84 KJ/Kg K a 20°C

Comportamiento al agua

Los productos de lana de roca no retienen el agua y poseen una estructura no capilar.

Resistencia al paso del vapor de agua
 $\mu \pm 1.3$

Por ser estructura abierta, la lana de roca ofrece una fuerte permeabilidad al vapor de agua y no se altera por eventuales condensaciones en la estructura del edificio.

Reacción al fuego

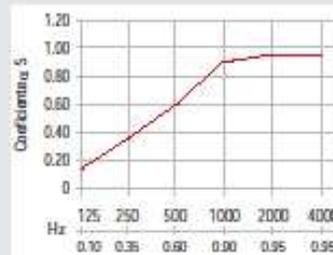
Euroclase: F
Según norma UNE-EN 13501.1

Aislamiento acústico

La lana de roca ROCKWOOL gracias a su disposición multidireccional aporta a los

elementos constructivos una notable capacidad de aumentar el nivel de aislamiento acústico.

Coefficiente de absorción acústica
Según UNE-EN 20354



* Espesor del panel 30 mm
NRC = 0.70
 $\alpha_w = 0.60$

Características químicas

La lana de roca ROCKWOOL es químicamente inerte y no puede causar o favorecer la aparición de una corrosión de materiales. Es indeformable con el paso de los años. No favorece el desarrollo bacteriano.

DATOS GENERALES ▼

Dimensiones (mm)

LARGO	1.350		
ANCHO	600		
ESPESOR (mm)			
40	50	60	75

Instalación

- Tras la instalación de los montantes colocar una de las paredes/placas del cerramiento atornillándola a los montantes.

- Insertar los paneles Rockplus Kraft 220.116 entre los montantes, hacerlos deslizar hacia arriba o abajo a la altura necesaria hasta cubrir toda la superficie.
- Para rellenar la superficie pueden cortarse los paneles fácilmente con ayuda de un cutter.

Mantenimiento

Los paneles Rockplus Kraft 220.116 no precisan ningún tipo de mantenimiento.

Embalaje

Los paneles son suministrados en paquetes embalados con película plástica y retráctil y paletizados. Los paquetes deben almacenarse sin contacto con el suelo y a cubierto.

Generalidades

Los valores reseñados en la presente ficha técnica son valores medios obtenidos en ensayos. ROCKWOOL se reserva el derecho en todo momento y sin previo aviso a modificar las especificaciones de sus productos.

VENTAJAS ▼

- ① → Facilidad y rapidez de instalación
- ② → Perfecta adaptación a los elementos estructurales
- ③ → Seguridad en caso de incendio
- ④ → Mejora notoria del aislamiento acústico
- ⑤ → No hidrófilo ni higroscópico
- ⑥ → Químicamente inerte
- ⑦ → Libre de CFC y HCFC, respetuoso con el medio ambiente
- ⑧ → Gran aislamiento térmico



ESTE PRODUCTO SE UTILIZA EN LOS SIGUIENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS:



MADERA. REVESTIMIENTO CONCHA

Tablero Rechapado



Especificación Técnica



DEFINICIÓN Y CAMPO DE APLICACIÓN

El tablero rechapado es un tablero fabricado al pegar sobre las dos caras del tablero soporte, láminas de madera de la misma o de diferentes especies, donde se consigue la adherencia por la acción simultánea de presión y calor mediante la utilización de un adhesivo. El tablero se somete posteriormente a un lijado superficial.

Las láminas o caras de chapa pueden ser de madera natural o precompuesta. Las naturales presentan diferentes calidades en función de la especie, la disposición de las vetas, el ancho de las chapas, el tipo de cosido o juntado y la combinación de las mismas. Las precompuestas también son de madera pero se producen de una manera artificial y se suministran en una única calidad.

1. El tablero rechapado se fabrica utilizando los siguientes tipos de tablero soporte:

- Tablero de Partículas Estándar
Aplicaciones de interior (incluyendo mobiliario) en ambiente seco [Tipo P2].
- Tablero de Partículas Hidrófugo
Tablero para utilización en ambiente húmedo [Estructural Tipo P5 y No Estructural Tipo P3].
- Tablero de Partículas Ignífugo
Tablero con certificado de clasificación de reacción al fuego [M1 y/o B-s2, d0].
- MDF Estándar
Tablero de fibras de densidad media para utilización general en ambiente seco [Tipo MDF.LA].
- MDF Hidrófugo
Tablero de fibras de densidad media para utilización en ambiente húmedo [Estructural Tipo MDF.HLS y No Estructural Tipo MDF.H].
- MDF Ignífugo
Tablero de fibras de densidad media con certificado de clasificación de reacción al fuego [M1 y/o B-s2, d0].

1

Tablero Rechapado



Especificación Técnica

- **Contrachapado**
Tablero contrachapado de abedul 100% clase III para uso exterior.
- **Tablero ligero**
Tablero de madera maciza de baja densidad (300-400 Kg/m³).

Se pueden utilizar otros soportes especiales con propiedades diferentes: hidrófugo-ignífugo simultáneamente, alta y baja densidad, estructural y no estructural, contrachapados de diferentes especies, alistonado, blockboard, etc. Están disponibles los certificados y especificaciones técnicas de cada unos de los tableros base que acreditan y homologan las propiedades físico-químicas y mecánicas de cada unos de los soportes, según las normas en vigor.

2. Dependiendo de las calidades de las caras de chapa de madera natural que recubren el tablero soporte se distinguen las siguientes calidades de tablero rechapado, teniendo en cuenta que algunas especies admiten ligeras variaciones sobre las características indicadas:

- **CALIDAD ÉLITE**

Identificada en el canto con color amarillo. Utilización en alta decoración, frentes de muebles y superficies a la vista donde no es deseable la presencia de nudos ni manchas naturales de la madera, reparaciones ni parches.

- **CALIDAD ÓPTIMA**

Identificada en el canto con color verde. Utilización en decoración y superficies a la vista donde las características naturales de la madera son más pronunciadas que en la calidad ÉLITE.

- **CALIDAD BASIC**

Identificada en el canto con color azul. Utilización en superficies donde la exigencia estética es menor y las características naturales de la madera, siendo más pronunciadas que en las dos calidades anteriores, aportan autenticidad. Dentro de la calidad BASIC se distinguen tres calidades, que varían en función de las características de cada especie de madera:

- ✓ CALIDAD BASIC-eco
- ✓ CALIDAD BASIC-cort
- ✓ CALIDAD BASIC-ocul

2

Tablero Rechapado



Especificación Técnica

CALIDAD ELITE		CALIDAD OPTIMA		CALIDAD BASIC	
SOPORTE	CHAPA	SOPORTE	CHAPA	SOPORTE	CHAPA
Aglomerado Estándar	Natural o Prefabricada	Aglomerado Estándar	Natural	Aglomerado Estándar	Natural
Aglomerado Hidrófugo	Natural o Prefabricada	Aglomerado Hidrófugo	Natural	-	-
Aglomerado Ignífugo	Natural o Prefabricada	Aglomerado Ignífugo	Natural	-	-
MDF Estándar	Natural o Prefabricada	MDF Estándar	Natural	MDF Estándar	Natural
MDF Hidrófugo	Natural o Prefabricada	MDF Hidrófugo	Natural	-	-
MDF Ignífugo	Natural o Prefabricada	MDF Ignífugo	Natural	-	-
MDF Delgado	Natural o Prefabricada	-	-	-	-
Tablero Ligero	Natural o Prefabricada	Tablero Ligero	Natural	-	-
Contrachapado Abedul	Natural o Prefabricada	Contrachapado Abedul	Natural	Contrachapado Abedul	Natural

La configuración más habitual de las vetas de las caras de chapa es en sentido longitudinal, aunque también es posible fabricar tablero rechapado con caras cuyas vetas se disponen en sentido transversal (a contramala).

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Los requisitos que cumplen los tableros rechapados a la salida de fábrica son los siguientes:

DATOS TÉCNICOS (Valores medios)

CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES	UNIDADES	Requisitos en función del espesor			MÉTODO ENSAYO
		< 8 mm	≥ 8-14 mm	> 14 mm	
Planitud*	mm/m	-	≤ 3	≤ 2	EN 14323
Espesor (en un mismo tablero y entre tableros)	mm	± 0,3			EN 324-1
Longitud y anchura	mm	± 5			EN 324-1
Rectitud de cantos	mm/m	1,5			EN 324-2
Escuadria	mm/m	2			EN 324-2

*Cuando se colocan por ambas caras de un soporte dos chapas de especies distintas, o de la misma especie con una configuración de vetas diferente, el soporte se ve sometido a tensiones que pueden provocar su curvatura. En los espesores inferiores a 8 mm se admite el alabeo, al ser una característica propia de los tableros que no se puede considerar un defecto. Los requisitos de planitud son aplicables en sentido transversal y longitudinal. Las características técnicas, así como las normas de referencia, pueden sufrir modificaciones derivadas del desarrollo del producto.

CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES

▪ COLOR

En las chapas de madera, tanto natural como prefabricada, no se puede garantizar una consistencia de color absoluta entre lotes de producción diferentes. Por lo tanto una ligera diferencia de color entre dos producciones diferentes no puede considerarse un defecto y es debida a la propia naturaleza de la madera, que varía de unos troncos a otros e incluso dentro del mismo tronco. Además la madera natural tiende a oxidarse provocando cambios en el color superficial, lo cual hace necesario, a la hora de comparar el color de dos chapas, que sean lijadas previamente para eliminar la capa superficial que puede haberse oxidado.

Tablero Rechapado



Especificación Técnica

Todas las especies de madera son sensibles a la luz y cambian de color produciéndose pequeñas diferencias de tonalidad provocadas por una exposición directa o indirecta; por lo tanto, un cambio superficial del color a lo largo del tiempo es una característica natural del producto, no un defecto. Además el calor y la humedad pueden interaccionar con la luz y acelerar el proceso de envejecimiento. En cualquier caso las chapas de madera, tanto natural como precompuesta, tienen una tendencia al envejecimiento; por ello es necesario proteger los tableros rechapados durante el almacenaje y los ciclos de producción.

Ofrecer un valor de solidez a la luz expresado en términos de tiempo es difícil ya que depende de la especie, el tipo de exposición a la luz, la intensidad de la fuente, el tiempo de exposición y las condiciones ambientales. Por todo ello la superficie de los tableros rechapados suele protegerse con lacas, pinturas y barnices a la hora de emplearlos para fabricar otros productos (muebles, revestimientos, etc.). Las capas de producto aplicadas a la superficie son las que protegen la madera de la luz y los agentes físicos, químicos y mecánicos.

▪ ASPECTO

En algunas ocasiones durante el proceso de prensado de las caras de chapa sobre el soporte se producen pequeñas fisuras, grietas y defectos que se reparan manualmente con masillas y parches de madera de la misma tonalidad que la chapa y que son prácticamente inapreciables, no pudiendo considerarse defectos.

Se admiten daños en los cantos menores o iguales a 10 mm, según el método de ensayo descrito en la Norma EN 14323.

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN

El tablero rechapado está constituido principalmente por madera y, por lo tanto, su contenido en humedad puede variar dependiendo de las condiciones de almacenaje y el ambiente donde se manipula, siendo las condiciones ideales un 65% de humedad relativa.

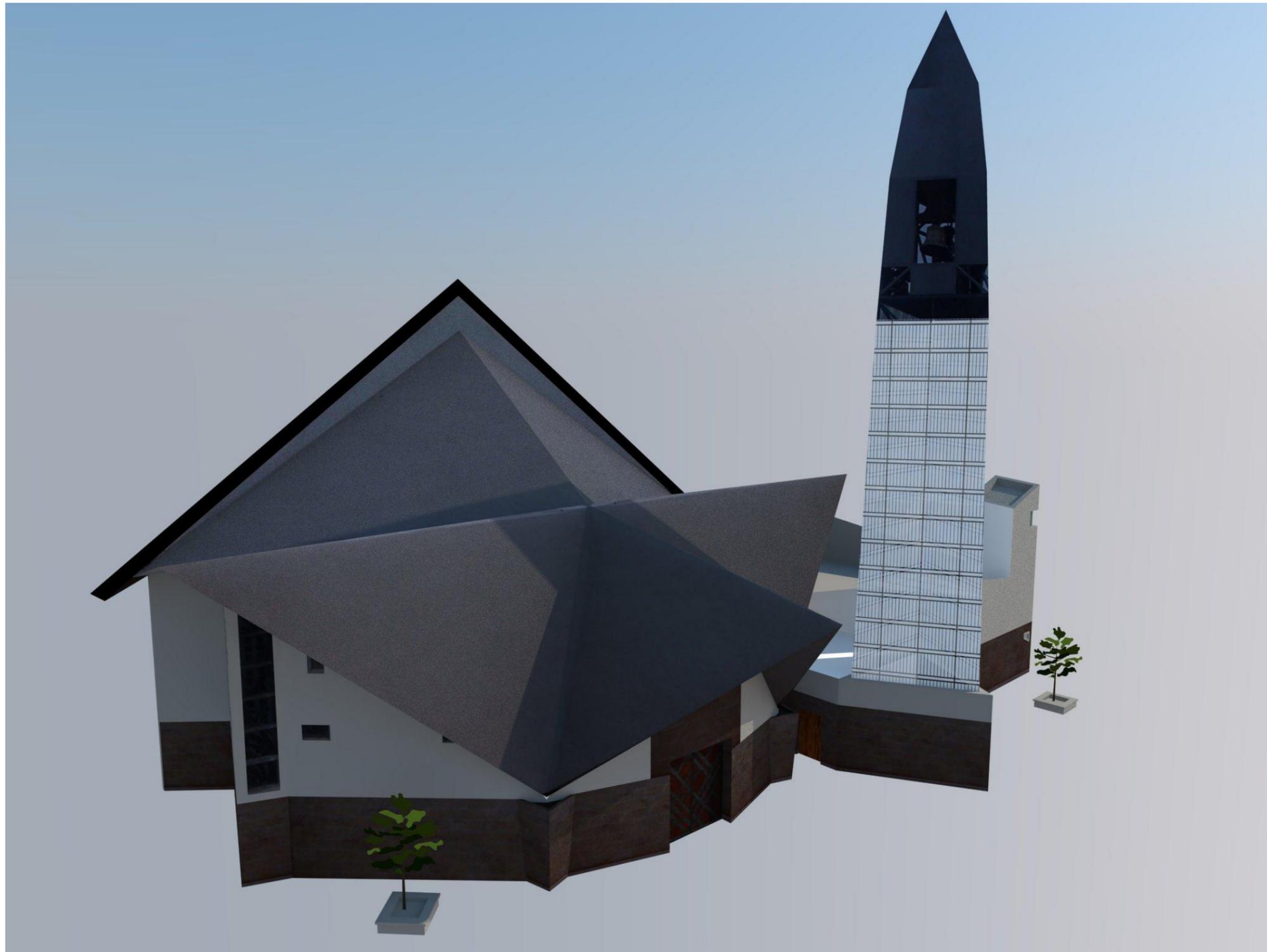
Debe protegerse contra la humedad y almacenarse sobre una superficie plana, evitando el contacto directo con el suelo y el agua, manteniendo las distancias entre rastreles con que se suministra el embalaje para evitar hinchamientos, curvaturas y deformaciones. En caso de apilado de varios paquetes se debe respetar la alineación vertical de los rastreles para asegurar una correcta distribución de peso.

Diversos factores tales como los cambios bruscos de temperatura o de humedad, o unas condiciones de apilado inadecuadas en los almacenes o en las zonas de transformación, pueden provocar deformaciones y curvaturas irreversibles.

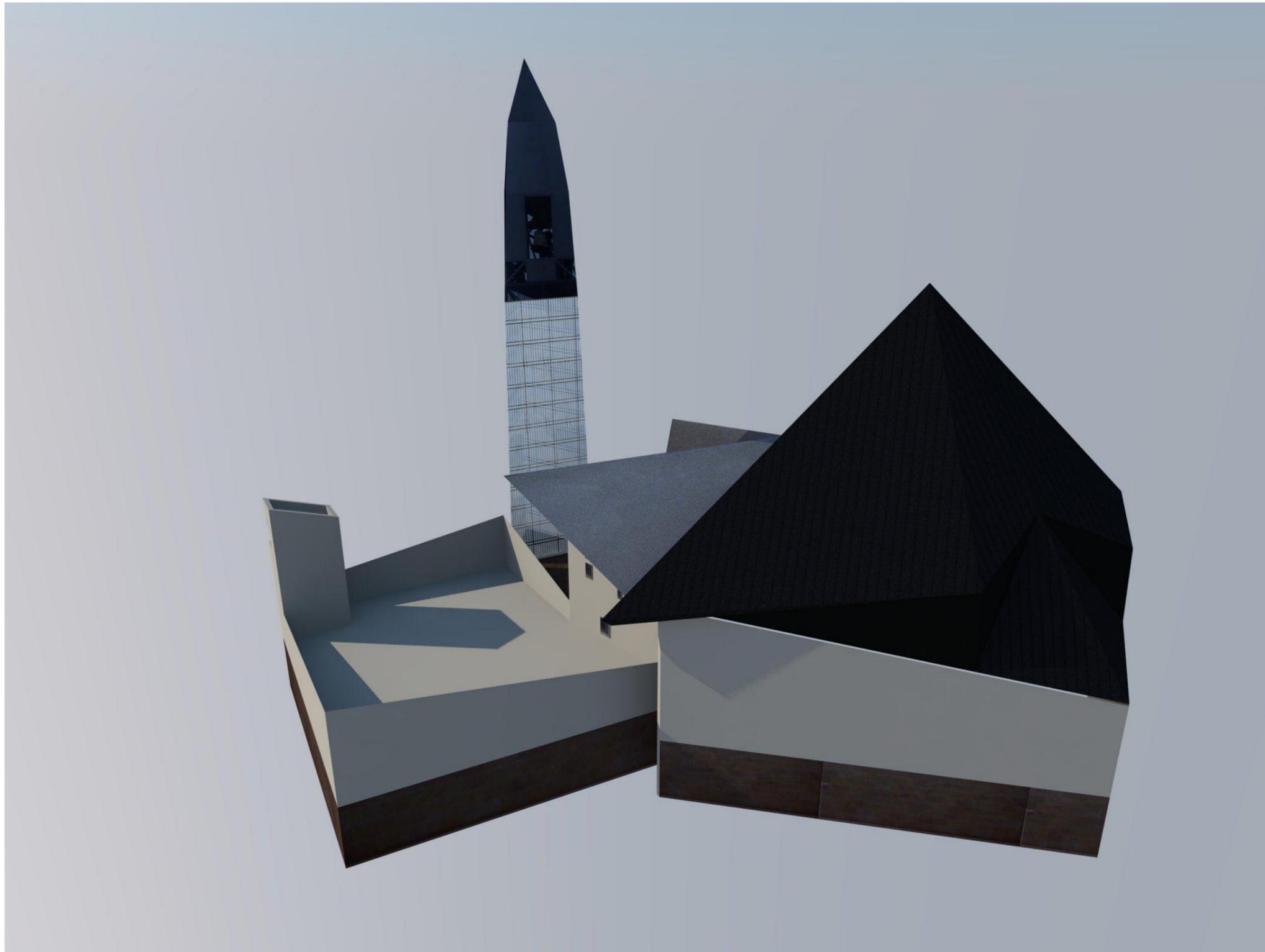
4

RENDERS

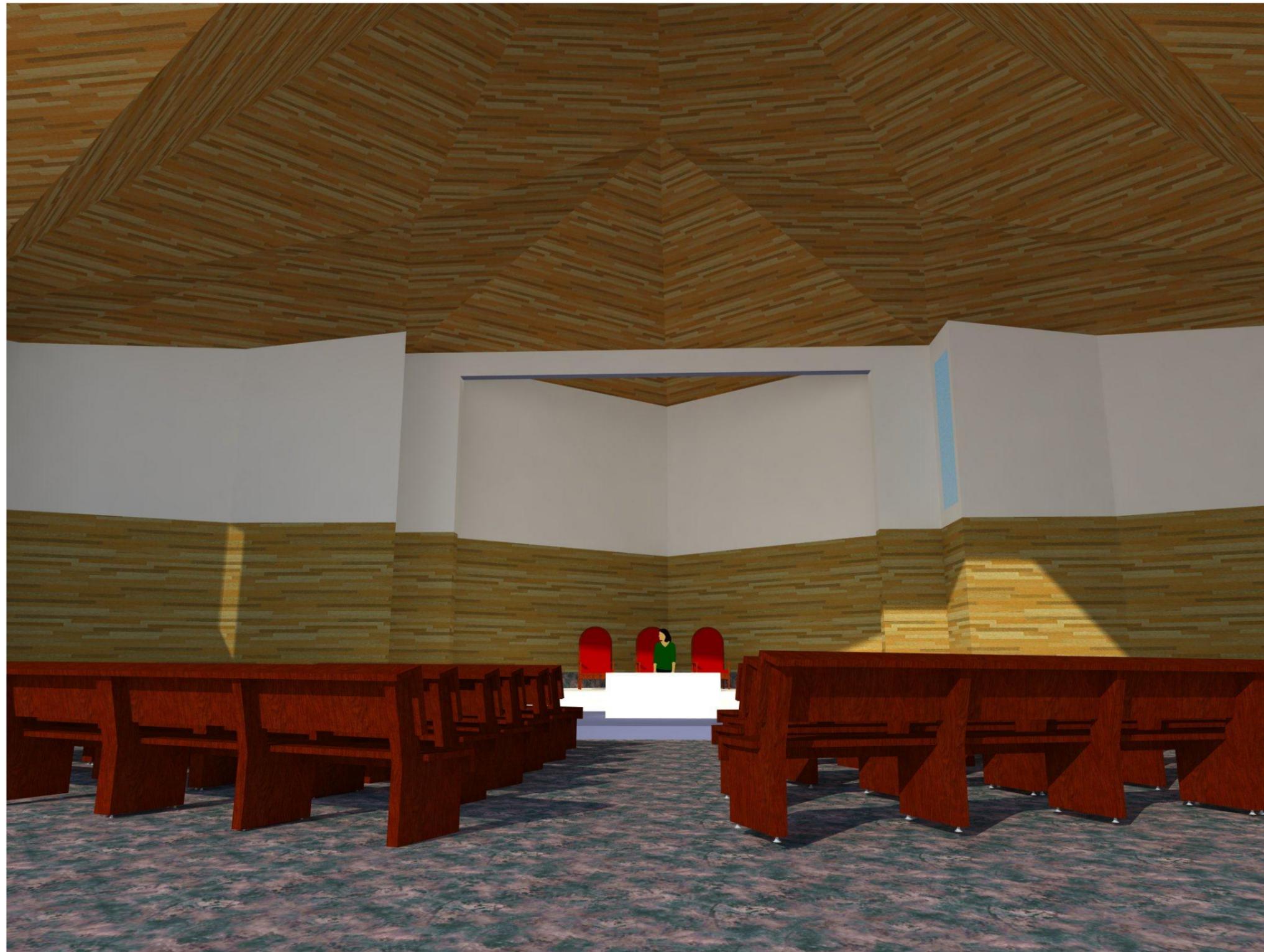
12.5.1. VISTA EXTERIOR FACHADA PRINCIPAL



12.5.2. VISTA EXTERIOR POSTERIOR



12.5.3. VISTA INTERIOR FRONTAL ORIGINAL 1



12.5.4. VISTA INTERIOR FRONTAL ORIGINAL 2



12.5.5. VISTA INTERIOR LATERAL ORIGINAL



12.5.6. VISTA INTERIOR LATERAL MODIFICADO



12.5.7. VISTA INTERIOR FRONTAL MODIFICADO

