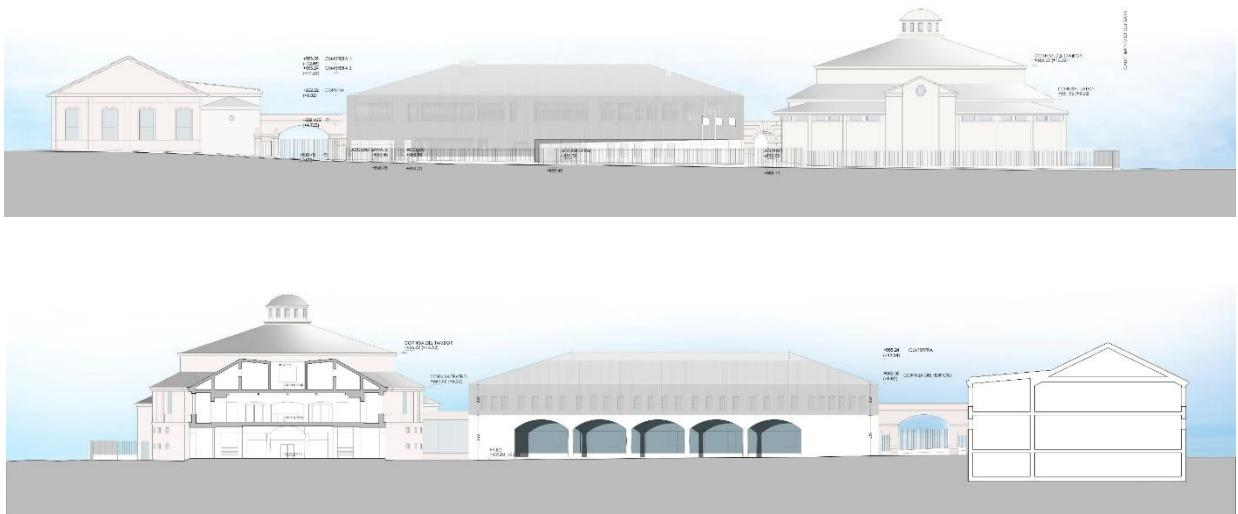


**NUEVO CONSERVATORIO PROFESIONAL DE MÚSICA
EN LA ANTIGUA UNIVERSIDAD LABORAL, ZAMORA
EXPEDIENTE Nº: A2020/000031**



G. ESTUDIO ACÚSTICO

JUNIO 2021



P-1244/6

JUNIO 2021

ASESORAMIENTO ACUSTICO EN EL CONSERVATORIO
DE MUSICA DE ZAMORA

PROYECTO ACUSTICO

Presentado a: JAVIER FUSTER ARQUITECTOS S.L.P.

CGM TELECOMUNICACIONES S.L.
DIVISIÓN ACÚSTICA
C/ Manuel Villarta, 17
28034 - Madrid

www.cgmtelecomunicaciones.es

<u>ÍNDICE</u>	<u>PAG.</u>
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ÁREA DE ESTUDIO	1
2.1 Conservatorio.....	1
2.2 Auditorio.....	2
3. CRITERIOS DE ÓPTIMA ACÚSTICA	2
3.1 Adecuada Sonoridad.....	3
3.2 Difusión del sonido	3
3.3 Tiempo de Reverberación.....	4
3.4 Reflexiones.....	6
3.5 Nivel de Ruido de Fondo	7
3.6 Inteligibilidad de la palabra (RASTI y %ALCons)	9
3.7 Parámetros de ajuste fino	11
3.7.1 Tiempo de reverberación primario (T10 o EDT)	11
3.7.2 Claridades (C50 y C80)	11
3.7.3 Energía Lateral (LF)	12
3.7.4 Tiempo Central (T _s).....	12
3.7.5 Índice de Sonoridad (G)	12
3.7.6 Balances Tonales (Calidez y Brillo)	13
4. DOCUMENTO BÁSICO-HR. CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN	13
4.1 Usos y tipos de recintos	13
4.2 Exigencias de aislamiento acústico.....	14
4.3 Exigencias de acondicionamiento acústico	15
5. CRITERIOS ACÚSTICOS APLICABLES AL PROYECTO	16
5.1 Auditorio.....	16
5.2 Conservatorio.....	17

<u>ÍNDICE</u>	<u>PAG.</u>
6. AISLAMIENTOS ACÚSTICOS.....	18
6.1 Niveles sonoros típicos.....	19
6.2 Aislamientos acústicos necesarios entre Recintos	20
6.2.1 Aislamientos Acústicos a Ruido Aéreo.....	20
6.2.2 Aislamientos Acústicos a Ruido de Impacto.....	21
6.2.3 Aislamientos Acústicos a Ruido Aéreo de Fachadas	22
6.3 Aislamiento acústico de puertas y ventanas	22
7. ANALISIS DEL PROYECTO	24
7.1 Tabiques	24
7.2 Fachadas. Partes ciegas	25
7.3 Forjados	26
7.4 Cubiertas.....	26
7.5 Ventanas	27
7.6 Puertas	27
7.7 Acabados.....	28
7.7.1 Suelos.....	28
7.7.2 Paredes	29
7.7.3 Techos.....	30
7.7.4 Observaciones	31
7.8 Instalaciones	31
7.9 Cálculos	31
8. ANALISIS ACÚSTICO DEL AUDITORIO	32
8.1 Forma y Volumen.....	32
8.2 Distribución de Audiencia.....	32
8.3 Techo	33
9. MODELO DE SIMULACION ACUSTICA.....	36
10. CALCULOS DE SIMULACION.....	37
11. PRESENTACION DE LOS RESULTADOS	38
12. CONCLUSIONES	41
PLANOS	
ANEXO	

1. INTRODUCCIÓN

La DIVISION ACUSTICA de CGM TELECOMUNICACIONES S.L. (DA-CGM) ha sido requerida por Estudio JAVIER FUSTER ARQUITECTOS S.L.P. para la realización de los trabajos de Asesoramiento Acústico en el Proyecto de Conservatorio de Zamora.

El objeto del Asesoramiento Acústico es conseguir que las condiciones acústicas de los recintos críticos del citado Edificio, esto es Conservatorio incluyendo: Aulas de Orquesta, Percusión y Coro, Aulas (teóricas, colectivas, instrumentales, etc.), Sala Multiusos, Cabinas, Despachos y Oficinas, Vestíbulos y Pasillos, Salas de Instalaciones, etc. y el Auditorio, sean las adecuadas a las normales actividades que se desarrollen en su interior.

Este objetivo se obtiene, por una parte, asegurando que los aislamientos acústicos que ofrecen los elementos constructivos, tanto verticales como horizontales son los adecuados, de forma que los niveles de ruido de fondo existentes en el interior de dichos recintos y generados por fuentes exteriores, no interfieran con las actividades normales que se desarrollan en ellos.

Por otra parte, se deberán definir los materiales a emplear en las superficies interiores de los citados recintos críticos, de forma que, en el interior de los mismos, exista un adecuado acondicionamiento acústico, esto es campo sonoro uniforme, con absorción de sonido adecuado, ausencia de focalizaciones y/o puntos brillantes, etc.

El presente Informe recoge los criterios y exigencias acústicas aplicables al Proyecto, así como las soluciones constructivas, con objeto de alcanzar aquellos.

2. ÁREA DE ESTUDIO

2.1 Conservatorio

El edificio destinado a Conservatorio es de nueva construcción y se desarrolla en Planta Baja, Primera y Cubierta.

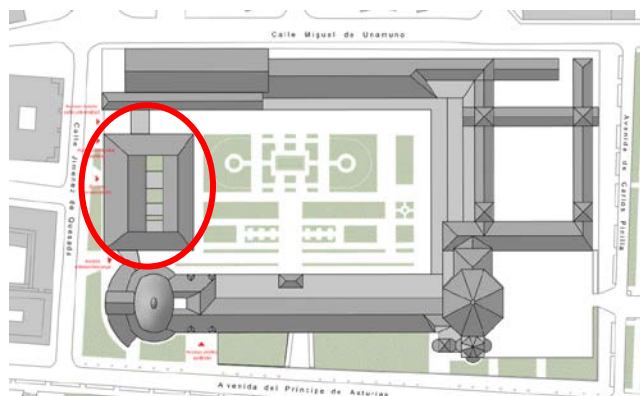


Figura 1.- Área de Estudio. Conservatorio

En Planta Baja se diseñan: Secretaría, Administración, Camerinos, Aulas de Orquesta y Coro, Aula de contrabajo, Aulas y Cabinas de percusión, Sala de Usos Múltiple, Aulas de Formación General, Cabinas, Conserjería, Reprografía, Archivo, Cuarto de limpieza, Basuras, Rack, CGD, Aseos, Almacenes, etc.

La Planta Primera se desarrolla en torno a un patio de luces central y se diseñan: Aulas de Enseñanza Instrumental, Aula de Música de Cámara, Aula de Contrabajo, Aula de Formación General, Aula Informática, Biblioteca/Fonoteca, Departamentos, Sala de Profesores, Despachos, etc.

2.2 Auditorio

El Auditorio se sitúa en una edificación existente (Figura 2) y tiene planta elíptica, así como techo en forma de bóveda, situándose el Escenario en uno de los laterales. Se ha proyectado para una capacidad de 523 espectadores. La Sala se encuentra rodeada por un corredor perimetral que la separa del exterior, salvo en la zona de Escenario.

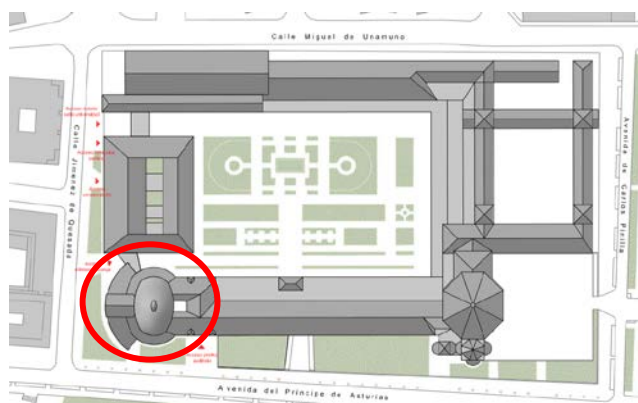


Figura 2.- Área de Estudio. Auditorio

En Planta Baja tiene el acceso principal a la Platea, acceso de Camerinos (comunicados al Edificio del Conservatorio), y Palcos laterales. En la Entreplanta se disponen Palcos laterales y se inicia el Anfiteatro. Este diseño se completa en la Planta Primera con una tercera línea de Palcos y Vestíbulo del Anfiteatro, sobre la que se ubican las máquinas de climatización.

3. CRITERIOS DE ÓPTIMA ACÚSTICA

Los objetivos generales exigibles a un recinto para que posea una calidad acústica óptima, varían según el uso a que vaya a ser destinado; sin embargo, dentro de esa variación existe un propósito general que puede definirse como buena comunicación, tanto en palabra como en música, entre la fuente sonora (orquesta, orador, etc.) y el observador (el director de la orquesta, la audiencia, etc.).

Las condiciones acústicas de la Sala se ven afectadas por consideraciones puramente arquitectónicas tales como forma y volumen del recinto, tratamiento de las superficies interiores, capacidad, etc.

Algunos de los factores exigibles a los grandes recintos son:

3.1 Adecuada Sonoridad

La señal sonora que le llega a la audiencia de un recinto singular es la suma de las contribuciones del sonido directo y del reflejado por las distintas superficies que configuran el recinto. El sonido directo sufre una atenuación con la distancia al ser absorbido por la propia audiencia, así como por las paredes y el mobiliario.

Con el fin de asegurar un nivel sonoro adecuado en todo el recinto, se debe diseñar éste de forma que la audiencia este lo más próxima posible a la fuente, reduciendo consecuentemente el camino que debe recorrer el sonido.

Por otra parte, la fuente sonora debe rodearse de superficies reflejantes a fin de aumentar por reflexión la energía sonora que recibe el oyente.

Igualmente se deberán proyectar convenientemente las superficies de la sala de forma que las ondas reflejadas por ellas alcancen a la audiencia eficazmente.

En consecuencia, el área y el volumen de un recinto deben guardar una cierta relación, a fin de asegurar que la distancia que recorren los sonidos directos y reflejados es la óptima para una buena audición.

Existen unos ciertos valores para esta relación en función de la actividad principal a la que está destinado el recinto; así para salas donde predomina la palabra, dicha relación varía entre 2,5 y 5,5 m³/persona; para salas de conciertos, entre 7,0 y 11,0 m³/persona y para recintos multiuso entre 5,0 y 8,0 m³/persona.

Las paredes paralelas deben evitarse a fin de eliminar ecos múltiples (flutter). Igualmente deben situarse superficies reflejantes en determinadas zonas del recinto, a fin de reforzar el sonido directo mediante reflexiones cortas (retrasos inferiores a 30 – 40 milisegundos) creando una mayor sensación de “intimidad”.

3.2 Difusión del sonido

Una de las características fundamentales de las buenas Salas de audición es una buena difusión sonora.

La distribución del sonido en el interior de un recinto es función exclusivamente de su geometría y de los elementos decorativos que la configuran. Es difícil de medir y más aún de calcular.

En general grandes superficies planas o cóncavas no difunden bien el sonido. Por el contrario, irregularidades, superficies convexas, elementos decorativos, etc., con volúmenes suficientemente grandes, reflejan el sonido en diferentes direcciones siendo por tanto buenos difusores. Una buena difusión sonora asegura una buena distribución sonora.

3.3 Tiempo de Reverberación

El tiempo de reverberación de un recinto (lapso de tiempo que transcurre desde que cesa la señal sonora hasta que el nivel desciende 60 dB) es una medida de la permanencia de la energía sonora en este. Este parámetro es sin duda, el valor que mejor caracteriza la calidad acústica de un recinto.

A la vez el tiempo de reverberación es una medida de las propiedades absorbentes o reflejantes de las superficies interiores del recinto.

El tiempo de reverberación óptimo de un recinto destinado a una determinada actividad depende del volumen y de la frecuencia. Para un volumen determinado, el tiempo de reverberación óptimo se suele recomendar para las frecuencias medias (500 - 1000 Hz), ajustando su valor posteriormente a otras frecuencias.

En las Figuras 3 y 4 se presentan los tiempos óptimos recomendados para grandes salas para frecuencias medias (500 Hz y 1000 Hz) para distintos volúmenes y según estén destinadas a actividades musicales o para palabra. En general se pueden resumir esos márgenes de variación para los distintos recintos según la Tabla I.

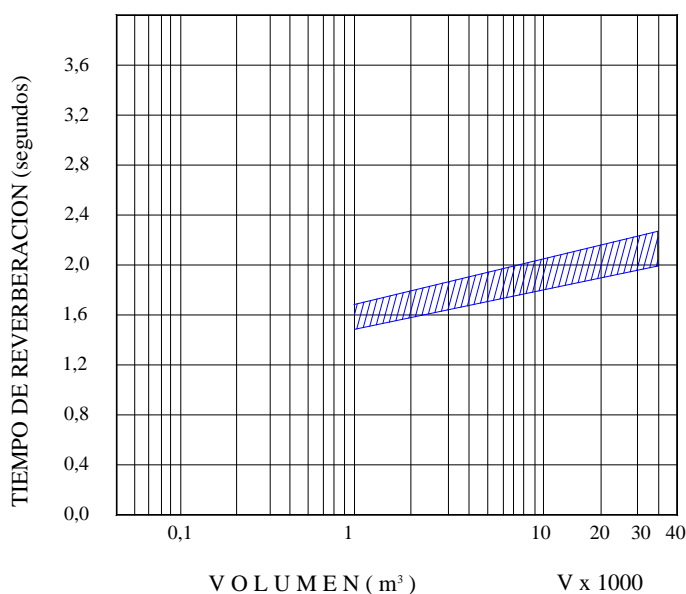


Figura 3.- Tiempo de reverberación óptimo para música

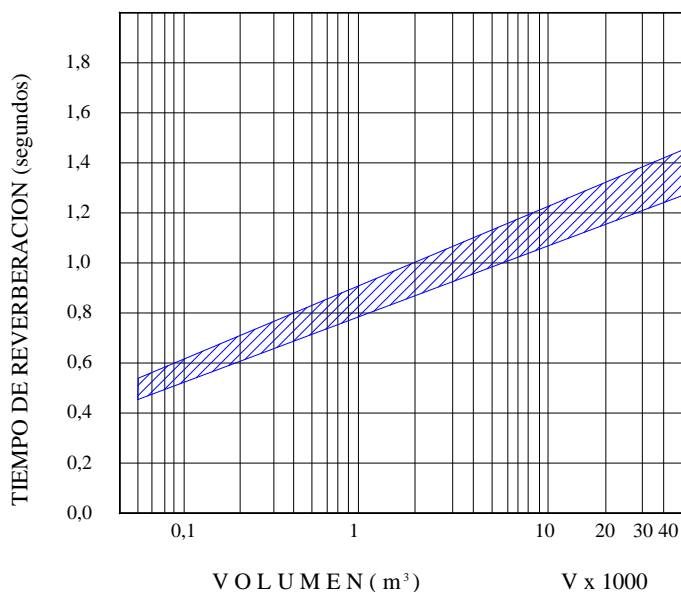


Figura 4.- Tiempo de reverberación óptimo para la palabra

TABLA I	
TIEMPOS DE REVERBERACIÓN ÓPTIMOS A FRECUENCIAS MEDIAS RECOMENDADAS	
AUDITORIOS DE MÚSICA SINFÓNICA	1,7 - 2,2 segundos
AUDITORIOS DE MÚSICA DE CÁMARA	1,4 - 1,7 segundos
TEATROS DE ÓPERA	1,1 - 1,4 segundos
SALAS DE CONGRESOS Y CONFERENCIAS	0,8 - 1,4 segundos
SALAS DE ENSAYO	0,7 - 1,2 segundos
AULAS ENSEÑANZA MUSICAL	0,5 - 1,0 segundos
AULAS DE ENSEÑANZA	0,5 – 1,0 segundos
DESPACHOS	0,5 – 0,7 segundos
VESTÍBULOS	1,0 - 1,2 segundos
BIBLIOTECAS	0,8 - 1,0 segundos
OFICINAS	0,5 - 1,0 segundos

Esos márgenes indicados muestran la variación adecuada en cada caso para distintos volúmenes y los T60 son los tiempos de reverberación medios correspondientes a las frecuencias de 500 y 1000 Hz con las salas ocupadas.

El tiempo de reverberación óptimo de un recinto de audición musical varía ligeramente con la frecuencia, mayor a frecuencias bajas y menor a las altas, respecto a las frecuencias medias, como indica la Figura 5. Un tiempo de reverberación que varíe con la frecuencia según esa curva asegura un equilibrio tonal de la Sala y un sonido cálido.

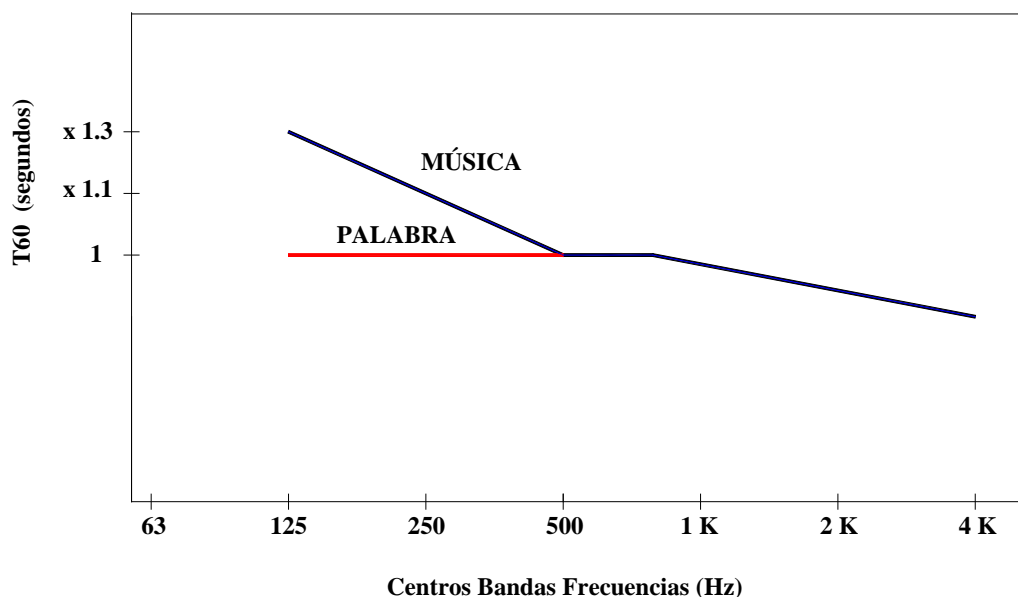


Figura 5.- Variación del tiempo de reverberación con la frecuencia

Para la palabra podía ser uniforme para las distintas frecuencias, aunque no es excesivamente crítico si hay algo más de reverberación dado que la palabra se centra en las frecuencias medias.

Aquellos recintos que poseen un tiempo de reverberación muy corto, se dice que suenan “secos” o “muertos”; por el contrario, aquellos que tienen un tiempo largo, se dice que suenan “vivos”.

Un recinto con tiempos de reverberación largos a bajas frecuencias suena “cálido”; si bien es deseable que el tiempo de reverberación sea el adecuado para todas las frecuencias a fin de que sea “rico en tonos”.

Si el recinto tiene un tiempo de reverberación corto y el oyente está próximo a la fuente sonora y existen reflexiones cortas, se dice que el recinto posee “claridad” o “definición”.

3.4 Reflexiones

El proceso de la reverberación no es otra cosa que una serie, casi continua, de reflexiones del sonido en las paredes del recinto, provenientes de casi todas las direcciones. El proceso se especifica a través del tiempo de reverberación, como un resumen de todo lo que ocurre en esas reflexiones y durante el tiempo indicado.

La formación de esas reflexiones tanto como su resumen, es importante para su buena acústica.

En un recinto bien diseñado, los oyentes ignoran las muchas reflexiones que reciben aún cuando en algunos casos su nivel pueda ser más alto que el del propio sonido.

El oído integra el sonido directo y aquellas primeras reflexiones que llegan con pequeños retrasos (inferiores a 30 milisegundos); esa integración se traduce en un aumento de la sensación sonora producida por el sonido directo y por tanto la inteligibilidad aumenta sobre la que existiría en ausencia de esas reflexiones.

Si el retraso de las reflexiones respecto al sonido directo es superior a 90 milisegundos, aun cuando la intensidad de las mismas sea inferior a la del sonido directo, se producen superposiciones de los sonidos y en consecuencia un enmascaramiento de las señales. Un eco claro se produce cuando el retraso con que llega esta reflexión es igual o superior a 90 milisegundos, aunque pueden ser detectados para retrasos inferiores.

Para mayor seguridad, retrasos con niveles cercanos al nivel directo superiores a 50 - 60 milisegundos deben ser evitados.

Esas reflexiones singulares presentes en un recinto dependen completamente de su forma, así como de las propiedades absorbentes de las superficies interiores.

En recintos regulares de pequeñas dimensiones, las diferencias de caminos no son grandes y en caso de superficies reflejantes, la sensación es de un recinto reverberante, pero sin distinguir claramente reflexiones singulares o ecos.

Por el contrario, grandes recintos ofrecen la posibilidad de grandes diferencias de caminos y si las superficies no son absorbentes, los sonidos reflejados pueden tener intensidades similares a los sonidos directos y llegar con largos retrasos, favoreciendo la formación de ecos.

3.5 Nivel de Ruido de Fondo

Se entiende como nivel de ruido de fondo de un determinado recinto, el nivel de ruido que existe en él en ausencia de la actividad para la que fue diseñado. Este ruido es transmitido al interior del recinto por las actividades que se desarrollan en los ambientes vecinos (otras dependencias, tráfico, etc.).

El efecto del ruido de fondo existente en un recinto es el de elevar el umbral de audición, ejerciendo consecuentemente un enmascaramiento de los sonidos deseados, al ser desfigurados y deformados.

Es evidente que el óptimo nivel de ruido de fondo permisible en un determinado recinto depende de las actividades que se desarrollan en su interior. Aquellas actividades que sean perturbadas con mayor facilidad, requerirán en consecuencia un menor nivel de ruido de fondo.

Existen diferentes criterios internacionales aceptados que establecen los niveles máximos adecuados al uso de los distintos recintos, todos ellos definidos en base a que el ruido de fondo no interfiera con la normal actividad que se desarrolla en su interior.

El criterio utilizado más asiduamente para especificar niveles de ruido de fondo adecuados es el conocido como Criterio NC o Curvas NC. Se refieren a ruido de naturaleza constante y especifican, en cada banda de frecuencia, el nivel máximo permitido.

La Figura 6 presenta las curvas desde un valor NC15 a NC65. Para conocer a que curva se asocia un ruido en particular es suficiente con tener un análisis en bandas de octava y superponerlo sobre la Figura 5 e identificar la curva con menor índice NC que no es excedida por ningún valor del espectro medio o calculado.

Desde otro punto de vista, una curva NC puede escogerse para identificar el nivel de ruido máximo exigido en un recinto generado por una o varias fuentes. En el diseño de nuevos recintos, se recomiendan distintas curvas NC según el tipo de construcción y el uso a que van destinadas.

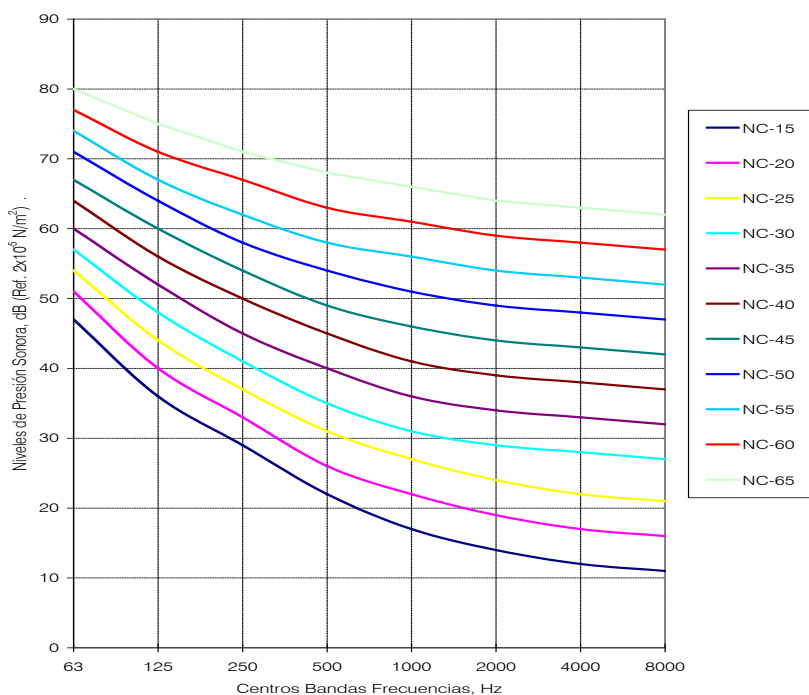


Figura 6.- Curvas NC

Varios autores han recomendado distintos criterios NC para distintos usos de los recintos. La Tabla II presenta un resumen de esos criterios recomendados, aceptados internacionalmente.

Un criterio semejante al NC, exige un nivel de ruido de fondo máximo en términos del nivel sonoro en dB(A). En la mencionada Tabla II se incluye los valores equivalentes a los NC en términos de ese nivel sonoro.

TABLA II		
NIVEL DE RUIDO DE FONDO RECOMENDADO		
Recinto	Curva NC	Nivel Sonoro dB(A)
Auditorios, Teatro Ópera (con posibilidad de grabación) Estudios de grabación	15	20 – 23
Auditorios, Teatros Ópera (sin grabaciones)	20	25 – 28
Salas ensayo musical, Estudios de radio y TV., Teatros, Camerinos individuales, Teatros aire libre (sin refuerzo electrónico)	25	30 – 33
Salas de conferencias, Iglesias, pequeños Auditorios, Aulas de enseñanza musical, Sala de reuniones, Cabinas de control.	25	30 – 35
Cines, Camerinos múltiples, Salas de exposiciones, Museos	27	35 – 38
Aulas de enseñanza, Bibliotecas, Despachos, Aulas de diseño	30	38 – 40
Vestíbulos, Oficinas múltiples, Accesos, Salas de estar, Laboratorio, Restaurantes, Vestuarios.	35	45 – 48
Bares, Cafeterías, Oficinas bancarias, Centros comerciales, Estaciones, Polideportivos, Piscinas, Gimnasio	40	50 – 53
Aseos, Locales técnicos, Almacenes, Talleres ligeros	45	55 – 58

3.6 Inteligibilidad de la palabra (RASTI y %ALCons)

En el exterior, el nivel de presión sonora en el oído del receptor es función inicialmente de la potencia sonora del emisor y de la distancia entre ambos.

Ahora bien, la presencia de un ruido de fondo enmascara la palabra y hace que un determinado número de sílabas dejen de entenderse, dependiendo este número, además de los dos factores anteriormente citados, del nivel de ruido ambiental o de fondo.

En un recinto cerrado existen además del sonido directo (fuente-oyente) reflexiones de las ondas sonoras procedentes de las paredes y techos, que llegan al oído con distintos retrasos respecto a aquel.

Esas reflexiones se multiplican con el tiempo de forma que en un recinto con paredes lisas y reflejantes llegan cientos de esas reflexiones en unas décimas de segundo. Aquellas que llegan con poco retraso (inferior a 30 milisegundos) son integradas por el oído y ayudan a la inteligibilidad al incrementar el nivel del sonido directo. Las más retrasadas pueden causar sin embargo interferencias que reduzcan la inteligibilidad.

La reverberación mencionada anteriormente, no es más que un resumen de todas esas reflexiones procedentes de las superficies de un recinto. Por tanto, si aquella es muy alta (T60 largo), a la sílaba recibida directamente se le puede unir la anterior, mantenida en el recinto por esa reverberación, con lo que se crea una confusión.

De ahí la importancia de adecuar los valores tanto del ruido de fondo como del tiempo de reverberación para optimizar la inteligibilidad de la palabra. Esta inteligibilidad es crítica en aquellos recintos donde la palabra es el objetivo primordial como es el caso de teatros, las salas de congresos, aulas, etc.

Dicha inteligibilidad de la palabra se mide en términos del porcentaje de sílabas comprendidas en test de articulación (STI) o por medio de los índices de claridad C_{50} y RASTI.

Ambos valores pueden ser medidos directamente y sus valores óptimos deberían ser entre -2dB y +3dB para el C_{50} y superior a 0.75 para el RASTI (Índice de Transmisión Oral Rápida) ó STI (Índice de Transmisión Oral).

Para los índices RASTI y STI se establecen unos márgenes de valoración y que se recogen en la Tabla III. En dicha Tabla se incluye el parámetro ALCons (Porcentaje de pérdida de consonantes), relacionado con los anteriores y que igualmente sirve para la medida de la inteligibilidad de la palabra y cuyo valor óptimo es 1,4%.

TABLA III		
ÍNDICE DE INTELIGIBILIDAD DE LA PALABRA		
Valoración Subjetiva del grado de Inteligibilidad	STI/RASTI	ALCons, %
Excelente	0,75 – 1,00	1,4% - 0%
Buena	0,60 – 0,75	4,8% - 1,4%
Aceptable	0,45 – 0,60	11,4% - 4,8%
Pobre	0,30 – 0,45	24,2% - 11,4%
Mala	0,00 – 0,30	46,5% - 24,2%

La valoración aceptable por encima de 0,45 (STI/RASTI) y por debajo de 11,4% (ALCons) se utiliza para medida en recintos vacíos.

3.7 Parámetros de ajuste fino

3.7.1 Tiempo de reverberación primario (T10 o EDT)

Es el tiempo calculado a partir del comienzo del descenso sonoro hasta los primeros 10 dB de caída. Es representativo de la sensación de reverberación durante la mayor parte de los pasajes de una obra musical, mientras que el tiempo de reverberación clásico es representativo de la sensación después de un acorde musical.

Idealmente deberían ser iguales, pero el T_{10} depende más de la geometría de la sala y la situación del receptor que el T_{60} . Valores de T_{10} próximos al T_{60} se considera una situación aceptable.

3.7.2 Claridades (C50 y C80)

La energía primaria, considerada como la resultante del sonido directo más la procedente de las reflexiones primarias es un parámetro importante que determina, cuando se compara con la energía total recibida, la claridad de la sala.

Esa claridad puede determinarse estableciendo varios límites temporales a la hora de definir la palabra primaria o a la hora de considerar las reflexiones como primeras. Por ejemplo, el límite puede establecerse en los primeros 36 milisegundos, 50 milisegundos u 80 milisegundos.

Los primeros límites se refieren más a claridad para la palabra y están relacionados con la inteligibilidad de la misma; para la música se acostumbra a utilizar la cifra 80 milisegundos como separación de energía primaria o tardía, mientras que para la palabra el límite temporal es 80 milisegundos.

En salas exclusivamente para la palabra (teatros, salas de conferencias, etc.) se recomiendan valores de C_{50} superiores a 0 o alternativamente el parámetro Definición (D50) con valores óptimos por encima del 50%.

En salas de uso para palabra y música (ópera) o sólo palabra, las contribuciones por parte de reflexiones secundarias (reverberación) son muy adecuadas por lo que se recomiendan para obtener un buen balance que estén comprendidas entre -2dB a los +3dB. Valores situados entre -3dB y +6dB se consideran aceptables.

Para interpretaciones puramente musicales (sinfónica, etc.) se recomiendan valores de C_{80} de -2 dB a +2 dB. Las citadas tolerancias dependen de la dinámica de los pasajes musicales: música lenta tocada en órgano requiere valores muy bajos de C_{80} mientras que interpretaciones de música de cámara o música popular requieren mayor claridad y por lo tanto valores positivos altos de C_{80} . Valores considerados aceptables se sitúan en el margen -3 dB a +3 dB.

Como en tantas cosas el adecuado equilibrio entre la energía primaria y la reverberante permite optimizar la audición.

3.7.3 Energía Lateral (LF)

La Energía Lateral (LF) es la relación de energía que llega lateralmente al oyente en los primeros 80 ms y la energía que llega al oyente en todas las direcciones durante el mismo intervalo de tiempo.

Los valores óptimos se sitúan por encima del valor 20%, si bien se consideran aceptables a partir del 15%.

3.7.4 Tiempo Central (T_s)

Otro parámetro utilizado para evaluar el balance entre la energía primaria y la secundaria es el llamado Tiempo Central (T_s)

A diferencia de los valores de claridad y definición, el tiempo central no usa límites temporales lo que facilita su uso para expresar niveles de inteligibilidad. Bajos valores de T_s indican alta claridad mientras que valores altos indican enmascaramiento de las señales. El límite superior recomendado es 140 milisegundos. Entre 140 y 170 milisegundos la situación se considera aceptable. Se expresa a todas las frecuencias o en el valor medio a frecuencias medias.

3.7.5 Índice de Sonoridad (G)

La capacidad de ofrecer una mayor o menor ayuda a una fuente sonora se mide en términos del Índice de Sonoridad, definido como la relación entre los niveles de presión que recibe una persona de la audiencia y el que recibiría en una cámara anecoica a una distancia de 10 metros.

Actualmente se utiliza el valor de Índice de Sonoridad Medio (G_{mid}) para representar el grado de amplificación de una sala siendo este el encontrado en las frecuencias con centros de banda de 1/1 de octava en 500Hz y 1.000Hz. Valores óptimos se sitúan en valores entre 0 dB y 3 dB, valores adecuados entre 3 dB y 9 dB.

Además del citado índice se usa el índice de sonoridad a bajas frecuencias o G_{125} debido a que es recomendable mantener un nivel alto de dichas frecuencias para obtener el equilibrio tonal requerido sobre todo para las interpretaciones musicales. Los valores óptimos se sitúan entre 5 y 9 dB, valores adecuados entre 9 y 12 dB

3.7.6 Balances Tonales (Calidez y Brillo)

El Equilibrio Tonal o Calidez define la relación entre el tiempo de reverberación a bajas frecuencias y a frecuencias medias, siendo este un parámetro muy recurrido en la evaluación de las condiciones de una Sala para la reproducción musical.

Debido a su estrecha relación con el tiempo de reverberación clásico, los valores recomendados van de 1,1 a 1,25 para tiempos de reverberación (a frecuencias medias) mayores o iguales a 2,2 segundos y de 1,1 a 1,45 para valores menores o iguales a 1,8 segundos (a frecuencias medias). Para usos predominantes de la palabra el valor recomendado es la unidad.

Por otro lado, el término Brillantez se usa para indicar que el sonido en una sala es claro y rico en armónicos. Este parámetro está definido mediante la relación entre los tiempos de reverberación primarios a altas frecuencias y a medias.

Existen dos relaciones de Brillantez; aquella relacionada con la banda de octava centrada en 2.000 Hz y la relacionada con la octava centrada en 4.000 Hz con valores recomendados mayores o iguales a 0,9 y mayores o iguales a 0,8 respectivamente. En todos los casos la brillantez no debe sobrepasar el valor 1.

4. DOCUMENTO BÁSICO-HR. CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

El Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre (B.O.E. nº 254 del 23/10/2007), aprueba el documento básico "DB-HR Protección frente al ruido" del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE)".

4.1 Usos y tipos de recintos

En primer lugar, el citado documento utiliza la siguiente terminología en función del tipo de recinto (Tabla IV):

TABLA IV		
TIPOS DE RECINTOS		
Recinto	Uso	Tipos de Recintos
Habitable	a) Residencial	Habitaciones y estancias (dormitorios, comedores, bibliotecas, salones, etc.)
	b) Docente	Aulas, bibliotecas, despachos
	c) Sanitario	Quirófanos, habitaciones, salas de espera
	d) Administrativo	Oficinas, despachos, salas de reuniones
	e) Otros	Cocinas, baños, pasillos y distribuidores
	f) Cualquier otro asimilable a los anteriores	
Protegido	a), b), c), d)	
No Habitable	Aquellos recintos no destinados a al uso permanente de personas o cuya ocupación es ocasional, por ser ocasional o excepcional y por bajo tiempo de estancia.	
Actividad	Actividad distinta a la que se realiza en el resto del edificio (comercial, lúdica, garajes)	
Instalaciones	Que contiene equipos de instalaciones individuales o colectivas del edificio	
Ruidoso	Generalmente industrial, con un nivel medio mayor a 80 dB(A)	

4.2 Exigencias de aislamiento acústico

El DB-HR CTE indica los aislamientos acústicos requeridos entre distintos tipos de recintos. La Tabla V presentan las exigencias o valores límite de aislamiento acústico a ruido aéreo

TABLA V			
VALORES LÍMITE DE AISLAMIENTO ACÚSTICO			
Tipo de Uso / Procedencia Sonora	Entre Recintos Protegidos	Entre Recintos Protegidos y Habitables	Entre Recintos Habitables
Misma unidad de uso (*)	$R_A \geq 33$ dB(A)	$R_A \geq 33$ dB(A)	$R_A \geq 33$ dB(A)
Distinta unidad de uso	$D_{nT,A} \geq 50$ dB(A)	$D_{nT,A} \geq 50$ dB(A)	$D_{nT,A} \geq 45$ dB(A)
Distinta unidad de uso compartiendo puertas y/o ventanas			
Puertas y/o ventanas	$R_A \geq 30$ dB(A)	$R_A \geq 30$ dB(A)	$R_A \geq 20$ dB(A)
Parte ciega del cerramiento	$R_A \geq 50$ dB(A)	$R_A \geq 50$ dB(A)	$R_A \geq 50$ dB(A)
Frente Instalaciones y Actividades	$D_{nT,A} \geq 55$ dB(A)	$D_{nT,A} \geq 55$ dB(A)	$D_{nT,A} \geq 45$ dB(A)
Frente Instalaciones y Actividades compartiendo puertas con recintos habitables			
Puertas	-----	-----	$R_A \geq 30$ dB(A)
Parte ciega	-----	-----	$R_A \geq 50$ dB(A)
Frente al exterior	Ver Tabla VI	-----	
Frente a otros Edificios	Para cada una de las medianeras $D_{2m,nT,Atr} \geq 40$ dB(A) Para el conjunto de ambas medianeras $D_{nT,A} \geq 50$ dB(A)		
* Uso residencial			

La Tabla VI presenta la exigencia de aislamiento acústico a ruido aéreo que deben ofrecer las fachadas.

TABLA VI				
VALORES DE AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO, $D_{2m,nT,Atr}$, EN dB(A), ENTRE UN RECINTO PROTEGIDO Y EL EXTERIOR, EN FUNCIÓN DEL ÍNDICE DE RUIDO DÍA, L_d				
L_d , dB(A) (*)	Uso del Edificio			
	Residencial y Hospitalario		Cultural, Sanitario (1), Docente y Administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

(*) L_d puede obtenerse en las administraciones o consulta de los mapas estratégicos.
 Cuando no se disponga de datos se aplicará L_d 60 dB(A) en uso residencial.
 Para fachadas no expuestas directamente a fuentes de ruido, L_d será 10 dB(A) menor que el de la zona de aplicación.
 Ruido exterior predominante de aeronaves, la exigencia $D_{2m,nT,Atr}$ se incrementará en 4 dB(A)
 (1) Uso no hospitalario para asistencia sanitaria de carácter de ambulatorio.

La Tabla VII presenta las exigencias de nivel de impacto sonoro en recintos protegidos y habitables.

TABLA VII		
AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO DE IMPACTOS		
Tipo de Uso / Procedencia Sonora	Recintos Protegidos	Recintos Habitables
Entre distintas unidades de uso	$L'_{nT,w} \leq 65$ dB	-----
Frente Instalaciones o Actividad	$L'_{nT,w} \leq 60$ dB	$L'_{nT,w} \leq 60$ dB

Nota: Los valores límite exigibles a un recinto protegido o habitable se aplican a recintos colindantes vertical, horizontal o que tenga una arista horizontal común con cualquier recinto protegido o habitable.

4.3 Exigencias de acondicionamiento acústico

La Tabla VIII presenta las exigencias de tiempo de reverberación para diversos recintos o uso similares.

TABLA VIII			
RECINTOS PROTEGIDOS. TIEMPOS DE REVERBERACIÓN (*)			
Recinto	Situación	Volumen, m ³	TR, seg
Aulas y Salas de Conferencias	Vacías	< 350	$\leq 0,7$
	Con butacas	< 350	$\leq 0,5$
Restaurantes y Comedores	Vacíos	-----	$\leq 0,9$

(*) Obtenido de la media a las bandas de frecuencias de 1/1 octava de 500, 1000 y 200 Hz.

De la misma forma, el DB-HR CTE indica que, para limitar el ruido reverberante en zonas comunes, los elementos constructivos, los acabados superficiales y los revestimientos que delimitan una zona común de un edificio de uso residencial público, docente y hospitalario colindante con recintos protegidos con los que comparten puertas, tendrán la absorción acústica suficiente de tal manera que el área de absorción equivalente, A, sea al menos 0,2 m² por cada metro cúbico del volumen del recinto.

5. CRITERIOS ACÚSTICOS APLICABLES AL PROYECTO

En el presente caso, dado la singularidad del mismo, las exigencias acústicas aplicables al Edificio, tanto de aislamiento como de acondicionamiento acústico, son diferentes a las establecidas en el DB-HR del Código Técnico de la Edificación, si bien en el presente Estudio, se utilizará, tanto la terminología general de parámetros acústicos utilizada en el mismo, como su metodología de cálculo, lo indicado en dicho documento.

5.1 Auditorio

Hay que indicar que el uso predominante del Auditorio es el musical (conciertos), tanto en su actividad de enseñanza, práctica (Sala de Ensayo), actuaciones con público, sin descartar el uso para conferencias, presentaciones, etc. Atendiendo estos usos y a los criterios acústicos existentes al respecto (Punto 3), se han establecido los criterios óptimos para los distintos parámetros acústicos (Tabla IX).

TABLA IX		
CRITERIOS ACUSTICOS. AUDITORIO		
Parámetro	Óptimo	Bueno
T ₆₀ palabra, seg.	0,9 – 1,1	0,9 – 1,2
T ₆₀ música, seg.	1,3 – 1,6	1,2 – 1,6
T ₆₀ compromiso, seg.	1,1 – 1,3	1,0 – 1,4
EDT	≈ T60	≤ T60
C ₅₀	-1 dB a + 5 dB	+1 dB a + 7 dB
D	≥ 50%	≥ 40%
C ₈₀	-2 dB a + 2 dB	0 dB a + 6 dB
LF	≥ 20%	≥ 15%
Ts	≤ 140	≤ 180
G	≥ 3 dB	≥ 2 dB
Calidez	1,0 - 1,45	1,0 - 1,2
Brillo	≥ 0,9	≥ 0,8
RASTI	≥ 70 %	≥ 60
Distribución Sonora	≤ 10 dB	≤ 14 dB
Ruido de Fond0	30 dB(A)	35 dB(A)

5.2 Conservatorio

Teniendo en cuenta las diferentes actividades y usos que se desarrollarán en los distintos recintos del Conservatorio, así como los criterios existentes al respecto, se pueden definir los tiempos de reverberación óptimos y los niveles de ruido de fondo en cada uno de ellos.

Los tiempos de reverberación (T_{60}) óptimos a frecuencias medias (500 – 1.000 Hz) y el nivel de ruido de fondo (RF) que no se debe superar en los distintos recintos del Edificio son:

	T_{60} , seg.	RF, dB(A)
--	-----------------	-----------

PLANTAS SOTANOS

- Recintos Sin exigencias específicas

	T_{60} , seg.	RF, dB(A)
--	-----------------	-----------

PLANTA BAJA

- | | | |
|-------------------------------|-----------|----|
| – Secretaria..... | 0,9..... | 40 |
| – Administración | 0,9..... | 40 |
| – Camerinos | 0,9..... | 40 |
| – Aula de Orquesta..... | 0,8..... | 35 |
| – Aula de Coro..... | 0,8..... | 35 |
| – Cabinas de Percusión | 0,7..... | 35 |
| – Aula de Percusión..... | 0,7..... | 35 |
| – Aula de Usos Múltiples..... | 0,7..... | 35 |
| – Aula Formación General..... | 0,7..... | 35 |
| – Cabinas..... | 0,7..... | 35 |
| – Pasillos..... | 1,0..... | 45 |
| – Vestíbulo Auditorio..... | 1,1..... | 45 |
| – Aseos..... | 1,1..... | 50 |
| – Almacenes | ----..... | 55 |

	T_{60} , seg.	RF, dB(A)
--	-----------------	-----------

PLANTA PRIMERA

- | | | |
|--------------------------------------|----------|----|
| – Cafetería | 0,9..... | 45 |
| – Despachos | 0,8..... | 40 |
| – Sala Profesores..... | 0,7..... | 40 |
| – Biblioteca/Fonoteca..... | 0,9..... | 40 |
| – Departamentos..... | 0,8..... | 40 |
| – Aulas Enseñanza Instrumental | 0,7..... | 35 |
| – Aulas Música de Cámara | 0,8..... | 35 |

	T ₆₀ , seg.	RF, dB(A)
PLANTA PRIMERA		
– Aulas Música de Contrabajo	0,8	35
– Aula de Informática.....	0,7	35
– Aula Formación General.....	0,7	40
– Cabina de Control.....	0,7	40
– Pasillos.....	1,0	45
– Vestíbulo Auditorio.....	1.1	45
– Aseos.....	1,1	50
– Almacenes	----	55

Los niveles de ruido de fondo que no se deben superar en un recinto se refieren tanto a fuentes sonoras externas (tráfico, etc.) como fuente sonoras propias (aire acondicionado, iluminación, etc.) de forma que a cada contribuyente se le exigirá un valor 5 dB menos que los valores anteriormente indicados. Igualmente, a los niveles de ruido de fondo no se permitirá la presencia de tonos puros.

Para los tiempos de reverberación se permite la tolerancia de 0,1 segundo sobre los valores anteriormente indicados, particularmente en las Aulas de Enseñanza Musical, mientras que para el resto de recintos la tolerancia es 0,2 segundos. Estas tolerancias no son aplicables al Auditorio. De la misma forma la tolerancia en los niveles de ruido de fondo medidos es +2 dB(A).

Los tiempos de reverberación establecidos como criterio son acordes con las exigencias establecidas por el DB-HR.

6. AISLAMIENTOS ACÚSTICOS

El aislamiento acústico entre dos recintos se define como la simple diferencia de nivel entre el que se genera por una actividad en uno de ellos (recinto emisor) y el que no se debe superar en el recinto considerado receptor, con objeto de no interferir en el normal desarrollo de su actividad.

Los aislamientos acústicos que se deben cumplir entre recintos se pueden establecer en base a los niveles sonoros típicos que se espera en el interior de los recintos y los criterios de nivel de ruido de fondo establecidos en el Punto 5.

Las exigencias de aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos son superiores a las indicadas como valores mínimos por el DB-HR, ya que los niveles sonoros que se pueden generar en un Conservatorio de Música son superiores a los que se pueden originar en aquellos regulados por dicha legislación.

El aislamiento acústico a ruido de impactos es el nivel transmitido al recinto receptor y generado por una fuente patrón en el recinto emisor. Las exigencias deben ser mayores que las establecidas en el DB-HR, ya que en un Conservatorio se requiere menor interferencia de las actividades de los recintos adyacentes.

6.1 Niveles sonoros típicos

Teniendo en cuenta los usos reflejados en los planos facilitados, los niveles sonoros (NS) típicos esperados en los distintos recintos de los Edificios son:

	NS, dB(A)
– Auditorio.....	100
– Aula Coro	95
– Aula Orquesta.....	95
– Aula Música de Cámara	95
– Aula Música de Cámara	95
– Aula de Música de Contrabajo	95
– Cabinas práctica musical	95
– Aula de Usos Múltiples	95
– Aula de Percusión.....	95
– Cabinas de Percusión	95
– Aula Formación General.....	85
– Cabinas.....	75
– Biblioteca/Fonoteca.....	75
– Sala de Profesores	75
– Aula Informática.....	85
– Vestíbulo	75
– Despachos	75
– Departamentos.....	75
– Camerinos	75
– Pasillos.....	75
– Aseos	75
– Almacenes	75
– Instalaciones.....	85

Los niveles sonoros existentes en el exterior del edificio son muy variables, si bien se puede estimar que el nivel sonoro equivalente es 65 dB(A) según el mapa de ruido estratégico de la ciudad de Zamora (Figura 7), alcanzando valores máximos de 85 dB(A) debidos a sirenas, bocinas, etc.



Figura 7.- Niveles sonoros ambientales. Índice Ld

6.2 Aislamientos acústicos necesarios entre Recintos

Los aislamientos acústicos necesarios a ruido aéreo entre recintos son:

6.2.1 Aislamientos Acústicos a Ruido Aéreo

EDIFICIO AUDITORIO

	D_{nT} , dB(A).	R, dB(A)
– Entre Auditorio y Pasillos/Vestíbulo.....	≥ 50	≥ 55
– Entre Auditorio y Exterior.....	≥ 55	≥ 55
– Entre Vestíbulo y Maquinaria Climatización	≥ 55	≥ 60

EDIFICIO CONSERVATORIO

	D_{nT} , dB(A).	R, dB(A)
– Entre Garaje y Planta Baja	≥ 60	≥ 65
– Entre Aula Coro y Aula Orquesta	≥ 65	≥ 60
– Entre Coro y Pasillo.....	≥ 40	≥ 45
– Entre Orquesta y Pasillo.....	≥ 40	≥ 45
– Entre Aula Percusión y Cabina Percusión	≥ 65	≥ 70

EDIFICIO CONSERVATORIO

	D_{nT} , dB(A).	R, dB(A)
– Entre Aula Percusión y Pasillo.....	≥ 40	≥ 45
– Entre Cabina y Cabina percusión	≥ 65	≥ 70
– Entre Cabina Percusión y Pasillo	≥ 40	≥ 45
– Entre Aula Percusión y Aula de Formación.....	≥ 65	≥ 70
– Entre Cabinas.....	≥ 60	≥ 65
– Entre Cabinas y Pasillo	≥ 40	≥ 45
– Entre Cabinas y Sala Usos Múltiple	≥ 60	≥ 65
– Entre Sala Usos Múltiple y Pasillos	≥ 40	≥ 45
– Entre Aulas Enseñanza Instrumental	≥ 60	≥ 65
– Entre Aulas Enseñanza Instrumental y Pasillo ...	≥ 40	≥ 45
– Entre Aulas E. Instrumental e Instalaciones.....	≥ 65	≥ 70
– Entre Aula Informática y Aulas	≥ 60	≥ 65
– Entre Aula Informática y Biblioteca/Fonoteca	≥ 60	≥ 65
– Entre Aulas Formación General	≥ 55	≥ 60
– Entre Aulas Formación General y Pasillos	≥ 40	≥ 45
– Entra Aula de Música Cámara y Aula	≥ 60	≥ 65
– Entre Aulas de Música Cámara y Pasillos	≥ 40	≥ 45
– Entra Aula de Contrabajo y Aula.....	≥ 60	≥ 65
– Entre Aula de Contrabajo y Pasillos.....	≥ 40	≥ 45
– Entre Despachos	≥ 40	≥ 45
– Entre Despachos y Pasillo	≥ 35	≥ 40
– Entre Departamentos	≥ 40	≥ 45
– Entre Salas de Profesores y adyacentes	≥ 45	≥ 55
– Entre Biblioteca/Fonoteca y adyacentes	≥ 45	≥ 55
– Entre Camerinos	≥ 50	≥ 55

Para las exigencias de aislamiento a ruido aéreo se permitirá en la medición una tolerancia -3 dB(A).

6.2.2 Aislamientos Acústicos a Ruido de Impacto

En relación al aislamiento acústico a ruido de impacto, las exigencias están relacionadas con el nivel de ruido de fondo (Punto 5), de forma que dicha exigencia será igual que la establecida para los niveles de ruido de fondo, en particular para los recintos con actividad de práctica musical del Conservatorio y del Auditorio.

Para las exigencias de aislamiento a ruido de impacto se permitirá en la medición una tolerancia +3 dB(A).

6.2.3 Aislamientos Acústicos a Ruido Aéreo de Fachadas

Los aislamientos acústicos necesarios a ruido aéreo entre recintos y el exterior son:

	D _{2m,nT} , dB(A).	R, dB(A)
– Entre Exterior y Auditorio.....	≥55	≥60
– Entre Exterior y Aula Coro/Orquesta	≥37	≥43
– Entre Exterior y Sala Usos Múltiple	≥37	≥43
– Entre Exterior y Aula de Percusión	≥37	≥43
– Entre Exterior y Cabinas de Percusión	≥37	≥43
– Entre Exterior y Aulas Enseñanza Instrumental..	≥37	≥43
– Entre Exterior y Cabinas.....	≥37	≥43
– Entre Exterior y Aula Informática	≥37	≥43
– Entre Exterior y Biblioteca/Fonoteca	≥37	≥43
– Entre Exterior y Cabinas	≥37	≥43
– Entre Exterior y Aulas Formación General	≥32	≥38
– Entre Exterior y Camerinos.....	≥32	≥38
– Entre Exterior y Despachos	≥32	≥38
– Entre Exterior y Departamentos	≥32	≥38

Para las exigencias de aislamiento a ruido aéreo de fachadas se permitirá en la medición una tolerancia -3 dB(A).

6.3 Aislamiento acústico de puertas y ventanas

Generalmente las puertas y ventanas son elementos débiles desde el punto de vista acústico, debilitando el conjunto de los tabiques o muros donde se alojan. Teniendo en cuenta esta consideración y en particular para los recintos del Conservatorio, las puertas y ventanas deben ofrecer un aislamiento acústico acorde a donde se encuentren.

Las exigencias de aislamiento acústico para puertas son:

	R, dB(A)
– Auditorio.....	≥40
– Aula Coro	≥45
– Aula Orquesta.....	≥45
– Aula de Usos Múltiples	≥45
– Aula de Percusión.....	≥45
– Cabinas de Percusión	≥45
– Aula Música de Cámara	≥40

	R, dB(A)
– Aula de Contrabajo.....	≥40
– Aulas Enseñanza Instrumental	≥40
– Cabinas.....	≥40
– Aula Informática.....	≥40
– Aula Formación General.....	≥35
– Camerinos	≥30
– Cabina de Control Auditorio	≥25
– Biblioteca/Fonoteca.....	≥25
– Sala de Profesores	≥25
– Despachos	≥25
– Departamentos.....	≥25
– Vestíbulos de Planta.....	≥20
– Aseos.....	≥15
– Almacenes	≥15
– Instalaciones.....	≥40

Las exigencias de aislamiento acústico para las ventanas son:

	R, dB(A)
– Aula Coro.....	≥43
– Aula Orquesta.....	≥43
– Aulas y Cabinas de Percusión.....	≥43
– Aula Música de Cámara	≥43
– Aula de Contrabajo.....	≥43
– Aulas Enseñanza Instrumental	≥43
– Cabinas.....	≥43
– Aula de Usos Múltiples.....	≥43
– Aula Formación General.....	≥38
– Cabina de Control Auditorio	≥30
– Biblioteca/Fonoteca.....	≥38
– Sala de Profesores	≥38
– Aula Informática.....	≥38
– Departamentos.....	≥35
– Vestíbulo Auditorio.....	≥35
– Despachos	≥30
– Pasillos.....	≥30

Tanto para las puertas como para las ventanas, se solicitará al fabricante, suministrador o instalador, el ensayo de las características de aislamiento acústico obtenido en laboratorio.

7. ANALISIS DEL PROYECTO

De acuerdo con la información facilitada (partidas presupuestarias y planos del Proyecto), a continuación se describen las soluciones constructivas indicando sus características acústicas y su adecuación respecto a las exigencias anteriormente descritas.

7.1 Tabiques

Las Tabla X y XI presentan las soluciones definidas en el proyecto arquitectónico para el Conservatorio y el Auditorio respectivamente.

TABLA X	
CONSERVATORIO	
TIPOS DE TABIQUES	
TIPO	DESCRIPCIÓN
TAB1	2 placas yeso(15+15)/canal 70/2 placas yeso(15+15)
TAB2	2 placas yeso(15+15)/canal 70/separación 20mm/canal 70/2 placas yeso(15+15)
TAB3	2 placas yeso(15+15)/canal 48/2 placas yeso(15+15)
TAB4	2 placas yeso(15+15)/canal 70/2 placas yeso(15+15)/separación 20mm/canal 70/2 placas yeso(15+15)
TAB5	2 placas yeso(15+15)/canal 48/placa yeso (15)/separación 20mm/canal 48/2 placas yeso(15+15)
TAB6	2 placas yeso(15+15)/canal 70/separación 20mm/placa yeso (15)/canal 70/placa yeso(15)/separación 20mm/canal 70/2 placas yeso(15+15)
TAB7	3 placas yeso (15+15+15)/canal 48/separación 20mm/placa yeso (15)/canal 70/placa yeso (15)/separación 20mm/canal 48/3 placas yeso(15+15+15)
TAB8	Placa yeso(15)/canal 70/placa yeso(15)
TAB9	2 placas yeso (15WR+15)/canal 70/2 placas yeso(15+15)
TAB10	2 placas yeso (15WR+15)/canal 70/2 placas yeso(15+15WR)
TAB11	Ladrillo 1/2 pie enfoscado
TAB13	Chapa minionda
TRA1	Separación 20mm/canal 48/3 placas yeso(15+15+15)
TRA2	Separación 20mm/canal 48/2 placas yeso(15+15)
TRA3	Canal 48/placa yeso(15)
TRA4	Canal 70/2 placas yeso (15+15)
TRA5	Canal 48/placa yeso(15+15WR)

TABLA XI	
AUDITORIO	
TIPOS DE TABIQUES	
TIPO	DESCRIPCIÓN
TAB11	Ladrillo 1/2 pie enfoscado
TRA5	Canal 48/placa yeso(15+15WR)

La Tabla XII presenta los aislamientos acústicos a ruido aéreo que ofrecen las soluciones indicadas.

TABLA XII	
AISLAMIENTO ACUSTICOS A RUIDO AEREO, dB(A)	
Tabique Tipo	R_A
TAB1	56
TAB2	60
TAB3	54
TAB4	72
TAB5	60
TAB7	75
TAB8	45
TAB9	56
TAB10	56
TAB11	44
Trasdosado Tipo	ΔR_A
TRA1	18
TRA2	16
TRA3	9
TRA4	12

Estas soluciones constructivas son adecuadas ya que cumplen las exigencias acústicas establecidas en el Punto 6.

7.2 Fachadas. Partes ciegas

La Tabla XIII presentan las soluciones diseñadas para el acabado exterior del Conservatorio. Hay que indicar que la parte ciega de las fachadas, de interior a exterior está compuesta por: un trasdosado, fábrica de ladrillo 1/2 pie y sistema de fachada ventilada.

TABLA XIII	
CONSERVATORIO	
TIPO	DESCRIPCIÓN
FACH01	Fachada zinc sistema engatillado con junta alzada
FACH02	Fachada zinc perforado sistema engatillado con junta alzada

La Tabla XIV presenta los aislamientos acústicos a ruido aéreo de las partes ciegas de las fachadas en función del trasdosado diseñado en las mismas.

TABLA XIV		
AISLAMIENTO ACUSTICOS A RUIDO AEREO, dB(A)		
Fachada/Trasdosado	R_A	R_{Atr}
Fachada/TRA1	62	60
Fachada/TRA2	60	58
Fachada/TRA3	53	50
Fachada/TRA4	56	53

Estas soluciones constructivas son adecuadas ya que cumplen las exigencias acústicas establecidas en el Punto 6.

7.3 Forjados

Los forjados del edificio de nueva construcción (Conservatorio) son de losa de hormigón de 35 cm de espesor, mientras que el de cubierta es de losa de hormigón de 30 cm de espesor.

En este Edificio se ha proyectado un suelo radiante sobre material elástico consistente en paneles de lana de roca específica de alta densidad que ofrece una mejora de reducción de nivel de impacto superior a 25 dB(A).

7.4 Cubiertas

La cubierta del Conservatorio está formada por un sistema de acabado de Zinc, cámara de aire, aislamiento térmico, forjado estructural y aislamiento térmico. En las Aulas se suspende una barrera acústica de yeso laminado y como acabado un falso techo absorbente.

La cubierta del Auditorio es la existente formada por elementos de fábrica y hormigón separados por una cámara de aire de espesor variable (50-100cm).

La Tabla XV presenta los aislamientos acústicos a ruido aéreo de las cubiertas de los Edificios, valores que cumplen la exigencias del Proyecto Acústico.

TABLA XIV		
AISLAMIENTO ACUSTICOS A RUIDO AEREO, dB(A)		
Cubiertas	R_A	R_{Atr}
Conservatorio Aulas	75	71
Conservatorio Resto	65	62
Auditorio	70	67

7.5 Ventanas

La tipología de las ventanas es muy amplia, si bien hay que indicar que, básicamente la carpintería es de aluminio de cierre hermético (paños fijo y oscilobatientes), con rotura de puente térmico y los vidrios se presentan en la Tabla XVI, indicando el aislamiento acústico que ofrecen.

Hay que indicar que los lucernarios proyectados tienen tipología de vidrio tipo T1.

TABLA XVI		
VIDRIOS VENTANAS		
TIPOS DE VIDRIO		
TIPO	DESCRIPCIÓN	R _A
T1	Vidrio 6+6.4Ac /20/ 4+4.4Ac	>43dB
T2	Vidrio 6+6.4Ac /20/ 4+4.4	>38dB
T3	Vidrio 6+6.4 /20/ 4+4.4	>35dB
T4	Vidrio 8 /20/ 4+4.2	>30dB

Estas soluciones constructivas son adecuadas ya que cumplen las exigencias acústicas establecidas en el Punto 6.

7.6 Puertas

La tipología de las puertas acústicas proyectadas se presenta en la Tabla XVII, mientras que en la Tabla XVIII se presentan los aislamientos acústicos a ruido aéreo que ofrecen, valores que cumplen las exigencias acústicas de Proyecto.

TABLA XVII					
PUERTAS ACUSTICAS					
CARPINTERÍAS INTERIORES-PUERTAS					
TIPO	UDS	EI	MATERIAL	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES
PA01	20		ACÚSTICA EMPANELADA HPL	HOJA ABATIBLE	93 x 210 cm
PA02	8		ACÚSTICA EMPANELADA HPL	HOJA ABATIBLE	93 x 210 cm
PA03	25		ACÚSTICA EMPANELADA HPL	2 HOJAS ABATIBLES	2 x 92 x 210 cm
PA04	4		ACÚSTICA EMPANELADA HPL	2 HOJAS ABATIBLES	2 x 92 x 210 cm

TABLA XVIII	
AISLAMIENTO ACUSTICOS A RUIDO AEREO, dB(A)	
Puerta Tipo	R _A
PA01	42
PA02	42
PA03	45
PA04	45

7.7 Acabados

7.7.1 Suelos

La Tabla XIX presenta los acabados de suelos previstos para los Edificios Conservatorio y Auditorio.

TABLA XIX	
SUELOS – CONSERVATORIO - AUDITORIO	
TIPO	ACABADOS DE SUELOS
AS1	Gres extrusionado esmaltado sótanos (33x33cm)
AS2	Piedra artificial
AS3	Cuarzo pulido
AS4	Felpudo de caucho y acero inoxidable
AS5	Terrazo continuo junta de latón
AS6	Terrazo continuo -huella- pletina acero lacada -contrahuella-
AS7	Terrazo continuo (tratamiento para exterior)
AS8	Linóleo tipo marmoreum
AS9	Adoquín piedra basalto aburgajada (10x10cm)
AS10	Baldosa rectangular de piedra caliza abujardada
AS11	Canto rodado rejuntado/sin rejuntar
AS12	Losa de piedra granito abujardado
AS13	Hormigón rallado
AS14	Gres porcelánico aseos conservatorio (60x60cm)
AS15	Pavimento empedrado canto rodado
AS16	Gunitado e impermeabilización
AS17	Parquet Industrial roble e: 2cm
AS18	Baldosa barro y azulejo blanco (20x20)+(5x5)cm
AS19	Tierra vegetal
AS 20	Gres antideslizante Clase 3 (33x33cm)
AS 21	Peldañado piedra artificial
AS 22	Peldañado-huella-parquet industrial y pletina de acero lacado-contrahuella
AS 23	Pulido y abrillantamiento piedra artificial existente
AS 24	Losa filtrón

En dicha Tabla se señalan los acabados de suelos predominantes en Aulas y pasillos del Conservatorio (AS8) y del Auditorio (AS17), soluciones acústicamente válidas.

7.7.2 Paredes

La Tabla XX presenta los acabados de las paredes previstas para los Edificios Conservatorio y Auditorio.

TABLA XX	
PAREDES – CONSERVATORIO - AUDITORIO	
TIPO	ACABADOS DE PAREDES
AP1	Alicatado 20x20cm
AP2	Pintura plástica (escaleras y vestíbulos)
AP3	Chapa minionda
AP4	Pintura dos tonos (dos zócalos h=1 tono oscuro)
AP5	Pintura plástica
AP6	Panel HPL + pintura plástica (zócalo h=2,15 HPL)
AP7	Alicatado baños
AP8	Linóleum en rollo tipo marmoleum con base acústica e=4mm
AP9	Revestimiento chapa de aluminio lacado
AP10	Revestimiento placa rígida acero inoxidable
AP11	Gunitado + e impermeabilización
AP12	Gresite existente (y/o reparación y sustitución)
AP13	Pintura exteriores
AP14	Panel acústico de madera natural
AP15	Panel acústico instalaciones
<p>AP16- En las Salas de Enseñanza Teórica, Sala Multiusos y Aula de Percusión y en todas las paredes: una placa de yeso con perforaciones (13,3%). Detrás de esta placa se colocará el aislamiento de panel de lana de roca 50mm de espesor, 70kg/m³ de densidad y con velo negro. Concha Acústica de madera en el Auditorio.</p>	

En dicha Tabla se señalan los acabados de paredes con propiedades absorbentes sonoras significativas (Tabla XXI), soluciones acústicamente válidas.

TABLA XXI	
COEFICIENTE DE ABSORCIÓN SONORA α	
Acabado Pared	α
AP14 (Spigoacustic+Lana)	
AP15	0,90
AP16	0,70

7.7.3 Techos

La Tabla XXII presenta los acabados de techos previstos para los Edificios Conservatorio y Auditorio.

TABLA XXII	
TECHOS – CONSERVATORIO - AUDITORIO	
TIPO	ACABADOS DE TECHOS
AT1	Pintura plástica lisa.
AT2	Pintura plástica sobre placa yeso
AT3	Plástica anti-moho sobre placa de yeso
AT4	Placa acústica aulas
AT5	Placa acústica zonas circulación
AT6	Pintura plástica color claro sobre losa de H.A
AT7	Pintura exterior

Concha Acústica de madera en el Auditorio

La Tabla XXIII presenta los coeficientes de absorción sonora que ofrecen los citados techos, según datos del fabricante.

TABLA XXIII	
COEFICIENTE DE ABSORCIÓN SONORA α	
Acabado Techo	α
AT4 ECOPHON ADVANTAGE e	0,90
AT5 ECOPHON FOCUS	0,90
Auditorio - Paños verticales Techo FARBOACUSTIC 3cm	0,85

Hay que indicar que en todas los recintos de enseñanza musical (Aulas, Cabinas, etc.) se instala una barrera acústica de placas de yeso laminado (2x15mm) suspendido con antivibradores y colocando un panel de lana de roca de 40 mm de espesor y densidad 70 kg/m³.

De la misma forma en los techos abovedados de Planta Baja (Aulas Teórica, Aula de Percusión y Salas Multiusos el falso techo es de una placa de yeso laminado de 13 mm de espesor, que se soportará con elementos antivibratorios y colocando un panel de lana de roca de 40 mm de espesor y densidad 70 kg/m³.

7.7.4 Observaciones

El Proyecto Arquitectónico ha seguido las recomendaciones recogidas en los Planos 1 a 4 donde se presentan las soluciones constructivas a adoptar según la guía de distribución de detalles en los Planos 5 a 7.

Para alcanzar altos aislamientos acústicos entre recintos, se requiere, tal y como se puede observar en los detalles constructivos a adoptar, la instalación de suelos flotantes, falsos techos/barreras acústicas y paredes independientes para cada recinto respecto al adyacente.

7.8 Instalaciones

Todas las instalaciones (eléctricas, iluminación, conductos de aire acondicionado, etc.) transcurren por los pasillos y acometen individualmente a cada Aula o recinto de enseñanza o práctica musical o teórica.

Las centrales de tratamiento de aire, los equipos de producción de calor, los ventiladores, así como las bombas deben estar sobre apoyos antivibratorios o montados con sujeciones antivibratorias, dimensionados en función de sus pesos y velocidad de rotación. Estos apoyos o sujeciones deben dar una eficacia de amortiguamiento de, al menos, 98% para la frecuencia de excitación más baja del equipo. La Figura 8 presenta un esquema de suelo flotante a construir en área de instalaciones.

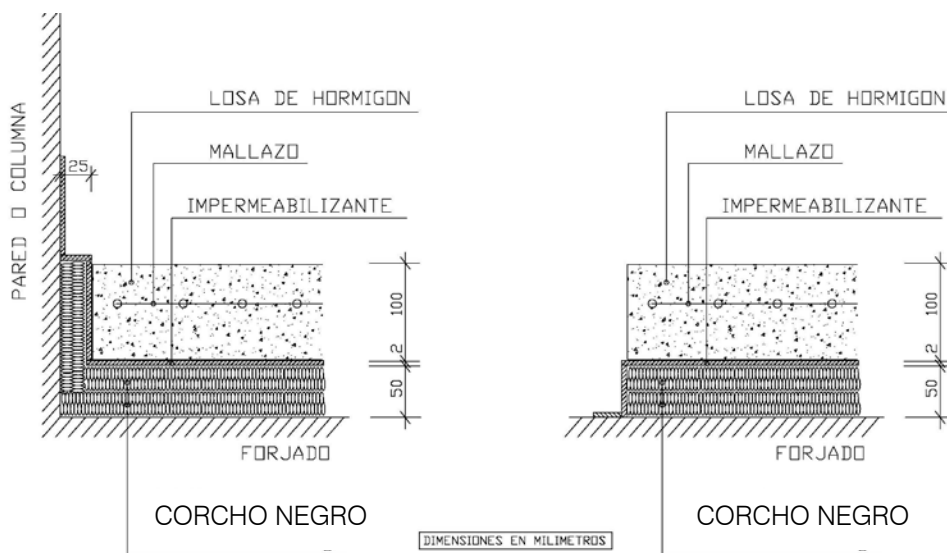


Figura 8.- Detalle suelo flotante

7.9 Cálculos

El Anexo A presenta los aislamientos acústicos esperados entre recintos, así como los tiempos de reverberación calculados.

8. ANALISIS ACÚSTICO DEL AUDITORIO

8.1 Forma y Volumen

La Sala tiene planta elíptica 26,0 x 21,5 m y una altura media de 13,5 m. La superficie útil del Escenario es 185 m² aproximadamente.

El volumen libre de la Sala es 5.800 m³ incluyendo el Escenario y su capacidad 523 butacas, lo que representa una relación de 11 m³/butaca, valor este que se encuentra por encima del rango establecido como óptimo para recintos multiuso (5-8 m³/butaca) (Ver Punto 7.1).

La relación superficie de audiencia/butacas es 0,68, valor que se encuentra dentro del criterio establecido como óptimo, esto es 0,5 – 0,7. La relación Volumen / Superficie es 16,3 m, valor algo superior al rango establecido como óptimo (9-15 m).

8.2 Distribución de Audiencia

La distribución de la audiencia en Platea, Anfiteatro y Palcos laterales, permite la proximidad de esta al Escenario, situación muy adecuada acústicamente, pues se consigue buena visibilidad y por tanto la buena escucha.

Dado que una buena recepción de la señal sonora está directamente relacionada con la buena visibilidad, se ha procedido a trazar las visuales de la Sala con las butacas contrapeadas según Proyecto (Figura 9).

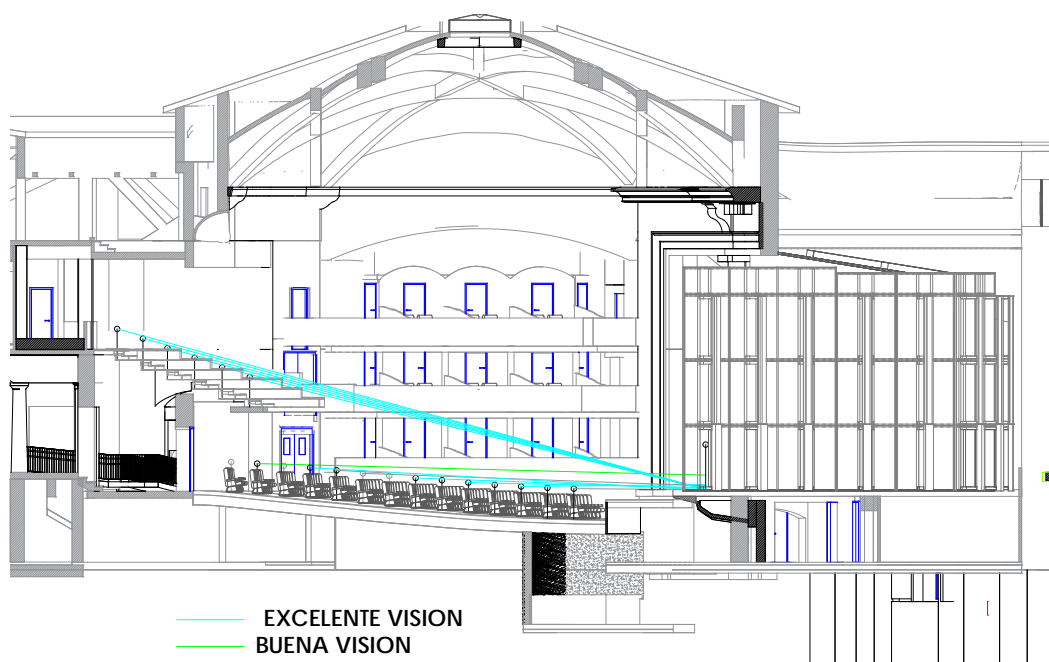


Figura 9.- Visuales

El análisis de esta Figura indica que la totalidad de la audiencia tiene buena visibilidad.

8.3 Techo

En los recintos, especialmente en aquellos destinados a la música, es de gran importancia el diseño de sus techos, ya que por una parte delimitan el volumen (y consecuentemente el tiempo de reverberación) y por otra reflejan las ondas sonoras hacia la propia Sala.

Mediante la acústica geométrica, esto es, suponiendo que las ondas sonoras son rayos, que al chocar con una superficie, los ángulos de incidencia y reflexión son iguales, y que los rayos incidente, reflejado y la normal están en el mismo plano, se puede determinar la eficacia del techo proyectado.

En las Figuras 10 a 13 presentan el comportamiento del citado techo proyectado para dos posiciones de una fuente sonora sobre el Escenario y otra en el Foso de Orquesta.

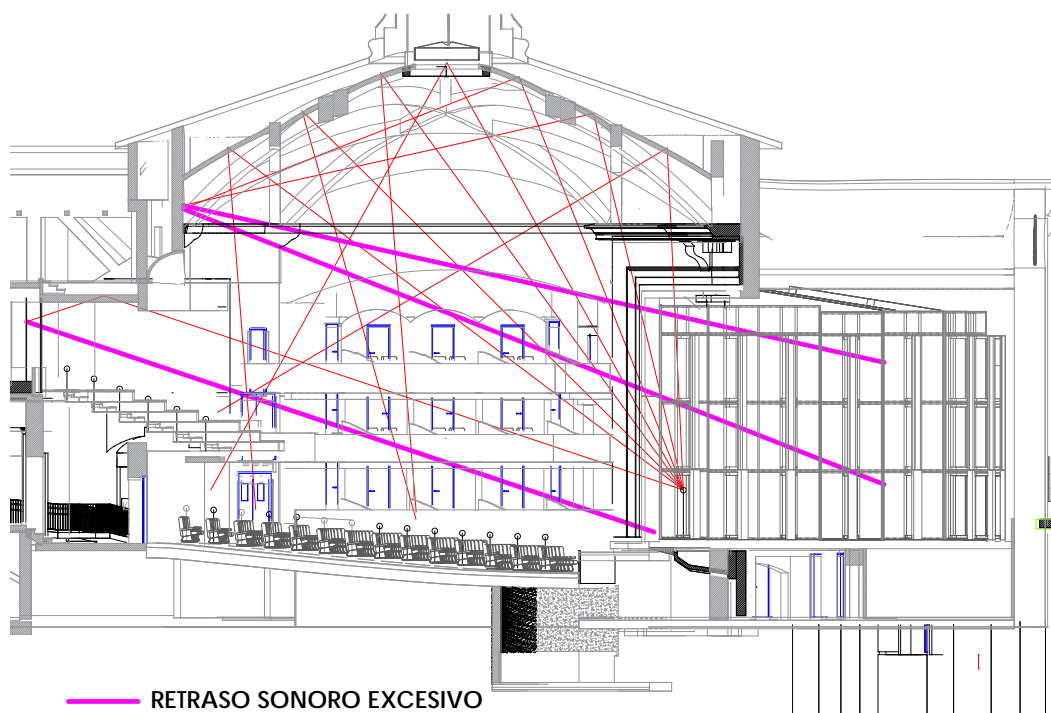


Figura 10.- Propagación rayos sonoros

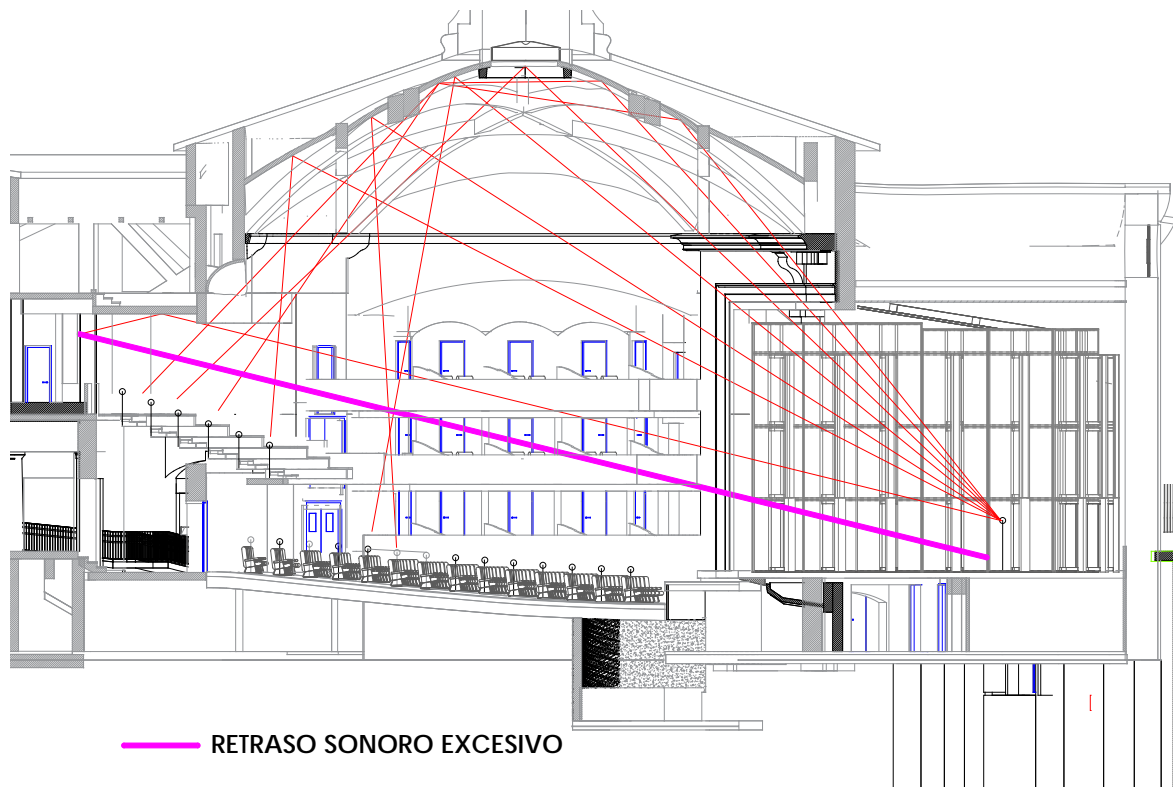


Figura 11.- Propagación rayos sonoros

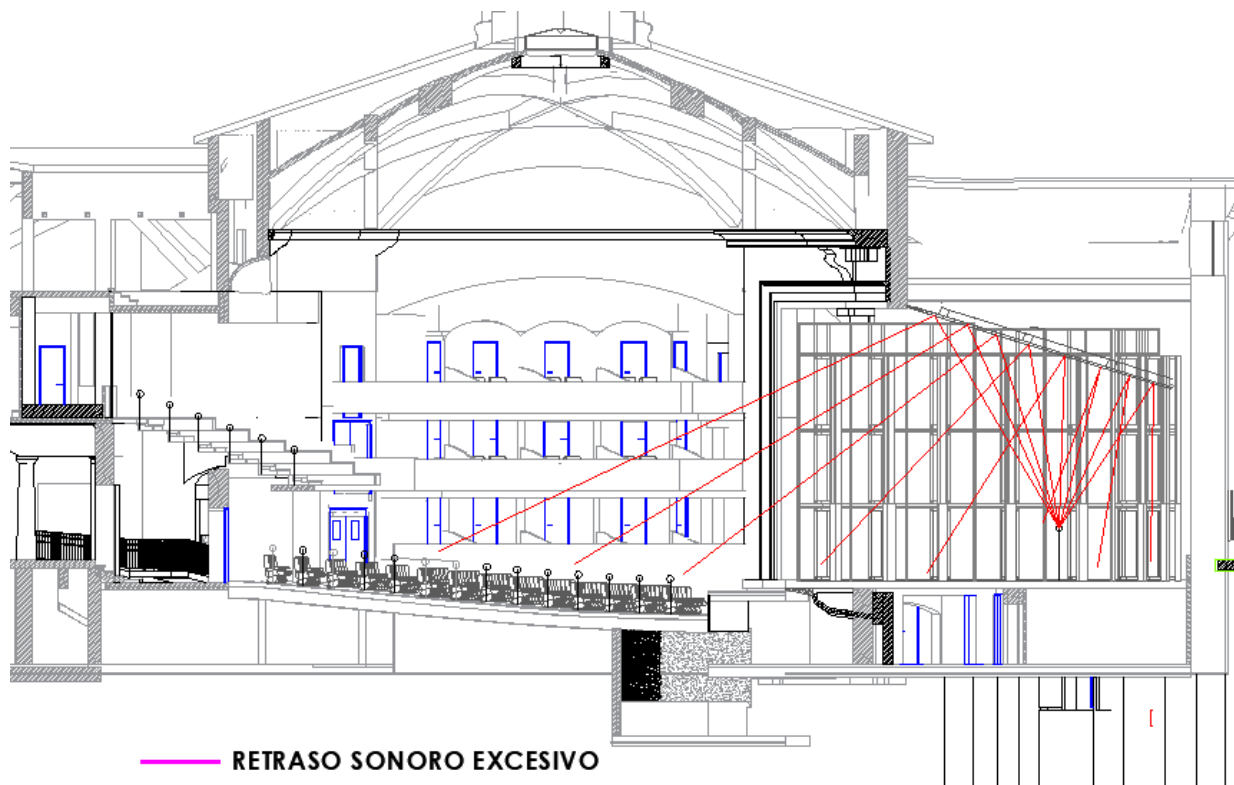


Figura 12.- Propagación rayos sonoros

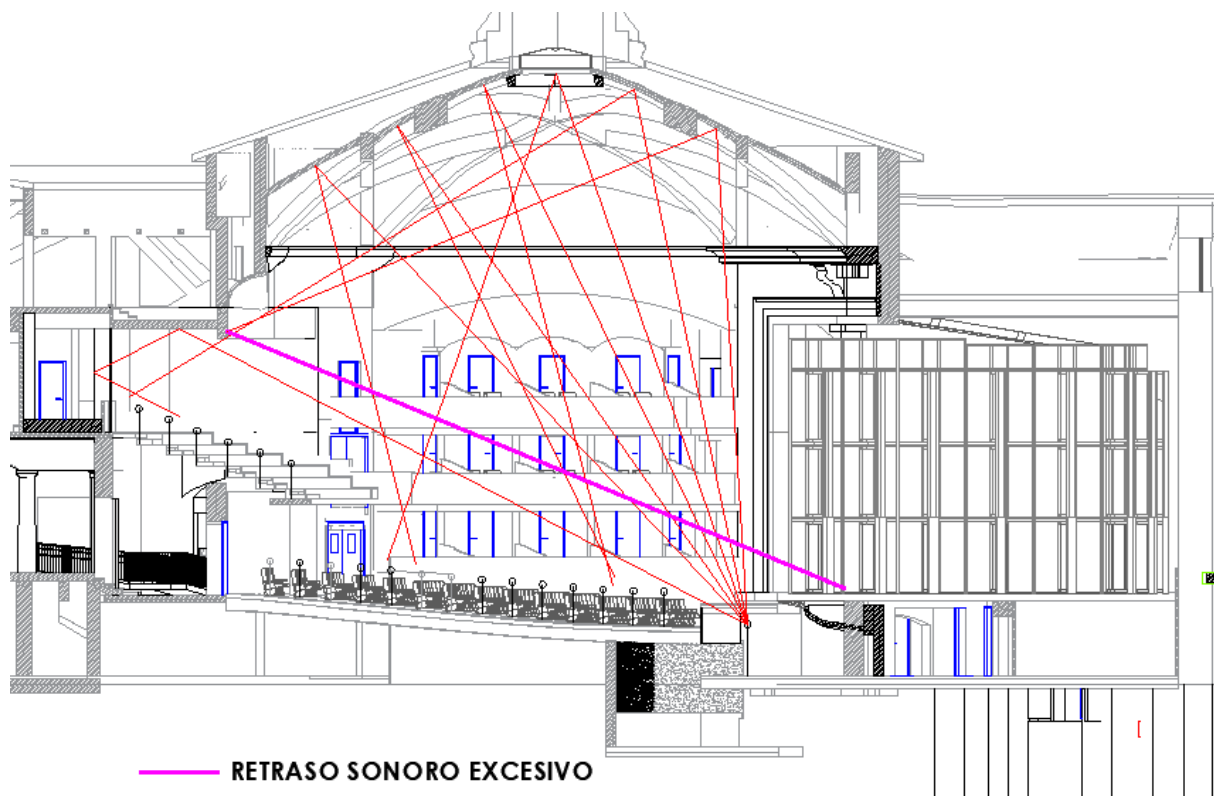


Figura 13.- Propagación rayos sonoros

Según se observa en las Figuras 10 a 13:

- El techo existente refleja preferentemente las ondas sonoras hacia el fondo de la Sala.
- La primera parte de la Audiencia presenta pocas reflexiones procedentes del techo de la Sala, si bien esto se suple mediante las reflexiones del techo de la Concha Acústica.
- Las reflexiones sobre la pared trasera del Anfiteatro pueden generar reflexiones no deseadas sobre el Escenario (color violeta) (Ver Punto 8).
- Cuando la fuente sonora está situada en el Foso, el sonido reflejado por el techo cubre toda la Audiencia, si bien puede originar igualmente alguna reflexión no deseada sobre el Escenario.

Estas reflexiones del sonido no deseadas , así como el volumen un tanto excesivo del Auditorio pueden resolverse introduciendo absorción sonora en la Sala, así:

- Los paneles de madera de las paredes tendrán, al menos, 10 mm de espesor, con una perforación no inferior al 25% de su superficie y ocuparán todas las paredes laterales y posteriores de la Sala. En la parte posterior de estos paneles se instalará una manta de fibra de vidrio, lana de roca o lana mineral de 40 mm de espesor y 60Kg/m³ de densidad.

- Esta misma solución se aplicará a los petos de los palcos laterales.
- Tanto en los techos de los Palcos como el techo del Anfiteatro se instalarán materiales absorbentes con un coeficiente medio de absorción sonora igual o superior a 0,7. Igualmente se instalará en los paños verticales del techo.

En los cálculos de simulación realizados (Punto 10) se han considerado estas soluciones.

Con independencia de lo anterior, hay que indicar que los nervios vistos de la cúpula ofrecen la necesaria difusión del sonido en la Sala.

9. MODELO DE SIMULACION ACUSTICA

Para el cálculo y análisis de respuesta acústica de recintos está generalizado el uso de programas informáticos. En el presente caso se ha utilizado el programa de simulación acústica CATT-Acoustic v8.0. Dicho programa está basado en los Modelos Acústicos Geométrico y Estadístico.

Mediante dicha simulación del Auditorio y a partir de la inserción de coordenadas y la definición de los materiales a usar en las superficies, es posible:

- Hacer una evaluación de las primeras reflexiones generadas por todas o determinadas superficies de un recinto a través del Método de Reflejado de Fuentes o ISM.
- Obtener una representación de los Parámetros Acústicos en una determinada área de Audiencia mediante el Método de Trazado de Rayos (RTM) basado, a su vez, en las leyes de la Acústica Geométrica que permiten asumir que, a determinadas frecuencias, el comportamiento del sonido es similar al de la luz.
- Conocer a detalle el campo sonoro existente dentro del modelo de simulación mediante el Método del Trazado de Conos (RTC).

Las ventajas del modelo de simulación acústica informático son: rapidez de cálculo, introducción de cambios en la geometría, posibilidad de ubicación de varias fuentes sonoras y obtención de datos de la respuesta acústica impulsional de la Sala.

Los inconvenientes o limitaciones del sistema son: uso de teoría de rayos, gran cantidad de datos, limitación de superficies y la interacción de datos objetivos y la valoración subjetiva

10. CALCULOS DE SIMULACION

Con el fin de conocer la respuesta acústica del Auditorio se ha procedido a la realización de los oportunos cálculos de simulación sonora.

Para la realización de dichos cálculos, se han considerados los terminados de las superficies interiores definidas en el Proyecto (Tabla XXIV) cuyos coeficientes de absorción se han obtenido de la base de datos de DA-CGM. Igualmente se ha supuesto que las butacas ofrecen los coeficientes de absorción sonora indicados en la Figura 14.

TABLA XXIV		
TERMINADOS INTERIORES DEL AUDITORIO		
Espacio	Superficie	Terminado
Sala	Suelo	Parquet Roble Industrial
	Paredes	Paneles de madera perforada (Spigoacoustic+ Lana 40 mm)
	Paños verticales	Farbocustic
	Techo	Enlucido y pintado
	Techos Palcos y Anfiteatro	Farbocustic
Escenario	Suelo	Parquet Roble Industrial
	Paredes	Concha Acústica Madera. Enlucidas y pintadas
	Techo	Concha Acústica Madera.

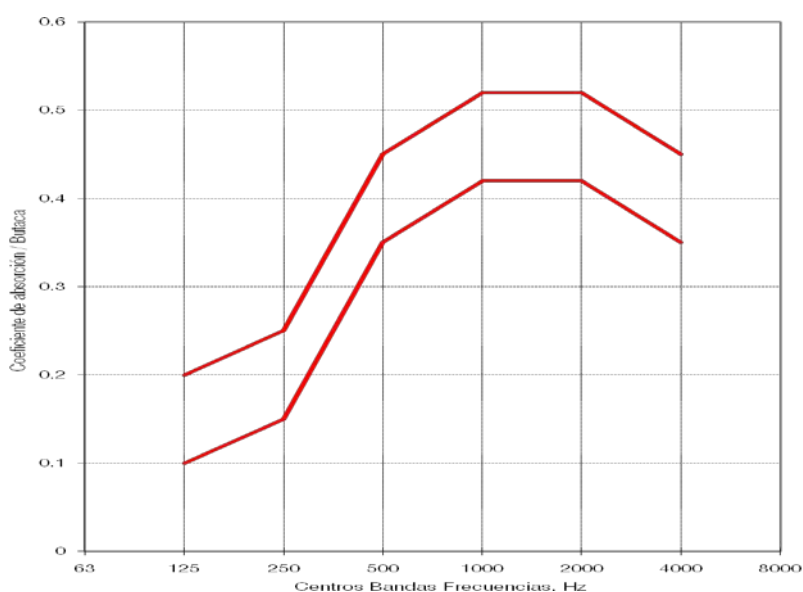


Figura 14.- Coeficientes de absorción sonora de Butacas vacías

11. PRESENTACION DE LOS RESULTADOS

En la Figura 15 se muestran los Tiempos de reverberación en bandas de frecuencia de 1/1 octava, junto con el criterio considerado como recintos multiusos (compromiso).

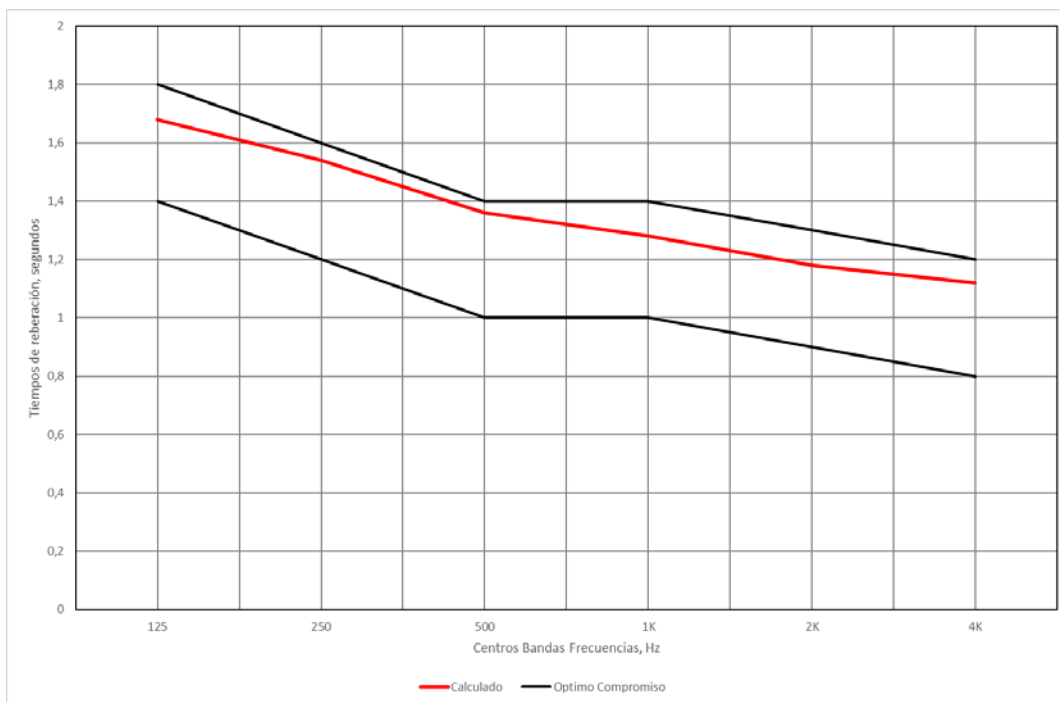


Figura 15.- Tiempos de reverberación calculados

En las Figura 16 a 21 se presentan de forma gráfica los resultados obtenidos según el modelo de simulación de los distintos parámetros acústicos analizados. En la Tabla XXV se indican los porcentajes de audiencia que superan los valores "óptimos" y "buenos" de los distintos parámetros de ajuste fino considerados.

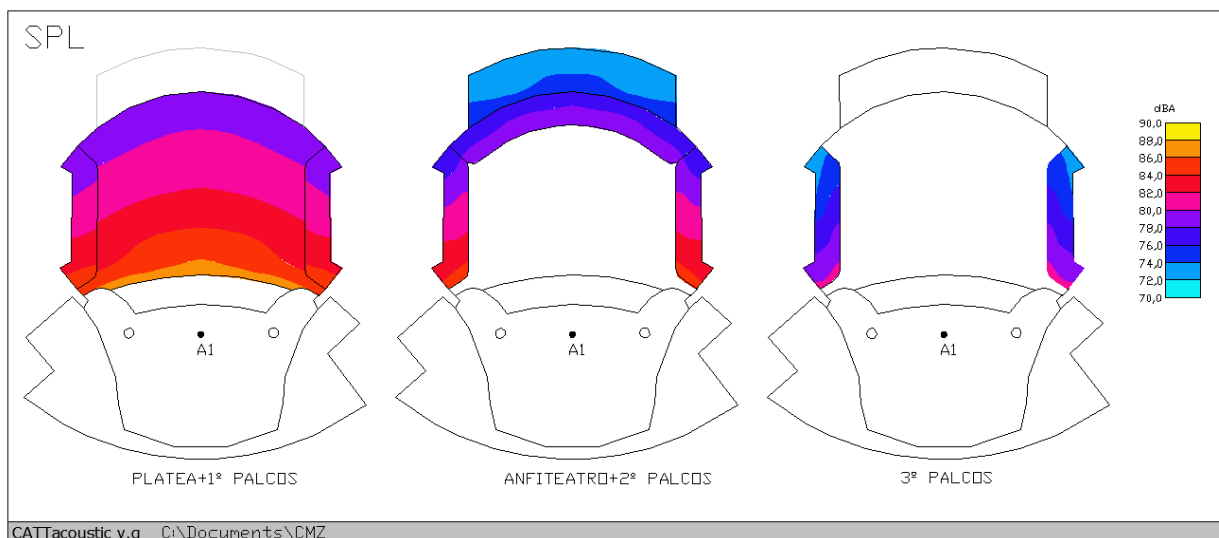


Figura 16.- Fuente Sonora Posición 1. Distribución sonora.

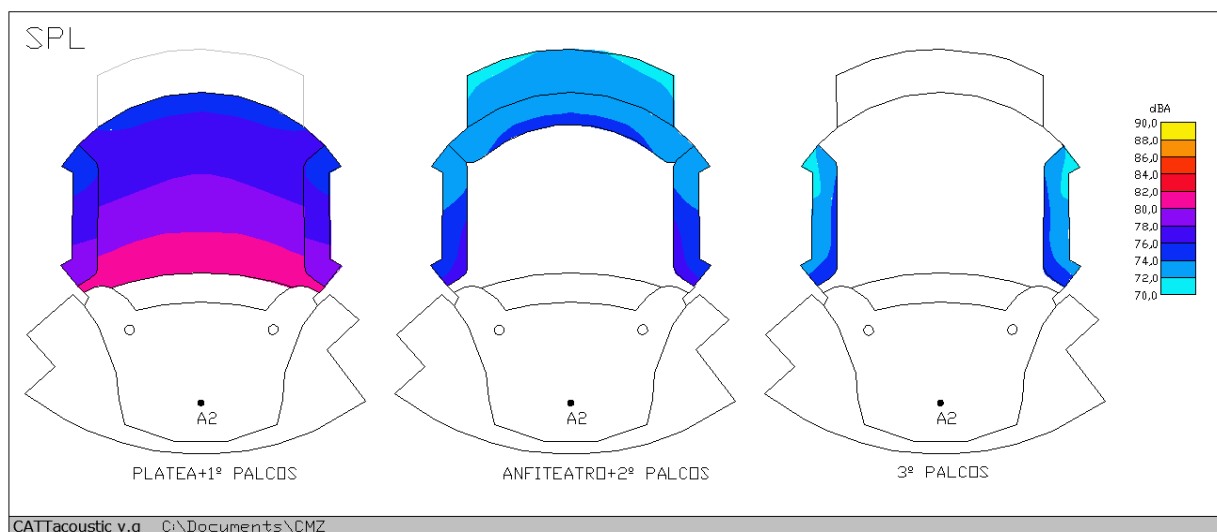


Figura 17.- Fuente Sonora Posición 2. Distribución sonora.

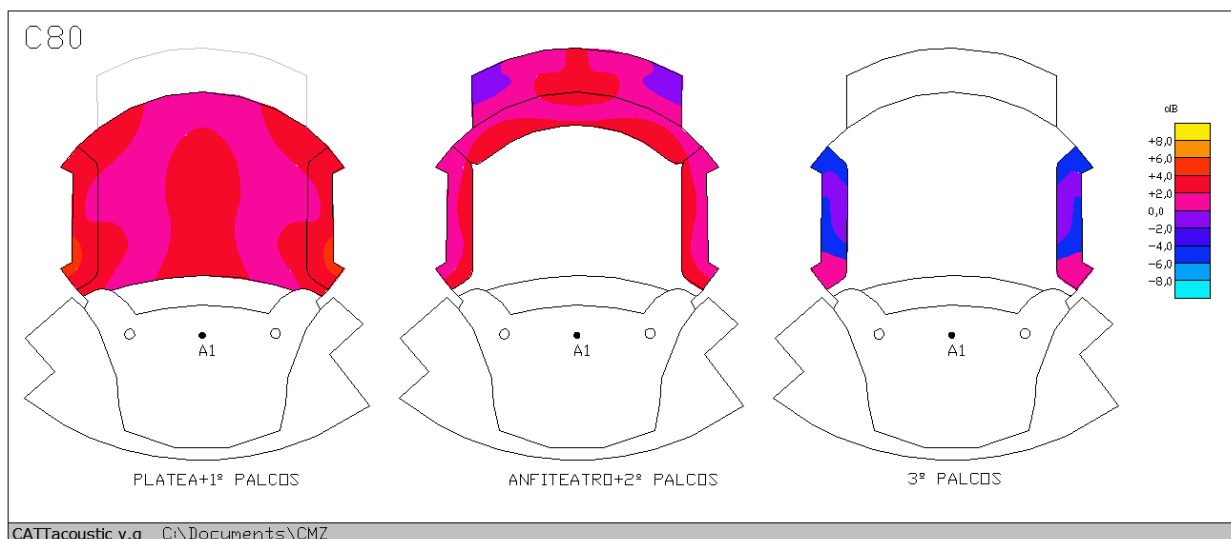


Figura 18.- Fuente Sonora Posición 1. Claridad C80.



Figura 19.- Fuente Sonora Posición 1. Claridad C80.

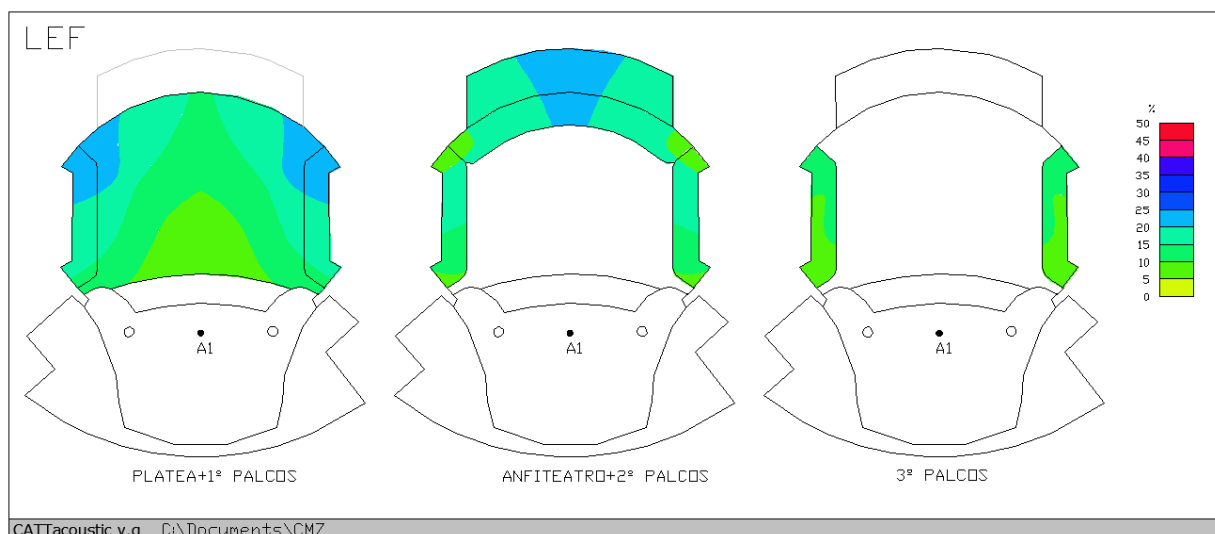


Figura 20.- Fuente Sonora Posición 1. Energía Lateral.

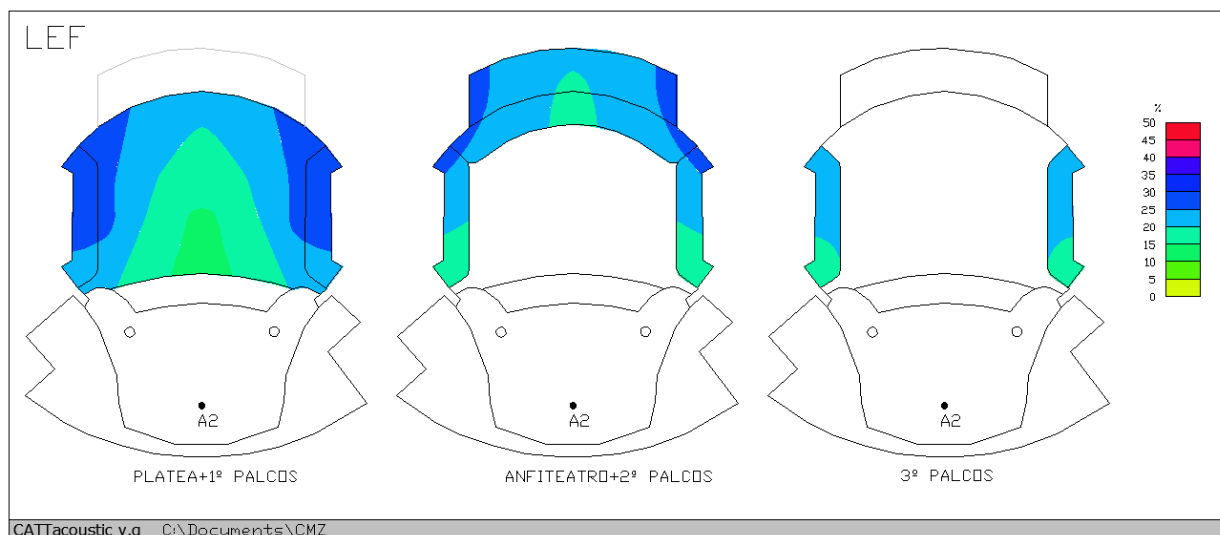


Figura 21.- Fuente Sonora Posición 2. Energía Lateral.

TABLA XXV		
PORCENTAJES DE AUDIENCIA QUE SUPERAN LOS VALORES OPTIMOS Y BUENOS		
Parámetro Acústico	Criterio Optimo	Criterio Bueno
Distribución	96	100
Claridad C_{80}	92	100
Energía Lateral LEF	86	94

Según estos resultados:

- Los tiempos de reverberación se encuentran en el rango establecido como criterio “Óptimo Compromiso”.

- El resto de parámetros acústicos presentan porcentajes superiores en el 85% a los correspondientes valores establecidos como criterio “Óptimo” en la totalidad de la Sala.

12. CONCLUSIONES

El análisis de estos resultados permite establecer:

- Los tiempos de reverberación se encuentran dentro del rango establecido como criterio “Compromiso”.
- El comportamiento de parámetros acústicos en la Sala, alcanza la calificación “Buena” como mínimo para el 85% de la audiencia en algunos de estos, si bien en otros de ellos, dicho porcentaje alcanza el 100%.

P-1244/0001A
DIVISIÓN ACÚSTICA – CGM TELECOMUNICACIONES S.L.



Conservatorio de Música de Zamora
PROYECTO BASICO. ANTEPROYECTO ACUSTICO

SOLICITA: JAVIER FUSTER ARQUITECTOS S.L.P.

JUNIO 2021

PLANOS

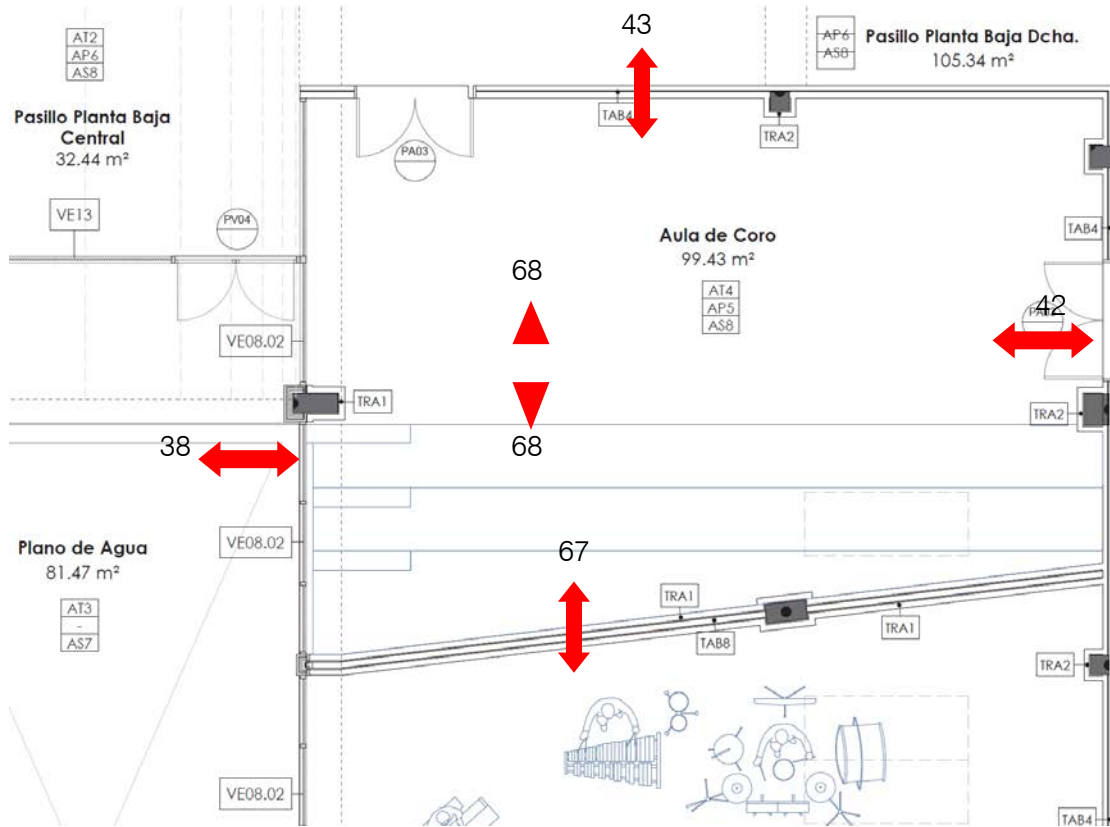


ANEXO A

Contenido

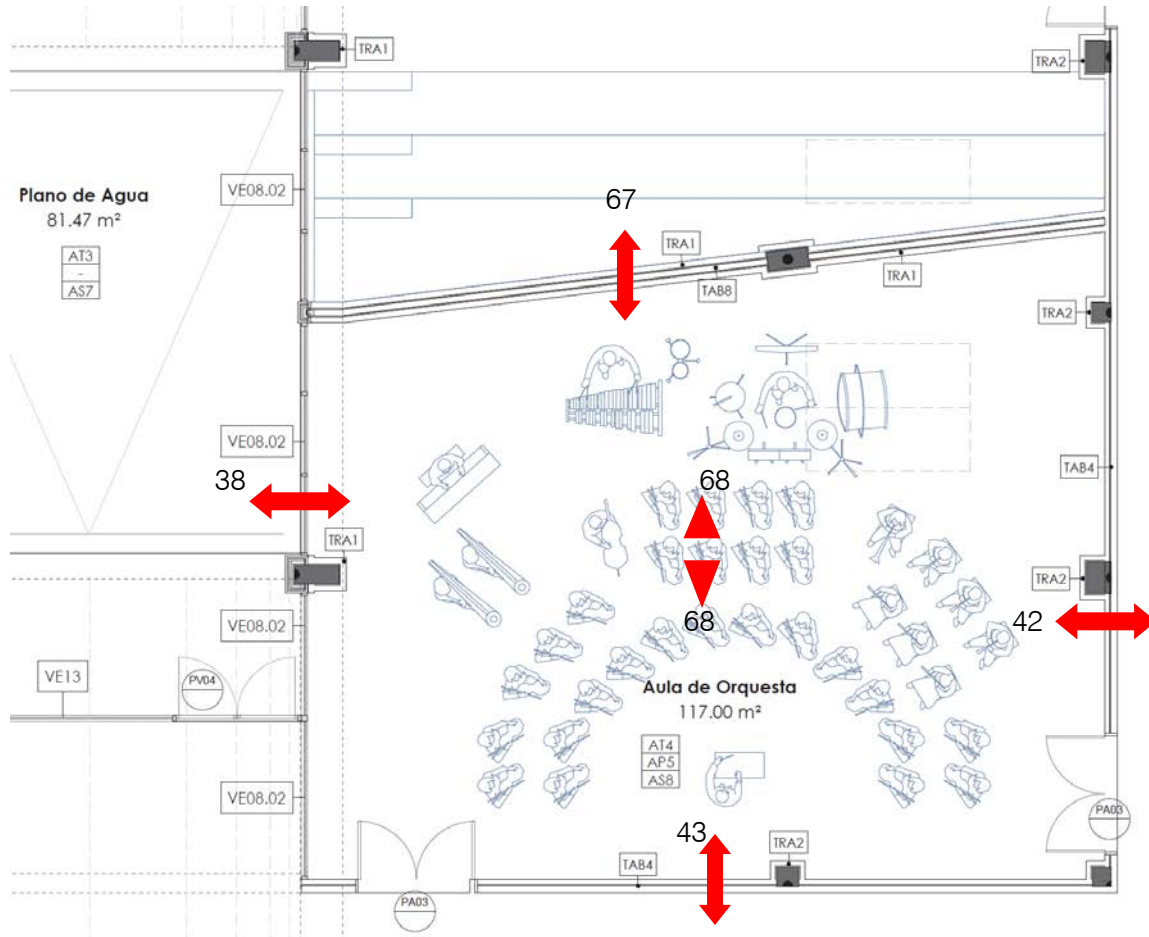
Este Anexo contiene los cálculos de aislamiento acústico entre recintos y tiempos de reverberación.

AULA DE CORO



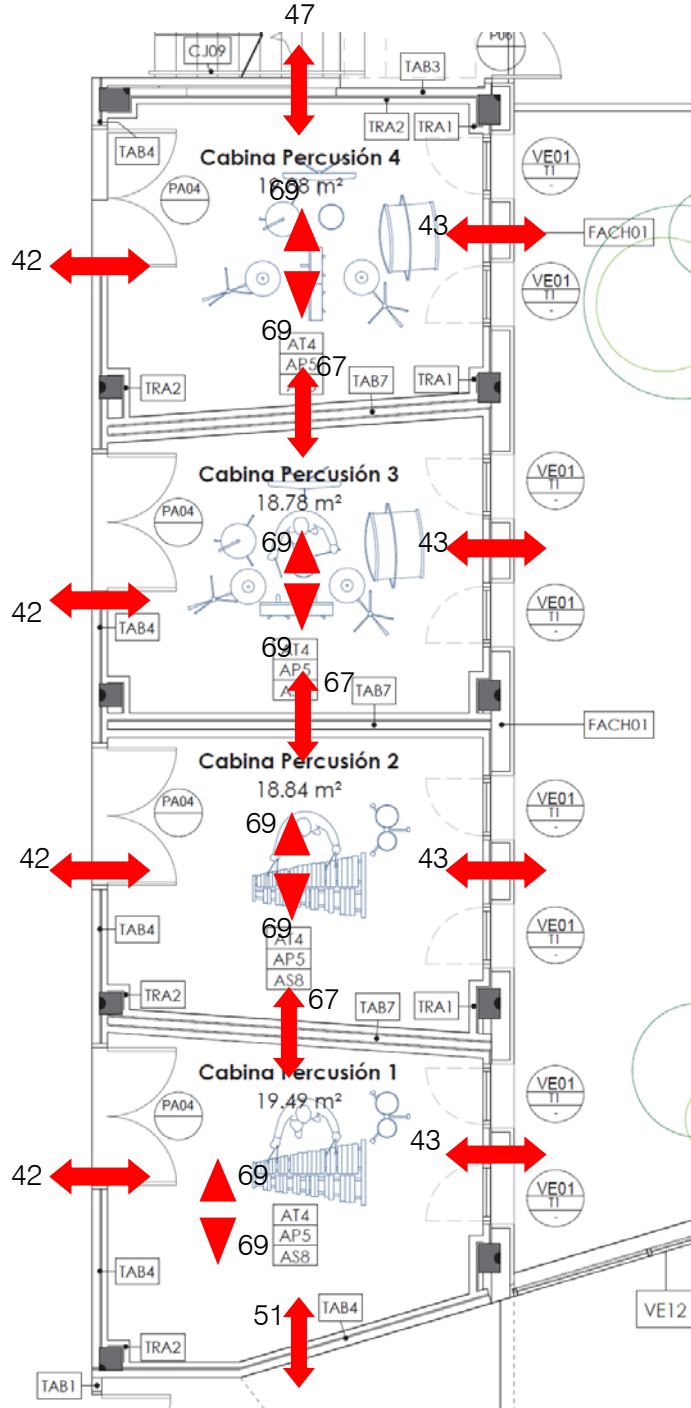
	Centros Bandas Frecuencias, Hz					
	125	250	500	1K	2K	4K
T, seg	0,47	0,45	0,43	0,43	0,46	0,44
Tmed			0,44			

AULA DE ORQUESTA



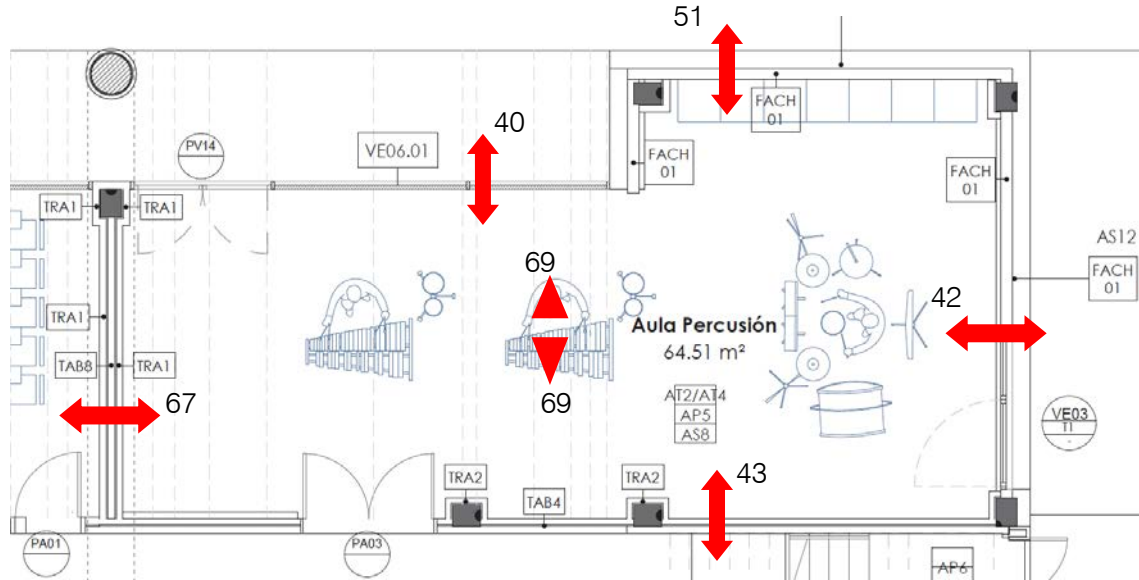
	Centros Bandas Frecuencias, Hz					
	125	250	500	1K	2K	4K
T, seg	0,50	0,47	0,45	0,44	0,47	0,45
Tmed			0,45			

CABINAS DE PERCUSION 1 A 4



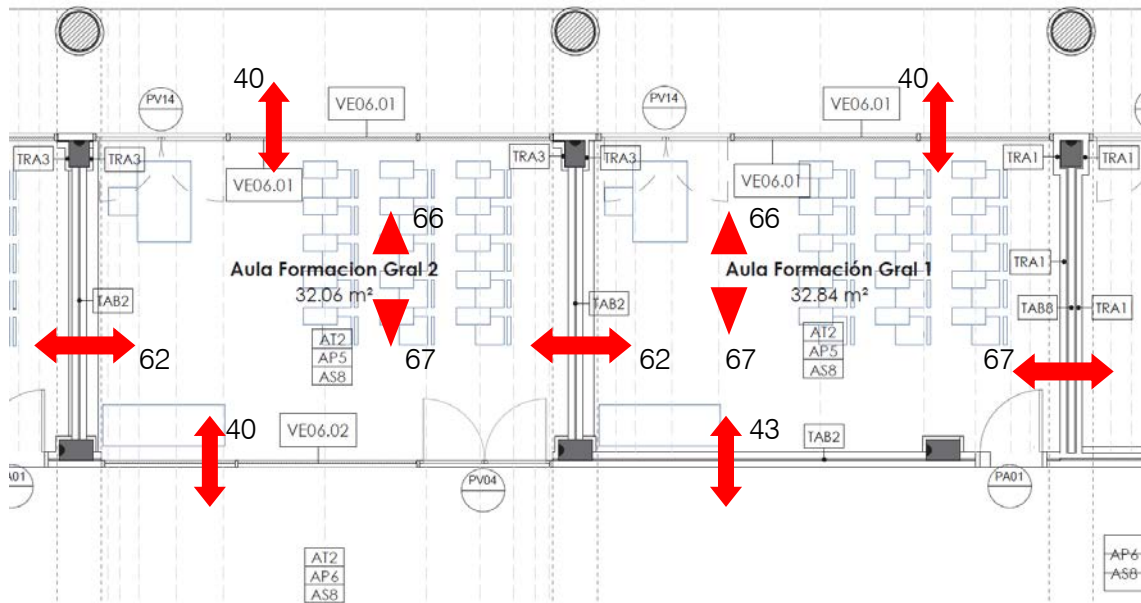
	Centros Bandas Frecuencias, Hz						
	125	250	500	1K	2K	4K	
T, seg	0,49	0,47	0,45	0,44	0,46	0,45	
Tmed			0,45				

AULA DE PERCUSION



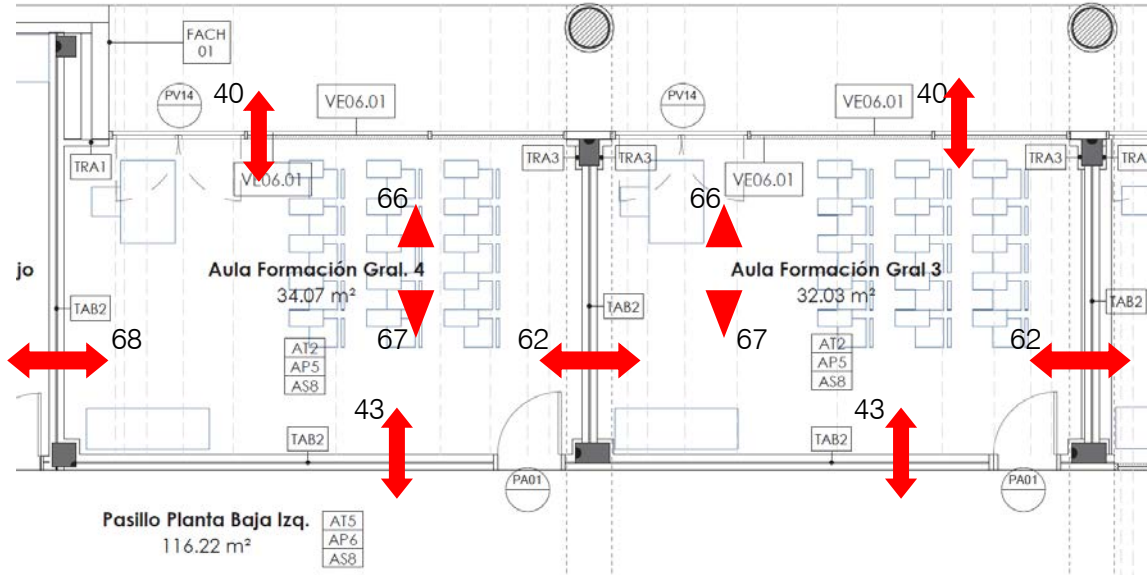
	Centros Bandas Frecuencias, Hz					
	125	250	500	1K	2K	4K
T, seg	0,46	0,43	0,41	0,40	0,42	0,41
Tmed	0,41					

AULAS DE FORMACION GENERAL 1 Y 2



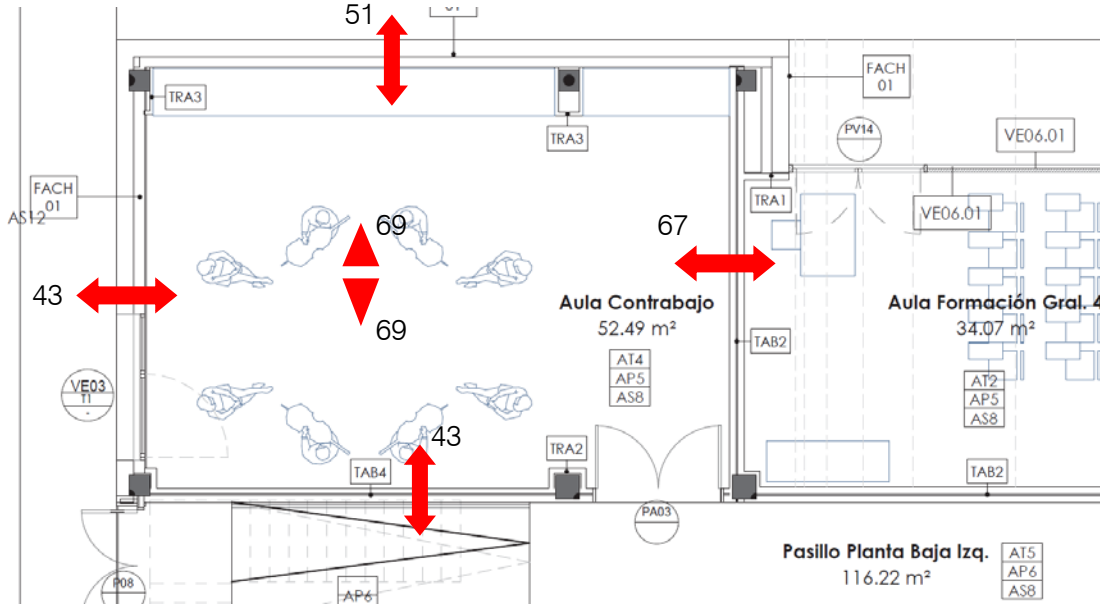
	Centros Bandas Frecuencias, Hz					
	125	250	500	1K	2K	4K
T, seg	0,53	0,50	0,47	0,46	0,48	0,46
Tmed	0,47					

AULAS DE FORMACION GENERAL 3 Y 4



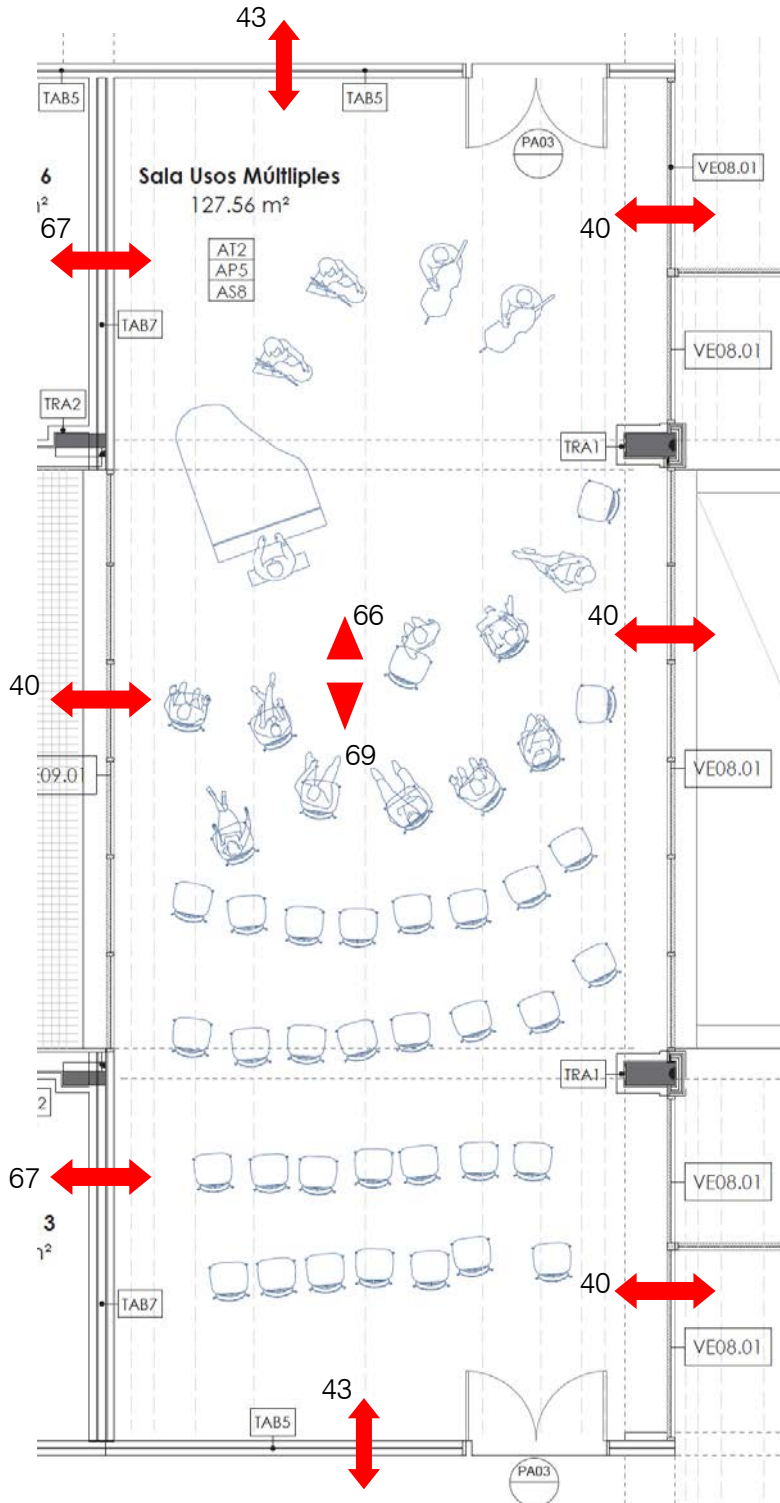
	Centros Bandas Frecuencias, Hz					
	125	250	500	1K	2K	4K
T, seg	0,54	0,50	0,47	0,46	0,48	0,46
Tmed	0,47					

AULAS CONTRABAJO



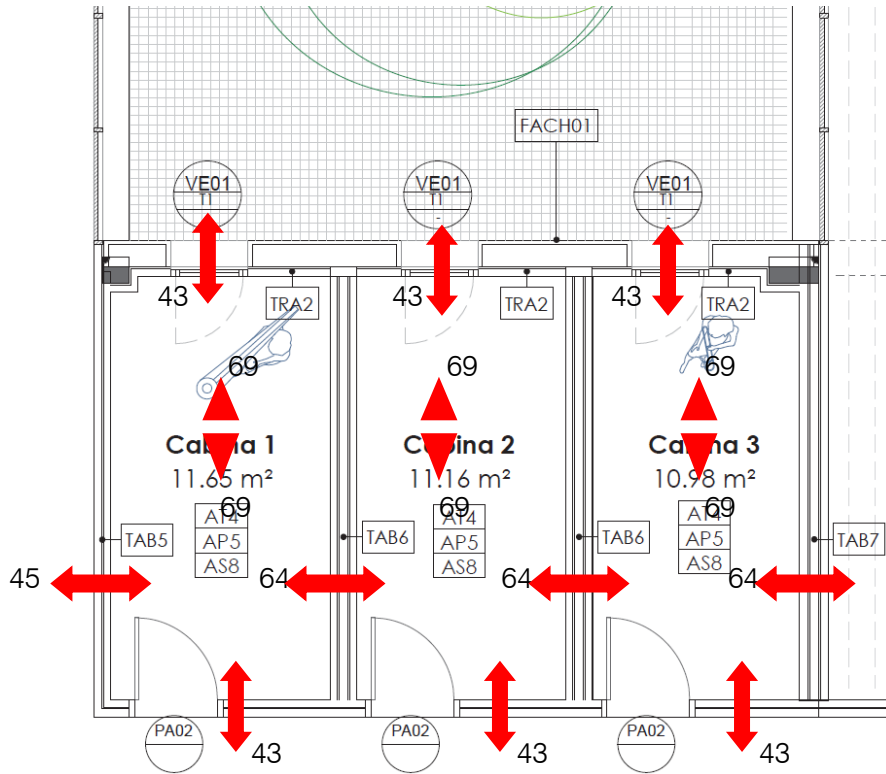
	Centros Bandas Frecuencias, Hz					
	125	250	500	1K	2K	4K
T, seg	0,53	0,50	0,47	0,46	0,48	0,46
Tmed	0,47					

SALA DE USOS MULTIPLES



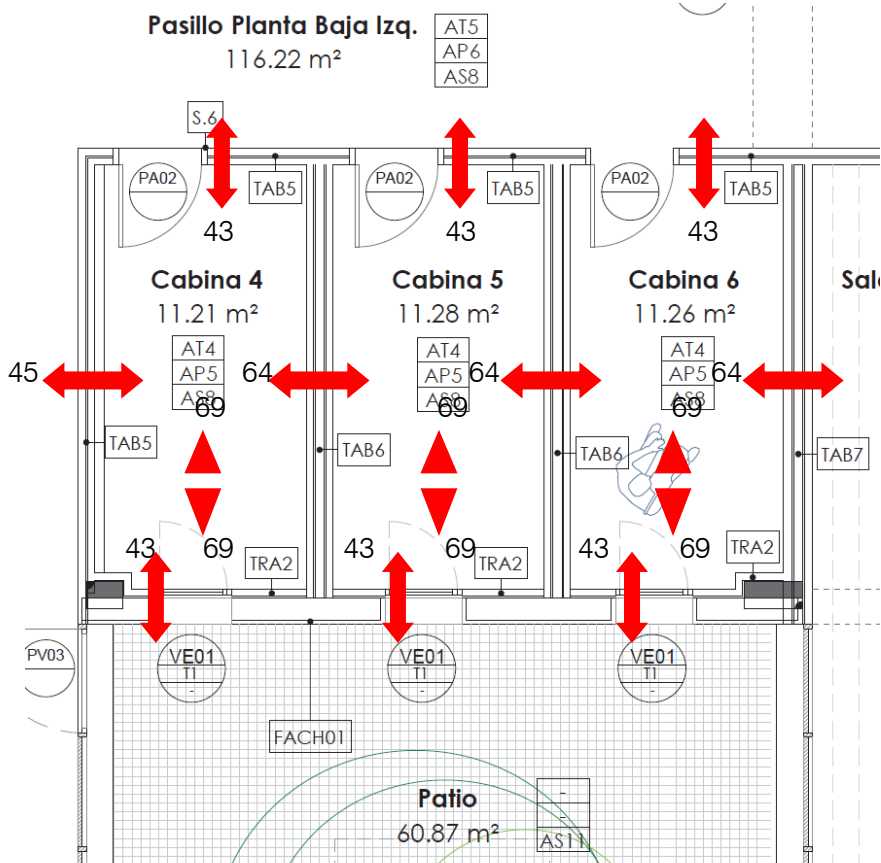
	Centros Bandas Frecuencias, Hz					
	125	250	500	1K	2K	4K
T, seg	0,54	0,50	0,47	0,46	0,48	0,46
Tmed				0,47		

CABINAS 1 A 3



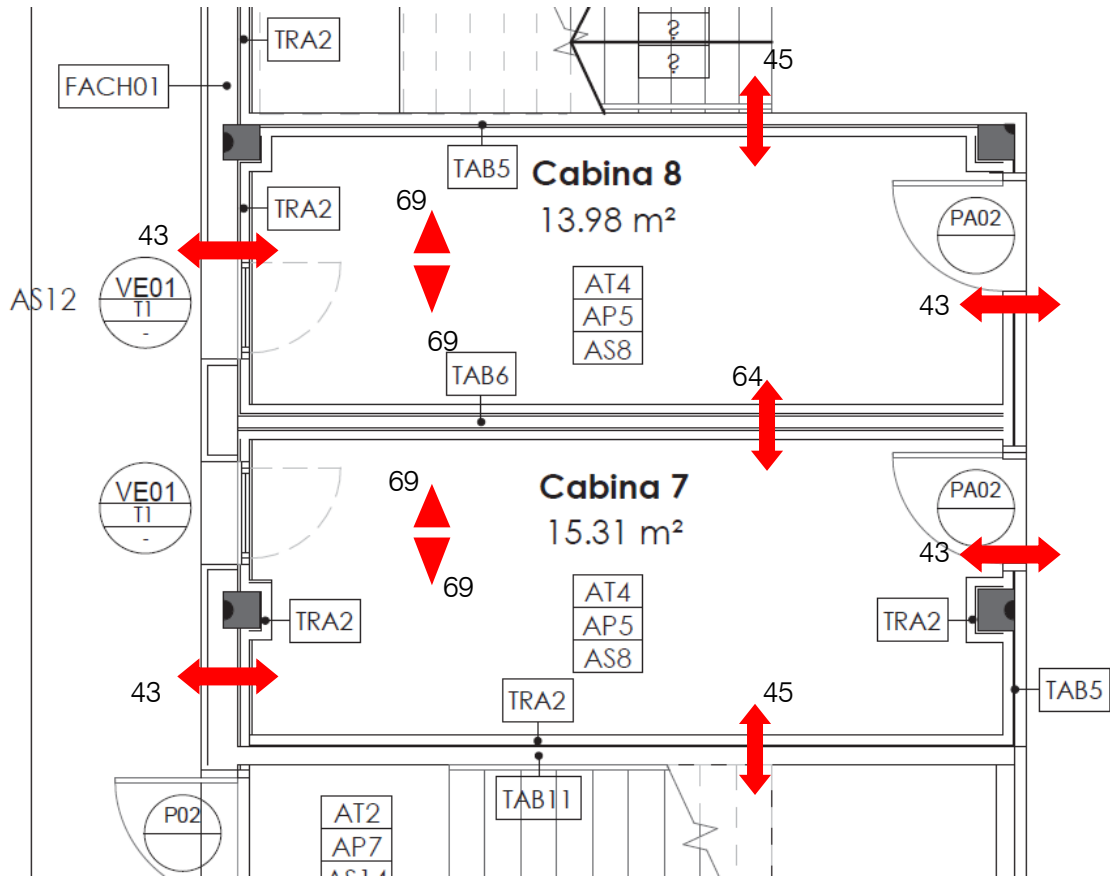
	Centros Bandas Frecuencias, Hz					
	125	250	500	1K	2K	4K
T, seg	0,53	0,50	0,47	0,46	0,48	0,46
Tmed			0,47			

CABINAS 4 A 6



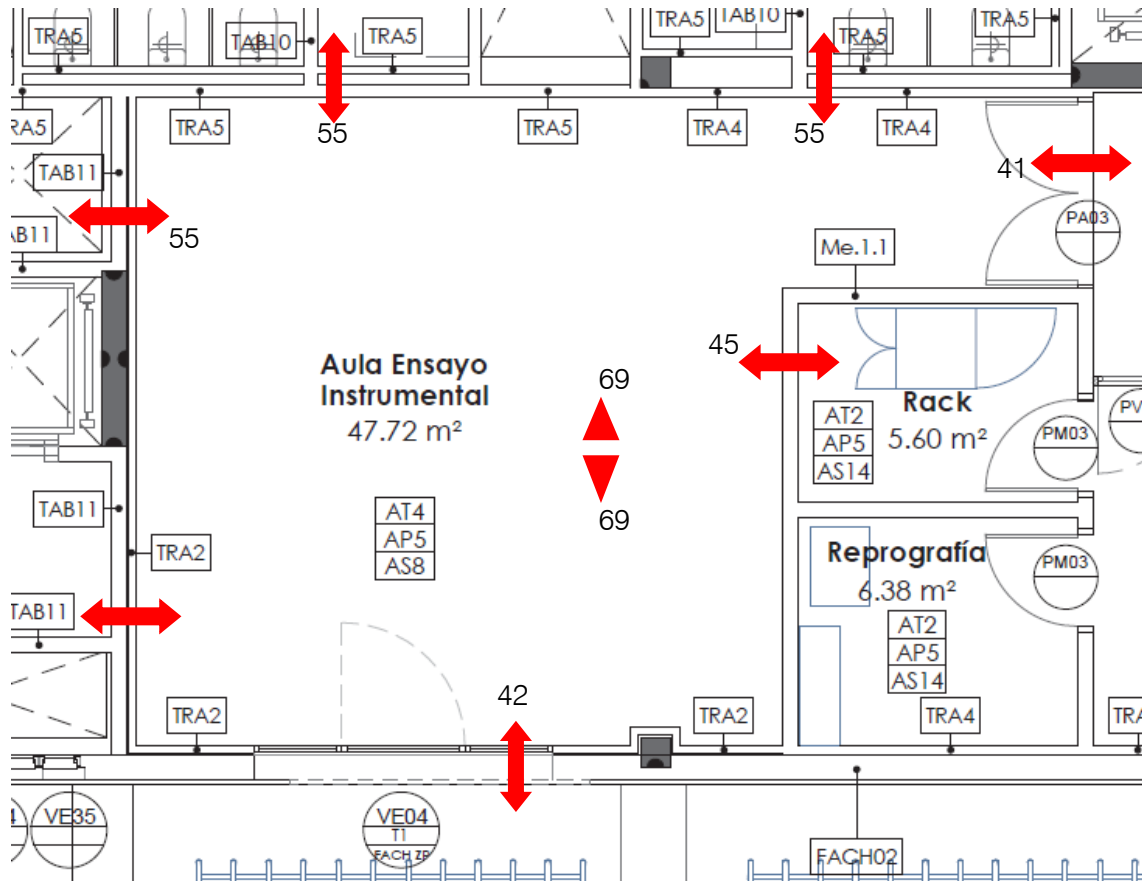
	Centros Bandas Frecuencias, Hz					
	125	250	500	1K	2K	4K
T, seg	0,53	0,50	0,47	0,46	0,48	0,46
Tmed				0,47		

CABINAS 7 A 8



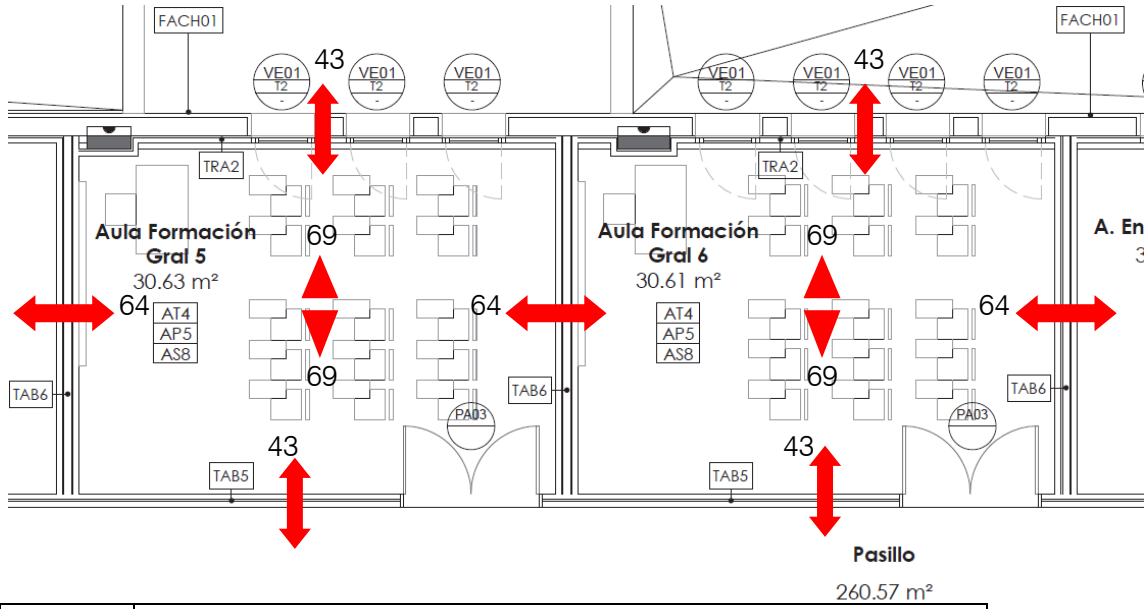
	Centros Bandas Frecuencias, Hz					
	125	250	500	1K	2K	4K
T, seg	0,55	0,51	0,48	0,46	0,48	0,47
Tmed			0,47			

AULA ENSAYO INSTRUMENTAL



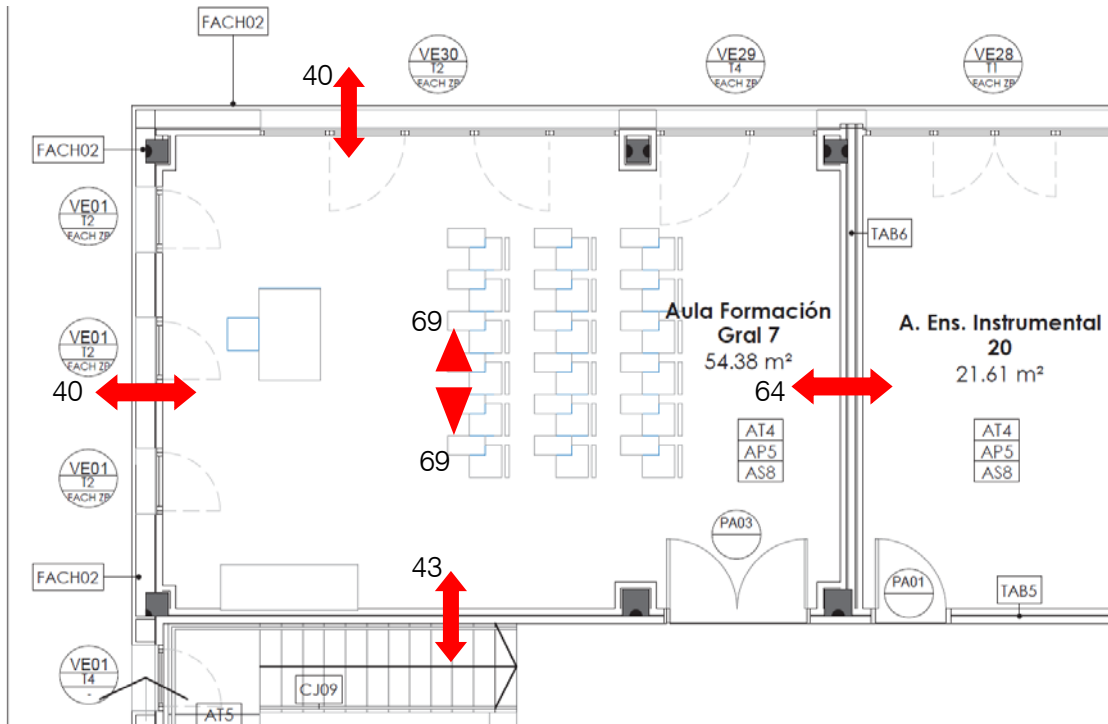
	Centros Bandas Frecuencias, Hz					
	125	250	500	1K	2K	4K
T, seg	0,54	0,51	0,47	0,46	0,48	0,46
Tmed	0,47					

AULA FORMACION GENERAL 5 Y 6



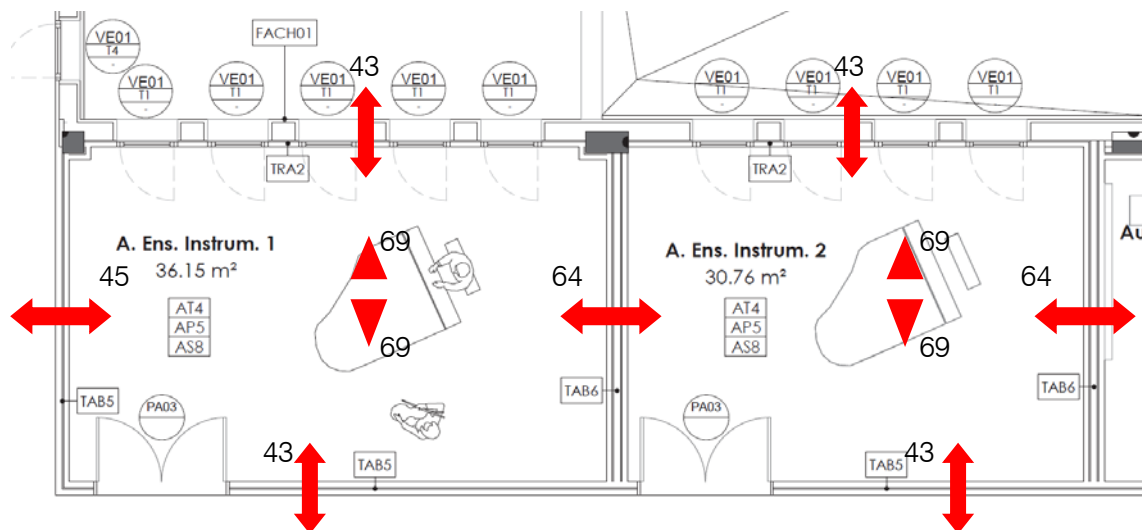
	Centros Bandas Frecuencias, Hz					
	125	250	500	1K	2K	4K
T, seg	0,64	0,58	0,52	0,50	0,51	0,50
Tmed	0,51					

AULA FORMACION GENERAL 7



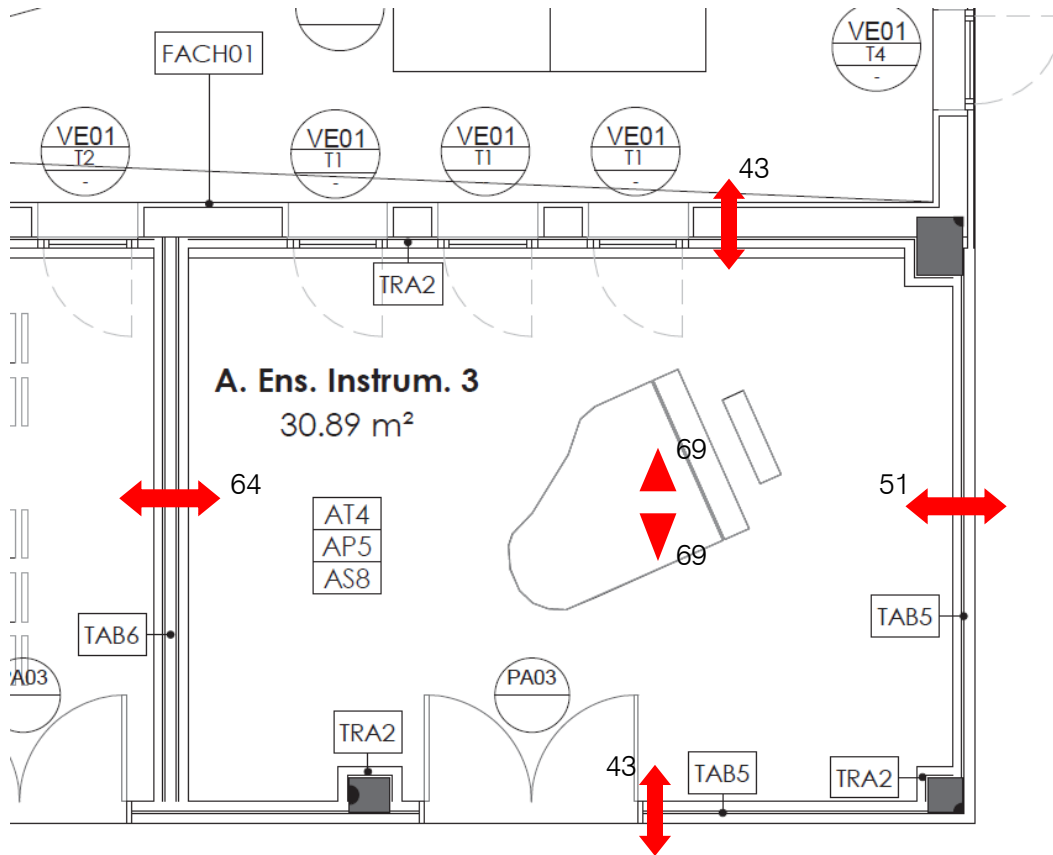
	Centros Bandas Frecuencias, Hz					
	125	250	500	1K	2K	4K
T, seg	0,58	0,53	0,49	0,47	0,49	0,48
Tmed	0,48					

AULA ENSEÑANZA INSTRUMENTAL 1 - 2



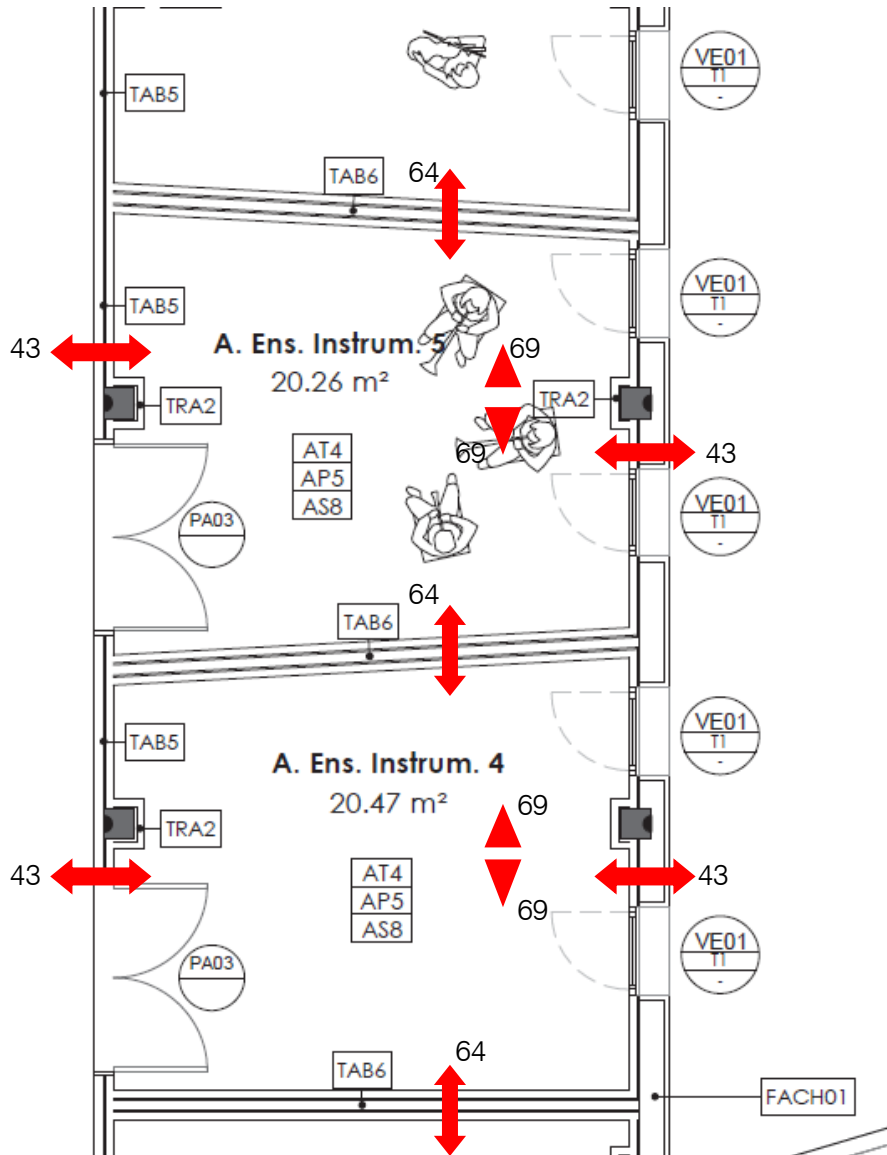
	Centros Bandas Frecuencias, Hz						
	125	250	500	1K	2K	4K	
T, seg	0,57	0,53	0,48	0,47	0,49	0,47	
Tmed			0,48				

AULA ENSEÑANZA INSTRUMENTAL 3



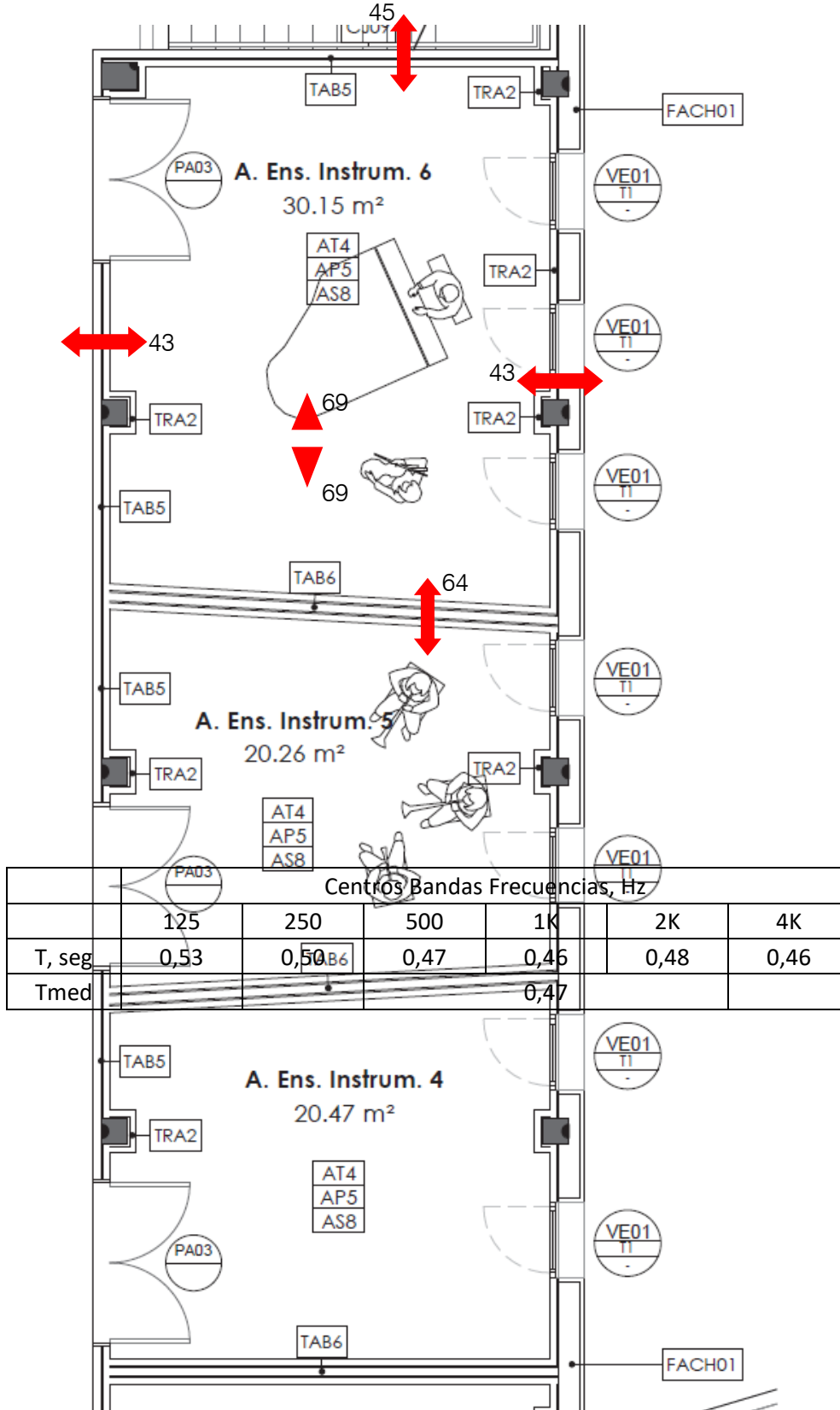
	Centros Bandas Frecuencias, Hz					
	125	250	500	1K	2K	4K
T, seg	0,56	0,52	0,48	0,47	0,48	0,47
Tmed	0,48					

AULA ENSEÑANZA INSTRUMENTAL 4 Y 5

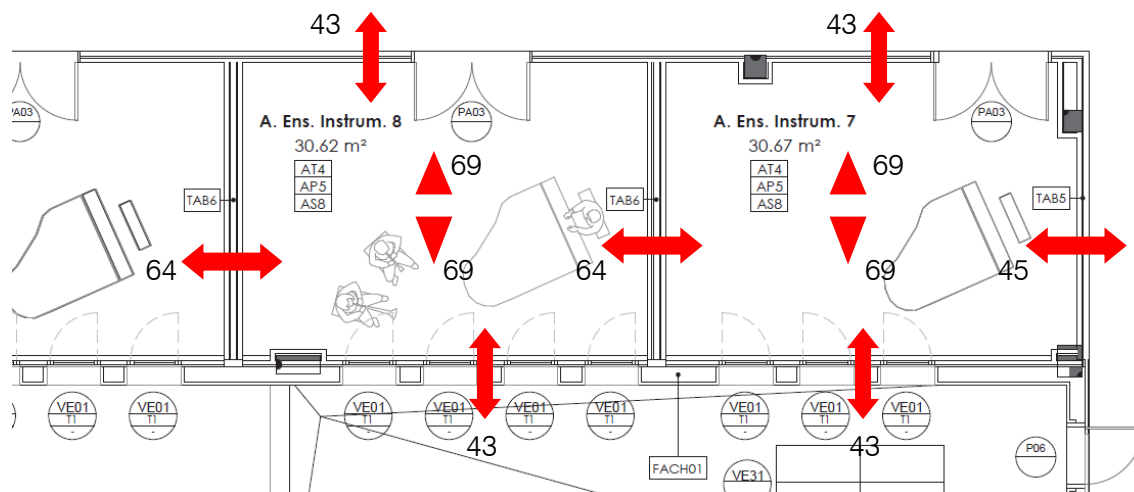


	Centros Bandas Frecuencias, Hz					
	125	250	500	1K	2K	4K
T, seg	0,49	0,47	0,44	0,44	0,46	0,45
Tmed			0,45			

AULA ENSEÑANZA INSTRUMENTAL 6

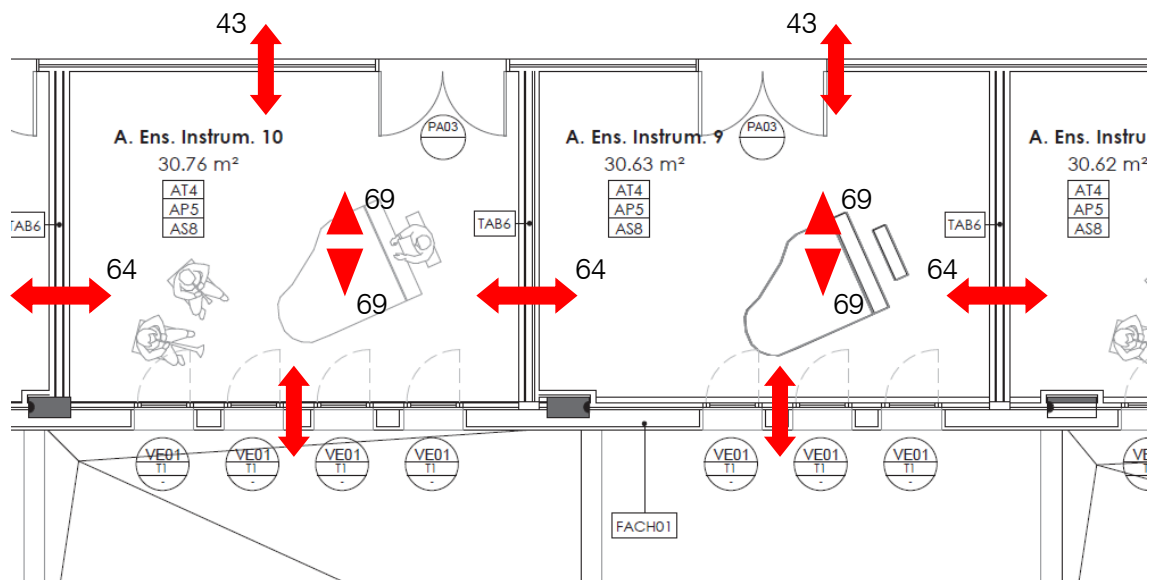


AULA ENSEÑANZA INSTRUMENTAL 7 Y 8



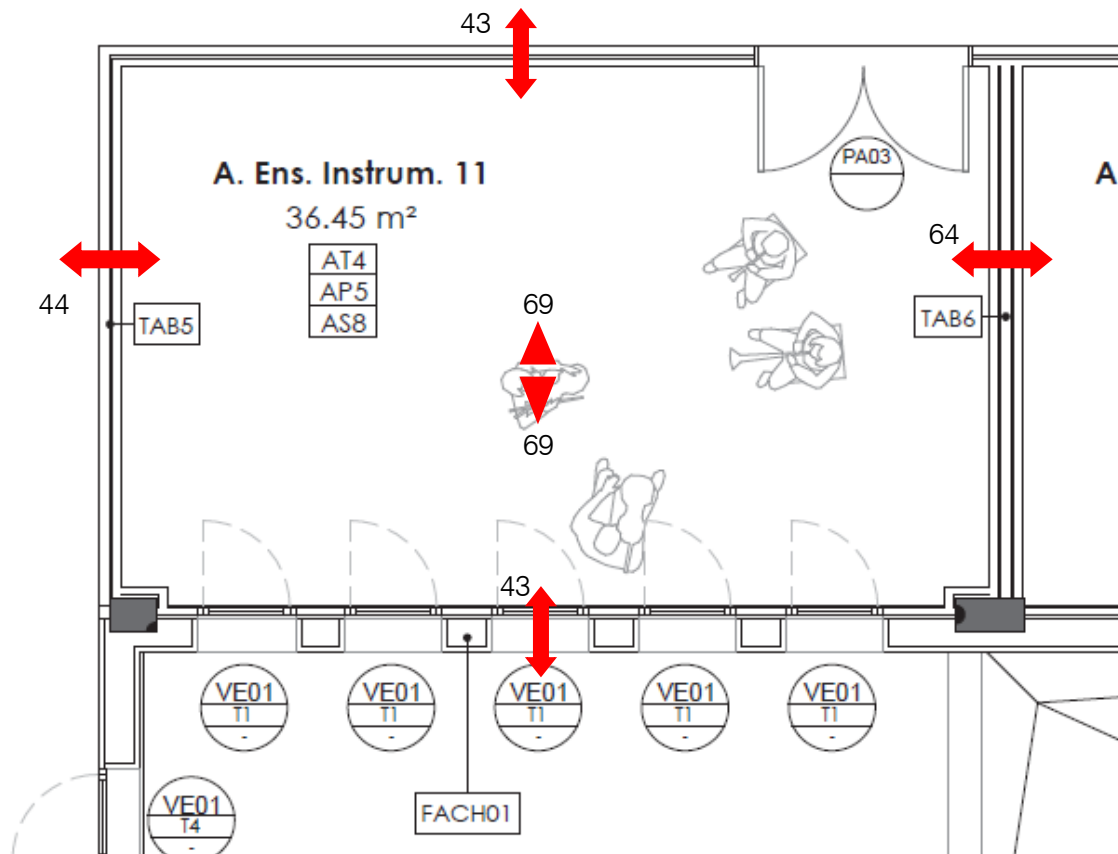
	Centros Bandas Frecuencias, Hz					
	125	250	500	1K	2K	4K
T, seg	0,53	0,50	0,47	0,46	0,48	0,46
Tmed			0,47			

AULA ENSEÑANZA INSTRUMENTAL 9 Y 10



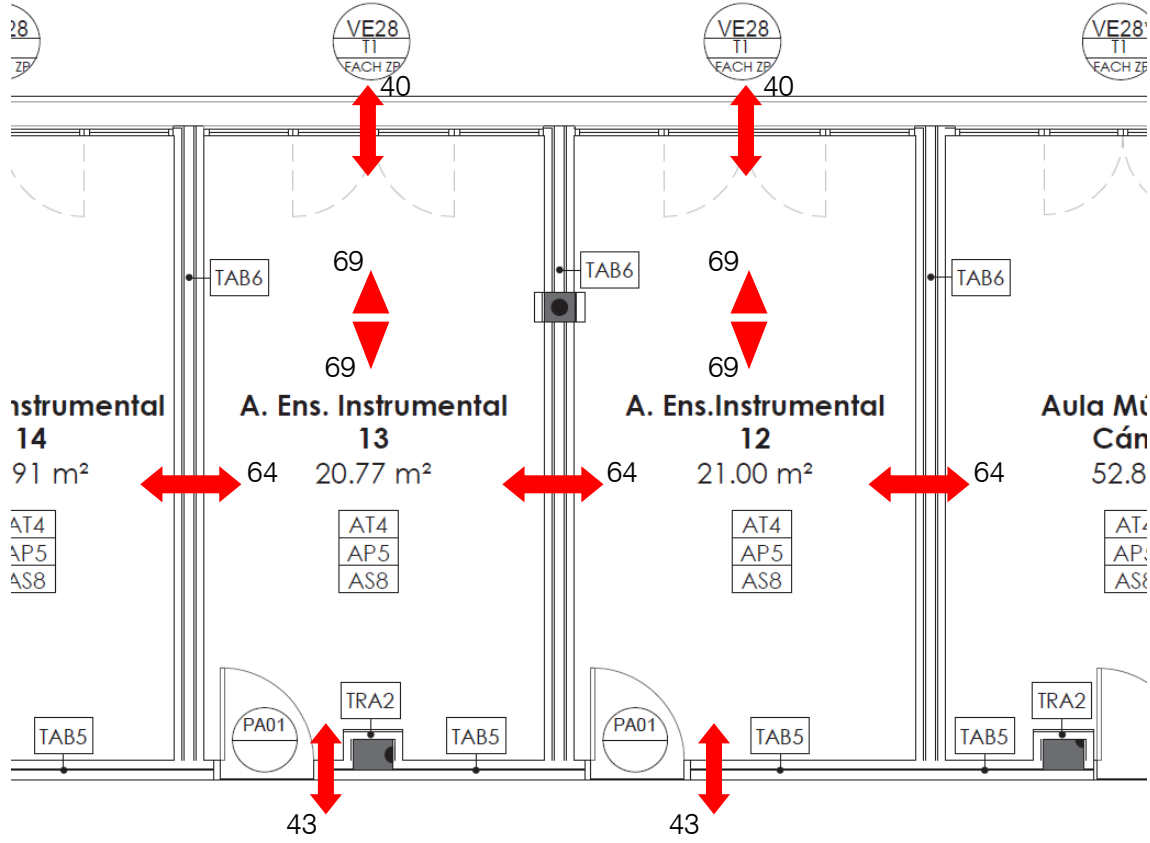
	Centros Bandas Frecuencias, Hz					
	125	250	500	1K	2K	4K
T, seg	0,53	0,50	0,47	0,46	0,48	0,46
Tmed	0,47					

AULA ENSEÑANZA INSTRUMENTAL 11



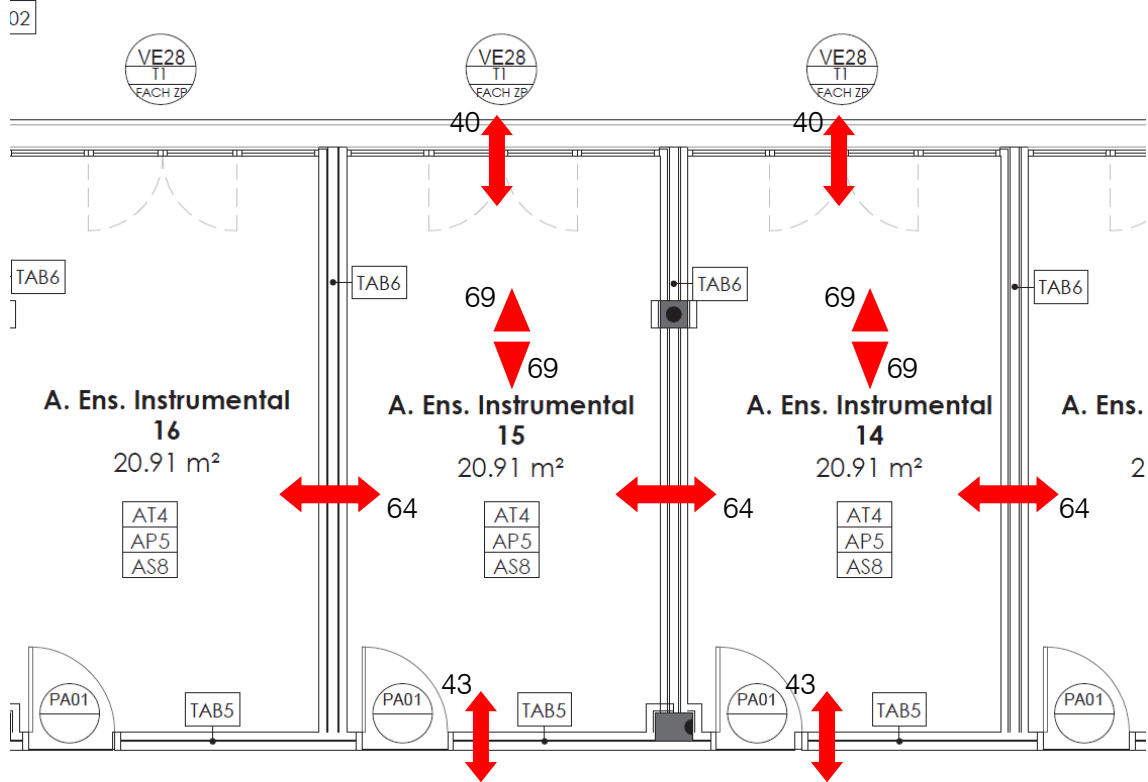
	Centros Bandas Frecuencias, Hz					
	125	250	500	1K	2K	4K
T, seg	0,57	0,53	0,49	0,47	0,49	0,47
Tmed	0,48					

AULA ENSEÑANZA INSTRUMENTAL 12 Y 13



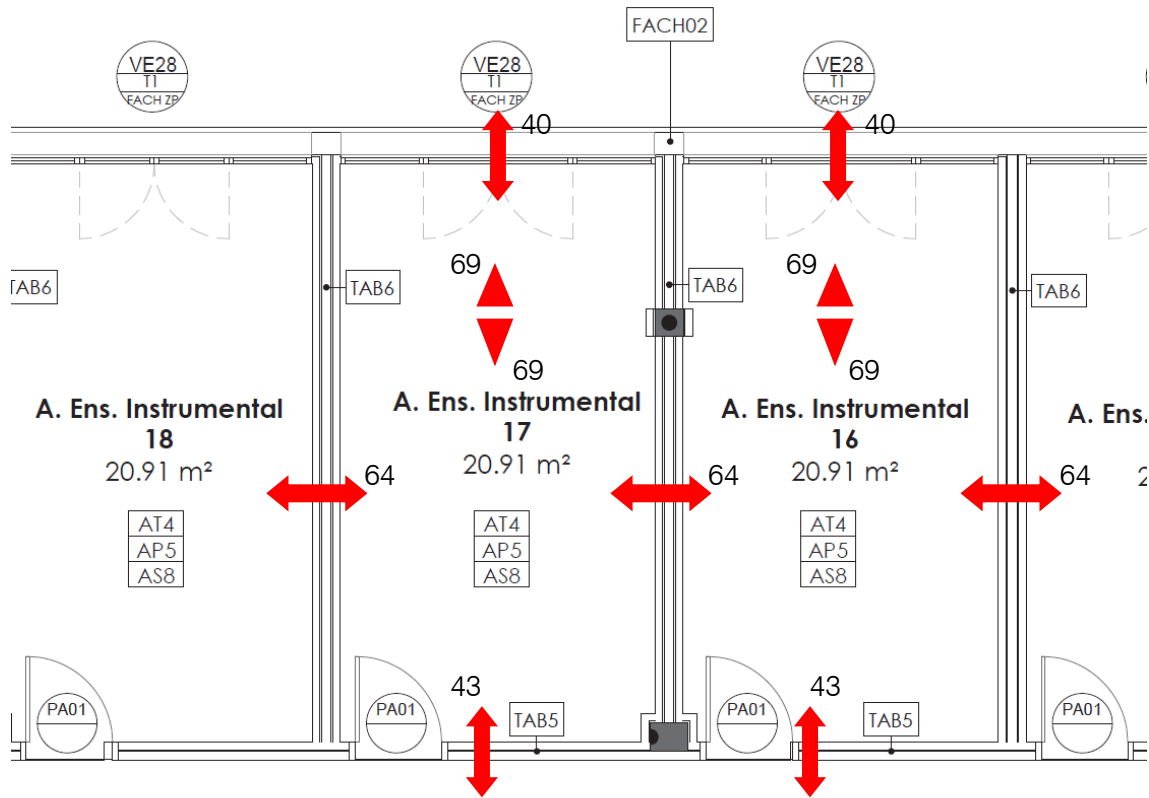
	Centros Bandas Frecuencias, Hz					
	125	250	500	1K	2K	4K
T, seg	0,48	0,46	0,44	0,44	0,46	0,44
Tmed	0,45					

AULA ENSEÑANZA INSTRUMENTAL 14 Y 15



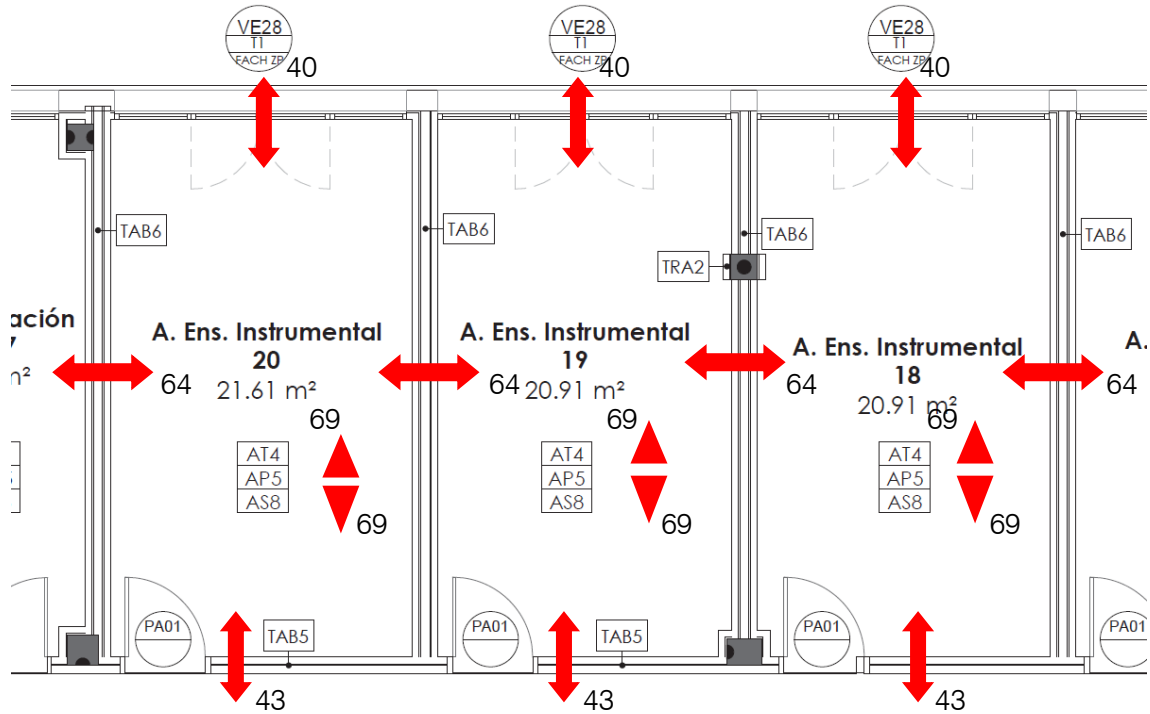
	Centros Bandas Frecuencias, Hz					
	125	250	500	1K	2K	4K
T, seg	0,48	0,46	0,44	0,44	0,46	0,44
Tmed	0,45					

AULA ENSEÑANZA INSTRUMENTAL 16 Y 17



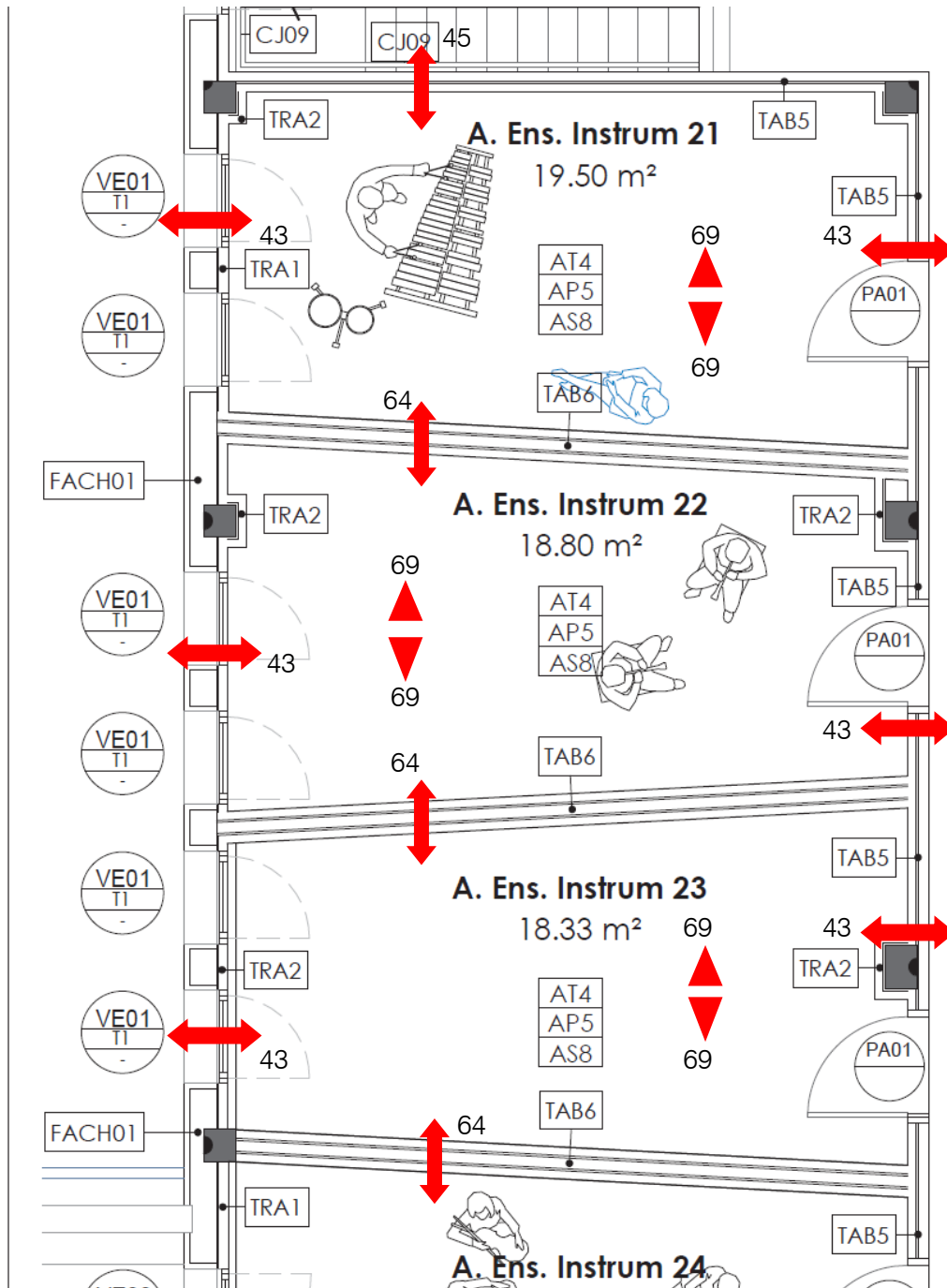
	Centros Bandas Frecuencias, Hz					
	125	250	500	1K	2K	4K
T, seg	0,48	0,46	0,44	0,44	0,46	0,44
Tmed	0,45					

AULA ENSEÑANZA INSTRUMENTAL 18-19-20



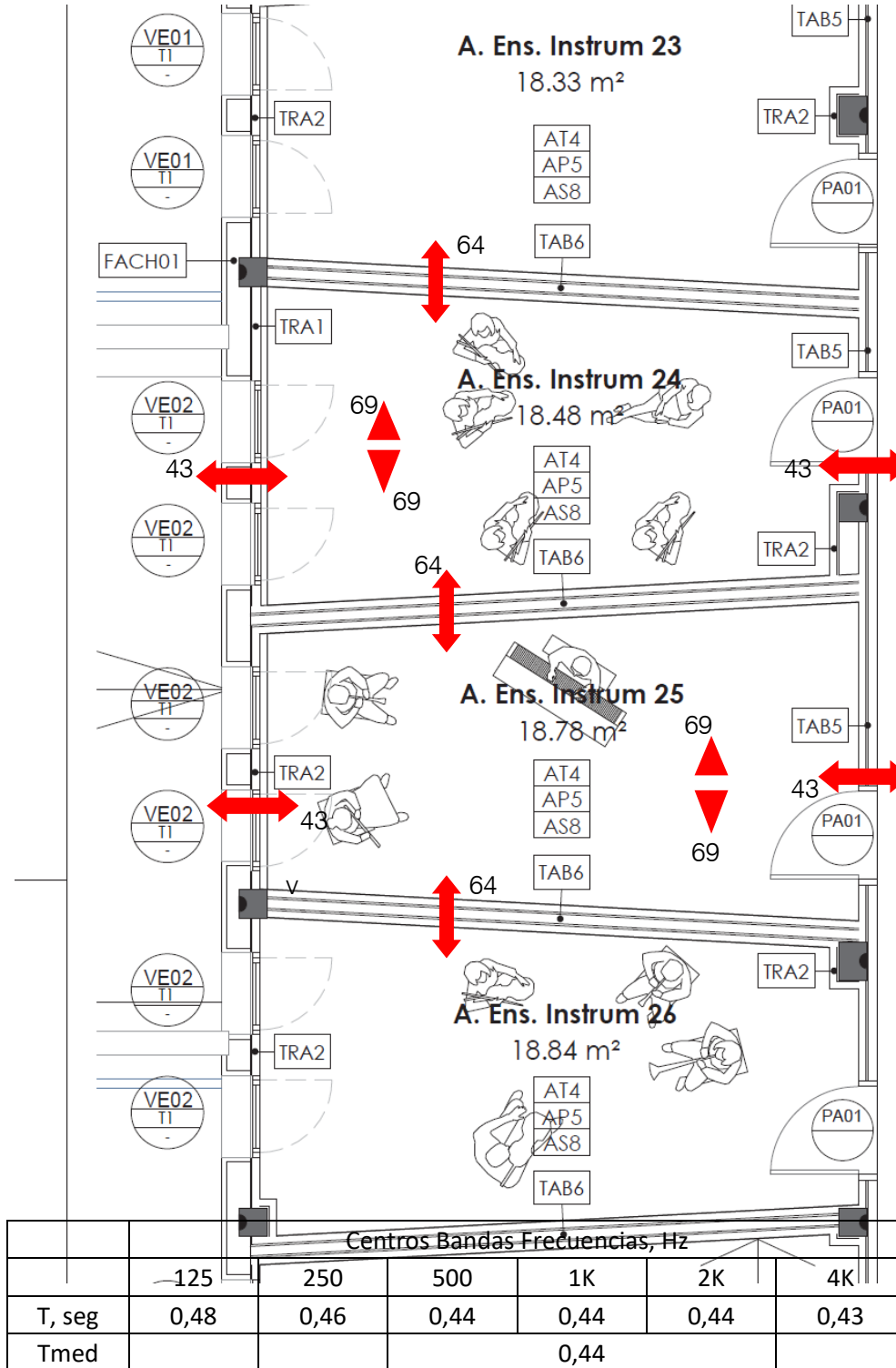
	Centros Bandas Frecuencias, Hz					
	125	250	500	1K	2K	4K
T, seg	0,48	0,46	0,44	0,44	0,46	0,44
Tmed			0,45			

AULA ENSEÑANZA INSTRUMENTAL 21-22-23

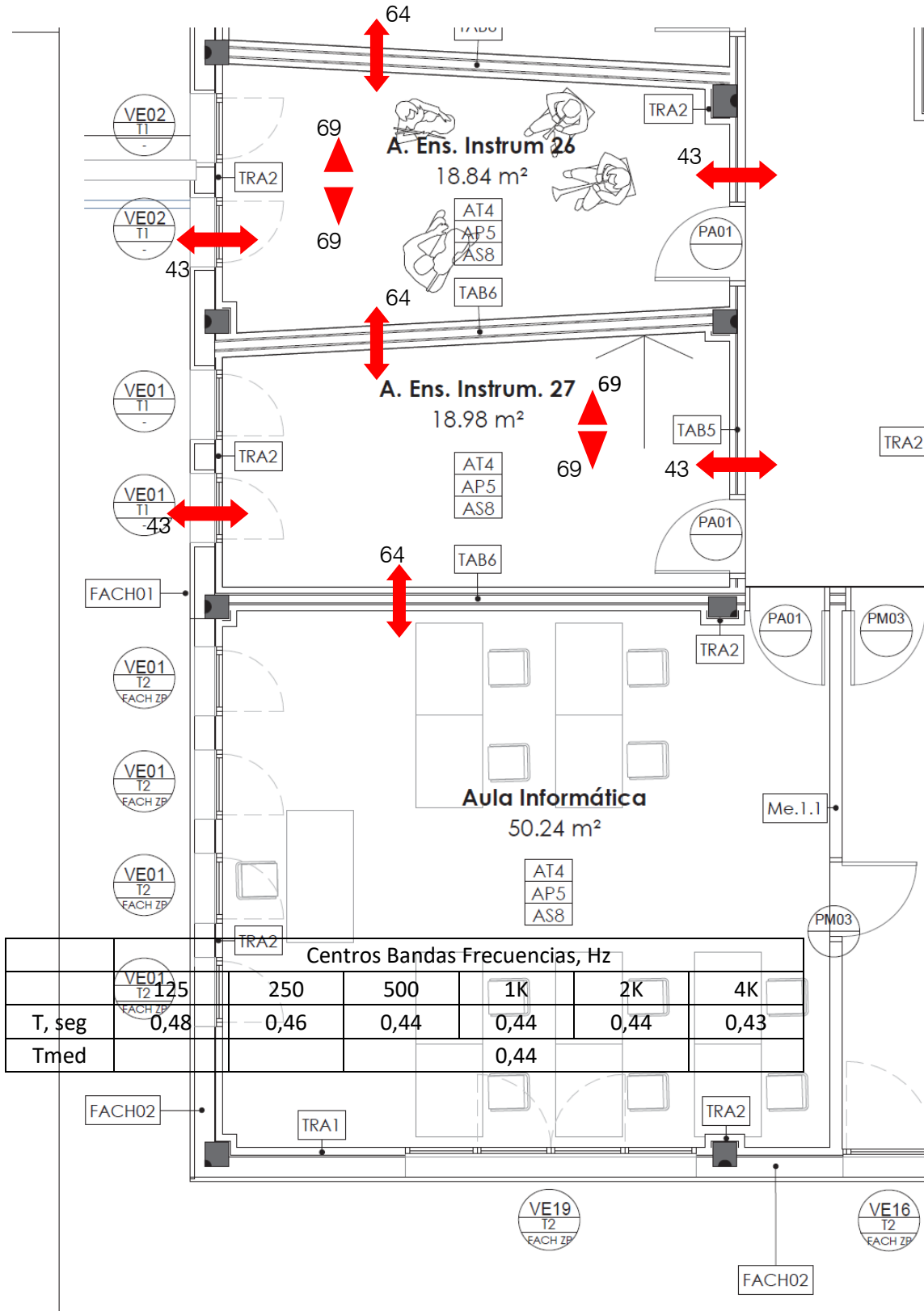


	Centros Bandas Frecuencias, Hz					
	125	250	500	1K	2K	4K
T, seg	0,48	0,46	0,44	0,44	0,46	0,44
Tmed				0,44		

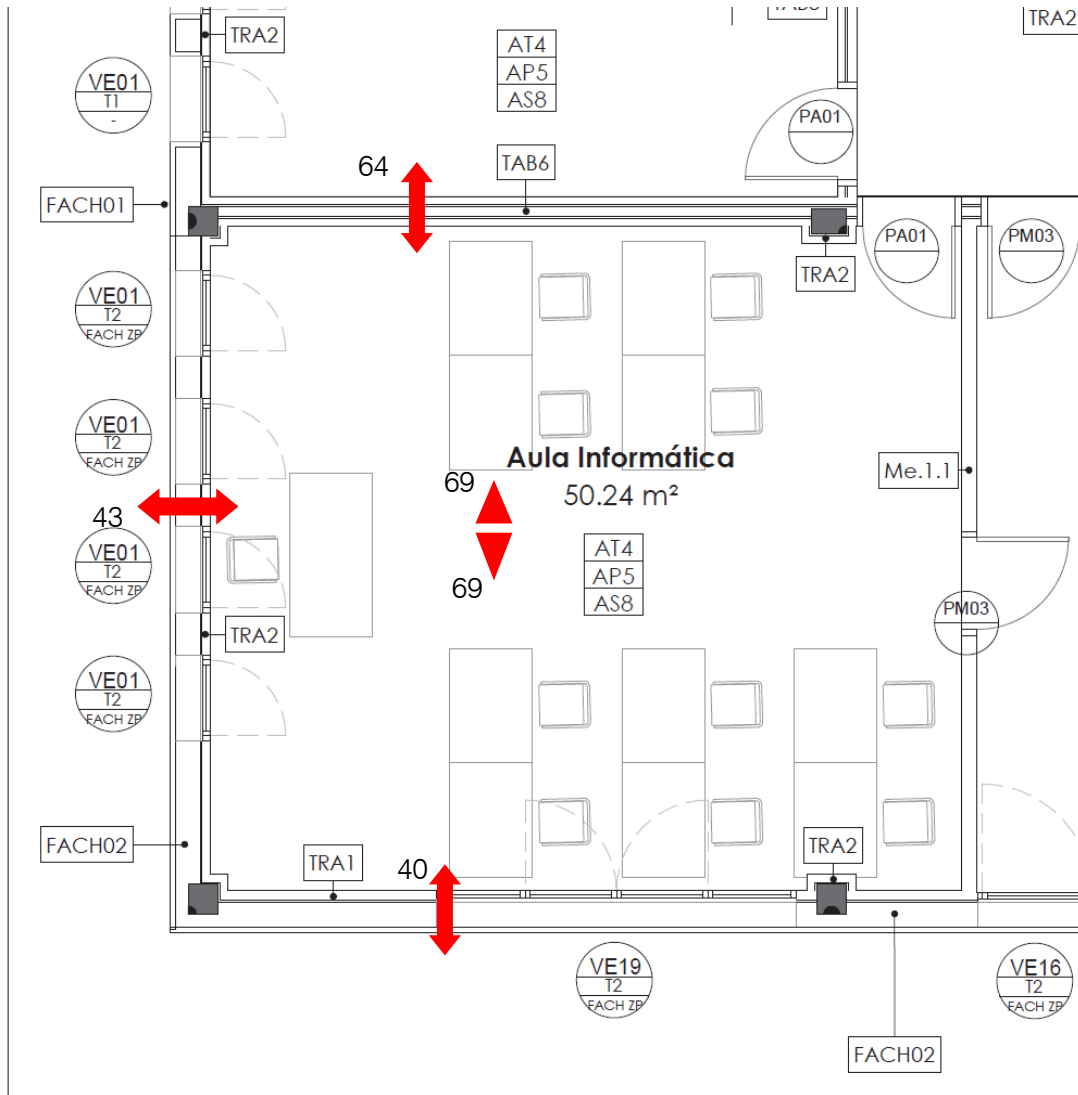
AULA ENSEÑANZA INSTRUMENTAL 24-25



AULA ENSEÑANZA INSTRUMENTAL 26-27

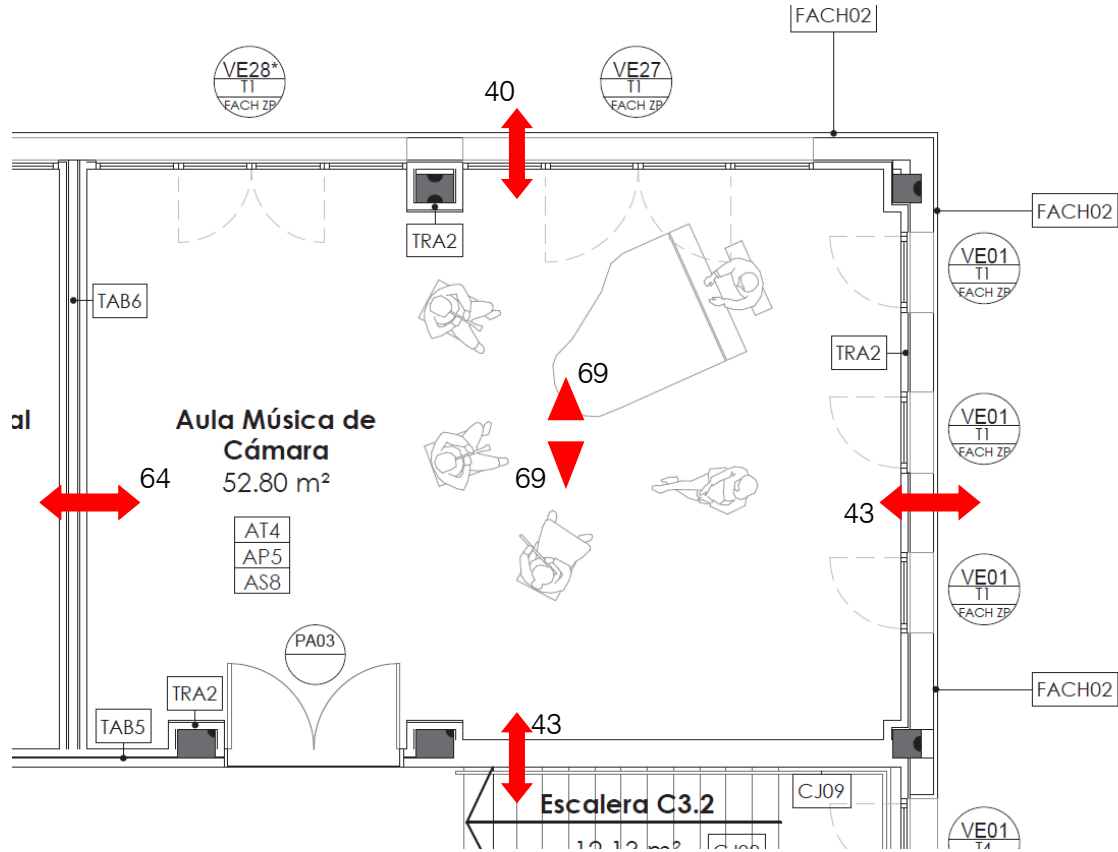


AULA INFORMATICA



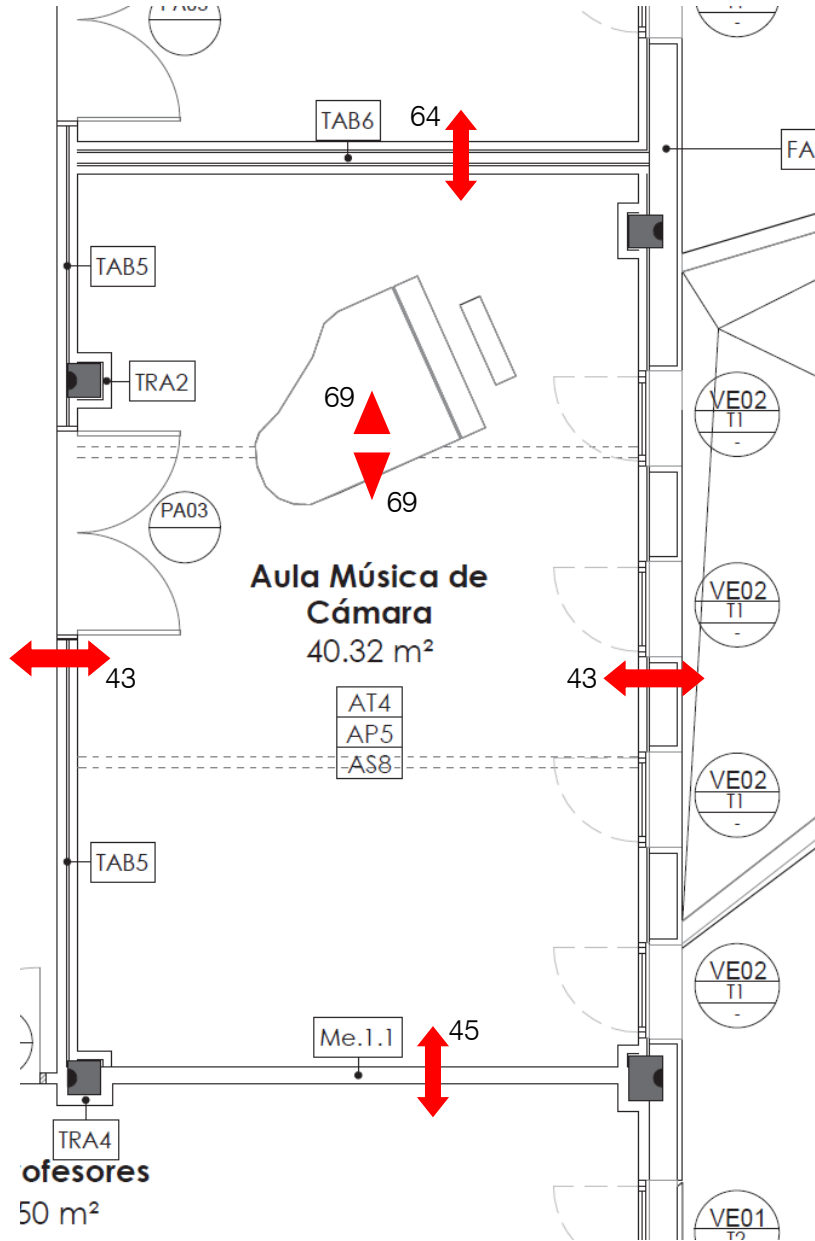
	Centros Bandas Frecuencias, Hz					
	125	250	500	1K	2K	4K
T, seg	0,60	0,55	0,50	0,48	0,49	0,48
Tmed			0,49			

AULA DE MUSICA DE CAMARA



	Centros Bandas Frecuencias, Hz					
	125	250	500	1K	2K	4K
T, seg	0,61	0,55	0,50	0,49	0,50	0,49
Tmed	0,50					

AULA DE MUSICA DE CAMARA



	Centros Bandas Frecuencias, Hz					
	125	250	500	1K	2K	4K
T, seg	0,57	0,53	0,49	0,47	0,49	0,47
Tmed				0,48		

