



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO DE TELECOMUNICACIÓN,  
ESPECIALIDAD EN SONIDO E IMAGEN

Título del proyecto:

“Teatros y auditorios de gran capacidad.  
Características técnicas y acústicas”

Departamento de Física

Alumno: Juan Cetina Panzano

Tutor: Ricardo Sanmartín Murugarren

Pamplona, Febrero de 2015



# ÍNDICE

1. Introducción: .....	3
1.1. Objetivo .....	3
1.2. Antecedentes .....	3
1.3. Introducción histórica recintos europeos.....	3
1.4. Estado actual recintos escénicos españoles.....	5
1.5. Introducción Teórica .....	9
1.5.1. Campo Sonoro en recintos .....	9
1.5.2. Materiales para acondicionamiento acústico .....	14
1.5.3. Parámetros característicos .....	16
2. Guía previa de modelado en Sketch Up: .....	18
2.1. Introducción .....	18
2.2. Herramientas para modelado de una sala .....	19
2.3. Pasos para realizar el modelado .....	21
3. Simulación de los Auditorios .....	26
3.1. Auditorios Simulados .....	27
3.2. Protocolo general de simulación de los auditorios .....	29
3.2.1. Introducción y creación espacio de trabajo .....	29
3.2.2. Características y dimensiones del modelo.....	30
3.2.3. Asignación de los materiales y coeficientes de difusión.....	30
3.2.4. Global Estimate .....	32
3.2.5. Receptores y parámetros de cálculo .....	32
3.2.6. Tiempo de Reverberación QuickEstimate .....	32
3.2.7. Simulación Receptor Central y Malla .....	34
3.2.8. Archivo para receptores multipunto .....	34
3.2.9. Simulaciones multipunto .....	37
3.2.10. Repetición para recintos ocupados .....	37
4. Recopilación de los datos .....	37
4.1. Herramienta para la base de datos en Excel .....	37



5. Análisis de los datos .....	39
5.1. Análisis técnico general de los auditorios .....	39
5.2. Análisis acústico general de los recintos .....	43
5.2.1. Comparación entre tipos de simulación en Odeon .....	43
5.2.2. Características acústicas de los recintos .....	46
5.2.3. Gráficas de interés de la BBDD propia .....	53
5.3. Comparativa con BBDD de L. Beranek. ....	57
6. Conclusiones .....	62
7. Bibliografía .....	63
8. Anexos .....	64
8.1. Anexo 1: Fichas técnicas de los recintos .....	64
8.2. Anexo 2: Tablas de la base de datos .....	130
9. Índice de contenidos .....	131



# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Objetivo

Realizar el modelado en 3D y simular acústicamente los recintos acústicos españoles con aforo superior a 1000 personas.

En base a las simulaciones realizadas y las características técnicas pertenecientes a cada recinto, estimar y reflejar el estado actual de los recintos escénicos españoles comparando éstos con otros recintos internacionales de características similares.

Analizar estadísticamente los valores obtenidos de los parámetros acústicos a estudiar y proponer conclusiones generalizadas del conjunto de recintos estudiados.

Plasmar y reflejar todos los resultados en una guía, base de datos o similar, que posteriormente servirá de fuente de información y base de datos de todos estos recintos.

## 1.2. Antecedentes

El desarrollo de este proyecto viene motivado por la idea de realizar una guía en la que queden plasmados los datos técnicos y acústicos de los recintos de gran capacidad en España, a modo de tener una idea generalizada de las cualidades de los recintos escénicos en España, similar al trabajo que realizó Leo Beranek estudiando los diversos recintos internacionales.

## 1.3. Introducción histórica recintos europeos

La arquitectura escénica en España ha evolucionado de forma similar a la arquitectura Europea aunque, por lo general, algo retrasada respecto al resto de países que conforman la Unión Europea. Esta arquitectura, se puede dividir en tres etapas principales atendiendo al desarrollo de la constitución y construcción de ésta.

En la primera etapa, comprendida hasta los primeros pasos renacentistas, que es lo que hoy conocemos como acústica escénica, se inició en los teatros de la antigua Grecia. Su construcción se llevaba a cabo en las laderas de las montañas, no solo para permitir una buena visión de las escenas representadas sino para reducir el ruido de fondo e impedir rebotes acústicos del sonido a los espectadores. También, en los teatros de la antigua Roma, que se dieron a conocer por su grandeza y construcción superior a los de Grecia, algunas de estas diferencias eran muy notables en la acústica.

Las construcciones romanas trataban de envolver al público, dotando de gran espacialidad al recinto con su forma, aumentando las pendientes de las gradas para el público. Posteriormente, en la época del medievo, las representaciones escénicas se trasladaron al interior de la ciudad, plazas públicas, recintos abiertos..., porque dotaban de una mayor accesibilidad al público y a las representaciones de esos tiempos, por esto, las preocupaciones por la acústica desaparecieron.



Durante la segunda etapa, con el Renacimiento, hasta mitad del s. XIX, se desarrolla el denominado teatro a la italiana, de gran influencia en nuestra cultura teatral, y en general escénica, donde ya se incorporan diversos conocimientos acústicos y algunas pautas estéticas en torno a la construcción de dichos recintos. Una de las principales novedades que se produce es el cambio de ubicación, ya que la mayoría de representaciones pasan a ser en recintos cerrados.

Por primera vez aparece el fenómeno denominado reverberación, derivado de las múltiples reflexiones de las ondas sonoras en las diferentes superficies que cierran los recintos, que provocaba grandes problemas por pérdida de inteligibilidad del sonido. Además, debido a la reducción considerable del tamaño de los recintos, se consiguió aumentar el nivel sonoro percibido por los espectadores y así albergar una mejor distribución sonora en la sala, mucho más homogénea. En esta época, también tuvo lugar el desarrollo de la perspectiva, dando lugar a bonitas formas arquitectónicas, aunque en algunos casos, éstas contribuían a empeorar las condiciones acústicas de los espacios escénicos.

Fue unos cuantos años más tarde, en la época conocida como Barroco, cuando la música en los espectáculos escénicos empieza a adquirir una gran importancia. En estos recintos barrocos, va ganando importancia el espacio destinado a los músicos, las proporciones de los teatros varían y las paredes y techos adquieren más importancia como elementos reflectantes o absorbentes del sonido, también los palcos y plateas actuaban como difusores del sonido, al igual que las butacas y las decoraciones instaladas. Es en estos tiempos, cuando se empieza a utilizar la madera con cámara de aire para el revestimiento de paredes y techos de los recintos con el fin de modificar las condiciones acústicas de éstos.

Finalmente, la tercera etapa corresponde a la del teatro contemporáneo hasta nuestros días (continuación del siglo XIX) que es cuando se construyen la mayoría de recintos escénicos que hoy en día existen en Europa y España, y que aparecen en variados y diferentes modelos escénicos debido a las nuevas corrientes y espectáculos registrados en Europa y en todo el mundo en general.

Es precisamente en Francia, a mediados del s. XVIII, donde se produce el desarrollo más importante a nivel de proyectos de teatros y recintos escénicos, uno de ellos es la conocida Ópera de Versalles, donde el proyecto es maravilloso tanto espacialmente como acústicamente por razones como que el tamaño era una conjunción entre grande-pequeño y el magnífico tratamiento de los materiales utilizados para su construcción. Se propuso, desde entonces, la forma oval para los teatros, considerándola como la forma ideal para la acústica de los recintos debido al gran recorrido de las reflexiones que se producen cuando la fuente sonora está situada en uno de los focos.

El motivo de tal error (conocido posteriormente) se debía al considerar que las superficies cóncavas son acústicamente mejores que las convexas ya que éstas concentran y guardan el sonido mientras que las otras lo dispersan, pero esos malos resultados no tenían gran repercusión ya que otros diversos efectos reducían considerablemente el efecto focalizador que esto producía. Posteriormente, unos años después, los arquitectos neoclásicos tuvieron el deseo de transformar los palcos y galerías de los recintos escénicos en anfiteatros como el Teatro de Besançon (1789).



Más tarde, en el siglo XIX, los recintos empezaron a ser mas grandes, y a consecuencia de ello, con mayor reverberación. Las salas debían de ser también mas estrechas, para evitar grandes reflexiones laterales y así mantener una adecuada inteligibilidad, claridad y sensación espacial a la hora de albergar las escenificaciones. Con esta serie de innovaciones, se podría decir que se dio a conocer lo que hoy en día conocemos como el teatro moderno, con dos salas muy significantes e importantes construidas en este periodo, el Grosser Musikereinsaal de Viena y el Concertgebouw de Amsterdam, que están consideradas hoy en día como dos de las tres salas con mejores condiciones técnicas y acústica en todo el mundo. El tercer recinto, es la sala Symphony Hall de Boston, construida algo más tarde, en el siglo XX.

#### 1.4. Estado actual de los recintos españoles

En los últimos años, se ha producido un salto cuantitativo y cualitativo en los recintos escénicos en España. No sólo se han recuperado y actualizado la mayoría de los recintos escénicos existentes, sino que también se han construido un número elevado de éstos. La actividad escénica, se ha extendido en la totalidad de ciudades del país y este salto, ha producido inevitablemente un cambio gradual notable en la arquitectura.

La construcción y arquitectura en España ha sufrido un gran cambio ya que se han construido gran variedad de recintos escénicos sin grandes estudios que aporten gran información sobre la manera de construirlos desde el punto de vista escénico y acústico. Este problema ha llevado a la aparición de diversas industrias y constructores que han decidido dedicar ampliamente su trabajo en torno al tema de los recintos escénicos. Uno de los temas que más interés ha despertado es el de las condiciones acústicas de los recintos a construir.

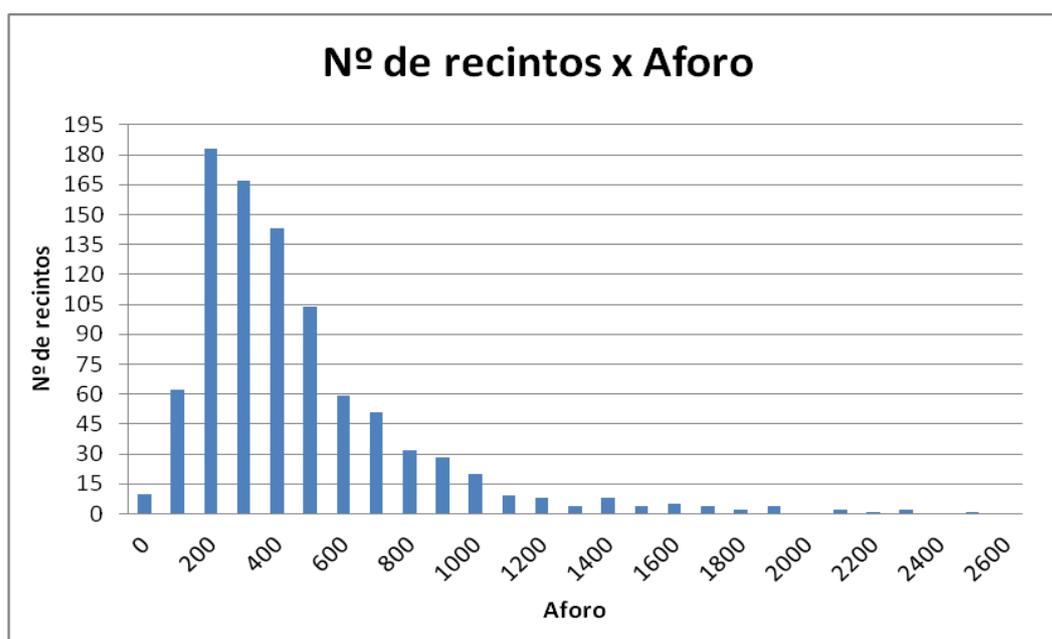
Desde 1980, la investigación sobre la acústica en los recintos ha progresado considerablemente, sobre todo en auditorios y salas de conciertos. Sin embargo, no existen muchos estudios que aborden un análisis general de un conjunto de salas para conseguir unas conclusiones globales que puedan caracterizarlas y precisar en el conocimiento de ingenieros y arquitectos, para la construcción y remodelación de otros recintos dedicados a las artes escénicas. Aun así, ha habido algunos expertos a nivel mundial que han trabajado y colaborado estrechamente para realizar estos estudios, como J.S. Bradley, Michael Barron, Leo Beranek y más recientemente Takayuki Hidaka.

A partir de los años 80 del pasado siglo, debido a la rápida evolución tecnológica y a los modernos programas informáticos de simulación del campo sonoro en el interior de recintos, se ha podido avanzar notablemente respecto al estudio acústico y el impacto de las fuentes sonoras en los diferentes recintos escénicos. El paso siguiente ha sido la aparición de un sistema de generación de sonido virtual, que permite la simulación de la audición del oyente en cualquier punto de un recinto construido o no, a través de los planos estructurales y modelación en 3D de los recintos. Esto es lo que se conoce actualmente como AURALIZACIÓN.

En España, hay una correcta distribución escalonada del número de recintos existentes en cada ciudad en función de su número de habitantes, así pues, Madrid sería la mayor representante con más de 14 recintos con capacidad para albergar más de 1000 personas de aforo, seguida de ciudades como Barcelona (7), Valencia y Zaragoza(4), Bilbao(3), Oviedo(3) y alguna ciudad más pequeña como Pamplona y Salamanca (2) las cuales, no llegan a una población de 200.000 habitantes.

También tenemos algunos puntos de referencia de estos recintos de gran capacidad en algunas ciudades más pequeñas, con menos de 100.000 habitantes, como Santiago de Compostela, que tiene 2 recintos de estas características, Girona(1), Orihuela(1), Huesca, Figueras.. y la más pequeña, Tolosa, que es el municipio más pequeño (19.000 habitantes) que alberga un recinto con aforo superior a 1000 personas.

En el MIREM (mapa informatizado de recintos escénicos y musicales de España) que parte de un proyecto entre la Fundación Autor y la SGAE, están registrados los datos de 1067 recintos escénicos, construidos diseñados y destinados a albergar todo tipo de representaciones teatrales y musicales, de los cuales, el 94% (1001) figuran como recintos escénicos cubiertos. La mayoría o la gran parte de estos recintos son de antigua construcción y posteriormente han sido reformados. A continuación, se muestra un histograma de la cantidad de recintos escénicos en España en función del aforo:



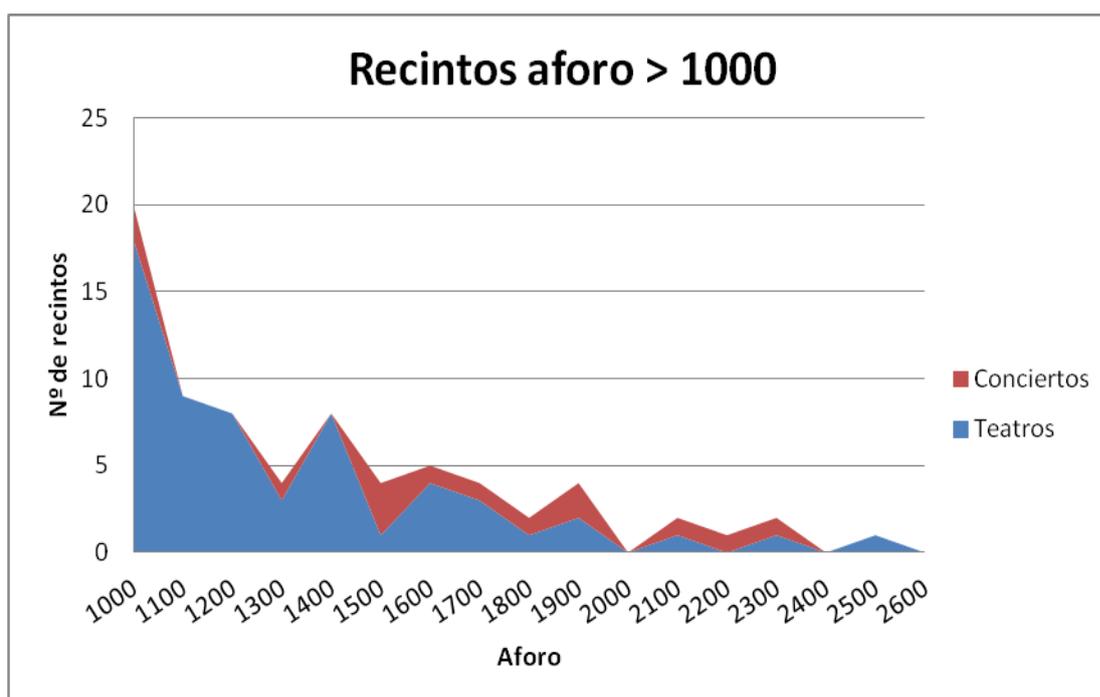
[Figura 1.1: Histograma recintos en España en función del aforo.]

Dentro de la categoría de recintos cubiertos, aproximadamente un 1% de estos recintos tienen un aforo que supera las 2000 personas, siendo destacable la mayor capacidad del Teatro Gran Liceu de Barcelona (2321), la sala sinfónica de Barcelona (2300), la sala sinfónica de Madrid (2324) y el Gran Teatro de Madrid (2533).

Un 3,2% representa el porcentaje de recintos con un aforo superior a 1500 personas y sumados a éstos, un 8,2% (82 recintos) representa el porcentaje de los recintos que superan un aforo superior a 1000 personas en España. En torno a un 35% de estos edificios, recintos escénicos capacitados para albergar un aforo de mas de 1000 personas, presentan una antigüedad de 100 años, puesto que muchos de ellos se construyeron antes de la tercera década del s. XX, es por este motivo por lo que un 48% de ellos han sido sometidos a importantes reformas en sus instalaciones debido al principal motivo de la antigüedad, pero también debido a problemas relacionados con la seguridad, estructura o simplemente remodelaciones.

Como observación, en el siguiente gráfico, vemos el número de recintos escénicos cubiertos (teatros y salas de conciertos) que existen en España y que superan un aforo de 1000 personas, muy pocos por encima de las 2000.

Así pues, un 91,8% de los recintos Escénicos de España tiene un aforo por debajo de 1000 personas, lo cual es un signo de que las escenificaciones que se representan y tienen a cabo en el país que requieren un aforo alto son relativamente pocas.



[Figura 1.2: Gráfica recintos aforo superior a 1000 personas]

Es muy importante destacar, que hay más auditorios en España con un aforo superior a 1000 personas que los anteriormente comentados y que no aparecen en esta red de recintos escénicos y musicales consultada (MIREM), debido a la gran burbuja inmobiliaria acontecida en el país en los últimos 20 años. Algunos importantes, con capacidad también para albergar todo tipo de eventos, la gran mayoría de reciente construcción como por ejemplo:



- Auditorio de Sta. Cruz de Tenerife (2003)
- Auditorio Palacio de Congresos de Mar de Vigo (2011)
- Teatro de Roquetas de Mar en Almería (2004)
- Auditorio Centro Niemeyer (Avilés) (2010)
- Sala Sinfónica del Palacio de Congresos (Girona) (2006)
- Auditorio Palacio de Congresos El Batel (Murcia) (2011)
- RiojaFórum (Logroño) (2004)
- Auditorio Palacio de Congresos de Albacete (2002)

Por debajo de esta cifra comentada, hay un 36,7% de recintos que cumplirían el requisito de tener un aforo superior a 500 personas, corresponden a la mayoría de los teatros que albergan las ciudades, algunos de ellos son auditorios de palacios de congresos y salas de exposiciones, que se han construido en los últimos 30 años con la función de poder albergar con facilidad cualquier tipo de congreso, convención o representación multitudinaria en ciudades de menor tamaño, como por ejemplo:

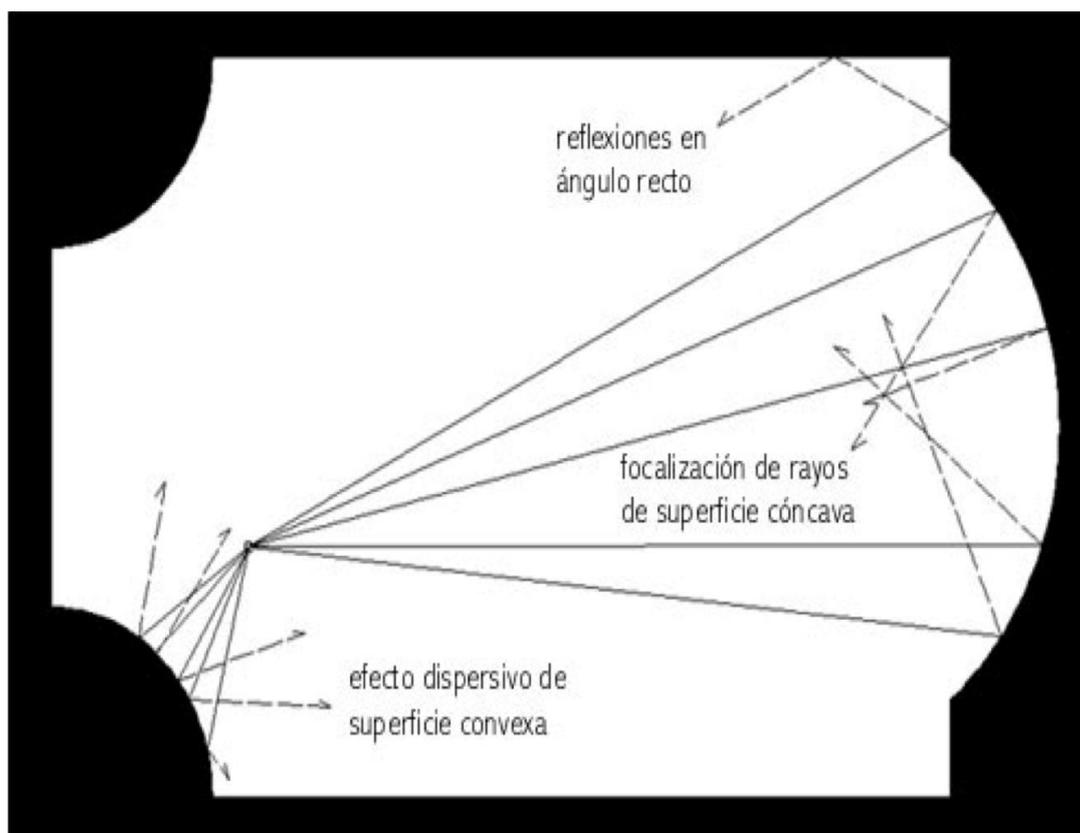
- Auditorio Palacio de Congresos de Huesca (782 personas)
- Teatro Lope de Vega de Sevilla ( 733 personas)
- Teatro Goya de Barcelona ( 722 personas)
- Auditorio Municipal de Logroño ( 800 personas)
- Auditorio Príncipe Felipe de Oviedo ( 535 personas)
- Auditorio de Pontevedra (722 personas)
- Teatro Marín de Teruel (719 personas)
- Auditorio Gustavo Freire de Lugo ( 900 personas)
- Auditorio Palacio Congresos de Huelva (822 personas)
- Auditorio Palacio Congresos de Gijón (730 personas)
- Auditorio Principal de Cáceres (630 personas)

Un 63'3% de los 1001 recintos cubiertos señalados en la guía MIREM, corresponde al porcentaje de los recintos que tienen un aforo menor a 500 personas, exactamente 634 recintos, que corresponden a la mayoría de teatros y salas existentes en España, que son de tamaño medio y pequeña capacidad, preparados para albergar cualquier tipo de representación escénica que pueda ofrecerse en las ciudades y que no tienen tanta repercusión ni necesitan de un aforo relativamente elevado.

## 1.5 INTRODUCCIÓN TEÓRICA

### 1.5.1.Campo sonoro en recintos

La energía radiada por una fuente sonora en un recinto cerrado llega a un oyente situado en un punto cualquiera de éste en dos partes diferenciables: una parte de la energía llega de forma directa (sonido directo), es decir, como si la fuente y receptor estuviesen en el espacio libre, mientras que la otra parte lo hace de forma indirecta (sonido reflejado), asociada a las sucesivas reflexiones que sufre la onda sonora cuando incide sobre las diferentes superficies del recinto.



[Figura 1.3: Energía radiada en un recinto]

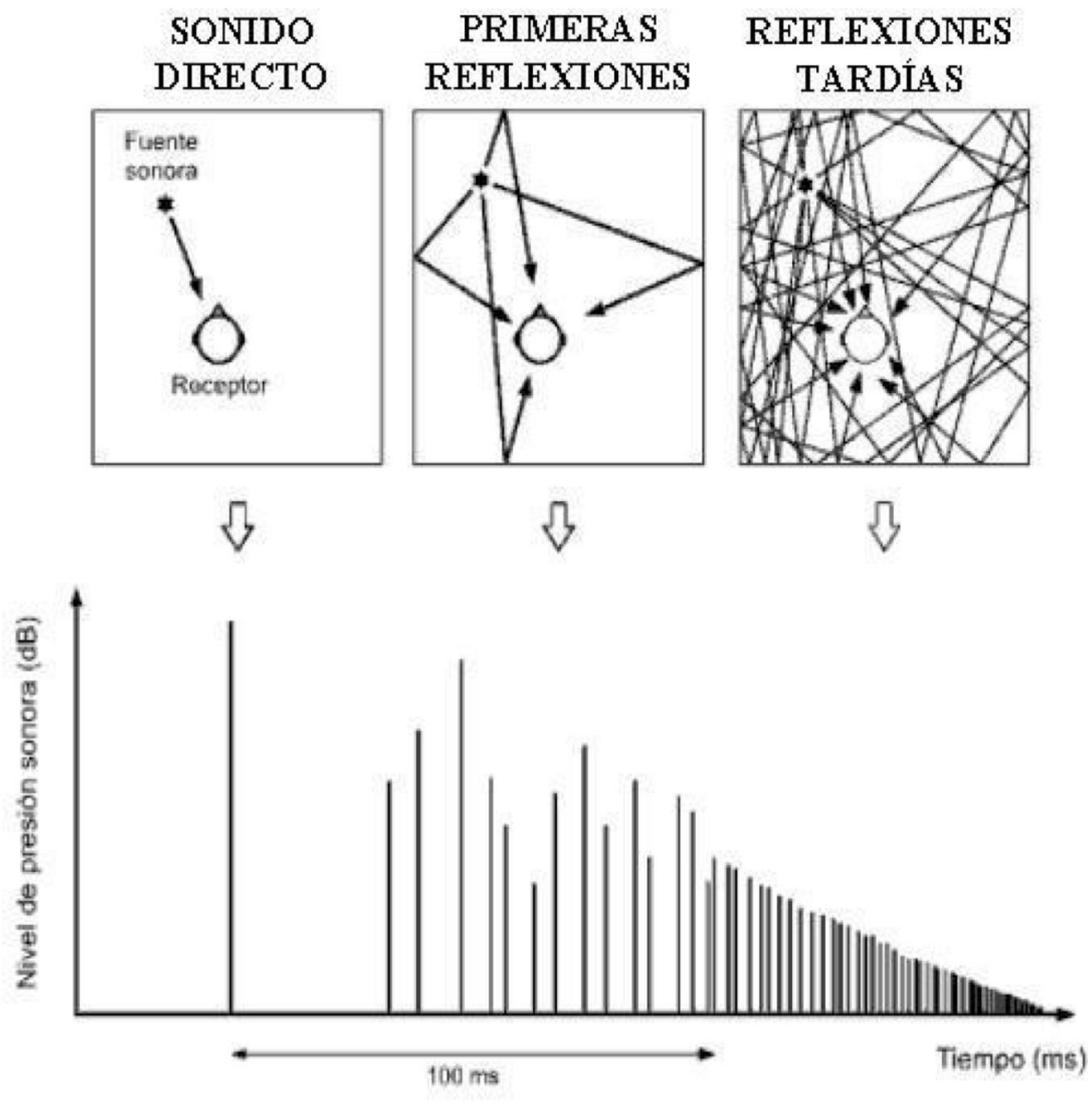


Al analizar la evolución del sonido reflejado en un punto cualquiera del recinto a estudiar, se observan dos zonas de características notablemente diferentes: una primera zona que engloba todas aquellas reflexiones que llegan inmediatamente después del sonido directo, que reciben el nombre de primeras reflexiones o reflexiones tempranas, y una segunda parte formada por reflexiones tardías que constituyen la denominada cola reverberante.

Si bien la llegada de reflexiones al punto en cuestión se produce de forma continua, y por tanto sin cambios bruscos, también es cierto que las primeras reflexiones llega de forma más separada que las tardías, debido a que se trata de reflexiones de orden bajo (menor que 3).

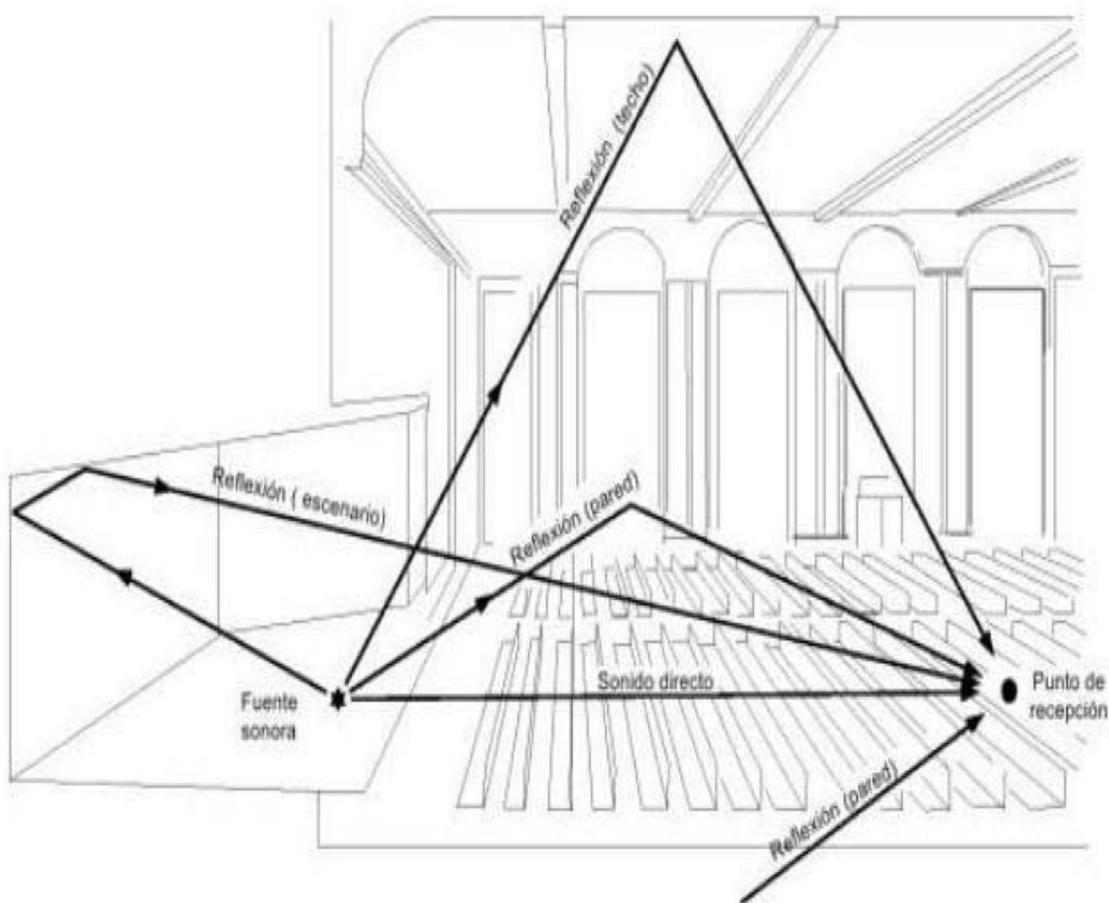
Se dice que una reflexión es de orden "n" cuando el rayo sonoro de ésta ha incidido "n" veces sobre las diferentes superficies del recinto antes de llegar al receptor. Desde un punto de vista práctico, se suele establecer un límite temporal para la zona de primeras reflexiones de aproximadamente 100 ms desde la llegada del sonido directo, aunque dicho valor varía en cada caso concreto en función de la forma y del volumen del recinto.

La representación gráfica temporal de la llegada de las reflexiones, acompañadas de su nivel energético correspondiente, se denomina ecograma. En la figura se representa de forma esquemática la llegada de los diferentes rayos sonoros a un receptor junto con el ecograma asociado, con indicación del sonido directo, la zona de primeras reflexiones y la zona de reflexiones tardías (cola reverberante).



[Figura 1.4: Esquema llegada de diversos rayos y ecograma.]

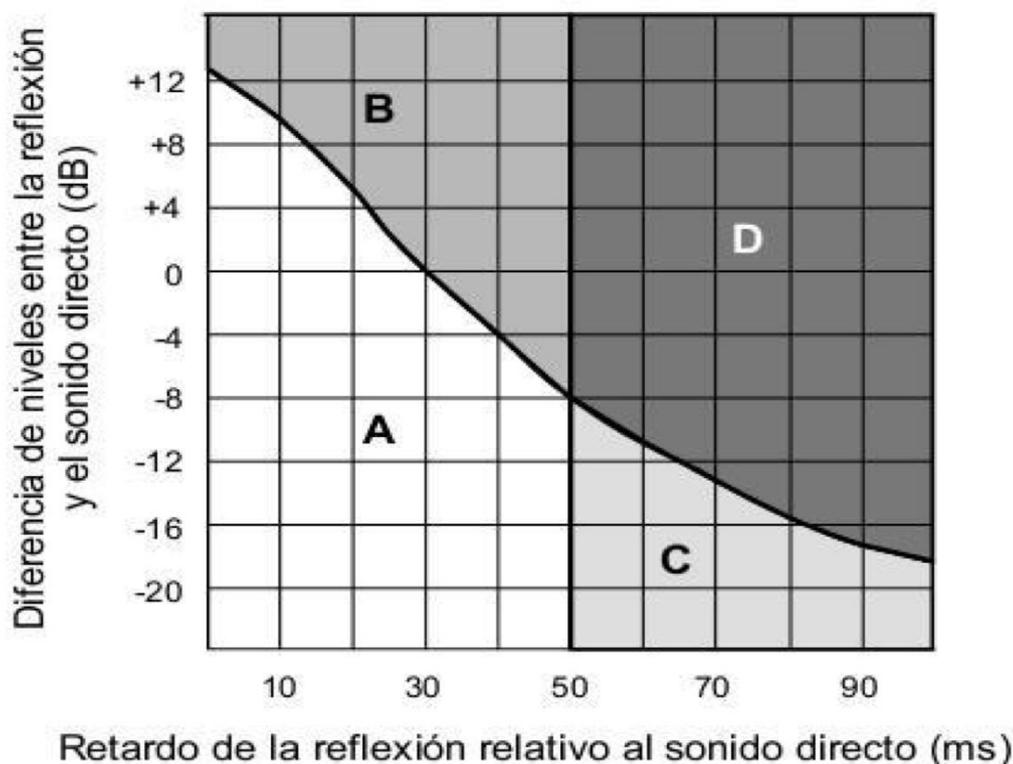
En general, las primeras reflexiones presentan un nivel energético mayor que las correspondientes a la cola reverberante, ya que son de un orden más bajo. Todas aquellas reflexiones que llegan a un oyente dentro de los primeros 50 ms desde la llegada del sonido directo son integradas por el oído humano y, en consecuencia, su percepción no es diferenciada respecto al sonido directo.



[Figura 1.5: Sonido directo y primeras reflexiones en un recinto.]

Cuando el sonido emitido es un mensaje oral, las reflexiones contribuyen a mejorar la inteligibilidad o comprensión del mensaje y producen un aumento de sonoridad (o sensación de amplitud del sonido).

Por el contrario, la aparición en un punto de escucha de una reflexión de nivel elevado con un retardo superior a los 50 ms es totalmente contraproducente para la obtención de una buena inteligibilidad de la palabra, ya que es percibida como una repetición del sonido directo (suceso discreto), dicha reflexión se denomina eco. El retardo de 50 ms equivale a una diferencia de caminos entre el sonido directo y la reflexión de, aproximadamente, 17 m.



[Figura 1.6: Zonas en la difusión del sonido]

a) Zona A.

La reflexión llega antes de los 50 ms: el oído integra la reflexión y se produce un aumento de inteligibilidad y de sonoridad.

b) Zona B.

La reflexión llega antes de los 50 ms, si bien con un nivel relativo más elevado: el oído integra la reflexión, pero se produce un desplazamiento de la localización de la fuente sonora, genera dora del sonido directo, hacia la superficie generadora de la reflexión.

c) Zona C.

La reflexión llega después de los 50 ms: la reflexión no es perjudicial para la inteligibilidad debido a que su nivel relativo es suficientemente bajo.

d) Zona D.

La reflexión llega después de los 50 ms, si bien con un nivel relativo más elevado: la reflexión es percibida como un eco y se produce una pérdida de inteligibilidad.



### 1.5.2. Materiales para acondicionamiento acústico.

Una vez fijado el volumen y la forma de un recinto, gran parte del acierto en la acústica radica en la elección de los materiales que se vayan a utilizar, para poder así conseguir unos tiempos de reverberación adecuados.

Además, en según que tipo de recintos, es necesario potenciar las primeras reflexiones y conseguir una buena difusión del sonido.

Estos son los efectos que conseguiremos según que tipo de materiales utilicemos:

#### Absorción del sonido

Para la calidad acústica de un recinto, es determinante la reducción de la energía asociada a las ondas sonoras, tanto en su propagación a través del aire, como cuando inciden sobre las superficies límite.

Dicha reducción energética, viene dada generalmente por los siguientes elementos: El público y las sillas, los materiales absorbentes selectivos (resonadores), superficies límite de la sala susceptibles de entrar en vibración (puertas, ventanas,...), el aire y los materiales rígidos no porosos utilizados en la construcción de las paredes y techos de los recintos (hormigón).

Las características de absorción de los materiales absorbentes y de los resonadores dependen no solo de sus propiedades físicas, sino de ilimitados condicionantes. Por ello, para realizar cualquier diseño resulta imprescindible disponer de los coeficientes de absorción obtenidos mediante ensayos de laboratorio.

#### Reflexión del sonido

El diseño de elementos reflectores, posibilita la aparición de primeras reflexiones útiles en la zona del público. Dichos elementos están constituidos por materiales lisos, no porosos y totalmente rígidos capaces de reflejar la mayor parte de la energía sonora que incide sobre ellas.

No todas las salas precisan de elementos reflectores, pero si aquellas destinadas a la palabra (teatros y salas de conferencias), y a la música no amplificada (salas de conciertos sinfónicas). También, no todas las reflexiones son útiles, ya que dependiendo del uso que se le vaya a dar a la sala, dichas reflexiones deberán actuar en tiempos diferentes. En el caso de salas destinadas a la palabra, serán útiles todas aquellas reflexiones que lleguen al receptor dentro de los primeros 50ms desde la llegada del sonido directo. Para el caso de salas destinadas a música, se amplía hasta los 80ms. El aumento de las primeras reflexiones, aumenta la sonoridad y la claridad musical. Si además esas reflexiones son laterales, se produce un incremento del grado de impresión espacial.

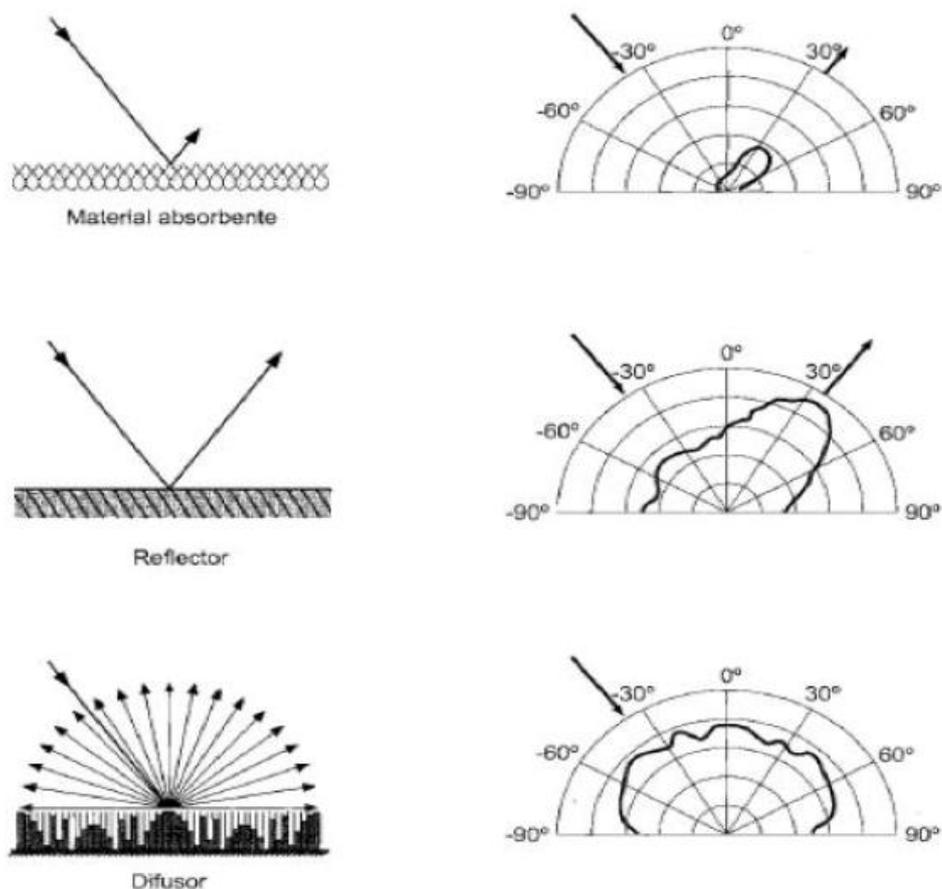
## Difusión del sonido

La difusión del sonido en una sala se consigue mediante la colocación de elementos expresamente diseñados para dispersar, de forma uniforme y en múltiples direcciones, la energía sonora que incide sobre los mismos.

La existencia de difusión en salas de conciertos significa que la energía de campo reverberante llegara a los oídos de los espectadores por un igual desde todas las direcciones del espacio. Ello contribuirá a crear un sonido altamente envolvente y, por tanto, a aumentar el grado de impresión espacial existente.

Cuanto mayor sea el grado de impresión espacial, mejor será la valoración subjetiva de la calidad acústica del recinto. En ocasiones, la difusión es también utilizada para eliminar alguna de las anomalías que pueden aparecer tanto en recintos destinados a la palabra, como en salas de conciertos. Dichas anomalías pueden aparecer en forma de coloraciones, desplazamiento de la fuente sonora, ecos, o focalizaciones del sonido.

Cualquier superficie produce un cierto grado de difusión, pero la existencia de ornamentación, nichos, irregularidades y relieves en las superficies de una sala provoca un notable incremento de la difusión. Es el caso de salas de conciertos clásicas, repletas de molduras decorativas, estatuas, y techos artesonados.



[Figura 1.7: Tipo de materiales y sus efectos acústicos]



### 1.5.3. Parámetros característicos

#### Tiempo de reverberación (T):

El tiempo de reverberación,  $T_R$ , se define como el tiempo que transcurre desde que la fuente sonora se detiene hasta que el nivel de presión sonora (NPS) cae 60 dB. La valoración subjetiva del  $T_R$  se denomina reverberación de una sala.

Según Leo Beranek, considerando salas con volumen comprendido entre 10.000 y 30.000 metros cúbicos, el valor medio del  $T_R$  correspondiente a las bandas de 500 Hz y 1kHz de una sala de conciertos totalmente ocupada y destinada a albergar representaciones de música sinfónica debe estar comprendido entre 1,8 y 2 segundos.

A continuación, se muestran en una tabla los tiempos de reverberación óptimos según Leo Beranek para distintos tipos de música:

TIPO DE MÚSICA	$T_{Mid}$ (s)
Música Sinfónica	1,8 – 2,0
Música Barroca y Clásica	1,6 – 1,8
Música de Cámara	1,3 – 1,7
Ópera	1,2 – 1,5

[Figura 1.8: Tabla de Tiempos de reverberación óptimos]

#### Early Decay Time (EDT):

El EDT se define como 6 veces el tiempo que transcurre desde que la fuente sonora se detiene hasta que el nivel de presión sonora (NPS) desciende en 10 dB. Al igual que el  $T_R$ , el EDT también varía en función de la frecuencia.

El EDT están directamente relacionado con la impresión subjetiva de viveza que hay en una sala. Esto significa que, en todos los puntos de una sala donde el EDT es significativamente menor que el  $T_R$ , la sala será, subjetivamente, más apagada de lo que se deduciría por el valor del tiempo de reverberación.

Se ha comprobado mediante pruebas psicoacústicas basadas en respuestas impulsivas binaurales grabadas en diferentes salas de concierto, que la reverberación percibida está estrechamente relacionada con el parámetro EDT, es decir, con la primera parte de la curva de caída energética.



Con objeto de garantizar una buena difusión del sonido en una sala ocupada, es preciso que el valor medio del EDT correspondiente a las bandas de 500 Hz y 1 KHz sea parecido al valor del  $T_R$  en esas mismas bandas de frecuencia.

### Sonoridad (G):

La sonoridad (G) se corresponde con el grado de amplificación producido por la sala. Depende de la distancia del oyente a la fuente emisora en el escenario, de la energía asociada a las primeras reflexiones, de la superficie ocupada por el público y del nivel de campo reverberante.

$$G = 10 \cdot \log \left( \frac{\int_0^{\infty} h^2(t) dt}{\int_0^{\infty} h_{A,10}^2(t) dt} \right) = 10 \cdot \log \left( \frac{E_T}{E_{T(A,10)}} \right) \quad (\text{dB})$$

[Figura 1.9: Ecuación del parámetro G (sonoridad).]

Según Lehmann, la sonoridad G (“Strength Factor”) se define como la diferencia entre el nivel total de presión sonora producido por una fuente omnidireccional en un determinado punto de una sala y el nivel de presión sonora producido por la misma fuente situada en campo libre y medido a una distancia de 10 m.

Ambos niveles se miden por bandas de frecuencias de octava (entre 125 Hz y 4 kHz) y aplicando la misma potencia a la fuente sonora. El nivel de referencia en cada banda de frecuencias es de 69 dB. Leo Beranek recomienda que el valor de sonoridad (G) para la sala vacía, obtenido como promedio de los valores correspondientes a las bandas de octava centradas en 500 Hz y 1 kHz, esté situado entre 4 y 5,5 dB.

### Claridad Musical ( $C_{80}$ ):

La claridad musical indica el grado de separación entre los diferentes sonidos que integran una composición musical.

Según Cremer, el  $C_{80}$  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 llega después, calculada en cada banda de frecuencias comprendida entre 125 Hz y 4 KHz. El  $C_{80}$  se expresa en escala logarítmica (dB).

$$C_{80} = 10 \cdot \log \left( \frac{E_{80}}{E_r} \right) = 10 \cdot \log \left( \frac{\int_0^{80ms} h^2(t) dt}{\int_{80ms}^{\infty} h^2(t) dt} \right) \quad (\text{dB})$$

[Figura 1.10: Ecuación del parámetro  $C_{80}$  (claridad musical).]



La elección del intervalo temporal de 80 ms se debe a que las reflexiones que llegan al oyente dentro de dicho intervalo son integradas por el oído humano junto con el sonido directo (primeras reflexiones), y por tanto, contribuyen a aumentar la claridad musical.

Leo Beranek recomienda para la sala vacía que el valor medio de  $C_{80}$  correspondiente a las bandas de 500 Hz, 1 KHz y 2 KHz (denominado “music average”) se sitúe preferentemente entre -4 y 0 dB. En todo caso, se deben evitar valores superiores a 1 dB.

#### Eficiencia Lateral ( $J_{LF}$ ):

Según A. H. Marshall, la eficiencia lateral  $J_{LF}$  (“Lateral Energy Fraction”) se define como la relación entre la energía que llega lateralmente al oyente dentro de los primeros 80 ms desde la llegada del sonido directo (se excluye el sonido directo) y la energía recibida en todas las direcciones en dicho intervalo de tiempo.

$$J_{LF} = \frac{\text{Energía lateral hasta 80 ms (excluyendo sonido directo)}}{\text{Energía total hasta 80 ms}}$$

[ Figura 1.11: Ecuación parámetro LF en términos energéticos.]

Habitualmente se utiliza el valor medio de los  $J_{LF}$  correspondientes a las bandas de frecuencias de octava comprendidas entre 125 Hz y 1 kHz. Se representa como  $J_{LFE4}$ .

$$J_{LFE4} = \frac{J_{LF} (125 \text{ Hz}) + J_{LF} (250 \text{ Hz}) + J_{LF} (500 \text{ Hz}) + J_{LF} (1 \text{ KHz})}{4}$$

[Figura 1.12: Ecuación parámetro LF( eficiencia lateral).]

El valor  $J_{LFE4}$  debe ser mayor a 0,19. Cuanto más elevado sea el valor de  $J_{LFE4}$  mayor será el grado de espaciosidad del sonido ( sensación del sonido envolvente).

## 2. GUÍA PREVIA MODELADO EN SKETCH UP

### 2.1.Introducción

- Coordinadas:

Colocar las coordenadas de manera que el eje X se sitúe en la audiencia, el eje Y hacia la izquierda del escenario, y el eje Z orientado hacia la parte superior del escenario.

- Tamaños:

Un mayor grado de detalle del auditorio no significa un posterior mejor modelado y aumenta el cálculo en el software ODEON. Se recomienda no usar superficies de tamaño inferior a la longitud de onda de frecuencia media (1kHz), que son 0,34 metros. Se utilizarán entre 100 y 200 superficies diferentes.

- Superficies curvas:

Todas las superficies deben ser planas. Las superficies curvas se realizaran mediante aproximaciones de secciones planas. Para curvas convexas, que dispersen el sonido, se colocará un plano a 45°, que actúe como reflector. Para realizar curvas convexas, el material utilizado se establecerá como “fractional” en la lista de materiales del software ODEÓN. Una habitación cilíndrica, por ejemplo, debería tener entre 12 y 36 planos diferentes, mientras que una columna que disperse la energía, no debería tener más de 8 superficies.

- Cómo modelar:

Para realizar el modelado de la audiencia, no se modela tal y como es en realidad, sino que se definirá el área de audiencia aproximada.

## 2.2 Herramientas para modelado de una sala en Sketch Up

A continuación se explican las herramientas fundamentales para poder crear modelados en 3D con Google Sketch Up.



[Figura 2.1: Panel de herramientas de Google Sketch Up]

- **Seleccionar:** Esta herramienta selecciona aquello que pulsemos. Ya sea una línea una cara, o arrastrando y creando un rectángulo, todo aquello que se encuentre dentro del mismo.



- **Línea:** Se trata de la herramienta más esencial y básica del programa. Seleccionando un punto, y soltando el ratón en otro punto, creará una línea entre dichos puntos. Cuando cerremos un área dentro del mismo plano, creará una superficie.
- **Rectángulo:** Herramienta para crear rectángulos, desde el punto donde seleccionemos, hasta el punto donde le indiquemos.
- **Círculo:** Igual que la herramienta “rectángulo”, pero para crear círculos.
- **Arco:** Mediante esta herramienta, podemos crear los arcos de teatros clásicos, o zonas que no sean rectilíneas. Para ello, debemos elegir los puntos donde comienza y termina el arco, y luego elegir la curvatura del mismo.
- **Borrar:** Haciendo clic sobre la línea que queramos borrar, ésta desaparecerá (y con ella, cualquier superficie que forma parte de la línea).
- **Medir:** Esta herramienta sirve para medir entre diferentes puntos de nuestro trabajo, y para escalar los objetos. En concreto en este proyecto la hemos utilizado para escalar los planos.
- **Empujar/Tirar:** Mediante esta herramienta podremos extruir superficies de manera que podamos pasar de tener un objeto plano, a un objeto con volumen.
- **Mover/Copiar:** Con esta herramienta podemos mover los objetos seleccionados al lugar donde queramos y duplicar piezas.
- **Rotar:** Para rotar los objetos en cualquier dirección.
- **Equidistancia:** Mediante esta herramienta podemos hacer más grandes o pequeñas las superficies manteniendo su estructura original y sin modificarla. Actúa del mismo modo que un escalador.
- **Orbitar:** Para poder tener una visión desde cualquier ángulo de el modelado.
- **Desplazar:** Para poder movernos, pero sin cambiar la perspectiva. Es decir solo para cambiar la vista hacia arriba, abajo, derecha o izquierda.
- **Zoom:** Como su nombre indica, para acercarnos o alejarnos de los objetos.
- **Ver modelo centrado:** Para cuadrar todos los objetos en la pantalla. Útil cuando nos hemos dejado “olvidado” algún objeto o línea que no necesitamos en nuestro trabajo.
- **Capas:** El uso de capas es importante, sobre todo para separar lo que es nuestro trabajo de planos y demás cosas que nos puedan molestar posteriormente, y para dividir las partes de nuestra sala y así poder asignar más fácilmente materiales posteriormente en ODEON.

- **Botón de exportación para ODEON:** Utilizaremos este botón una vez guardado y terminado el trabajo, para poder seguir trabajando con el ODEON.

### 2.3 Pasos para realizar el modelado

#### a) Base de datos

Actualmente, existe una base de datos de recintos escénicos y musicales de España ([www.mirem.net](http://www.mirem.net)), del cual podemos obtener los planos e imágenes (fichero.dxf) que usaremos para la elaboración de las salas a analizar.



[Figura 2.2: Página principal de acceso a Mirem]

Cuando entramos en la página web del MIREM, aparece una ventana, donde se tiene acceso a los diferentes contenidos de la web, lo que nos interesa es la parte referente a los recintos escénicos.

Una vez dentro, podemos acceder a la información del recinto escénico deseado mediante el panel de búsqueda en la web.

Como en este proyecto, se va a realizar el análisis de salas que están en esta base de datos, se ha realizado un proceso de búsqueda de los datos (características, fotos, planos) de los correspondientes recintos, para, posteriormente modelizarlos en 3D según sus planos y características particulares.

Las condiciones que pondremos en el panel de búsqueda de los recintos que vamos a utilizar, serán que todos los recintos sean cubiertos deseleccionando también los recintos no convencionales y filtraremos también todos los que tengan un aforo superior a 1000 personas.



The screenshot shows a search interface for theaters. On the left, there are filters for country (represented by flags), name, city, type of theater (Theaters, Open-air, Covered, etc.), ownership (Public/Private), and minimum stage dimensions. On the right, a list of 74 theaters is displayed, including venues like Teatro Principal in Alicante, Teatre Novedades in Barcelona, and Teatro Arriaga in Bilbao.

[Figura 2.3: Panel de búsqueda en MIREM]

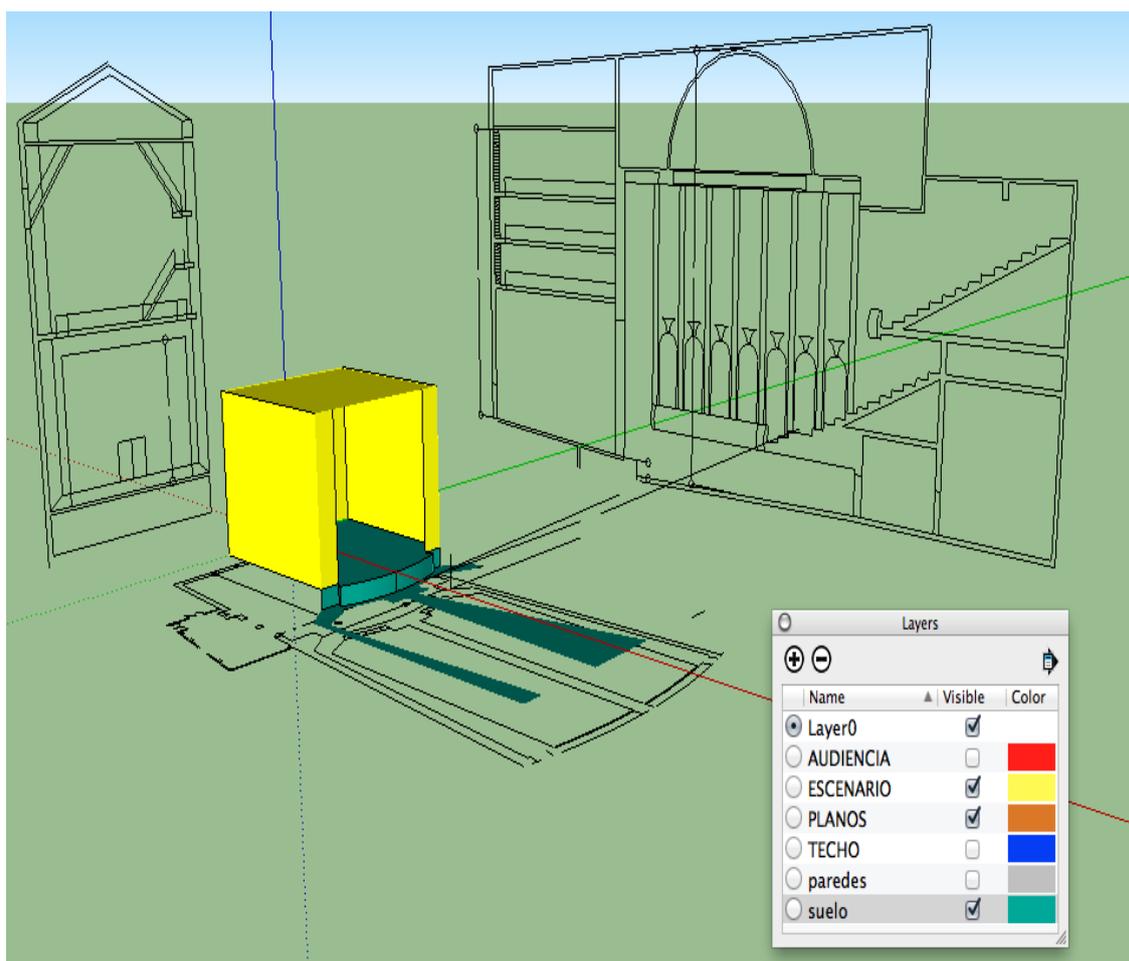
Dentro de cada página de cada recinto, se distinguen las diferentes pestañas con los diferentes datos que aportan, características técnicas, imágenes y planos que podremos descargar fácilmente.

## b) Google Sketch Up

Obtenido el fichero con formato .dxf de los planos de cada recinto, se importará a Google Sketch Up, accediendo a Archivo-> Importar donde seleccionaremos el fichero .dxf. Los planos se importarán y se dispondrán en los ejes del dibujo.

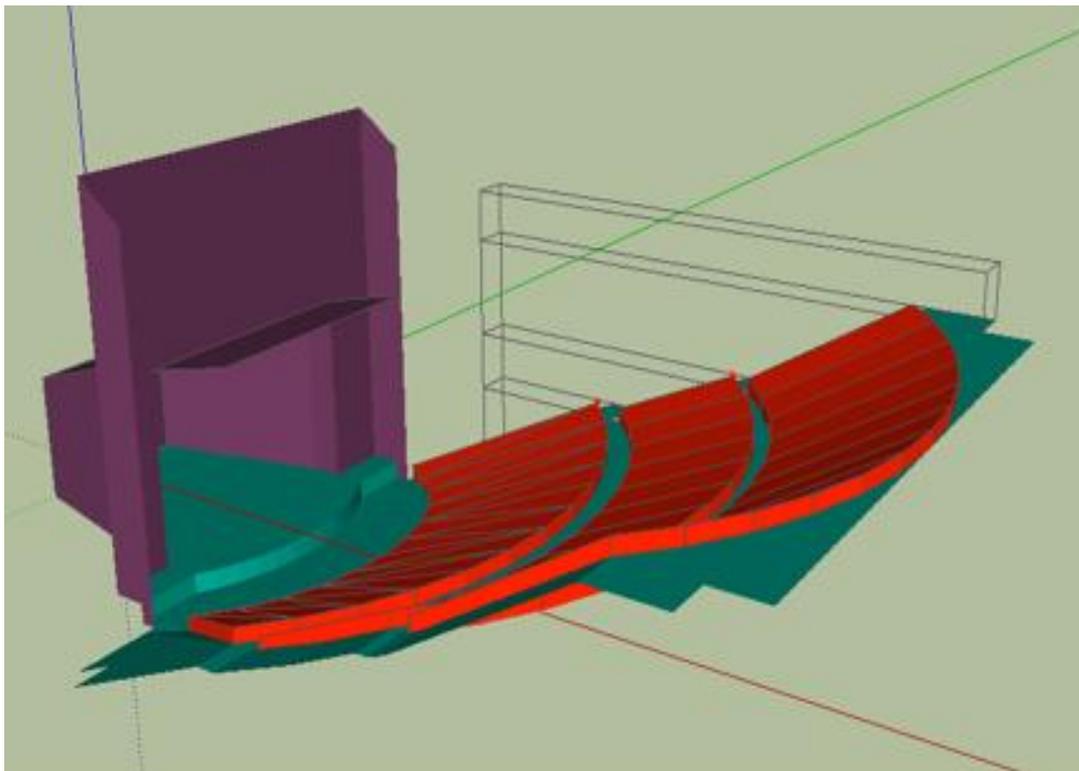
Una vez que tenemos los planos colocados en los ejes, es la hora de empezar con el modelado. Es recomendable seguir siempre unas pautas o un orden a la hora de realizar el modelado, ya que aunque los recintos no sean iguales, todos tienen partes similares y resultará más sencillo.

Se empieza por crear una nueva capa y dibujando el escenario, ya que suele venir bien indicado en los planos. Con la herramienta de línea iremos cogiendo medidas en el dibujo y realizando al lado, hasta que tengamos el escenario terminado.



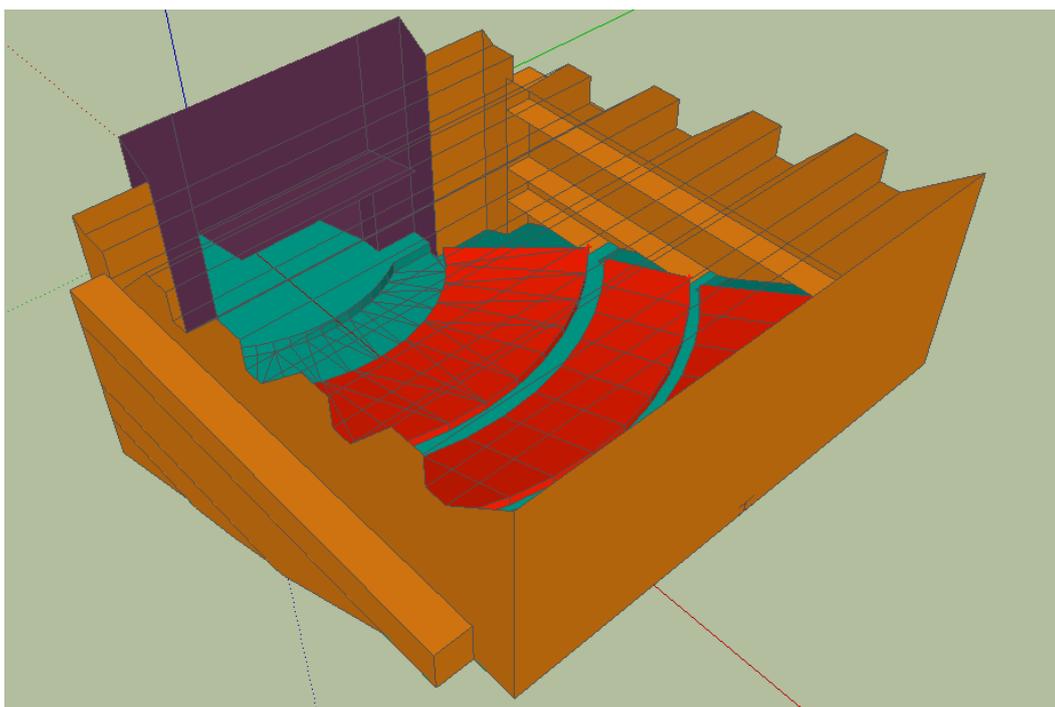
[Figura 2.4: Ejemplo de realización de escenario en SketchUp]

Una vez finalizado el escenario lo seleccionaremos y lo asignaremos a la capa para así tener todo ordenado por diferentes capas y luego poder seleccionar según que parte del recinto nos interese. Realizado el escenario, se continuará a dibujar el plano del suelo y posteriormente las zonas de audiencia.



[Figura 2.5: Ejemplo de realización de suelo y zona de audiencia]

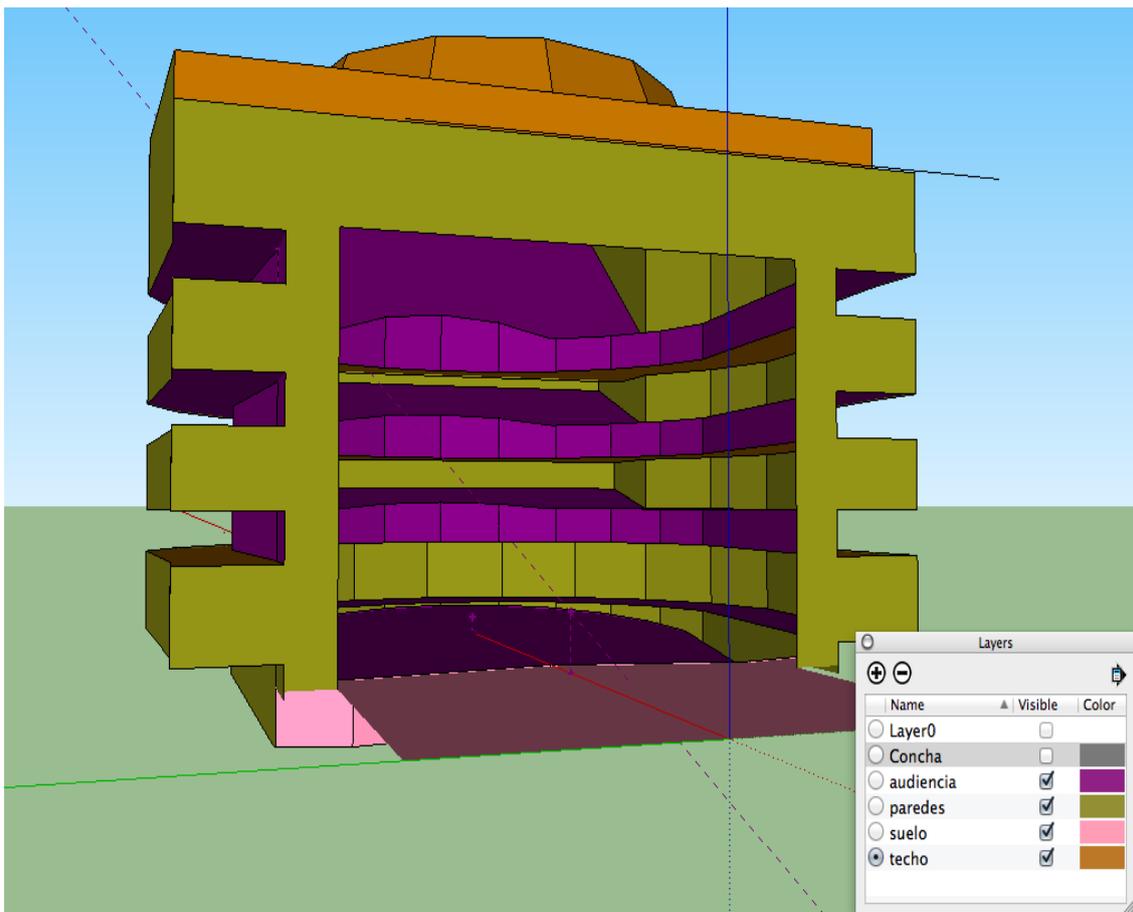
Finalmente, se constituirán las paredes, levantando perpendiculares hasta la altura del techo, que vendrá indicada (dibujada) en el plano que tenemos puesto verticalmente. Una vez terminadas las paredes del recinto, las cerraremos para formar automáticamente el techo del edificio.





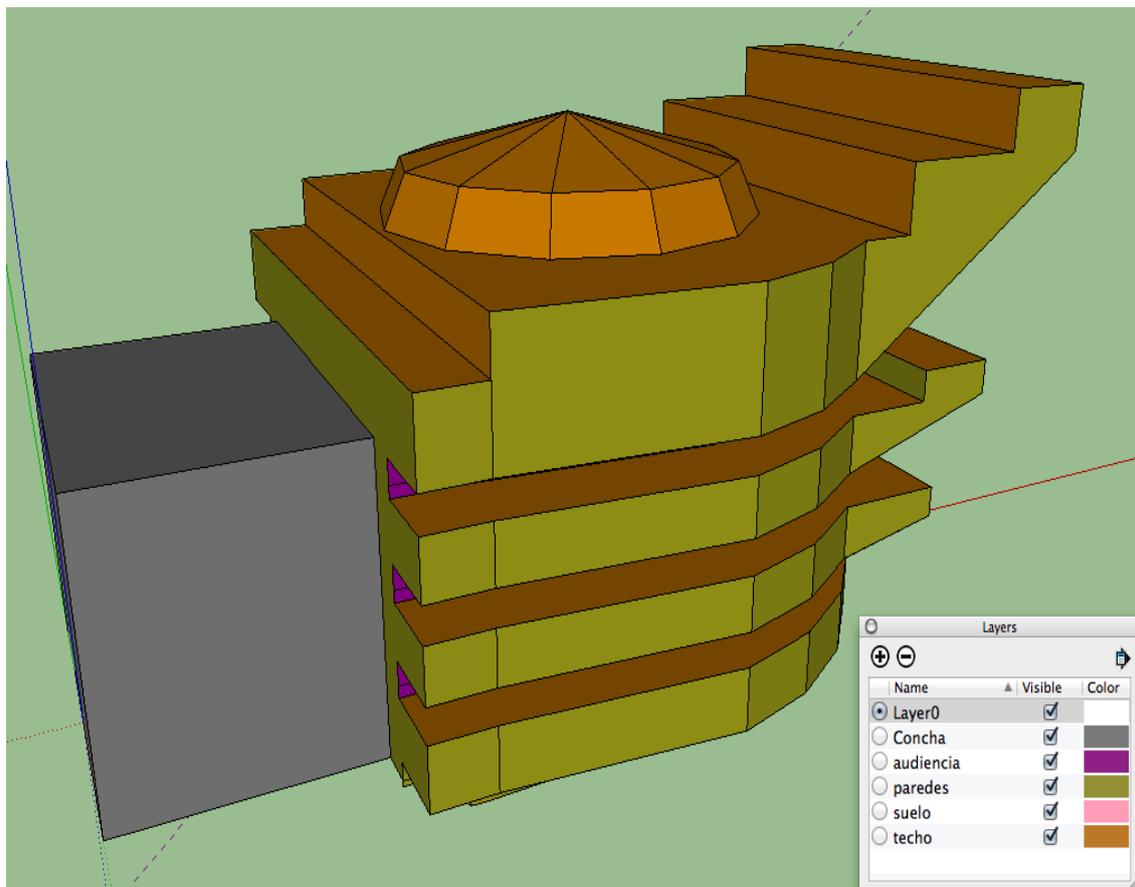
[Figura 2.6: Ejemplo de realización de paredes]

Cuando estén realizados todos los pasos anteriores, ya tendremos hecho por completo el modelado 3D del recinto y podremos visualizarlo seleccionando unas capas u otras según lo que nos interese ver del modelado. En este caso deseccionamos el escenario y la concha, para poder ver el interior del recinto desde esa posición.



[Figura 2.7: Vista interior del proceso de modelado finalizado]

Una vez dibujado el recinto entero, se procede a eliminar las partes del modelado que no se ven desde dentro y que no van a ser utilizadas para realizar los posteriores estudios. Posteriormente se eliminará la capa perteneciente a los planos para “limpiar” el modelado.



[Figura 2.8: Vista exterior del proceso de modelado acabado]

Para finalizar, exportamos el modelado para poder usarlo con Odeon, ya sea dándole al botón preparado para exportación en Odeon, o si la versión utilizada no tiene esta característica, mediante Archivo – Exportar – Modelo 3D , se exportará en formato .dxf que se podrá abrir posteriormente desde Odeon.

### 3. SIMULACIÓN DE LOS AUDITORIOS

Durante la realización de este proyecto, se han analizado un total de 66 recintos españoles, todos ellos incluidos en la base de datos MIREM anteriormente mencionada.

Se han descartado 3 recintos por diferentes motivos:

- Teatro de la Maestranza (Sevilla) : Existe un error en los planos.
- Cine- Teatro Leidor (Tolosa) : No son los mismos planos.
- Teatro Albeniz (Madrid) : Actualmente está cerrado al público.



### 3.1 Auditorios simulados

A continuación, se muestra la lista de todos los auditorios simulados y utilizados en la realización de este proyecto:

01. Gran Teatro - Gran Teatro del Parque de Atracciones - Madrid
02. Sala Sinfónica - Auditorio Nacional de Música - Madrid
03. Gran Teatre del Liceu - Gran Teatre del Liceu - Barcelona
04. Sala Sinfónica - L'Auditori - Barcelona
05. Auditorio - Palacio Euskalduna de Congresos y de la Música - Bilbao
06. Palau de la Música Catalana - Palau de la Música Catalana - Barcelona
07. Auditorio Principal - Palacio de Congresos Príncipe Felipe - Oviedo
08. Sala García Lorca - Palacio de Exposiciones y Congresos - Granada
09. Sala Mozart - Auditorio-Palacio de Congresos - Zaragoza
10. Auditorio - Palacio de Congresos - Madrid
11. Sala Narciso Yepes - Centro de Congresos Víctor Villegas - Murcia
12. Auditorio - Centro Kursaal - San Sebastián/Donostia
13. Sala A, "Iturbi" - Palau de la Música i Congresos de Valencia - Valencia
14. Teatro Real - Teatro Real - Madrid
15. Sala Magna - Auditorium de Palma de Mallorca - Palma de Mallorca
16. Sala Sinfónica - Auditorio Alfredo Kraus - Las Palmas de Gran Canaria
17. Sala Argenta - Palacio de Festivales de Cantabria - Santander
18. Teatre Tívoli - Teatre Tívoli - Barcelona
19. Sala Santiago - Palacio de Congresos y Exposiciones de Galicia - Santiago de Compostela
20. Sala Principal - Baluarte. Palacio de Congresos y Audit. de Navarra - Pamplona
21. Teatro Arriaga - Teatro Arriaga - Bilbao
22. Teatre Nou de La Passió - Teatre La Passió - Olesa de Montserrat



23. Auditorio I, Palacio de Congresos - Valencia
24. Teatro Coliseum - Teatro Coliseum - Madrid
25. Palacio de Congresos Expo Aragón - Zaragoza
26. Teatro Campoamor - Teatro Campoamor - Oviedo
27. Centro de las artes escénicas y de la música - Salamanca
28. Teatro Lope de Vega - Teatro Lope de Vega - Madrid
29. Teatro Principal - Requena
30. Sala Capitol - Madrid
31. Teatro del I.E.S. Universidad Laboral- Cabueñes-Gijón
32. Auditorio Manuel de Falla - Centro Cultural Manuel de Falla - Granada
33. Teatro Auditorio - Roquetas de Mar
34. Teatro Nuevo Apolo - Madrid
35. Teatro de la Zarzuela - Madrid
36. Teatre Victòria - Barcelona
37. Cine-Teatro Filarmónica - Cine-Teatro Filarmónica - Oviedo
38. Gran Teatro Falla - Gran Teatro Falla - Cádiz
39. Teatro Romea - Murcia
40. Teatro Jovellanos - Teatro Jovellanos - Gijón
41. Teatro Villamarta - Jerez de la Frontera
42. Teatro Circo - Teatro Circo - Orihuela
43. Teatro Olimpia - Teatro Olimpia - Huesca
44. Sala Principal, Auditorio Ciudad de León - León
45. Auditorio Municipal - Auditorio Municipal - Puertollano
46. Teatro Calderón de la Barca - Teatro Calderón de la Barca - Valladolid
47. Teatro Principal - Zaragoza



48. Teatro Avenida - Santo Domingo de la Calzada
49. Teatro Principal - Alicante
50. Teatre Municipal La Faràndula- Sabadell
51. Sala A - Teatro Auditorio - San Lorenzo del Escorial
52. Sala Mayor - Salamanca
53. Teatro Gayarre - Pamplona
54. Teatro Miguel de Cervantes - Málaga
55. Teatre Municipal El Jardí - Teatre Municipal El Jardí - Figueres
56. Teatro Olympia - Valencia
57. Auditorio - Auditorio de la Universidad Carlos III - Leganés
58. Teatro de la Latina - Teatro de la Latina - Madrid
59. Teatro Principal Antzokia - Vitoria
60. Teatro Cine Montecarlo - Sociedad Musical La Artística - Buñol
61. Sala Ángel Brage - Auditorio de Galicia - Santiago de Compostela
62. Teatro Gran Vía - Madrid
63. Teatro Apolo - Barcelona
64. Auditorio Pilar Bardem - Auditorio Pilar Bardem - Rivas Vaciamadrid
65. Sala Buero Vallejo - Teatro Auditorio Buero Vallejo - Guadalajara
66. Sala Teobaldo Power - Sala Teobaldo Power - La Orotava

### **3.2 Protocolo general de simulación en ODEÓN**

#### **3.2.1. Introducción y creación espacio de trabajo**

Como primer paso a realizar, se busca el auditorio a modelizar en la página del mapa informatizado de recintos (MIREM) y también se abre su correspondiente modelado 3D realizado anteriormente en Sketch Up según los planos obtenidos de dicho recinto, mediante la opción que da este programa, se exportará en extensión .PAR para posteriormente poder abrirse con el software ODEON.



Inicialmente, descartaremos posibles problemas de “huecos” en el diseño del modelado por los que se escaparía el sonido, asignando un material 100% reflectante en todas las superficies del recinto y realizaremos un “3D investigate ray tracing”, que consta de simulación de la difusión del sonido como si fueran rayos reales que van rebotando en todas y cada una de las superficies por las que está formado el recinto. Para esto, colocaremos una fuente con una ganancia de 31 dB centrada, en las coordenadas  $Y=0$ ,  $Z=1,5m$ ,  $X=2m$  desde el borde del escenario, que podemos medir en el modelado 3D realizado anteriormente con SketchUp.

### 3.2.2. Características generales y dimensiones del modelo

En la página web del MIREM, buscaremos las características técnicas de cada recinto y anotaremos cada una de ellas en nuestra base de datos, el aforo perteneciente a cada uno de ellos, también el año de construcción y el año de la correspondiente reforma si es que se ha llevado a cabo alguna.

A través del modelado 3D realizado en SketchUp, se inspeccionará la forma general del auditorio y mediremos también la distancia máxima entre la posición de la fuente en el escenario y el receptor más alejado dentro de la zona de audiencia de cada recinto.

Una vez abierto el modelado 3D.par (modelado 3D de SketchUp preparado para abrir con Odeón) en el programa Odeón, a través de la opción en el menú, Toolbar --> Room Information, buscaremos y anotaremos el número de vértices totales de los que consta cada recinto, el número de superficies, la superficie total de los recintos y las dimensiones que tiene la superficie más grande de cada recinto(X,Y,Z).

### 3.2.3. Asignación de los materiales y coeficientes de difusión.

La absorción del sonido en diferentes tipos de materiales ha sido estudiada por un gran número de autores diferentes. Estos estudios, en su mayoría, recogen una comparación de los coeficientes de absorción medidos en laboratorios y salas.

Para la realización de la asignación de los materiales a las superficies de los recintos utilizados en este proyecto, se crea una base de datos de unos cuantos materiales, que son una media representativa de los materiales utilizados generalmente en la mayoría de recintos escénicos y que ya han sido estudiados y utilizados por otros autores anteriormente, en diferentes simulaciones y estudios acústicos, de autores como Harris y Beranek.

Mediante el estudio de fotografías y planos de todos los auditorios a simular, se asignarán visualmente los materiales, que se elegirán entre los que hay en base de datos de materiales indicada para la realización del proyecto. A continuación se expone la lista de los materiales utilizados con sus coeficientes de absorción en cada banda frecuencial:



Material	Descripción	FRECUENCIA (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
Madera	Panel de madera contrachapada	0,42	0,21	0,1	0,08	0,06	0,06	
Madera	1 capa	0,25	0,18	0,11	0,08	0,07	0,06	
Madera	Madera 1,6 cm sobre listones	0,18	0,12	0,1	0,09	0,09	0,07	0,07
Madera	Suelo escenario	0,1	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	
Butaca	Altamente tapizada	0,7	0,76	0,81	0,84	0,84	0,81	
Butaca	Altamente tapizada; Ocupada	0,72	0,8	0,86	0,89	0,9	0,9	
Butaca	Ligeramente tapizada	0,36	0,47	0,57	0,62	0,62	0,6	
Butaca	Ligeramente tapizada; Ocupada	0,51	0,64	0,75	0,8	0,82	0,83	
Yeso	Superficie dura	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05
Yeso	Pladur	0,15	0,1	0,06	0,04	0,04	0,05	0,05
Cortinas	Pesada, plegada a 13 cm pared	0,3	0,45	0,65	0,56	0,59	0,71	0,71
Cortinas	Ligera, colgada 9 cm pared	0,05	0,06	0,39	0,63	0,7	0,73	0,73
Cortinas	ligera 5 cm pared	0,03	0,03	0,15	0,4	0,5	0,5	0,5
Vidriera	Vidriera	0,3	0,2	0,14	0,1	0,05	0,05	
Linóleo	Linóleo	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	
Alfombra	Alfombra algodón	0,07	0,31	0,49	0,81	0,66	0,54	0,48
Moqueta	Delgada sobre	0,02	0,04	0,08	0,2	0,35	0,4	
Alfombra	hormigón							

[Figura 3.1: Tabla de materiales y coeficientes de absorción]



Definimos el coeficiente de difusión,  $s$ , como el ratio entre la energía acústica reflejada en direcciones no especulares y la total reflejada. Definimos una superficie difusora, a aquella con un valor  $s \geq 0,5$ . Este fenómeno, se da debido a que no todas las superficies son planas.

Existen diferentes tipos de superficies difusoras:

- Superficies curvas (tanto convexas como cóncavas).
- Estructuras geométricas irregulares.
- Estructuras irregulares periódicas.
- Superficies con mezcla de materiales absorbentes y reflectantes.

Esta difusión se comporta de manera diferente según la frecuencia de la onda que incide sobre el material, lo que hace el cálculo del coeficiente algo más complejo, pero en este proyecto no tendremos eso en cuenta, ya que el propio software ODEON realiza todos esos cálculos, y solo tenemos que asignar el valor del coeficiente a cada superficie.

Existen ya valores preestablecidos para que la simulación sea lo más real posible. En la siguiente tabla podemos ver que coeficiente hemos de utilizar según la superficie que tengamos:

Coeficiente de difusión	Tipo de superficie
0,6 - 0,7	Audiencia
0,4 - 0,5	Estructuras rugosas
0,3	Estanterías
0,1 - 0,2	Ladrillos juntas abiertas
0,05 - 0,1	Ladrillos juntas cerradas, superficies lisas

[Figura 3.2: Tabla coeficientes de difusión.]

Posteriormente a la asignación de los materiales y coeficientes de difusión en cada recinto, se creará un archivo, con el nombre `Materiales_simulación.xlsx`, en el que se apuntarán cada uno de los materiales elegidos y asignados en cada superficie para llevar a cabo la simulación de cada recinto, y así tener un documento con todos los materiales utilizados señalados.

### 3.2.4. Global Estimate

El método Global Estimate, estima los tiempos de reverberación  $T_{20}$  y  $T_{30}$  usando el método propuesto por Schröder. También nos permitirá saber el volumen total del recinto y el camino libre medio. La fuente, emite partículas en direcciones aleatorias,



que se reflejan utilizando el “ Vector based scattering method” de Odeon. Se calcula la pérdida de energía de cada partícula por la absorción de las diferentes superficies y del aire. La suma de muchas partículas, nos da la función de la caída de la curva de energía del recinto. Es importante utilizar un correcto número de rayos y un tiempo adecuado de respuesta al impulso para obtener unos resultados satisfactorios en esta simulación.

Realizaremos el Global Estimate con los nuevos materiales ya asignados. Antes hay que adecuar el tiempo de respuesta al impulso para obtener unos buenos resultados, así que

pondremos el Impulse Response Length a 2500 milisegundos en el apartado Room Setup (icono de herramientas).

También, en este apartado, podremos saber y anotar la superficie total de audiencia y la superficie total del suelo del escenario, estas dos superficies, las buscaremos entre las áreas de superficies en el apartado Material List /Area.

### 3.2.5. Receptores y parámetros de cálculo

El siguiente paso es establecer unos parámetros básicos de cálculo y los receptores en la zona de audiencia. El Impulse Response Length sigue a 2500 milisegundos y el parámetro Number of Late Rays = 1000 rayos.

Además, se colocará un receptor central centrado, a  $2/3$  de distancia de la zona de audiencia inferior ( si en esa distancia, el receptor central ya tiene techo por la parte superior, se mueve un poco hacia delante).

Se asignará también, a la zona de audiencia una malla (GRID), que se coloca a 0,4m de altura y con una distancia de 0,75m entre cada receptor (media estimada de la distancia entre una persona y otra en sus asientos).

### 3.2.6. Tiempo de Reverberación QuickEstimate

A continuación, se hallan los tiempos de reverberación con la opción Quick Estimate. Este método, estima una absorción media, que luego implementa utilizando los métodos de Sabine, Eyring o Arau-Puchades para poder estimar el tiempo de reverberación.

En vez de utilizar la fórmula clásica del cálculo de la absorción, Odeon envía pequeñas partículas desde la fuente, asumiendo campo difuso, en direcciones aleatorias y cuenta el número de veces que se golpea cada superficie de la sala. De esta manera, aquellas superficies que no han recibido impactos de las partículas se quedan fuera y las que han

tenido un impacto o dos cuentan una o dos veces respectivamente. Como resultado, la estimación del tiempo de reverberación que se calcula, corresponde a un sub-volumen de cada recinto, en el cual se encuentran las superficies que han sido alcanzadas por las partículas en la simulación.



Odeon calcula tanto mediante la fórmula clásica, como mediante la fórmula modificada de estos métodos. Para el cálculo de la fórmula clásica, Odeon estima el volumen de la sala gracias al camino libre medio:

$$L = 4V/S,$$

donde V es el volumen del recinto, y S la superficie total activa.

Los resultados se apuntarán en el apartado de la base de datos TGlobales.

### 3.2.7. Simulación Receptor Central y Malla

Introducimos una fuente sonora en el centro del escenario y un receptor en la parte central de la sala. A continuación, procedemos a la simulación total para hallar todos los parámetros en receptor central presionando en el botón “Single Job”.

Esta simulación, nos permite calcular la respuesta de una fuente sobre un punto central en el recinto. Dichos resultados son similares a los que obtendríamos mediante la respuesta al impulso medida en una sala real. La respuesta se calcula mediante un cálculo híbrido, donde las primeras reflexiones se calculan mediante el método de trazado de rayos y las reflexiones tardías se calculan empleando un proceso especial de trazado de rayos que genera fuentes secundarias, que irradian energía desde las diferentes superficies de las paredes del recinto.

Realizaremos la misma operación pero esta vez para la malla. Seleccionaremos las superficies de audiencia que queremos que permanezcan dentro de la malla. Una vez seleccionadas, establecemos 0,75m de distancia entre receptor y receptor de tal forma que consigamos obtener un número de receptores similar al número de butacas que hay en cada recinto.

### 3.2.8. Archivo creado para receptores multipunto

Una vez realizada la simulación para la malla, mediante el programa Odeón se exportan los datos. Se abre el archivo de formato .txt con los resultados del grid (malla), en los que tendremos todos los resultados calculados para cada receptor dentro de la malla.

Este método, hace que Odeon calcule resultados para una serie de receptores que se saldrían dentro del rango de la malla, y que hace que se introduzcan una serie de errores, por lo que mediante una función hecha con matlab, se corrige este error y se calculan los receptores que quedarían eliminados por salirse del rango de receptores de la malla.

La función utilizada se describe a continuación:



```
% crea un archivo .SouRecScript con las coordenadas de los
receptores multipunto.

% archivo donde se encuentran los datos del grid(malla).

FileName = '014 - Sala Iturbi Palau de la Música - Valencia_grid_VA.Txt';

% Archivo de Odeon donde vamos a escribir la posición de los receptores

fid = fopen('receptores.SouRecScript','a+');

Data = fileread(FileName);

Data = strrep(Data, ',', '.');

FID = fopen('temp.txt', 'w');

fwrite(FID, Data, 'char');

fclose(FID);

% archivo con la simulación de los grids ( mallas)

input = importdata('temp.txt');

Index = strfind(input.textdata,'Position');

% Archivo de Odeon donde vamos a escribir la posicion de los receptores

%fid = fopen('070_receptores.SouRecScript','a+');

% Archivo de texto que indica los receptores que han sido eliminados

fid_2 = fopen('receptores_eliminados.txt','w');

cont = 0; cont2 = 0;

for i = 1:length(input.textdata)-12

    if Index{i} == 1;

        if (input.data(i+12,1:8)== -Inf);

            %borrado = [borrado input.textdata(i-1,:)];

            fprintf(fid_2, '%s\n', input.textdata{i-1});

            cont = cont + 1;
```



```
else

    fprintf(fid, 'Receiver\t');

    %     fprintf(fid, '%6.3f \t %6.3f \t %6.3f \n', input.data(i-2,1:3));

    fprintf(fid, '%6.3f \t %6.3f \t %6.3f \n', input.data(i,1:3));

    cont2 = cont2 + 1;

end

end

end

fprintf(fid_2, '%s\t', 'Receptores eliminados');

fprintf(fid_2, '%f\n', cont);

fprintf(fid_2, '%s\t', 'Receptores ');

fprintf(fid_2, '%f\n', cont2);

fclose(fid);

fclose(fid_2);

delete 'temp.txt'
```

Se creará automáticamente un archivo en el que se guardaran las coordenadas de todos los receptores reales de la malla (receptores multipunto), y se desechan las que por motivos de cálculo del programa son inválidos o se salen fuera de la zona legible de audiencia. Se copia el contenido del archivo (coordenadas) y en el apartado de la simulación multipunto en Odeón se copian todas las coordenadas de todos los receptores que nos ha devuelto la función. Así tendremos cada coordenada de cada receptor que es lo que se conoce como “multipunto”.



### 3.2.9. Simulaciones multipunto

Una vez realizado el apartado anterior, se realiza la simulación multipunto, la más costosa de realizar ya que el programa tiene que realizar la simulación y dar resultados de todos los parámetros para cada receptor.

Para realizarlo, se cambiará el Number of Late Rays al valor adecuado calculado para cada recinto en función de sus características, que estará señalado en la base de datos realizada, en el apartado nº de rayos.

Se realizará la simulación y se pasan los datos a la base de datos en Excel.

### 3.2.10. Repetición para recintos ocupados

Todo este proceso anteriormente indicado debe repetirse para estudiar la sala cuando está ocupada. Lo único que deberíamos cambiar es en la asignación de materiales, en la zona de audiencia, cambiar del estilo de butacas que tenga el recinto de vacías a ocupadas y volver a simular paso por paso otra vez para obtener todos los resultados.

Al final de todo este proceso, habremos creado una base de datos completa sobre todos los recintos estudiados para un supuesto receptor central, y para cada uno de los posibles receptores que pudiese haber en cada recinto, además de hallar los tiempos de reverberación globales de cada sala y sus características técnicas y físicas.

## 4. Recopilación y análisis de los datos.

Mientras se han realizado los diferentes tipos de simulaciones para cada uno de los auditorios incluidos en la realización de este proyecto, se ha ido rellenando una base de datos creada en excel para tener ordenados todos los valores de los distintos parámetros acústicos y características técnicas obtenidos de el estudio y simulación de todos los recintos. Cuando esta base de datos está rellena completamente, ya se puede realizar un análisis de los datos, pudiéndose enfocar de diferentes formas. En este proyecto, se ha realizado una herramienta para realizar cómoda y satisfactoriamente una comparación entre los datos técnicos y acústicos de los recintos, a modo de poder señalar las gráficas más interesantes de la relación entre estos dos parámetros posteriormente.

### 4.1 Herramienta para buscar datos

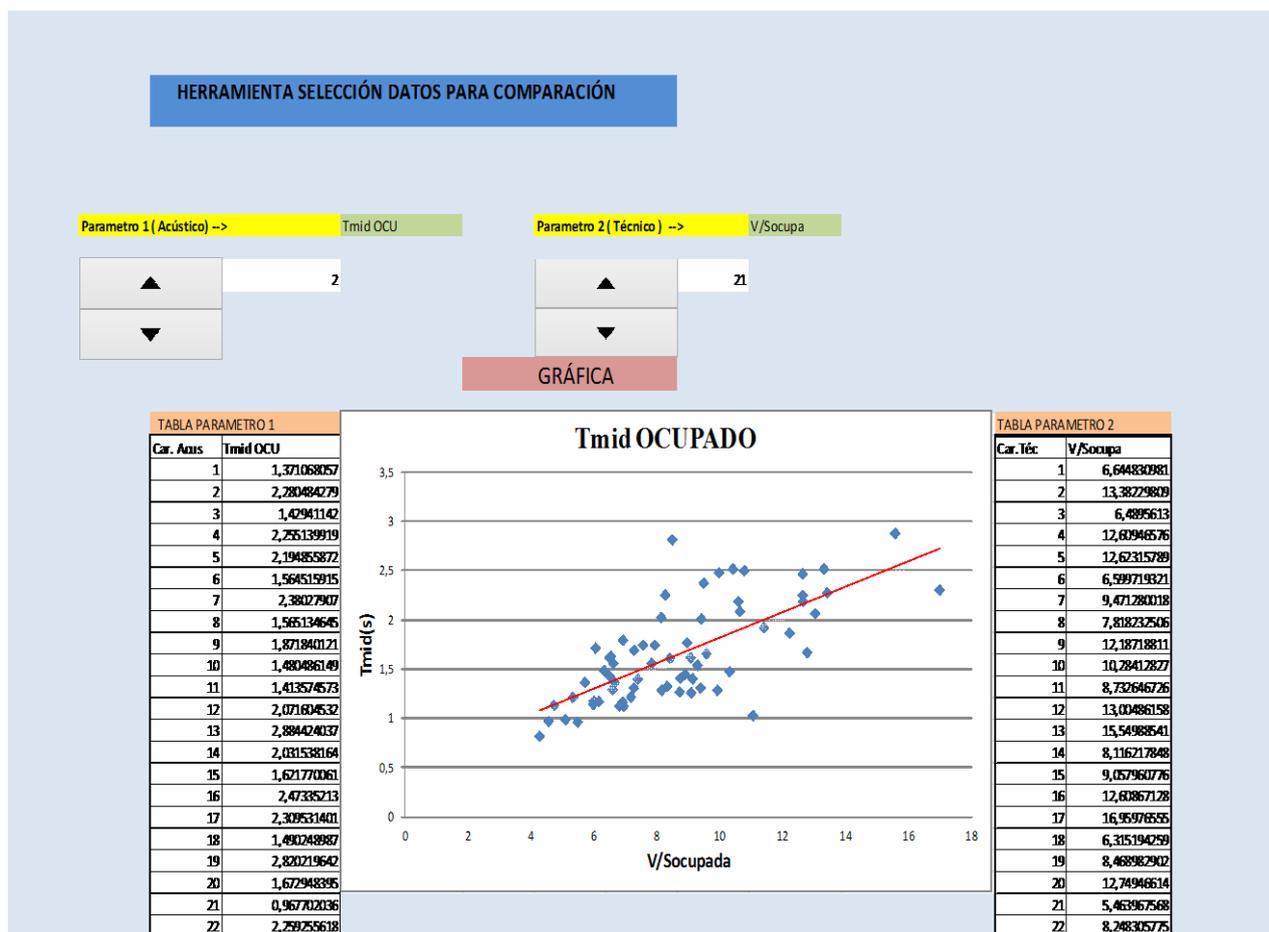
Como bien se ve en la imagen, se crea una interfaz que facilita en gran parte la búsqueda de los datos disponibles en la base de datos creada ya que dispone de



diferentes manejadores con la que podremos seleccionar de manera más individualizada algunos parámetros para llevar a cabo el análisis de los datos.

A continuación, se explica el manejo y funcionamiento de la interfaz:

- 1- Manejador que permite seleccionar el parámetro 1 (acústico) que queremos comparar.
- 2- Manejador que te permite seleccionar el parámetro 2 (técnico) que queremos comparar.
- 3- Gráfica en la que se disponen los datos seleccionados con los manejadores.



[Figura 4.1: Panel principal de la herramienta de búsqueda de datos]



## 5. Análisis de los datos

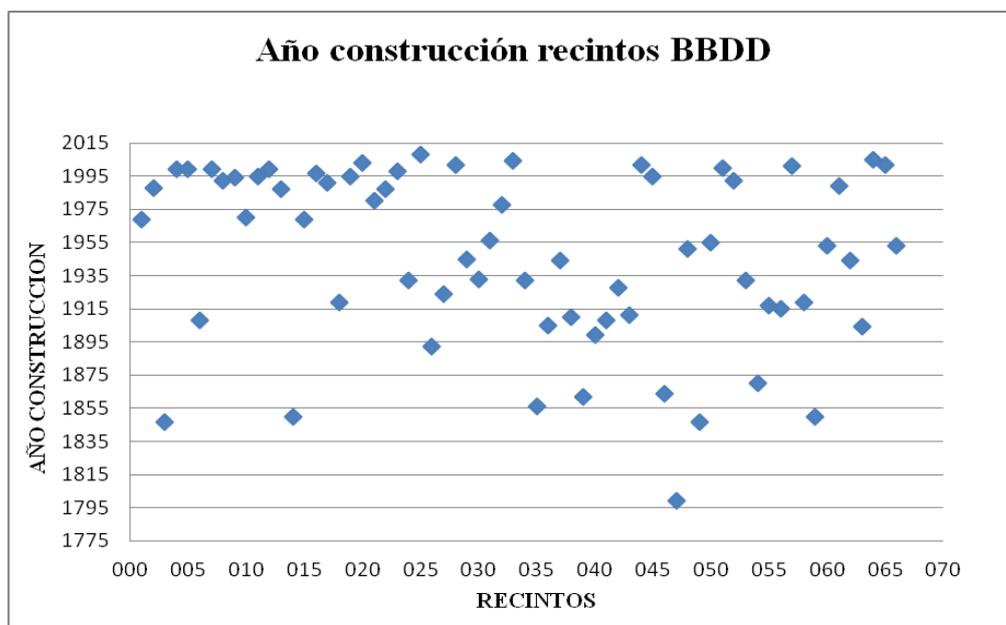
### 5.1 Análisis técnico general de los recintos.

#### *Año de construcción*

La mayoría de los recintos escénicos en España, fueron construidos de 1900 en adelante, como bien podemos observar en la gráfica, si bien, existen algunos recintos que destacan por su mayor antigüedad, y que han sido posteriormente reformados.

El recinto escénico más antiguo en España es el Teatro Calderón de la Barca, de Valladolid, que fue construido en el año 1799 y posteriormente reformado, en el año 1987. También, le sigue el Gran Teatre del Liceu, Barcelona, y el Teatro Principal de Alicante, construidos en el año 1847 y reformados en 1999 y 1992 respectivamente

Posteriormente, la construcción de recintos escénicos aumentaría y empiezan a aparecer nuevos recintos como Teatro de la Zarzuela (Madrid) construido en 1856 y reformado en 1998, el Teatro Romea (Murcia) construido en 1862, Teatro Miguel de Cervantes (Málaga) construido en 1870. Más tarde, desde 1900, se construyeron la gran mayoría de recintos que hoy en día están en uso y que han sufrido diversas reformas estructurales para adaptarse a las nuevas corrientes tanto técnicas como acústicas, se pueden destacar, el Teatro Apolo (Barcelona) en 1904, Gran Teatro Falla (Cádiz) en 1910, Teatre Tívoli (Barcelona) en 1919, Teatro Lope de Vega (Madrid) en 1924, Teatro Nuevo Apolo (Madrid) en 1932, Teatro Gran Vía (Madrid) en 1944.



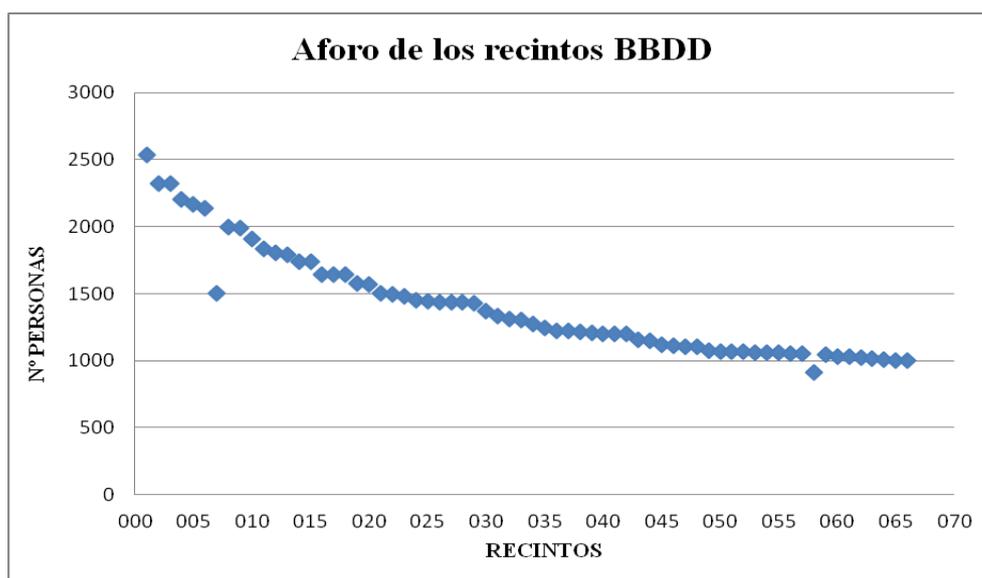
[Figura 5.1: Año construcción de los recintos]

Como recintos escénicos más novedosos, podemos destacar la Sala Principal Baluarte, Palacio de Congresos y Auditorio de Navarra (Pamplona) construido en 2003, Centro de las Artes Escénicas y de la Música (Salamanca) construido en 2002, Sala Principal, Auditorio Ciudad de León (León) construido en 2002, Palacio de Congresos ExpoAragón (Zaragoza) construido en 2008. Cabe destacar, que hay recintos escénicos que han sido construido más recientemente, pero que por diversos motivos ya destacados anteriormente en este proyecto, se han desestimado para su estudio en este proyecto.

### Aforo

Como bien se puede observar en la gráfica que se muestra a continuación, y tal y como se indica al comienzo de este informe, en este proyecto se estudian todos los recintos escénicos españoles con un aforo superior a 1000 personas. Dentro de estos, señalar que el recinto con mayor capacidad en España es el Gran Teatro del Parque de Atracciones de Madrid, con una capacidad total de 2533 espectadores. Le siguen de cerca, recintos como la Sala Sinfónica del Auditorio Nacional de Música (Madrid) con 2324 espectadores y el Gran Teatre del Liceu (Barcelona) con 2321. Por encima de 2000 personas de aforo también encontramos la Sala Sinfónica (Barcelona), Auditorio del Palacio Euskalduna (Bilbao) y el Palau de la Música Catalana (Barcelona).

Todos los demás recintos escénicos, están por debajo de esta cifra y no por ello son menos importantes, dado que también están dotados de gran riqueza arquitectónica además de grandes características acústicas, se pueden destacar entre algunos de ellos, Sala García Lorca (Granada), Auditorio Kursaal (San Sebastián), Teatro de la Maestranza (Sevilla), Teatro Real (Madrid), Sala Argenta (Santander), Teatro Campoamor (Oviedo), Sala Capitol (Madrid), Teatro Olimpia (Huesca).



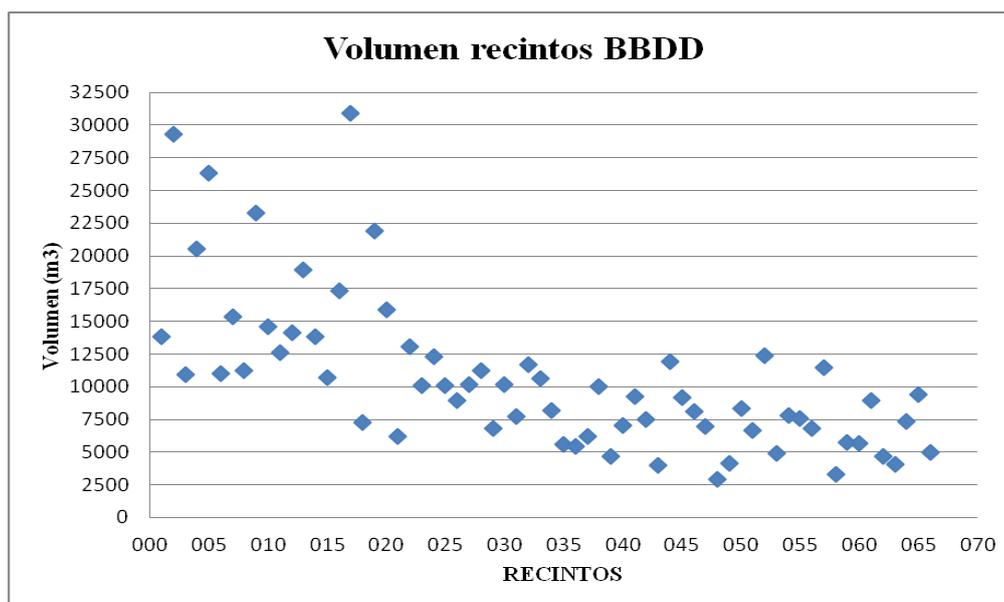
[Figura 5.2: Aforo total de los recintos]

## Volumen

El volumen de los recintos escénicos de este proyecto, como bien se puede apreciar, viene denotado por la capacidad y el tamaño de los recintos, si bien, puede haber alguna que otra variación conforme a estos datos técnicos ya que el programa Odeón calcula un sub-volumen en función de las superficies de rebote de los rayos al hacer la simulación.

Calculados los volúmenes de los recintos, cabría destacar que el mayor volumen pertenece a la Sala Argenta, Palacio Festivales de Cantabria (Santander) que tiene un volumen total de 30.938 m<sup>3</sup>. Le seguiría la Sala Sinfónica del Auditorio Nacional de Música (Madrid) con 29.279,1 m<sup>3</sup>. También, destacable el Auditorio del Palacio Euskalduna (Bilbao) con 26.333 m<sup>3</sup>.

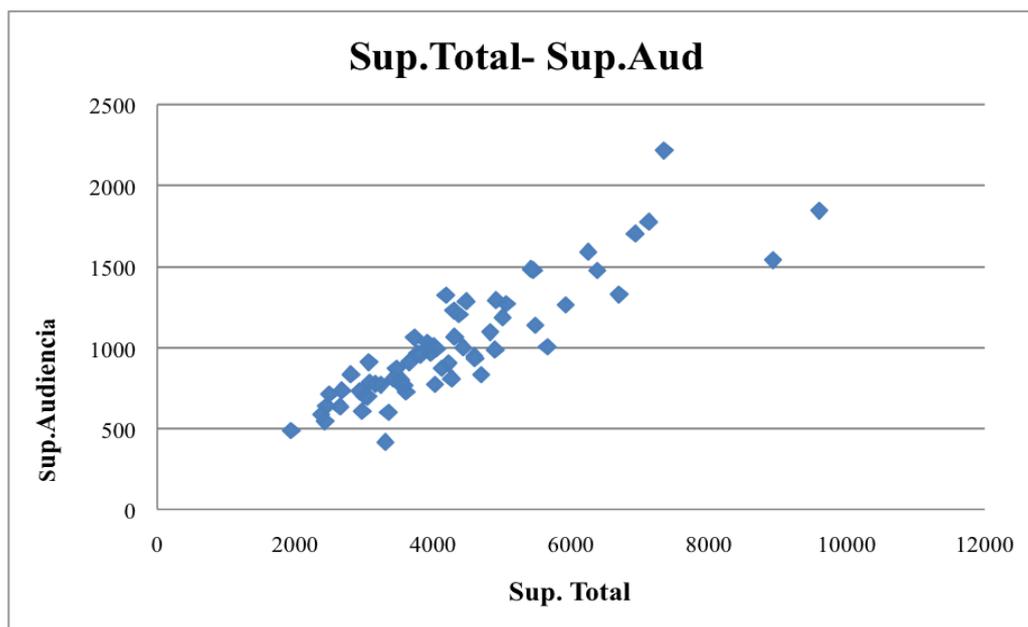
En general, el volumen de las salas es mayor conforme el aforo es superior, como es lógico. Las salas que están por encima de 1500 personas de aforo tienden a tener un volumen superior a 10.000 m<sup>3</sup>, siempre con algunas excepciones tendiendo a la baja o alta en función de su disposición arquitectónica y de su construcción. A continuación, se muestra una gráfica en la que se disponen los datos de los volúmenes para todos los recintos estudiados en este proyecto.



[Figura 5.3: Volumen de los recintos]

## Superficie Total y Superficie Audiencia

Como es lógico, las superficies totales de cada uno de los recintos están directamente ligadas a la superficie total de audiencia que alberga cada recinto. Como bien vemos en la gráfica que tenemos a continuación, las dos variables enfrentadas forman una recta lineal ascendente, que quiere dar a entender que la superficie total de audiencia de un recinto aumenta si también aumenta la superficie total del recinto. Salvo en algunos casos que puede haber variaciones debido a diferentes disposiciones y formas arquitectónicas, en general, sigue la tendencia comentada.



[Figura 5.4: Sup. Audiencia en función de la Sup. Total]

### *Materiales en los recintos*

En general, la mayoría de los recintos escénicos españoles estudiados en este proyecto, están contruidos conforme a una misma línea arquitectónica y su construcción, se ha llevado a cabo con diversos y diferentes materiales que no son similares, pero si de características técnicas y acústicas parecidas, por eso, se decide crear una base de datos estimada ( ya comentada anteriormente) con los materiales que, en general, han sido utilizados para la construcción y dotación acústica de estos recintos.

En la mayoría de los auditorios, el suelo del escenario se ha establecido como madera especial de suelo de escenario (madera preparada para bajas frecuencias) o linóleo y el suelo del resto del recinto suele ser madera o alfombra/moqueta. Las paredes de los recintos están contruidas en yesos, duros o blandos o también en madera, que puede ser de diferentes formas: de 1 capa, de madera contrachapada..etc. El techo de los recintos sigue mas o menos la misma tendencia que las demás partes, suelen estar contruidos en yesos ( los recintos antiguos normalmente ornamentados) y otros mas modernos en diferentes tipos de maderas que no serán tan “ brillantes” o reflectantes como los antiguos contruidos en materiales mas duros como yesos . Las conchas o escenarios, están normalmente contruidas en diferentes tipos de maderas, algunas veces con superficies en yeso y decoradas o cerradas con cortinas de diferentes tipos, plegadas o lisas.

En las zonas de audiencias, se distinguirán principalmente en estos recintos de dos formas, butacas muy tapizadas o butacas poco tapizadas, en función del grosor y espesor del material con el que hayan sido recubiertas.

## 5.2 Análisis acústico general de los recintos

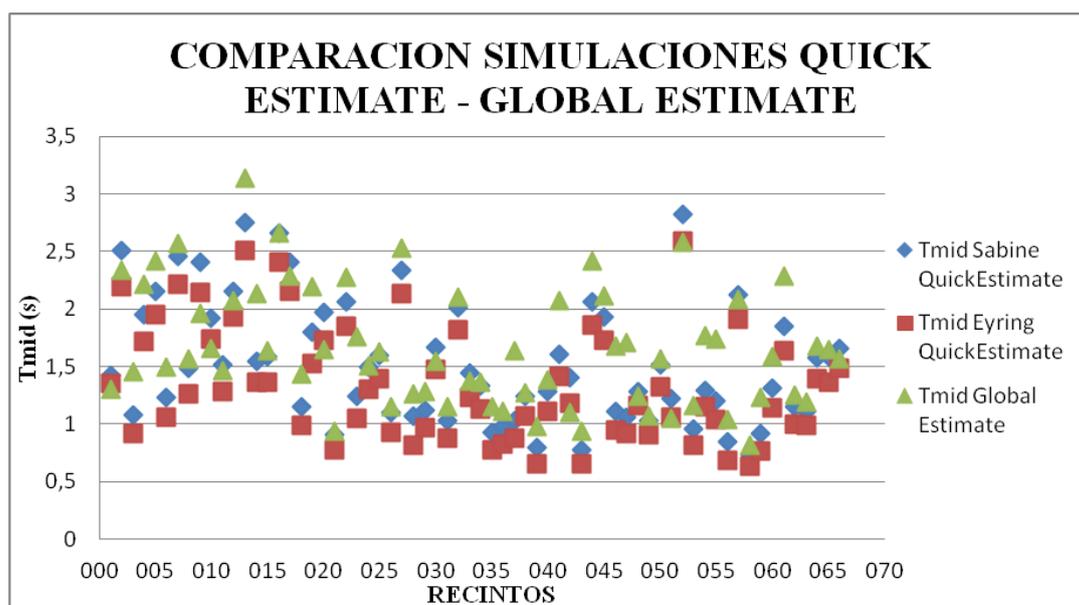
### 5.2.1 Comparación entre tipos de simulación en Odeon

Esta parte del análisis de los datos va enfocada a la comparación del tiempo de reverberación  $T_{30}$  en función del tipo de simulación en Odeon con el que ha sido calculado y del estado de ocupación de los recintos.

Como hemos visto anteriormente, el software ODEON utilizado para realizar las simulaciones de los recintos, nos da dos opciones diferentes, “Quick Estimate” y “Global Estimate”, además de las aportadas por nosotros que son simulación “Receptor Central” y “Multipunto”.

Así pues, los resultados son los siguientes:

*$T_{mid}$  según simulación : VACÍOS*

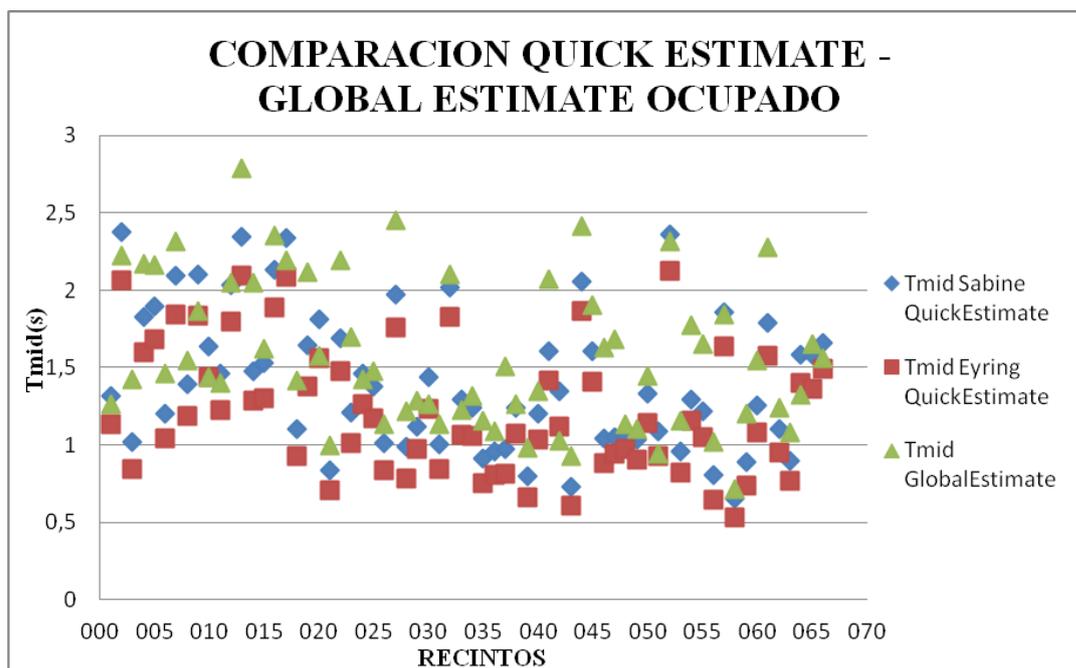


[Figura 5.5:  $T_{mid}$  (vacío) de los recintos según simulación]

La gráfica representa los valores del  $T_{30}$  en frecuencias medias ( 500 Hz y 1KHz) según los tipos de simulación.

Vemos que en casi todos los recintos, el valor de  $T_{mid}$  según los métodos de Eyring y Sabine (Quick Estimate) quedan un poco por debajo del valor del método de Global Estimate ( señalado con un triángulo verde). Esto se debe a que el método Quick Estimate se realiza en función de las superficies de la sala, como al realizar el modelado, Odeon supone que existen más superficies absorbentes de las que actúan, dando lugar a valores algo menores de los reales.

### *T<sub>mid</sub> según simulación: OCUPADOS*



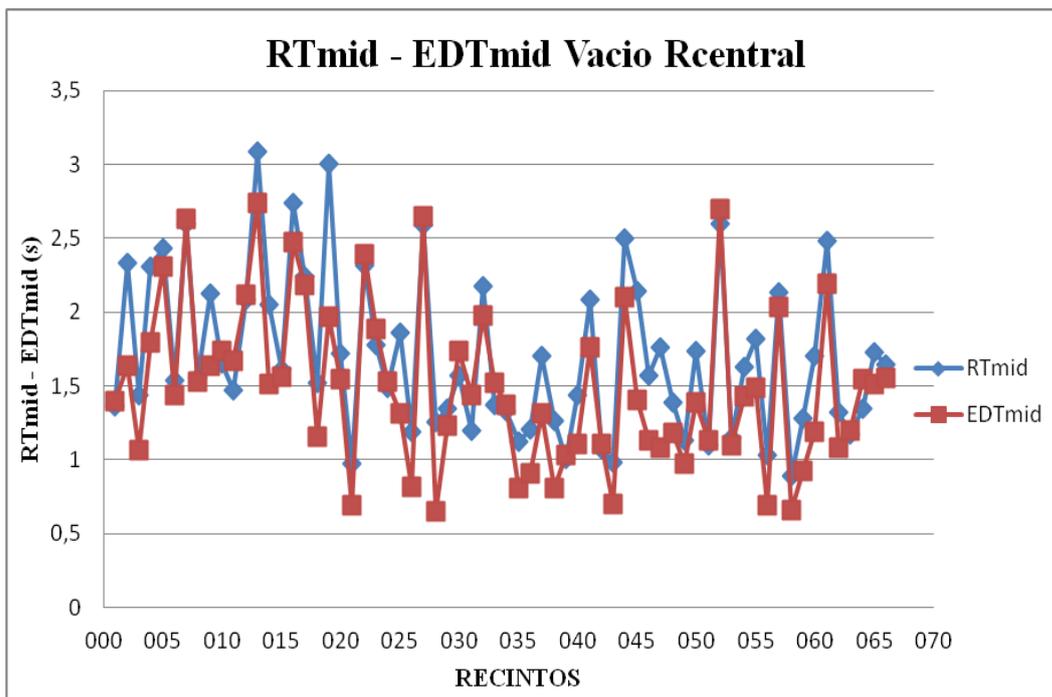
[Figura 5.6:  $T_{mid}$  (ocupado) de los recintos según simulación]

Vemos que en casi todos los recintos, el valor de  $T_{mid}$  según los métodos de Eyring y Sabine (Quick Estimate) quedan un poco por debajo del valor del método de Global Estimate (señalado con un triángulo verde) y que los valores, en general, son inferiores a los valores obtenidos en VACÍO.

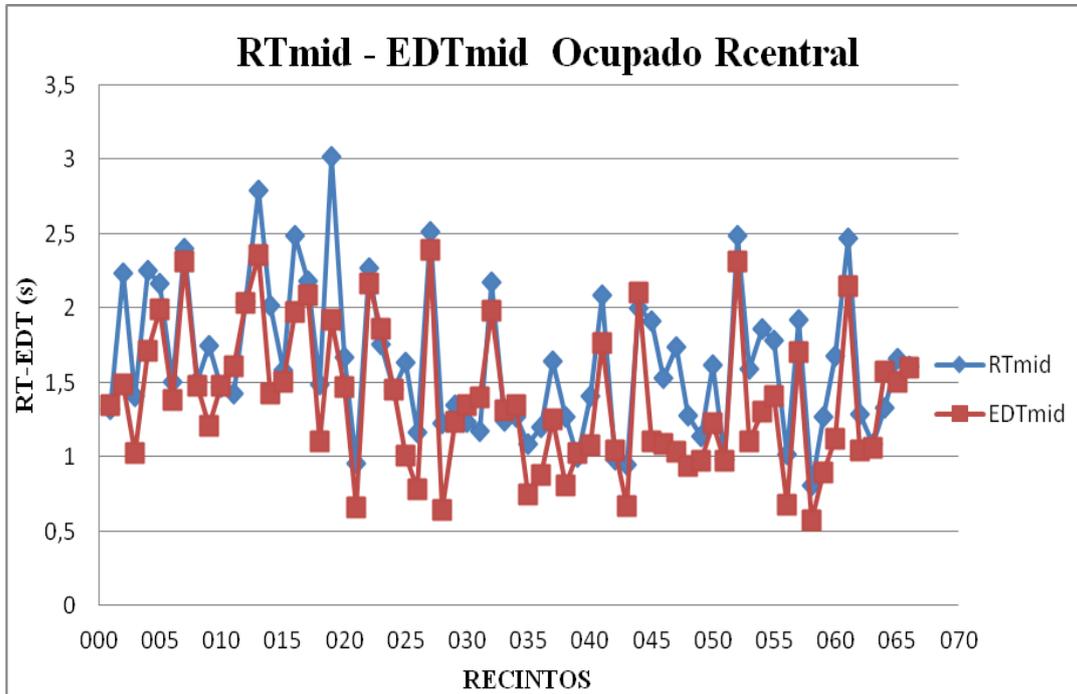
Los valores del  $T_{30_{mid}}$  son ligeramente superiores en vacío, es debido a la absorción que aporta la audiencia en la sala cuando cambia el estado de ocupación, puesto que la absorción de la audiencia es mayor en todas las frecuencias.

### *T<sub>mid</sub> y EDT<sub>mid</sub> en Receptor Central : VACÍOS y OCUPADOS*

En las dos gráficas anteriores, podemos observar los valores de  $T_{30_{mid}}$  y  $EDT_{mid}$  en función del diferente estado de ocupación. Vemos que para el estado de ocupación ocupado, los valores de  $T_{30_{mid}}$  y  $EDT_{mid}$  se diferencian un poco más que para el estado vacío. Es decir, que para cuando el recinto está vacío los valores del  $T_{30_{mid}}$  se acercan mucho más a los del  $EDT_{mid}$ , esto querrá decir que para cuando los recintos están ocupados, todos ellos en general, perderán sensación de viveza en el sonido, aspecto normal debido a la absorción que genera la audiencia en las diferentes bandas frecuenciales.



[Figura 5.7: RT<sub>mid</sub> y EDT<sub>mid</sub> (vacío) de los recintos en receptor central]

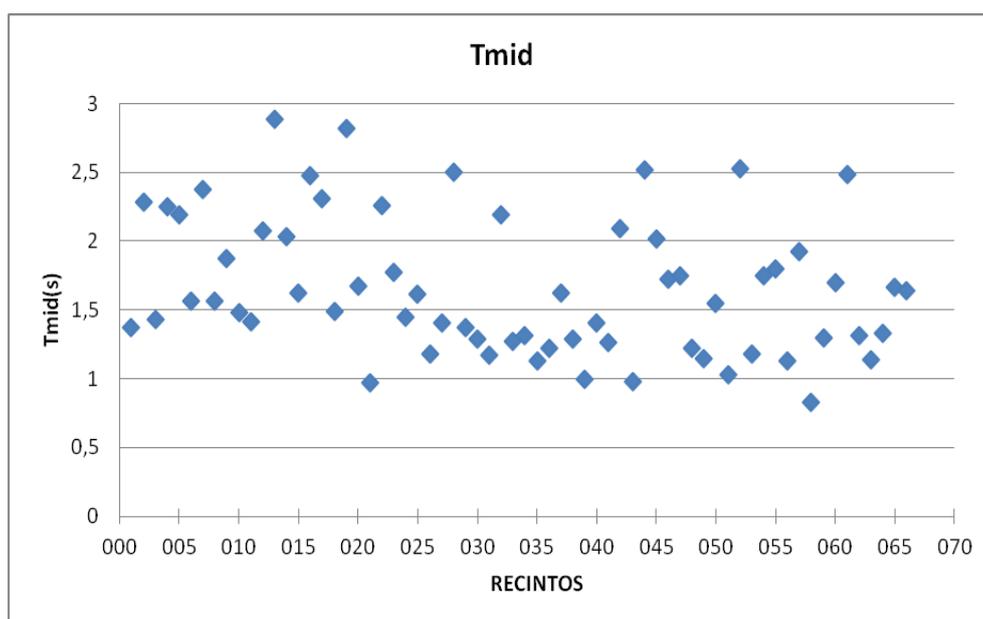


[Figura 5.8: RT<sub>mid</sub> y EDT<sub>mid</sub> (ocupado) de los recintos en receptor central]

## 5.2.2 Características acústicas de los recintos

A continuación, se realiza un análisis generalizado de las principales características acústicas de los recintos ( $T_{mid}$ ,  $EDT_{mid}$ , C80, D50, G, LF y LF), realizado según los resultados obtenidos en la simulación multipunto, con los datos de las medias obtenidas en cada parámetro.

### Tiempo de Reverberación ( $T_{mid}$ )



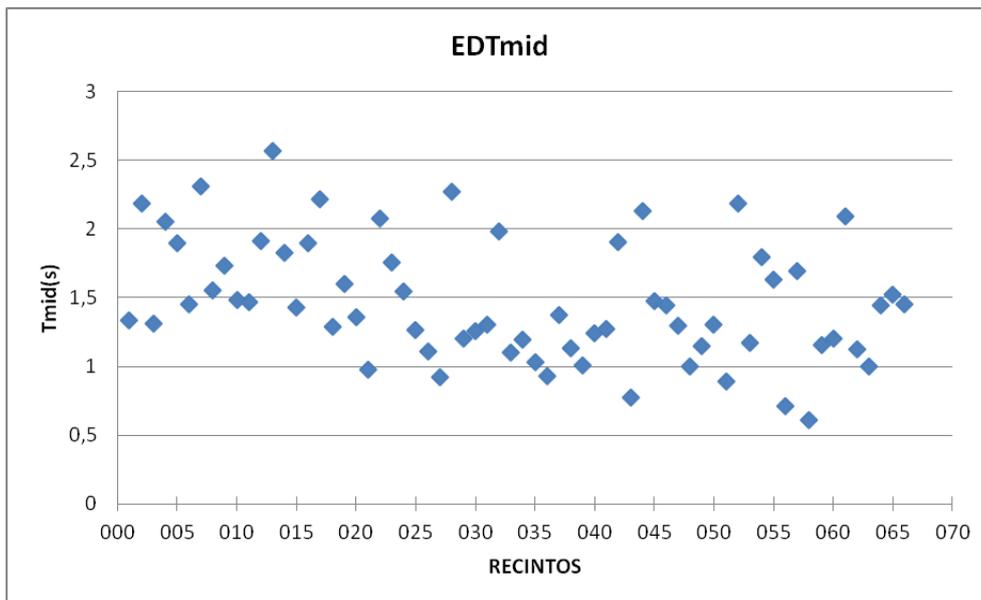
[Figura 5.9:  $T_{mid}$  (ocupado) de los recintos en multipunto]

Como se puede observar en la gráfica, el valor medio del tiempo de reverberación ( $T_{mid}$ ), correspondiente a las bandas de 500 Hz y 1KHz, de todos los recintos escénicos analizados oscila entre valores de 1s y 2,25s, exceptuando algunos casos particulares que son un poco menores o en algunos otros que sobrepasan este valor. En general, podríamos decir que el  $T_r$  medio de los recintos escénicos es bueno, ya que, según la tabla de tiempos de reverberación óptimos realizada por Leo Beranek, que se expone al comienzo de este proyecto, los  $T_{mid}$  de los recintos suelen estar entre 1,2-2,0 segundos.

Más concretamente, podríamos decir, que muchos de los recintos escénicos, están óptimamente preparados para albergar representaciones de Ópera ( 1,2-1,5 s), Música de Cámara (1,3-1,7 s), Música Barroca y Clásica (1,6-1,8 s) y Música Sinfónica (1,8-2 s), en general, todo tipo de representaciones musicales. En los casos en los que los valores del  $T_{mid}$  sobre pasan los 2,5s podría perderse levemente una pérdida de inteligibilidad o claridad en las representaciones. Casos como, Sala Iturbi – Valencia, Sala Santiago – Santiago de Compostela, Sala Principal Auditorio de León.

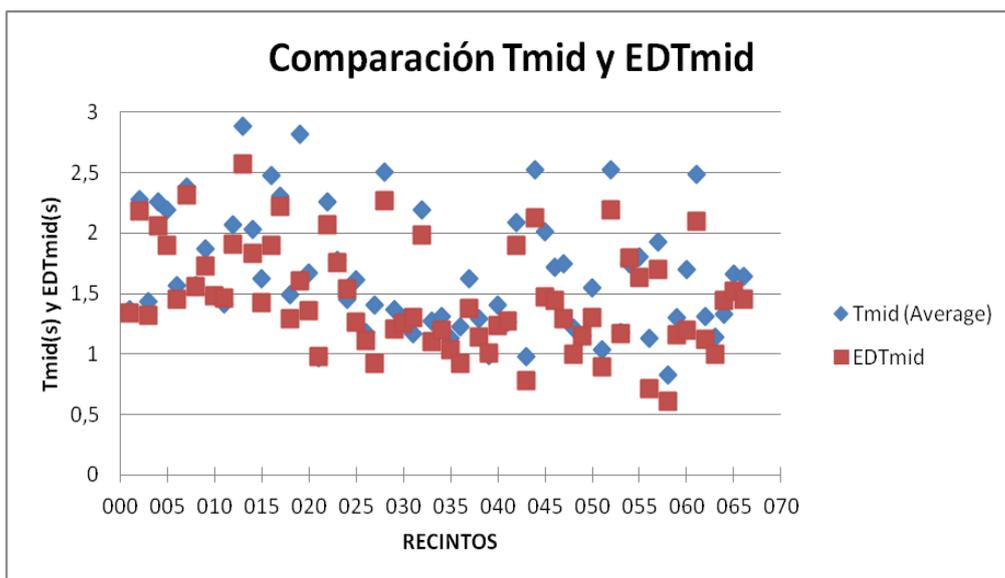


**Early Decay Time ( $EDT_{mid}$ )**



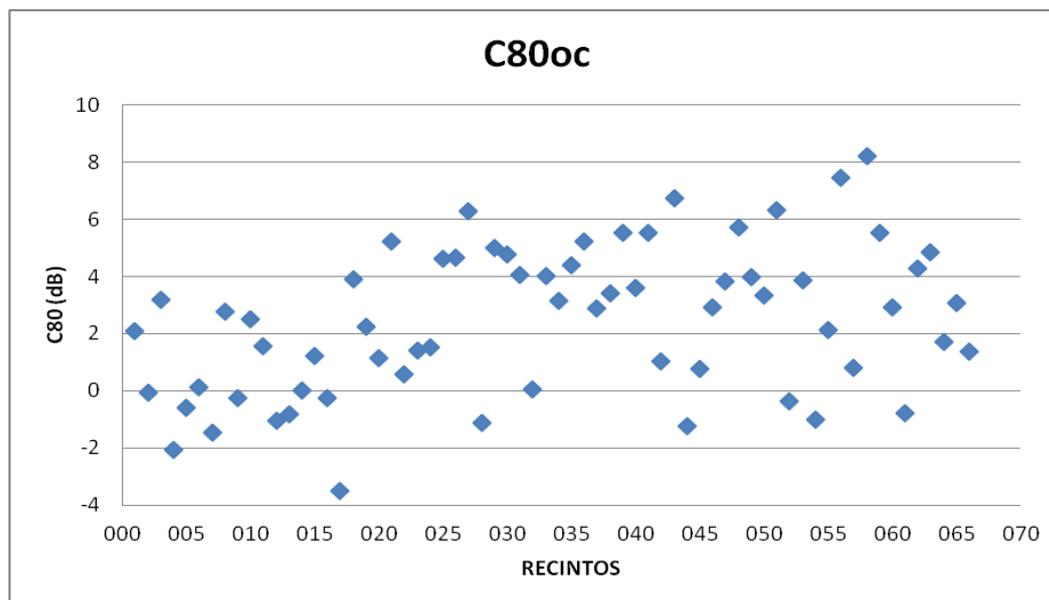
[Figura 5.10:  $EDT_{mid}$  (ocupado) de los recintos en multipunto]

Como se puede apreciar en la gráfica, los valores del  $EDT_{mid}$  ( valor del EDT a frecuencias medias, 500 Hz y 1KHz), oscilan aproximadamente entre los mismos valores que el  $T_{mid}$ , aunque en la mayoría de casos, los valores pueden estar un poco por debajo que los de su correspondiente  $T_{mid}$  en algunos recintos. Comparando estos dos datos ( $T_{mid}$  y  $EDT_{mid}$ ) en la siguiente gráfica, podemos indicar que, en general, la correspondencia entre estos valores tiende un poco a la baja en los valores de  $EDT_{mid}$ , salvo en algunos casos que si que están muy cerca, por lo general, los valores son algo más bajos, nunca una diferencia superior a 0,3 s.



[Figura 5.11: Comparación  $T_{mid}$  y  $EDT_{mid}$  (ocupado) de los recintos]

### Claridad Musical (C80)



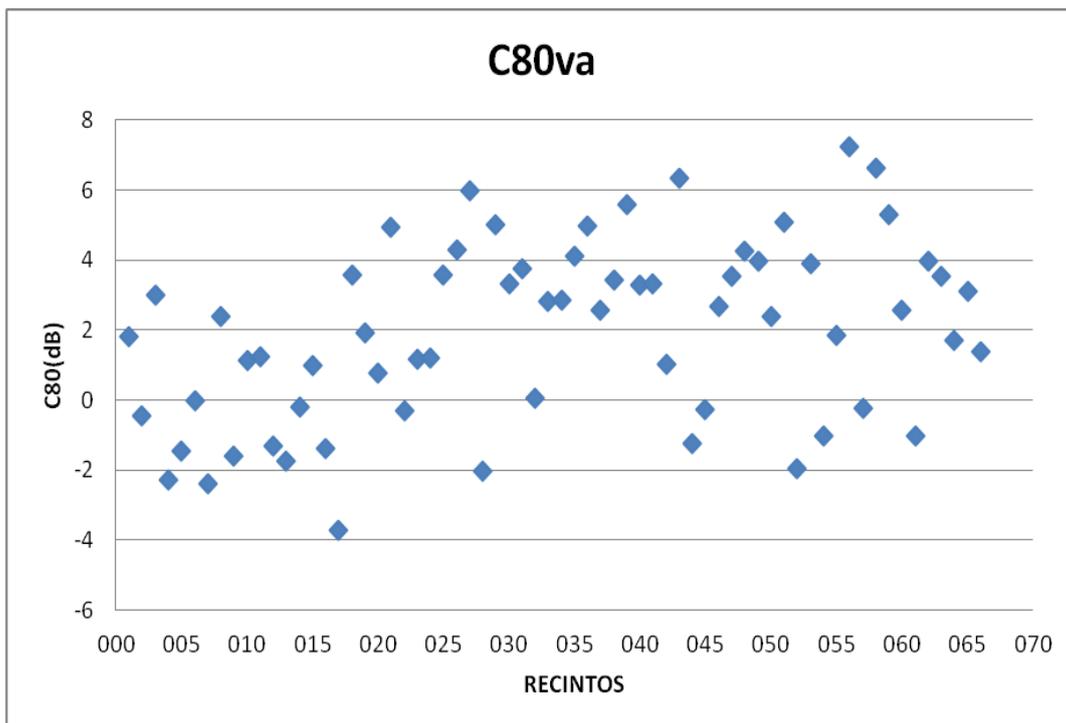
[Figura 5.12: C80 (ocupado) de los recintos en multipunto]

Como se aprecia en la figura 5.12, la mayoría de los valores correspondientes a C80 para estado ocupado, se establecen en el rango  $[-4,6]$ , siendo el rango óptimo establecido por Leo Beranek  $[-2,2]$ . Observando la gráfica, podemos decir que en torno a un 50% de los recintos están dentro del rango de valores considerado como óptimo según Beranek y que los demás estarían entre 4 y 8 dB por encima de este rango.

El parámetro C80, indica el grado de separación entre los diferentes sonidos en de una composición musical, por lo que, esto nos indica, que en muchos de los recintos estudiados, esta sensación de separación se va a perder, altamente perceptible en algunos casos particulares que superan en más de 4dB este rango óptimo como:

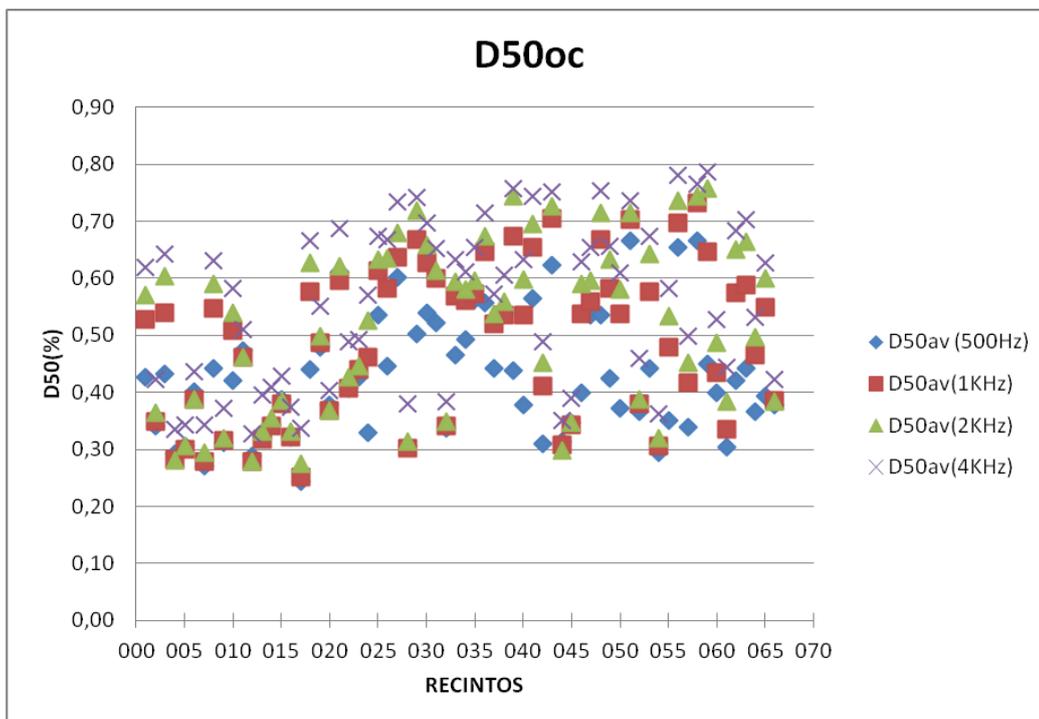
58 – Teatro La Latina – Madrid, 56 – Teatro Olympia - Valencia, 51 – Sala A - San Lorenzo del Escorial, 43 – Teatro Olimpia – Huesca.

Para el estado de ocupación vacío, cuya gráfica podemos observar a continuación, el rango óptimo de valores establecido por Beranek es  $[-4,0]$ , y en este caso, vemos que la gran mayoría de los recintos no cumpliría este requisito en este estado de ocupación vacío, ya que en torno al 30% de los recintos lo cumpliría y un 70% se pasaría por encima de 6 dB e incluso algún recinto en 8 dB. Los que más se exceden son los comentados anteriormente. A continuación se muestra en la gráfica:



[Figura 5.13: C80 (vacío) de los recintos en multipunto]

**Definición (D50)**



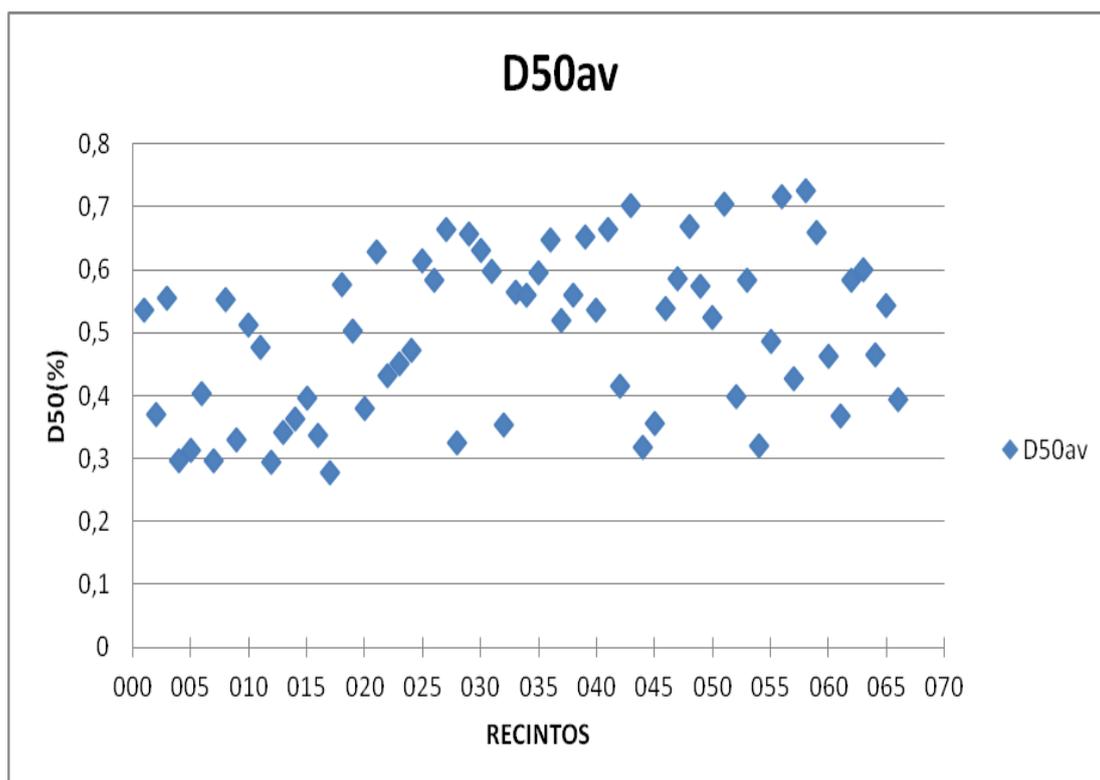
[Figura 5.14: D50 (ocupado) por bandas de los recintos en multipunto]



En la gráfica anterior, se pueden observar los valores de D50 para cada una de las frecuencias en las que se estudia. Según Beranek, el valor óptimo para la Definición D50 estaría en que cada valor fuese superior al 50% en cada banda frecuencial, es decir, que supere el valor de 0,5. Como podemos observar en la gráfica, en torno a un 50% de los auditorios superaría ese valor de 0,5 en todas sus bandas y otro 50% se quedaría por debajo.

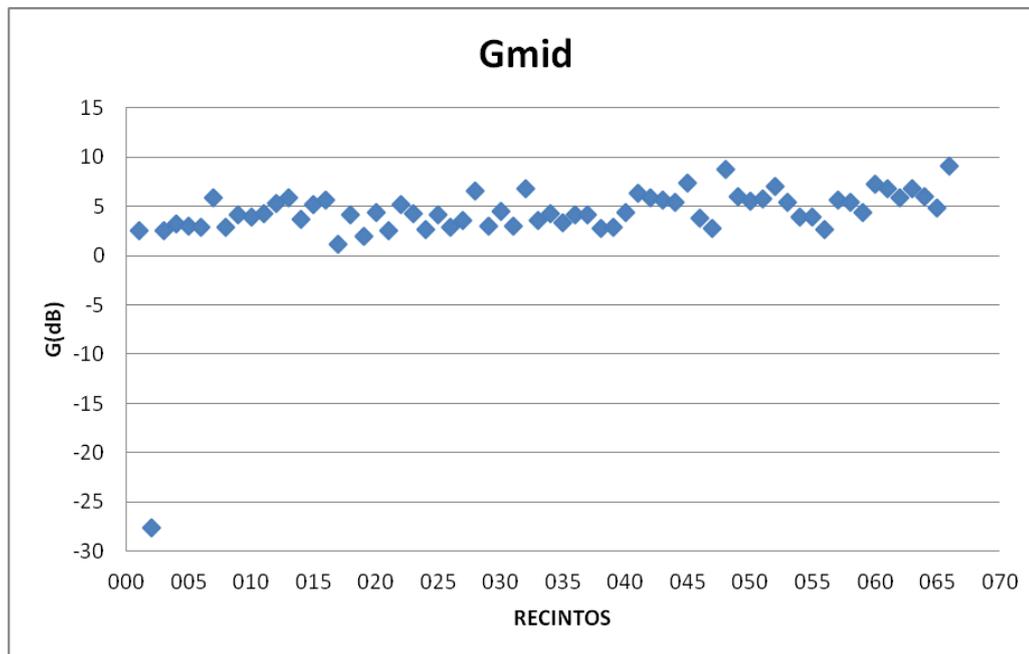
En la siguiente gráfica, obtenida de la media “ average” de todas las bandas frecuenciales expuestas en la gráfica anterior, vemos que sucede prácticamente lo mismo, aunque en cierto modo, un 65% si que excedería ese valor de 0,5 considerado como óptimo. Esto se puede deber, a un aumento de los valores de D50 en altas frecuencias ( señalados en la gráfica 5.14 con triángulos verdes y cruces moradas) que hacen que, al realizar la media, suban un poco esos valores.

Es decir, que en torno a un 40 % de los recintos, no superarían ese valor óptimo de 0,5 establecido por Leo Beranek en medias frecuencias ( 500 Hz y 1KHz), y un 60% de los recintos si que lo superarían para altas frecuencias ( 2KHz y 4KHz).



[Figura 5.15: D50 (ocupado) de los recintos en multipunto]

### Fuerza Acústica (G)

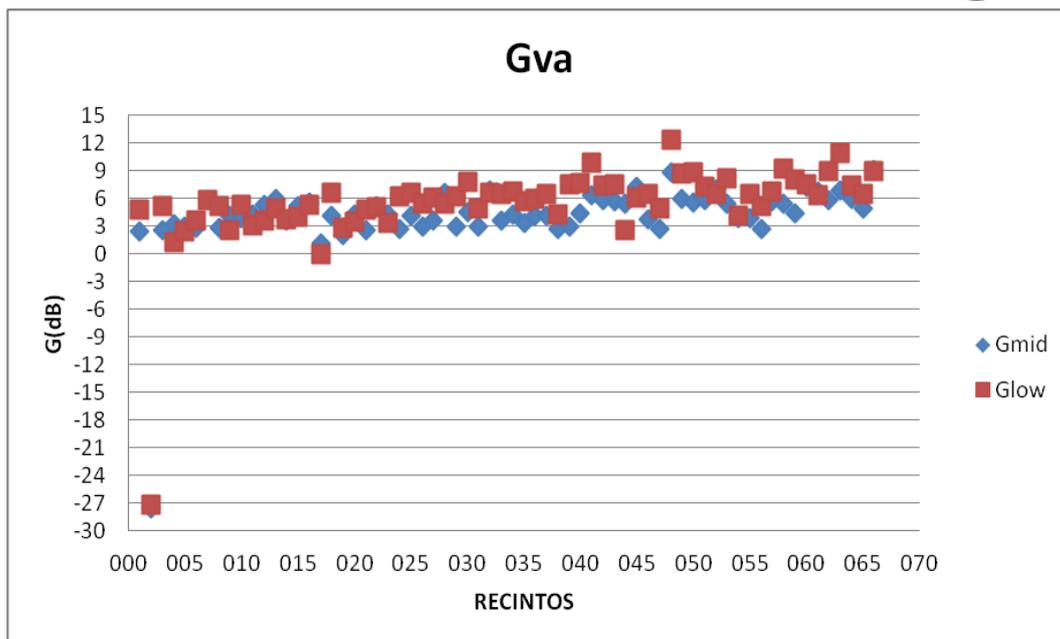


[Figura 5.16:  $G_{mid}$  (vacío) de los recintos en multipunto]

Como observamos en la gráfica 5.16 del  $G_{mid}$ , todos los valores de los recintos menos uno en particular, se establecen en torno a la línea de 5 dB, algunos se acercan a valores más próximos a 0dB y otros se alejan a valores cercanos a 10dB. En general, todos los valores están muy cercanos a los 5dB comentados, y como el rango óptimo establecido por Leo Beranek para el parámetro G es [4 , 5,5], podríamos señalar que en general, los recintos escénicos albergarían una buena fuerza acústica dentro de ellos, es decir, un buen grado de amplificación del sonido producido por el recinto.

También, en la gráfica que hay a continuación, se muestran los valores de  $G_{mid}$  ( 500 Hz y 1KHz) y  $G_{low}$  ( 125 Hz y 250Hz), porque también esto es importante de someterse a estudio, ya que, para que se produzca una buena sensación en los sonidos graves y que contribuya a dar sensación de espaciosidad, en cada recinto, cada valor de  $G_{low}$  tiene que ser mayor a su valor de  $G_{mid}$ .

Así pues, vemos en la gráfica 5.17 que casi al 95%, los valores de los recintos de  $G_{low}$ , marcados por un cuadro rojo, están por encima de su valor correspondiente en  $G_{mid}$ , marcados por un triángulo azul, por lo que se cumpliría con totalidad esta premisa.

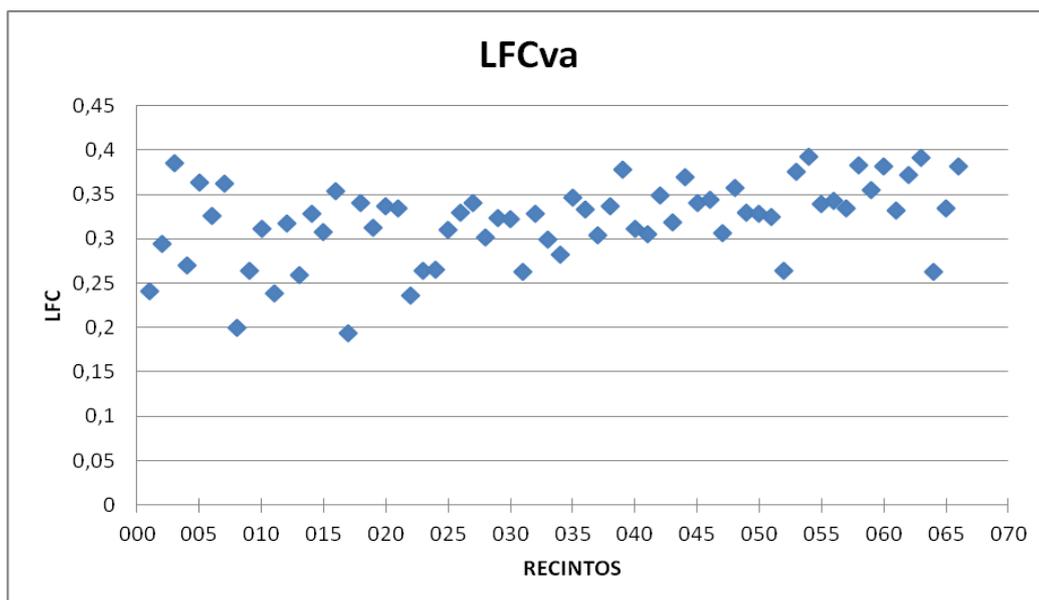


[Figura 5.17:  $G_{mid}$  y  $G_{low}$  (vacío) de los recintos en multipunto]

**Eficiencia Lateral ( LF/LFC)**

El parámetro escogido es LFC porque, a diferencia de LF, cuenta con una corrección relacionada con las contribuciones que varían con el coseno del ángulo de incidencia del sonido y es subjetivamente más preciso que los valores de LF.

Como podemos observar en la gráfica anterior, todos los valores de LFC de los recintos simulados son mayores que 0,19, que es el valor óptimo, según Leo Beranek , que debe superar el parámetro LFC para obtener un buen resultado en cuanto a eficiencia lateral y por consiguiente, una buena sensación de espaciosidad del sonido dentro de los recintos.

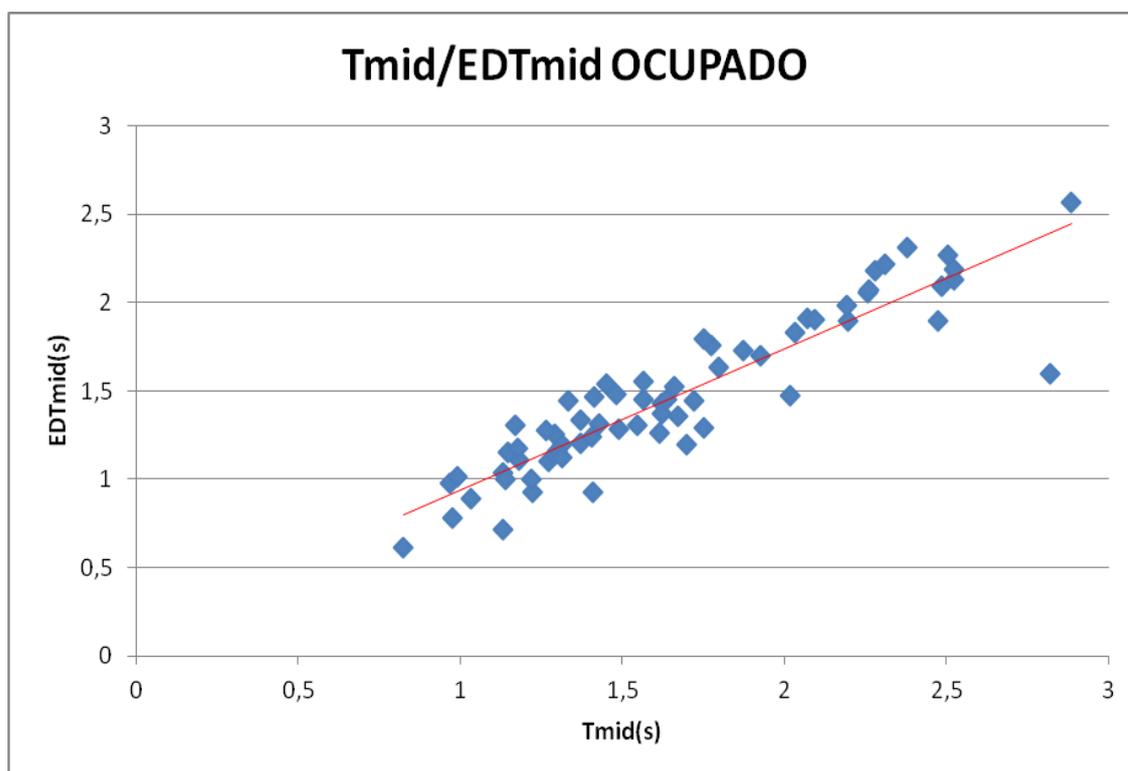


[Figura 5.18: LFC (vacío) de los recintos en multipunto]

### 5.2.3 Gráficas de interés de la BBDD propia

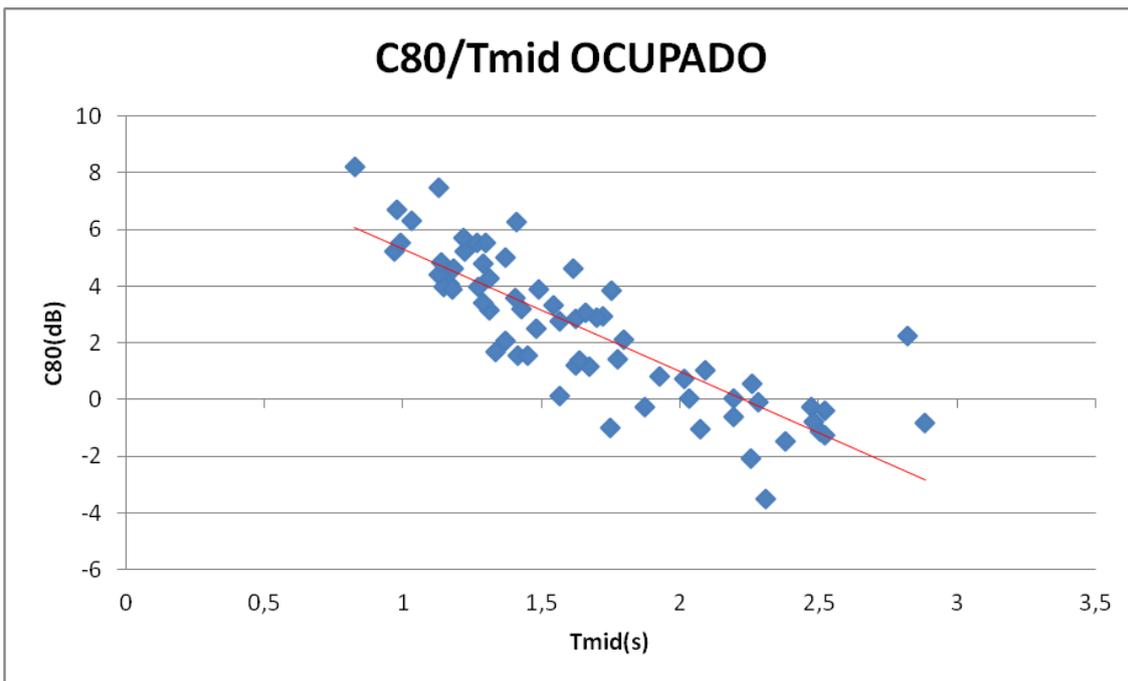
Manejando la herramienta creada para seleccionar distintos datos y estudiando las gráficas creadas mediante la propia interfaz, vemos que hay diferentes gráficas que son interesantes para comentar ya que siguen una cierta linealidad o tendencia en función de los parámetros escogidos. A continuación, se exponen:

Como se puede observar en la siguiente gráfica, al representar los valores del  $T_{mid}$  en función de los valores del  $EDT_{mid}$ , vemos una linealidad clara ya que los valores de ambos son muy parecidos y forman una pendiente lineal. Esto es importante, ya que indica que los valores del  $T_{mid}$  y  $EDT_{mid}$  son parecidos, y por lo tanto, salvo en algunos casos particulares, en general, los recintos van a tener la sensación correspondiente de viveza en el sonido.



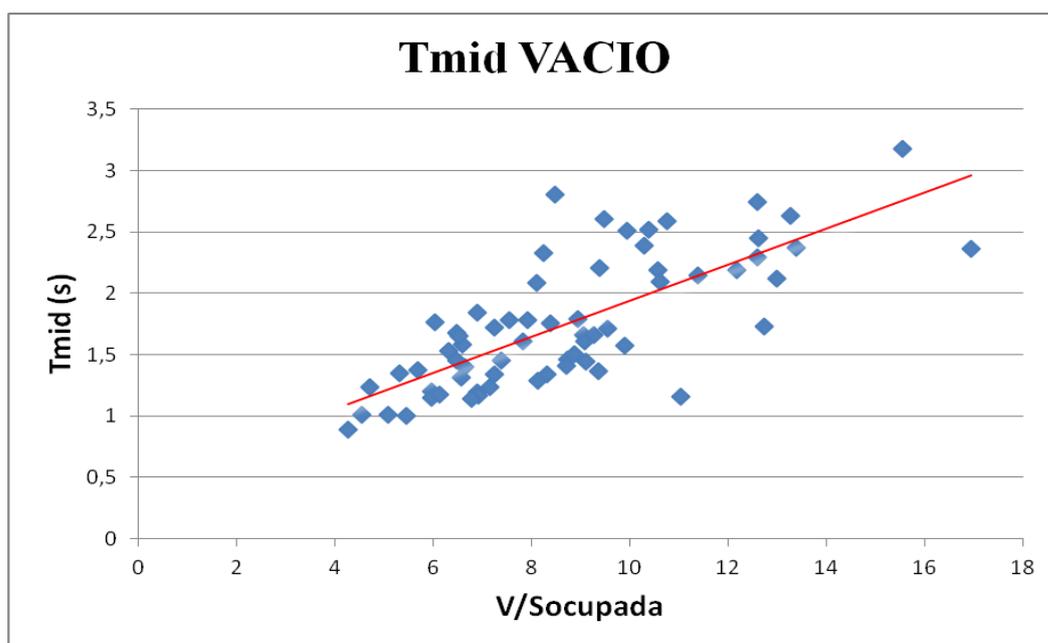
[Figura 5.19:  $T_{mid}$  en función de  $EDT_{mid}$  en receptor central.]

Como podemos observar en la gráfica que se expone a continuación, se enfrentan los valores de  $C80$  a los valores del  $T_{mid}$  para el estado máximo de ocupación. En este caso, la relación lineal entre estos dos parámetros tiene pendiente negativa, es decir, a medida que aumenta el valor del  $T_{mid}$ , los valores de  $C80$  disminuyen, por lo tanto, para tiempos de reverberación altos, perderíamos claridad musical.



[Figura 5.20: C80 en función del  $T_{mid}$  en estado ocupado]

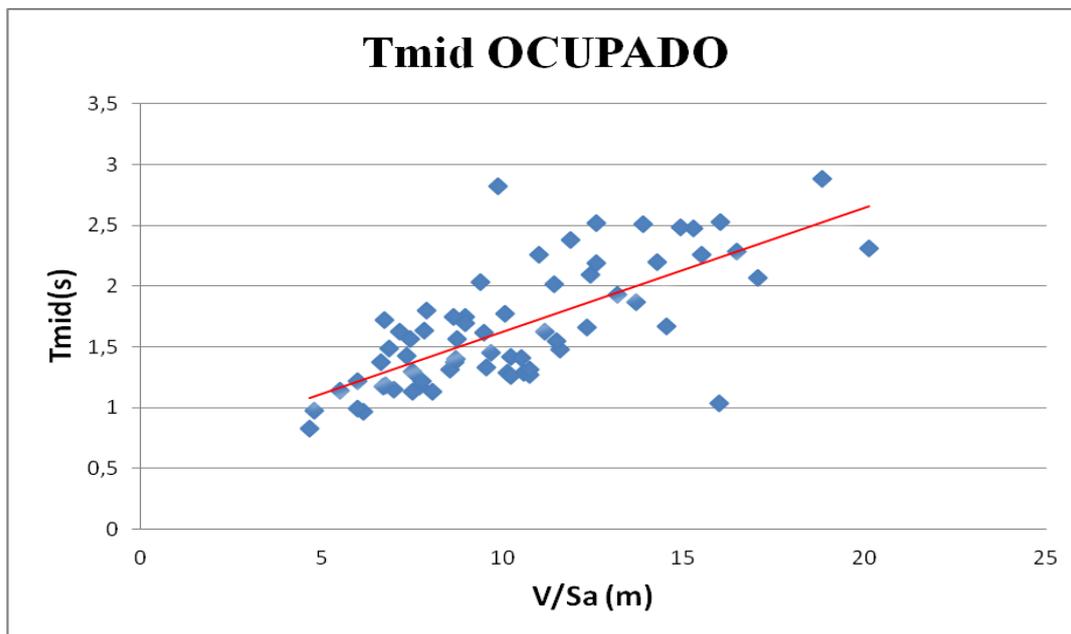
En el siguiente ejemplo, podemos ver la variación de los valores del tiempo de reverberación en función del volumen de las salas partido por la superficie ocupada en el recinto. Se ve claro, que a medida que los valores del  $V/S_a$  se hacen grandes, los valores del  $T_{mid}$  de la sala aumentan, debido principalmente, a que la absorción de la audiencia va a disminuir conforme  $V/S_a$  crezca. Entre estos dos parámetros hay una clara dependencia lineal que podemos ver señalada con la línea roja.



[Figura 5.21:  $T_{mid}$  (vacío) en función del volumen partido por la superficie ocupada]

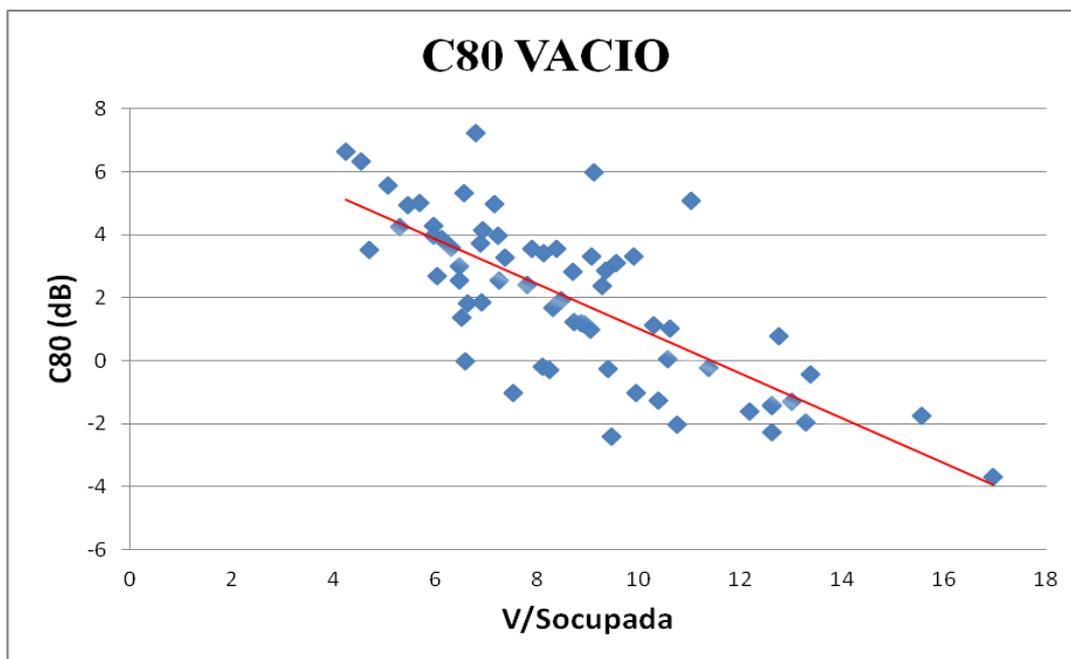


En la siguiente gráfica, vemos un ejemplo parecido, pero esta vez para el estado OCUPADO y en función del  $V/ Sa$  Sup.audiencia. Como podemos observar, la dependencia lineal de estos dos parámetros es similar.



[Figura 5.22:  $T_{mid}$  (ocupado) en función del volumen partido por la superficie de audiencia]

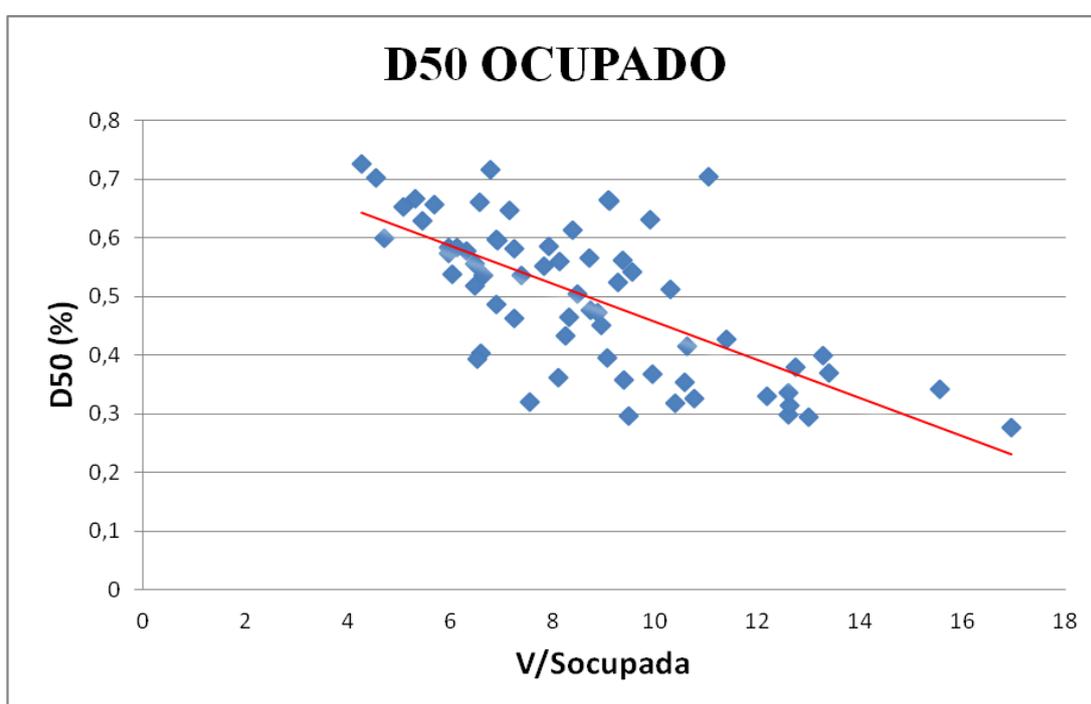
En la siguiente gráfica, vemos enfrentados los valores de  $C80$  para estado de ocupación vacío frente a los valores del volumen partido por la superficie ocupada en los recintos.



[Figura 5.23:  $C80$ (vacío) en función del volumen partido por la superficie ocupada]

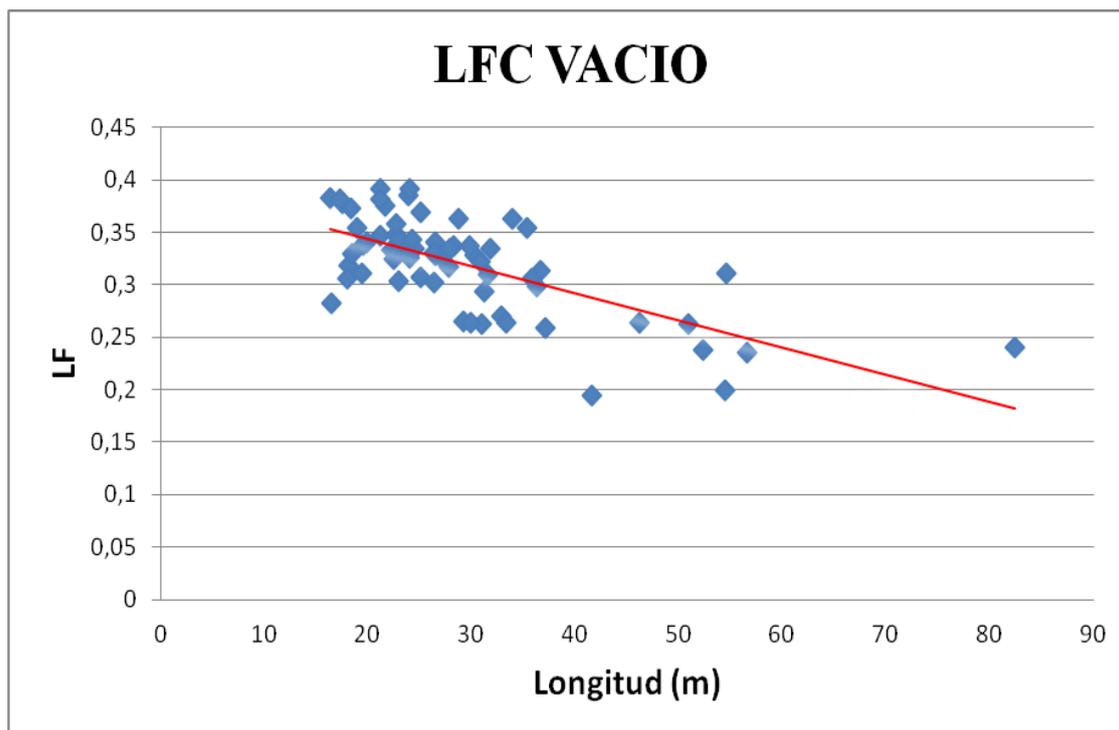
Como se puede observar, la claridad musical C80 presenta también una dependencia lineal en función del V/Socupada. Conforme los valores del Volumen/Socupada aumentan, los valores de claridad musical disminuyen hacia valores más óptimos recomendados por Beranek, que para una sala vacía indica que están en el rango [-4,0]

En la gráfica mostrada a continuación, enfrentamos también otro parámetro acústico como es la Definición( D50) al parámetro del volumen partido por la superficie ocupada. Como podemos observar, a medida que los valores de V/Socupada crecen, los valores de la definición tienden a disminuir. Según Beranek, el valor óptimo del D50 es que sea superior al 50%, es decir, en este caso, al 0,5 indicado en la gráfica. Es por esto, por lo que podríamos establecer, que a medida que el factor V/Socupada aumenta, perderíamos grado de definición del sonido.



[Figura 5.24: D50(ocupado) en función del volumen partido de la superficie ocupada]

En lo que respecta al parámetro LFC (Eficiencia Lateral), podemos observar en la gráfica que se muestra a continuación, en la que están enfrentados los valores de este parámetro con los valores de la longitud de los recintos, una reducción del valores de LFC en función del aumento de la longitud de los recintos. Vemos claramente, que sigue una pendiente negativa como nos indica la línea roja, principalmente, porque la mayoría de los recintos cuanto más largos sean van a mostrar una pérdida de reflexiones laterales en los oyentes.



[Figura 5.25: LFC(vacío) en función de la longitud de los recintos.]

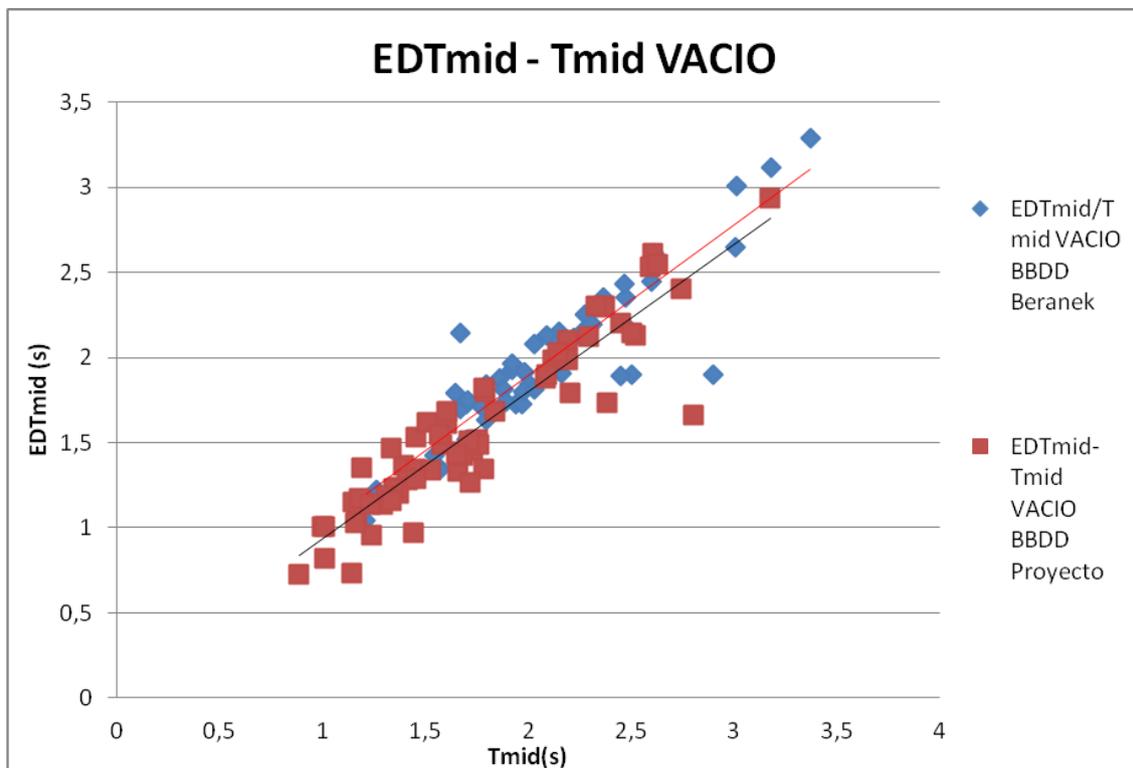
### 5.3 Comparativa con la base de datos de recintos internacionales obtenida por el estudio anterior de L. Beranek.

A continuación, exponemos una serie de datos de los recintos de nuestra base de datos estudiados comparados con los datos obtenidos por L. Beranek en su estudio de los recintos internacionales y que están incluidos en su libro “Concert Halls and Opera Houses: Music, Acoustic and Architecture”. Dicha base de datos de los recintos internacionales, no está completamente reflejada en dicho libro, ya que no están incluidos todos los datos de los diversos parámetros para todos los auditorios internacionales que L. Beranek analiza.

Para realizar esta interesante comparación entre los datos de recintos nacionales ( los de este proyecto) y recintos internacionales ( L. Beranek), utilizaremos y destacaremos principalmente los datos del tiempo de reverberación T30, porque es el único parámetro en el que están la mayoría de los datos de los recintos internacionales estudiados por L. Beranek y también porque es el principal parámetro acústico a estudiar en las simulaciones acústicas ya que es el más influyente en la acústica de todos los recintos.



**Comparación EDTmid - Tmid BBDDs : VACÍO**

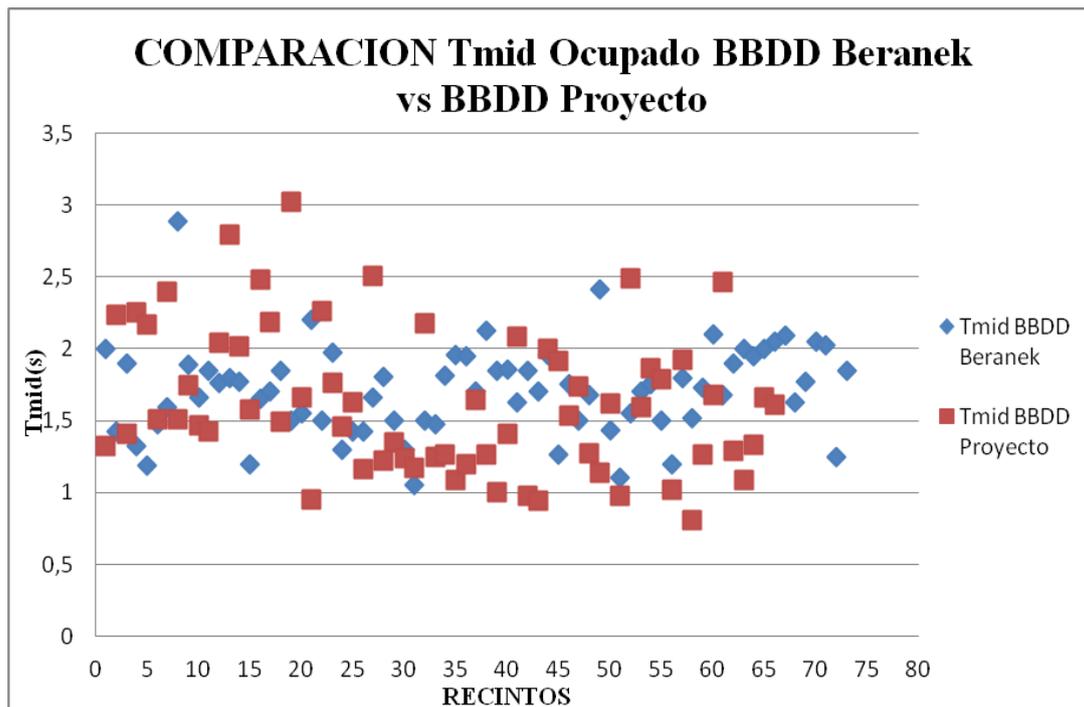


[Figura 5.26: Comparación  $EDT_{mid} - T_{mid}$  VACIO con base datos de L.Beranek]

Como podemos apreciar, en general, las diferencias entre los  $T_{mid}$  en estado de ocupación VACIO de las dos bases de datos son pequeñas, algunas ligeramente más notables pero también porque los recintos son cambiantes y tienen diferentes características, pero si que notamos que los  $T_{mid}$  se establecen la mayoría en un tiempo de reverberación entre 1-1,5s hasta 2,5s con algunas excepciones en las dos bases de datos.

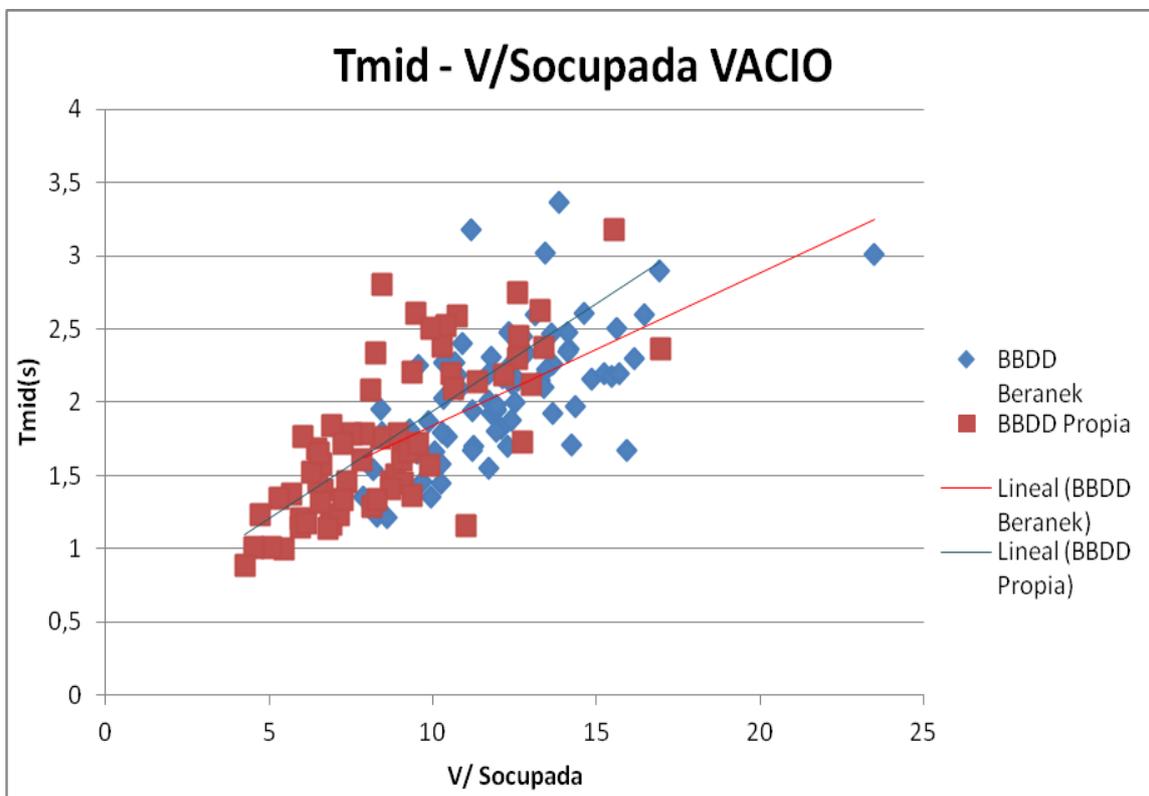
**Comparación Tmid BBDDs : LLENO**

Como podemos apreciar, en general, las diferencias entre los  $T_{mid}$  en estado de ocupación LLENO de las dos bases de datos son pequeñas, algunas ligeramente más notables pero también porque los recintos son cambiantes y tienen diferentes características, pero, en general notamos que los  $T_{mid}$  se establecen la mayoría entre 1s hasta 2,25s con algunas excepciones en las dos bases de datos, algunos valores más altos en la base de datos de nuestro proyecto, pero en general, las dos están en ese rango de valores.



[Figura 5.27: Comparación  $T_{mid}$  OCUPADO con base datos de L.Beranek]

**Comparación  $T_{mid}$ - V/ Socupada BBDDs : VACIO**



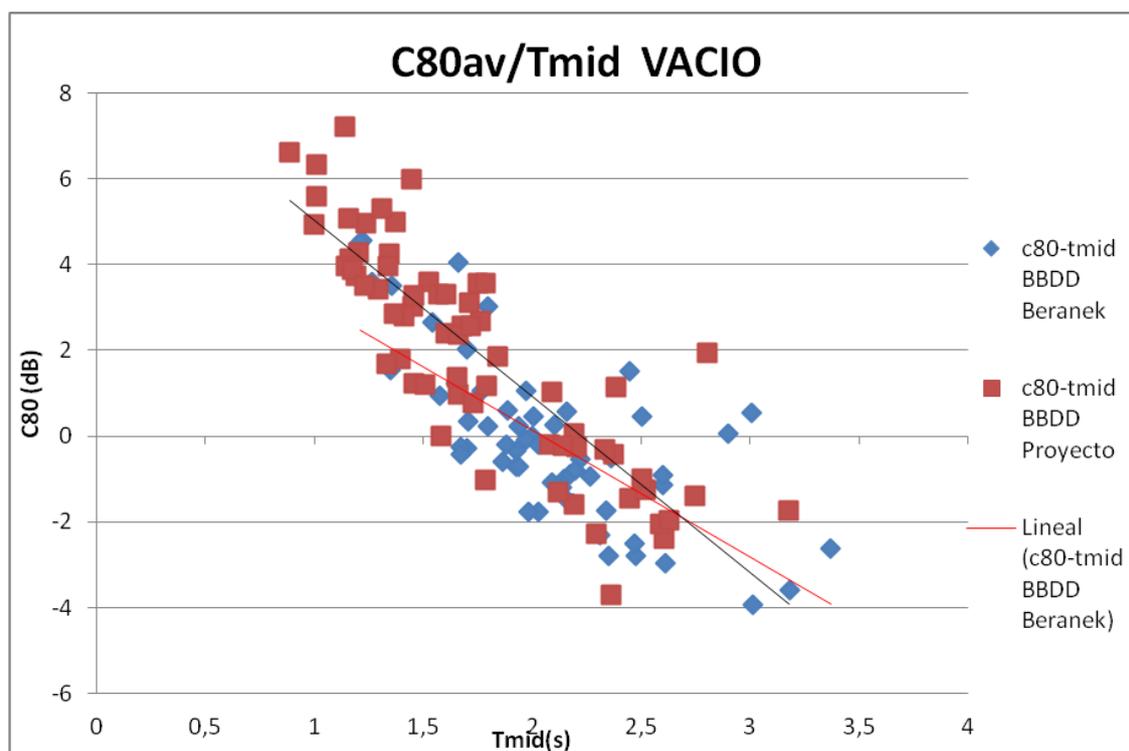
[Figura 5.28: Comparación  $T_{mid}$  - V/ Socupada VACIO de las BBDDs]



En la gráfica anterior, se puede observar la variación de los valores del tiempo de reverberación de las dos bases de datos en función del volumen de sus respectivos recintos, dividido por la superficie ocupada en el recinto. Se ve claramente, que a medida que los valores del  $V/Sa$  de los recintos de las dos bases de datos se hacen grandes, los valores del  $T_{mid}$  de los recintos aumentan, debido principalmente, a que la absorción de la audiencia va a disminuir conforme  $V/Sa$  crezca, y por lo tanto van a aumentar los valores del tiempo de reverberación..

Entre estos dos parámetros hay una clara dependencia lineal más o menos similar, que podemos ver señalada con las líneas roja y azul. La línea azul correspondiente a nuestra base de datos, tiene un poco más de pendiente, ya que, en general, los recintos analizados tienen menor volumen que los de la base de datos de L. Beranek y por lo tanto, los recintos, en algunos casos, un menor tiempo de reverberación.

**Comparacion C80 - Tmid BBDDs : VACIO**

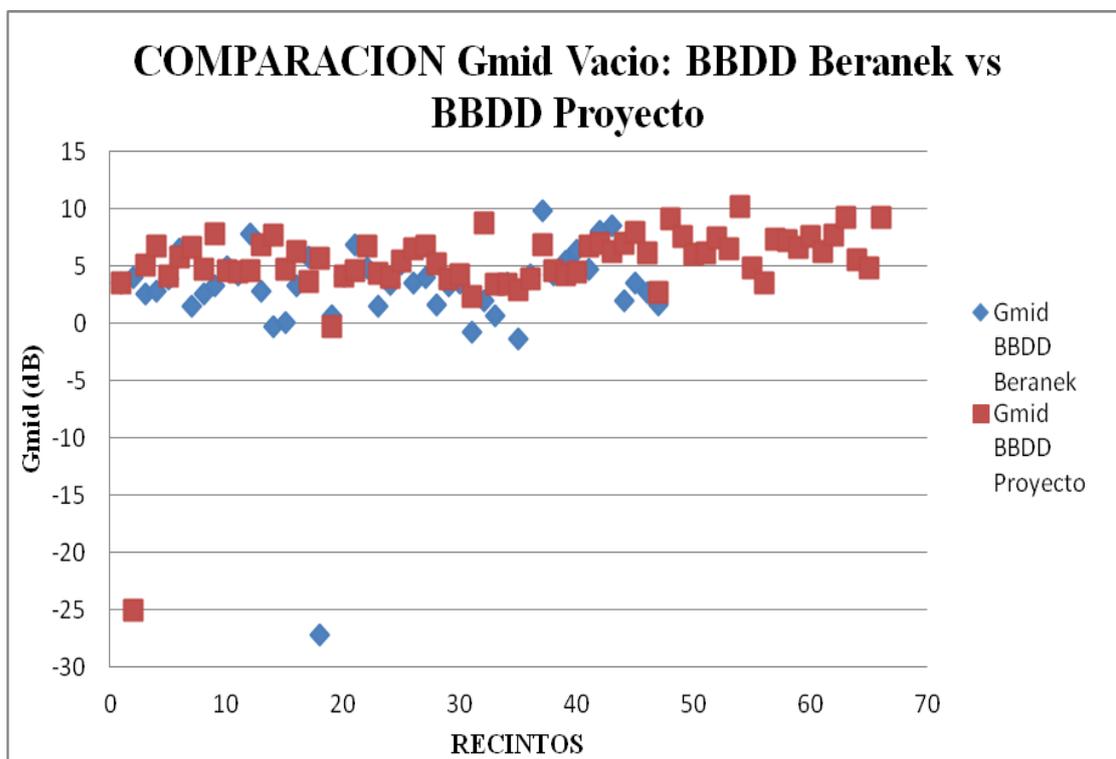


[Figura 5.29: Comparación C80-  $T_{mid}$  VACIO con base datos de L.Beranek]

En general, vemos que muchos de los valores de las dos bases de datos para el C80 están situados entre -2 dB y 2 dB que sería el rango de valores correcto. Para la base de datos de nuestro proyecto, hay unos cuantos valores de C80 que se escapan un poco por encima de los valores óptimos. Los valores de la base de datos de Leo Beranek llegan hasta el valor del recinto numero 55 porque no hay más datos disponibles de C80 respecto al estudio de Leo Beranek.



**Comparación Gmid BBDDs: VACIO**



[Figura 5.30: Comparación  $G_{mid}$  VACIO con base datos de L.Beranek]

Como se puede observar claramente en la gráfica, los valores de  $G_{mid}$  para las dos bases de datos siguen un rango de valores muy parecido, ya que todos se sitúan alrededor de 5 dB que sería el valor óptimo recomendado según L. Beranek. A excepción de un recinto para cada base de datos, que por algún motivo técnico en particular, el valor de  $G_{mid}$  se establece en un valor negativo muy bajo.

Los valores correspondientes a la base de datos de Beranek llegan hasta el numero 50 porque no había más datos disponibles respecto al parámetro G ( fuerza acústica) en esa base de datos estudiada por el autor.



## 6. Conclusiones

1. - Se han modelado en 3D y simulado 66 recintos escénicos españoles de más de 1000 personas de aforo.
2. - Se ha creado una base de datos con las características técnicas y acústicas de todos estos recintos.
3. - Se han creado una ficha modelo para cada uno de los auditorios a fin de facilitar la búsqueda de información de los recintos.
4. - Se han realizado 4 tipos diferentes de simulación en los auditorios: Quick Estimate, Global Estimate, Receptor Central y Multipunto
5. - Se ha realizado un análisis generalizado del estado actual de los recintos escénicos de gran capacidad en España.
6. - Se ha realizado una interfaz sencilla para facilitar el análisis de los datos, más concretamente, la comparación entre datos técnicos y acústicos de los recintos.
7. - Existe una dependencia lineal entre determinados parámetros técnicos y acústicos.
8. - Existe una dependencia entre el  $T_{mid}$ ,  $C_{80}$ ,  $D_{50}$  y LFC y parámetros técnicos como: volumen, superficie ocupada, superficie de audiencia y longitud en los recintos.
9. - La claridad musical  $C_{80}$  disminuye a medida que el valor del tiempo de reverberación aumenta, y por lo tanto, cuanto menor es el tiempo de reverberación, aumentará la sensación de claridad musical.
10. - Se ha realizado una comparativa entre los diferentes tipos de simulación en el parámetro tiempo de reverberación  $T_{30}$ .
11. - Se ha realizado una comparativa de los valores simulados en nuestros recintos y los datos proporcionados por L.Beranek en su estudio, y se ha comprobado que los recintos tienen la misma tendencia aunque en función de sus particularidades, los valores fluctúan en torno a los resultados óptimos para cada parámetro.
- 12.- Como conclusión general, podríamos señalar que los recintos de gran capacidad en España, siguen la misma tendencia que los recintos internacionales, pero, en algunos casos como es normal, debido a las características técnicas de estos, los valores de algunos parámetros acústicos no son alcanzados o quedan algo lejanos de los valores óptimos aconsejados por L.Beranek.



## 7. Bibliografía

- “CONCERT AND OPERA HALLS - HOW THEY SOUND”. Leo Beranek, Acoustical Society of America, 1996.
- “ASPECTS OF CONCERT HALLS ACOUSTICS”. Leo Beranek, Audio Engineering Society of USA.
- “FÍSICA ACÚSTICA”. Leo Beranek, Laboratorio de Acústica, Instituto de Tecnología de Massachusetts.
- “LA MADERA EN 32 AUDITORIOS ESPAÑOLES”. Juan Ignacio Cortiñas.
- “ACÚSTICA Y REHABILITACIÓN EN TEATROS DE ANDALUCÍA”. Ángel Luis León , Juan José Sendra , Jaime Navarro , Teófilo Zamarreño. 2007
- “CONCERT HALLS AND OPERA HOUSES”, Music, Acoustics and Architecture. Leo Beranek (Second Edition).
- PFC: 3D-modelización acústica de recintos escénicos de gran capacidad. Julen Echarte Puy.
- Mapa Informatizado de Recintos Escénicos ([www.mirem.net](http://www.mirem.net))
- Wikipedia ( <https://es.wikipedia.org>)

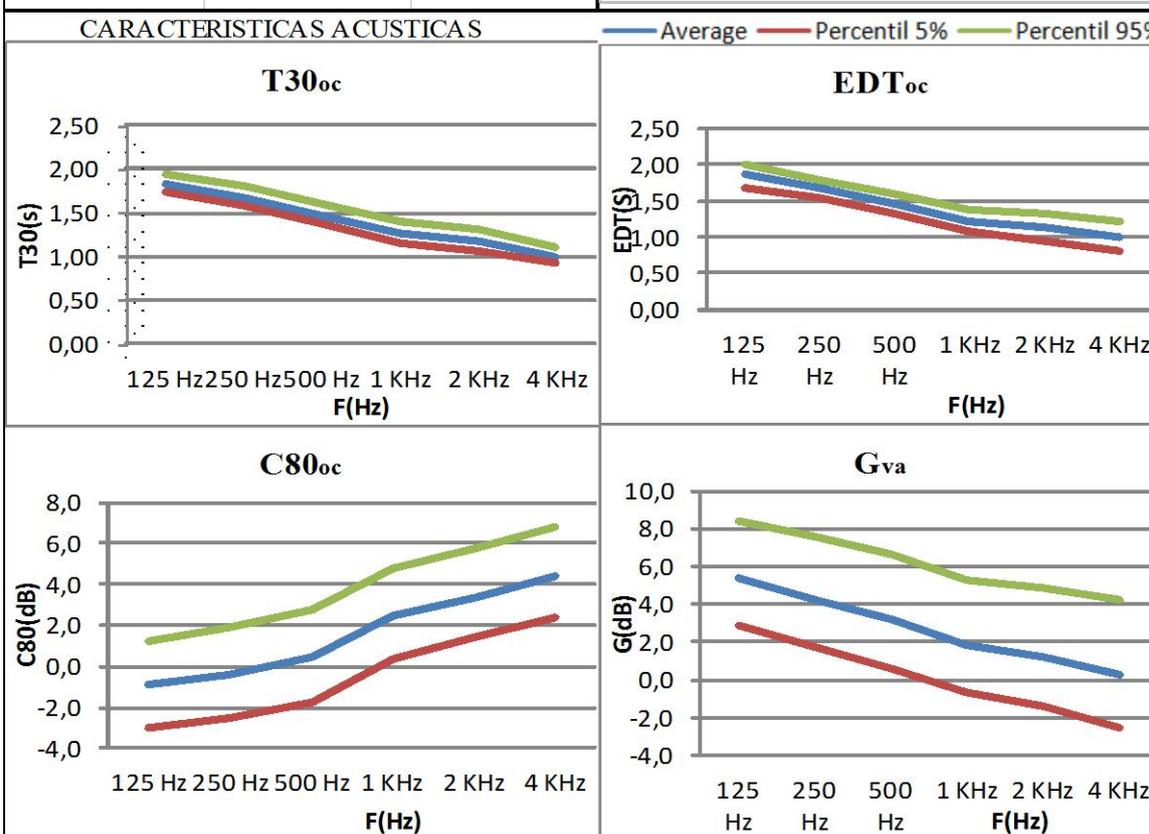
## 8. Anexos

### 8.1. Fichas de los auditorios



El Gran Teatro Auditorio del Parque de atracciones de Madrid, un perfecto para la organización de eventos gracias a sus buenas conexiones y su moderno equipamiento. Tiene un aforo de 1862 butacas y 20 plazas extras adaptadas. Además, cuenta con un gran escenario de casi 500 m<sup>2</sup>, de 1 m de altura.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1969	S <sub>t</sub> =6248,49 m <sup>2</sup>	V/N= 5,5	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Cortinas Paredes = Yeso/Madera Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Yeso/Hormigón
Reforma=1999	S <sub>e</sub> =487,3 m <sup>2</sup>	V/S <sub>a</sub> =8,7m	
Aforo=1880	S <sub>a</sub> =1591,1 m <sup>2</sup>	S <sub>a</sub> /N=0,6 m <sup>2</sup>	
V=13811 m <sup>3</sup>	L= 8,8 m	DRC=19,6 m	





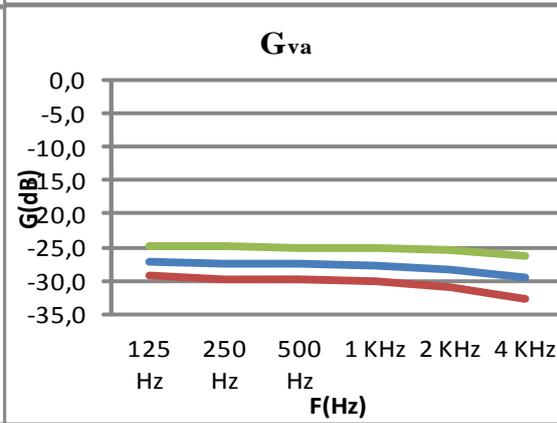
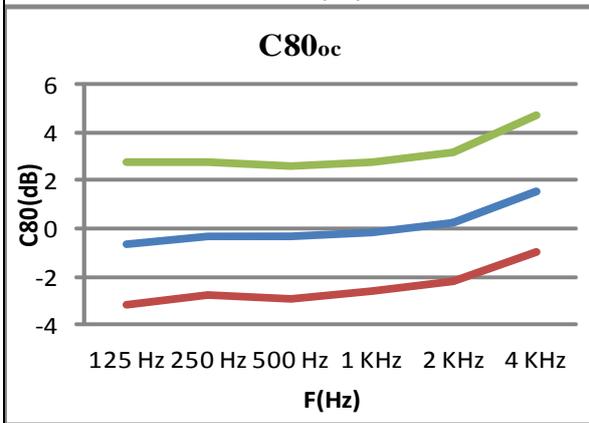
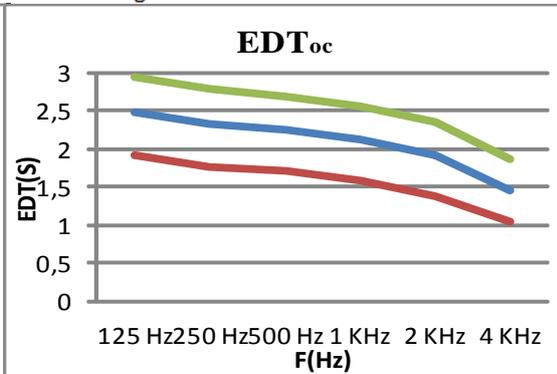
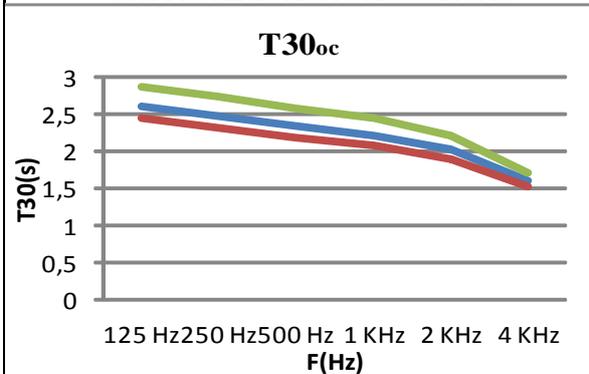
**NOMBRE** Sala Sinfónica, Auditorio Nacional de Música - Madrid



La distribución de la Sala Sinfónica del Auditorio Nacional de Música de Madrid sigue la tradición de las grandes salas de conciertos europeas. Sin embargo, la modelación geométrica de su espacio interior, fraccionado en terrazas, permite a las 2.324 localidades con las que cuenta, una visibilidad total al tiempo que ayuda a conseguir cierta sensación de proximidad.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1988	$S_t=7124 \text{ m}^2$	$V/N=5,5$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Madera Paredes = Yeso duro Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Panel de Madera
Reforma=-	$S_e=411,2 \text{ m}^2$	$V/S_a=8,7 \text{ m}$	
Aforo=2324	$S_a=1776,7 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,8 \text{ m}^2$	
$V=29279,1 \text{ m}^3$	$L=16,85 \text{ m}$	$DRC=14,8 \text{ m}$	

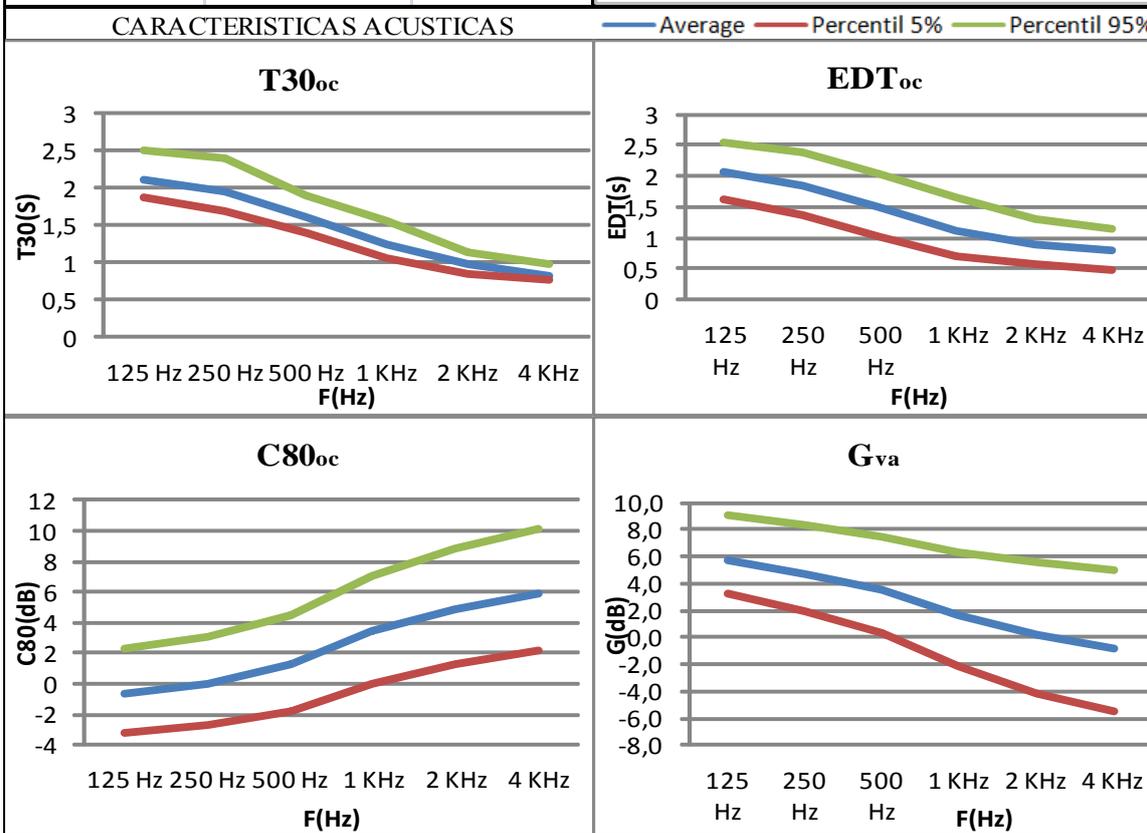
**CARACTERISTICAS ACUSTICAS** — Average — Percentil 5% — Percentil 95%





El Gran Teatre del Liceu, construido en 1847 en las Ramblas, es el teatro de ópera en activo más prestigioso de España y considerado uno de los más importantes del mundo. Actualmente, tras la reordenación jurídica que se acordó en 1994 para afrontar su rehabilitación, el Liceu es un teatro de titularidad pública.

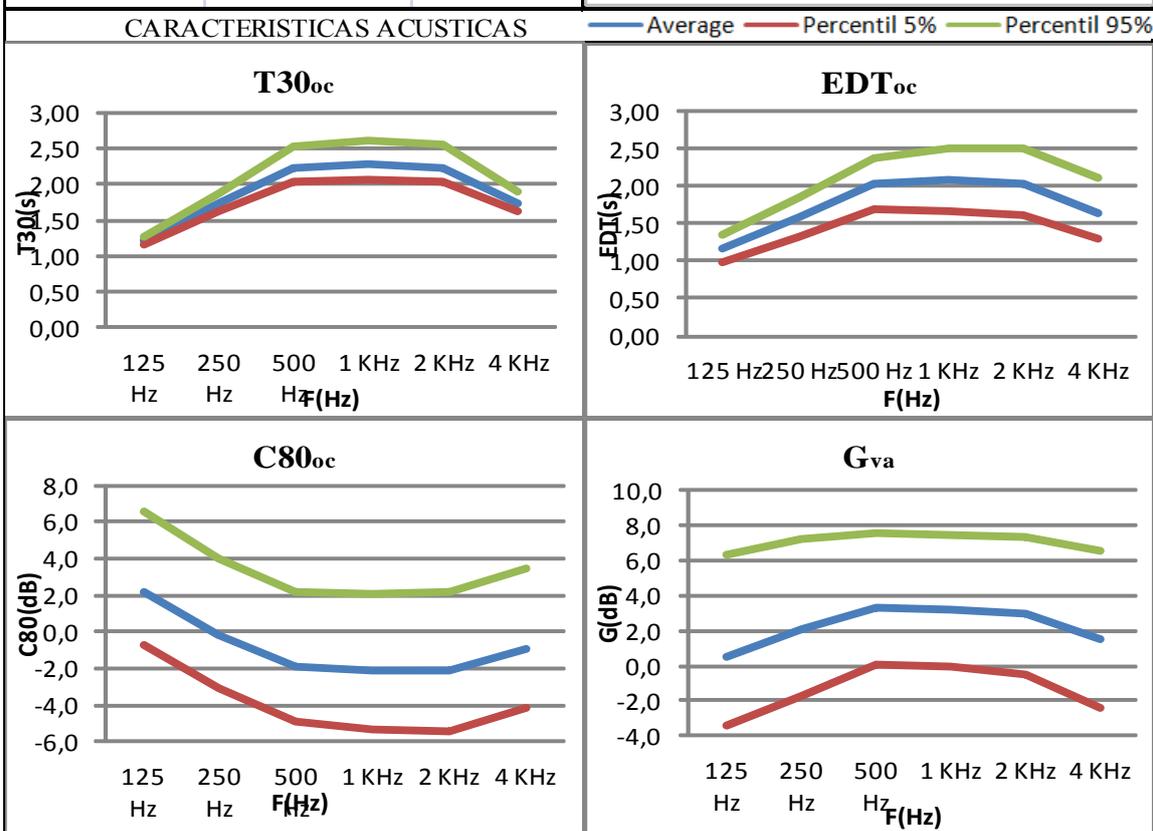
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1847	$S_t=5414 \text{ m}^2$	$V/N=4,7$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Cortina ligera 5cm de pared Paredes = Moqueta delgada Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Yeso
Reforma=1999	$S_e=197,5 \text{ m}^2$	$V/S_a=7,4 \text{ m}$	
Aforo=2321	$S_a=1484,57 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,6 \text{ m}^2$	
$V=10916 \text{ m}^3$	$L=8,1 \text{ m}$	$DRC=14,9 \text{ m}$	





El complejo de l'Auditori es obra de Rafael Moneo, uno de los arquitectos españoles más reconocidos internacionalmente. Fue inaugurado en 1999, y se ha convertido desde entonces en el foco de la vida musical de Barcelona en los campos de la divulgación, la docencia y la investigación. El complejo consta en total de 3 salas con nombres de músicos catalanes.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1999	$S_t=6694 \text{ m}^2$	$V/N=9,3$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Madera de 1 capa Paredes = Panel de madera Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Madera sobre listones
Reforma=	$S_e=303 \text{ m}^2$	$V/S_a=15,5 \text{ m}$	
Aforo=2203	$S_a=1325,8 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,6 \text{ m}^2$	
$V=20538 \text{ m}^3$	$L=12,3 \text{ m}$	$DRC=9,6 \text{ m}$	

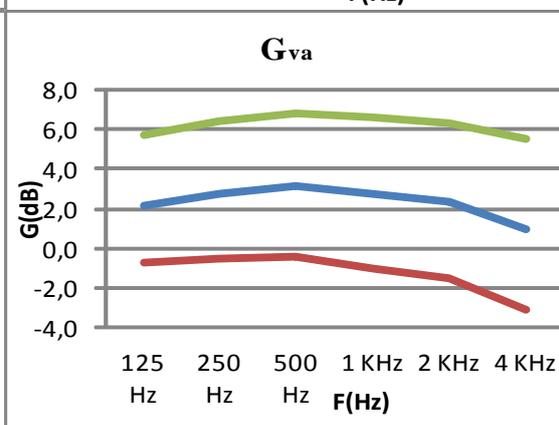
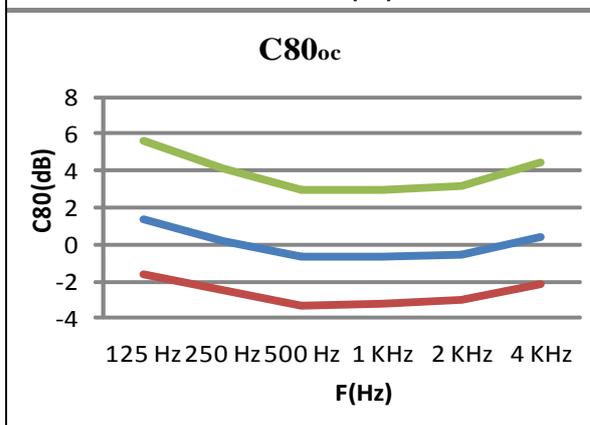
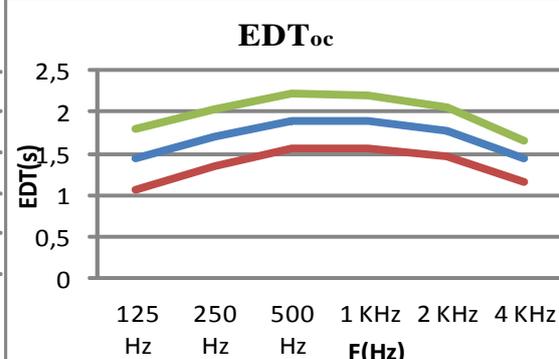
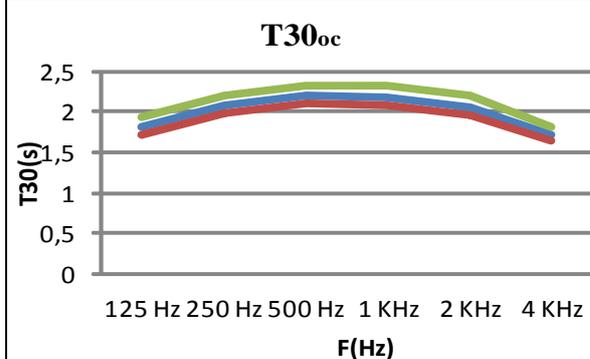




El Palacio Euskalduna de Congresos y de la Música fue inaugurado el 19 de febrero de 1999. Sus arquitectos son Federico Soriano y Dolores Palacios. Alberga una Sala Principal con 2.165 localidades, tres salas menores, ocho salas de ensayo, además de siete salas para conferencias y ruedas de prensa.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1999	$S_t=9595 \text{ m}^2$	$V/N=12,2$	Suelo = Madera 1 capa Concha = Madera 1 capa Paredes = Panel de madera Audiencia = Butaca poco tapizada Techo = Madera sobre listones
Reforma=-	$S_e=242,1 \text{ m}^2$	$V/S_a=14,3 \text{ m}$	
Aforo=2165	$S_a=1844 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,9 \text{ m}^2$	
$V=26333 \text{ m}^3$	$L=11,1 \text{ m}$	$DRC=26,1 \text{ m}$	

**CARACTERISTICAS ACUSTICAS**      — Average    — Percentil 5%    — Percentil 95%



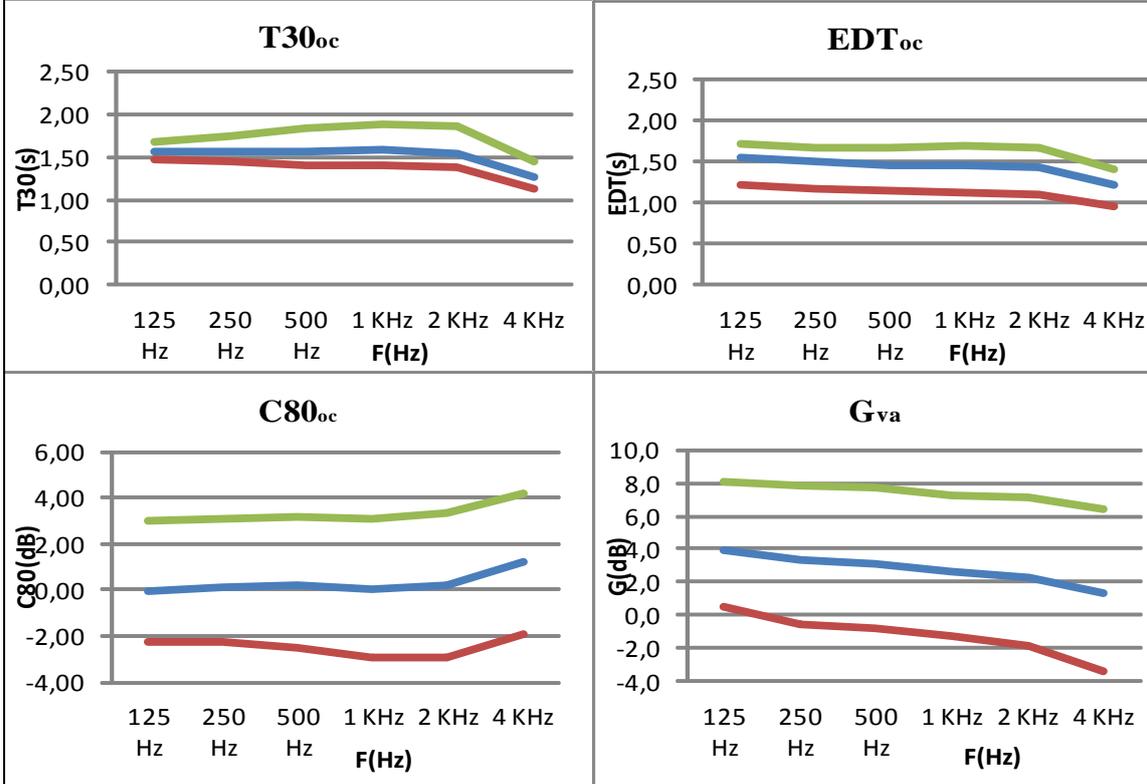


El Palacio de la Música Catalana es un auditorio de música situado en el barrio de la Ribera de Barcelona, España. Fue proyectado por el arquitecto barcelonés Lluís Domènech i Montaner. Se llevó a cabo la aplicación de grandes muros de cristal y la integración de todas las artes, escultura, mosaicos, vitrales y forja.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			MATERIALES
Año=1908	$S_t=5454 \text{ m}^2$	$V/N=5,2$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Yeso/Azulejo Paredes = Vidrio/Yeso Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Yeso ornamental
Reforma=2004	$S_e=191,3 \text{ m}^2$	$V/S_a=7,5 \text{ m}$	
Aforo=2138	$S_a=1478,2 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,7 \text{ m}^2$	
$V=11018 \text{ m}^3$	$L=8,2 \text{ m}$	$DRC=13,1 \text{ m}$	

**CARACTERÍSTICAS ACÚSTICAS**

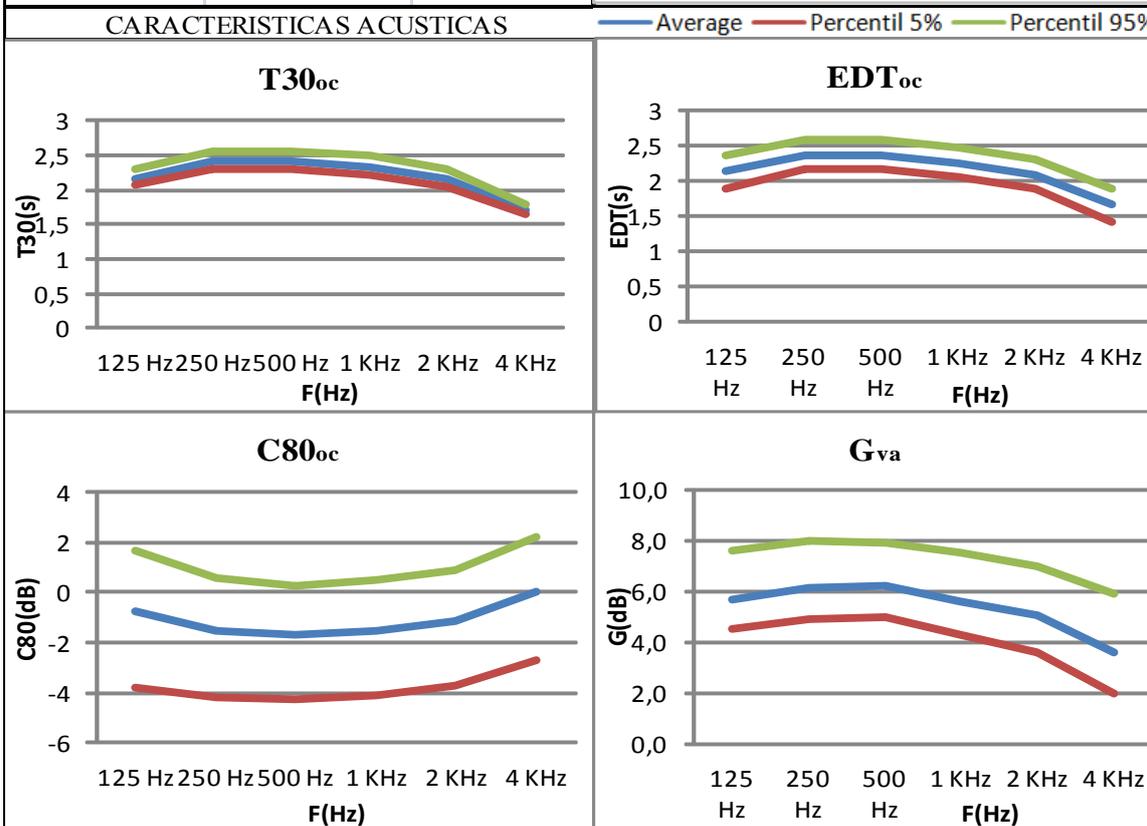
Average — Percentil 5% — Percentil 95%

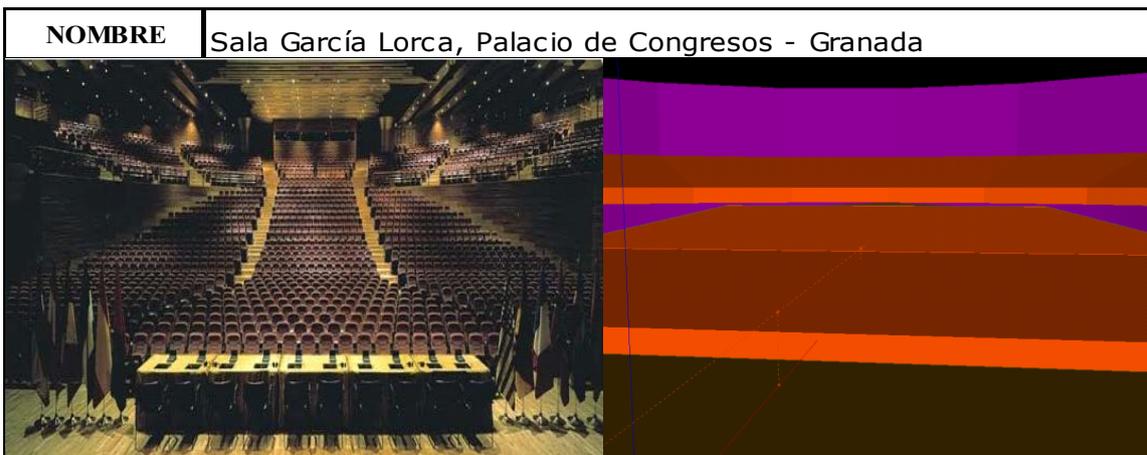




El edificio fue proyectado, en una personalísima arquitectura neoclásica, sobre el antiguo depósito de aguas de Oviedo, del que se respetó su arquitectura original, con los arcos y bóvedas del antiguo aljibe, que data de 1846. Alberga la posibilidad de integrar las salas Sinfónica y Polivalente con la eliminación del fondo de escenarios.

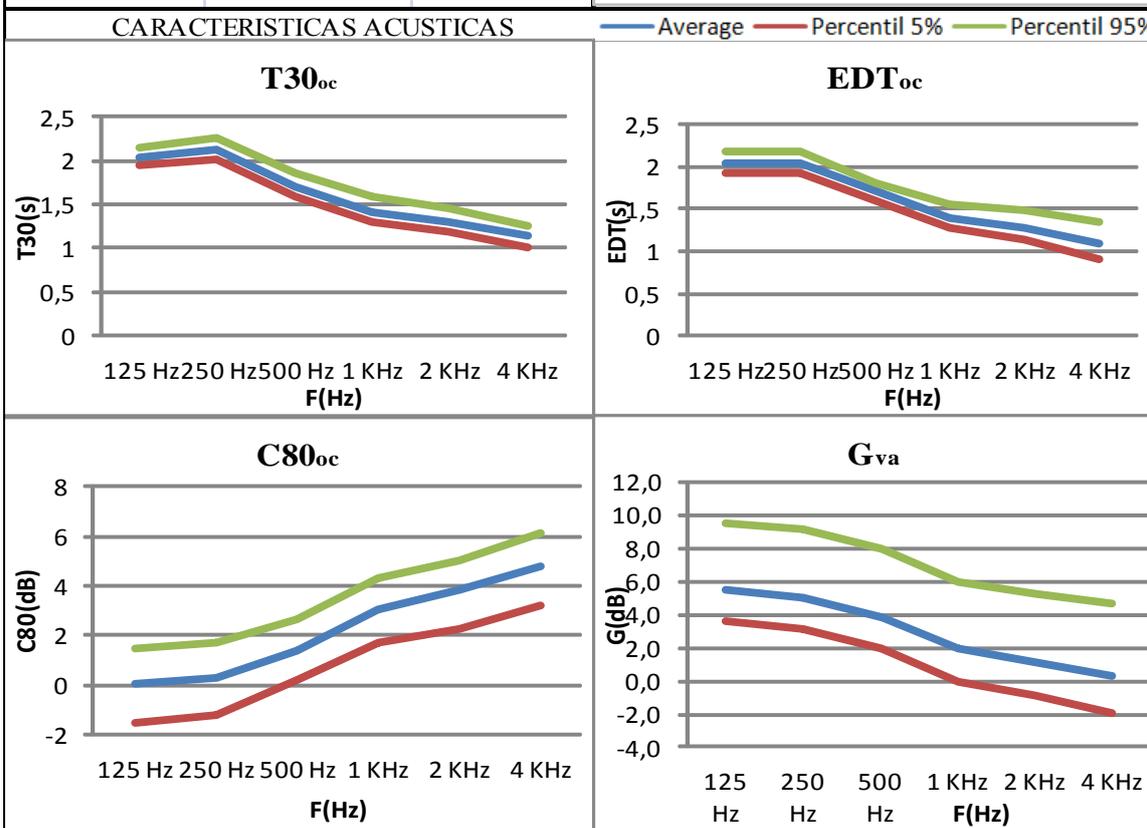
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1999	$S_t=4913 \text{ m}^2$	$V/N=10,2$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Madera 1 capa Paredes = Panel de madera Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Panel de Madera
Reforma=	$S_e=328,7 \text{ m}^2$	$V/S_a=11,9 \text{ m}$	
Aforo=1505	$S_a=1291,5 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,9 \text{ m}^2$	
$V=15345 \text{ m}^3$	$L=15,5 \text{ m}$	$DRC=13,2 \text{ m}$	

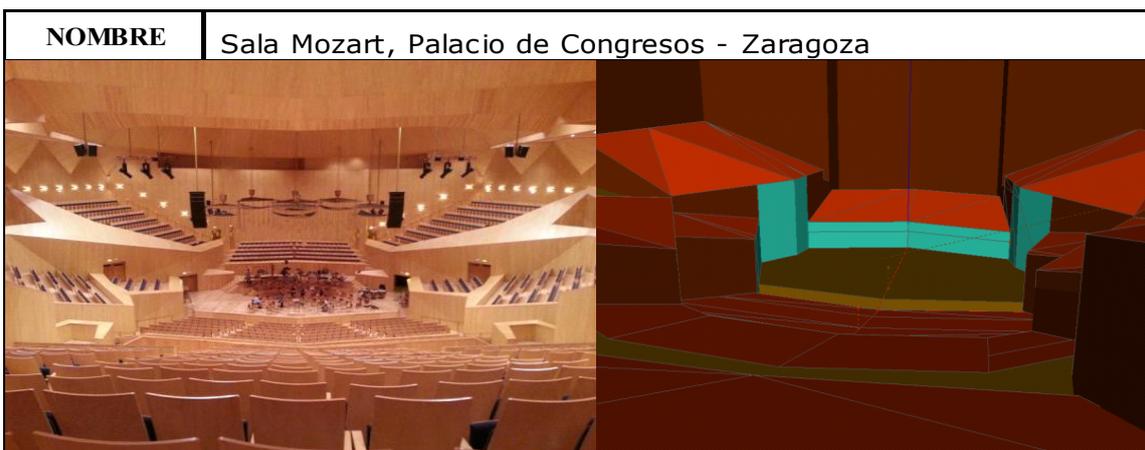




Con capacidad para 2.000 personas, la Sala García Lorca es ideal para las sesiones de apertura o clausura de un congreso, dispone de los medios técnicos más sofisticados, incluyendo la posibilidad de votación electrónica para más de mil puestos. Puede ver reducida su capacidad a 1.000 personas, añadiendo a cada puesto una mesa de trabajo.

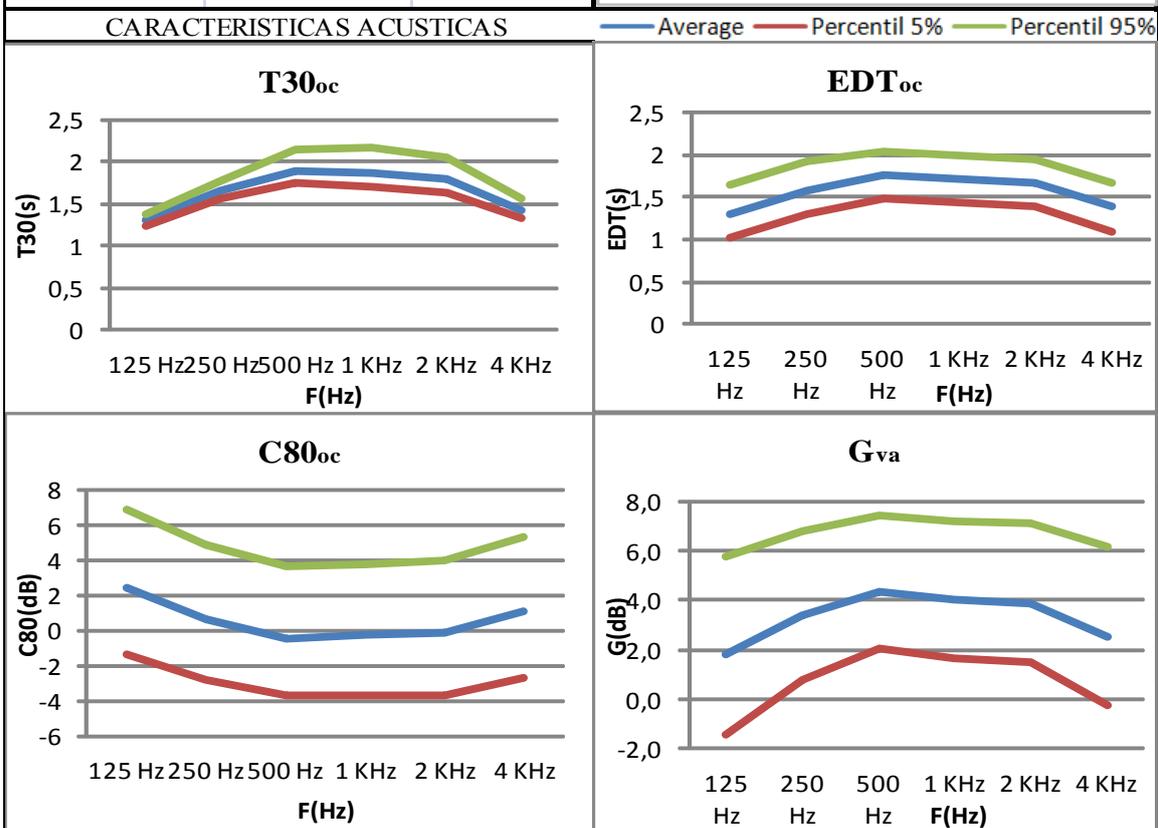
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1992	$S_t=4476\text{ m}^2$	$V/N=5,6$	Suelo =Madera suelo escenario Concha = Madera 1 capa Paredes = Madera sobre listones Audiencia = Butaca poco tapizada Techo = Madera
Reforma=-	$S_e=150,5\text{ m}^2$	$V/S_a=8,7\text{ m}$	
Aforo=2000	$S_a=1284,3\text{ m}^2$	$S_a/N=0,6\text{ m}^2$	
$V=11218\text{ m}^3$	$L=9,9\text{ m}$	$DRC=12,9\text{ m}$	





El Complejo, integrado por el Auditorio - Palacio de Congresos y Sala Multiusos de Zaragoza, constituye una instalación pionera por su versatilidad y por las posibilidades de utilización que presenta. La sala Mozart cuenta con un escenario totalmente centrado, la sala cuenta con una capacidad de 1992 plazas.

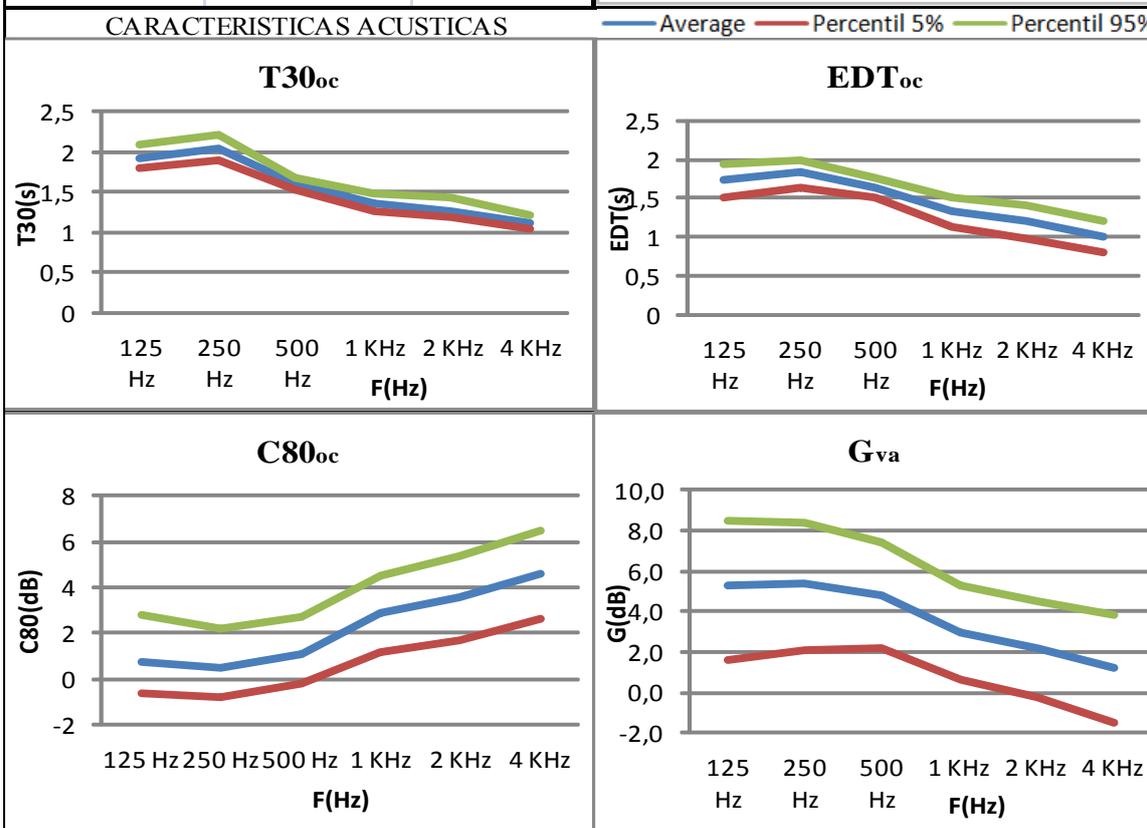
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1994	$S_t=6928 \text{ m}^2$	$V/N= 11,7$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Panel de madera Paredes = Panel de Madera Audiencia = Butaca poco tapizada Techo = Panel de Madera
Reforma=	$S_e=209,4 \text{ m}^2$	$V/S_a=13,7 \text{ m}$	
Aforo=1992	$S_a=1703,3 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,9 \text{ m}^2$	
$V=23311\text{m}^3$	$L=13,7 \text{ m}$	$DRC=9,7 \text{ m}$	





El Palacio de Congresos de Madrid está situado en la intersección entre el paseo de la Castellana y la avenida del General Perón. Tiene una superficie total de casi 40 000 m<sup>2</sup>. Se construyó a partir de un concurso del Ministerio de Información y Turismo convocado en 1964. El edificio se terminó en 1970 por el arquitecto Pablo Pintado y Riba.

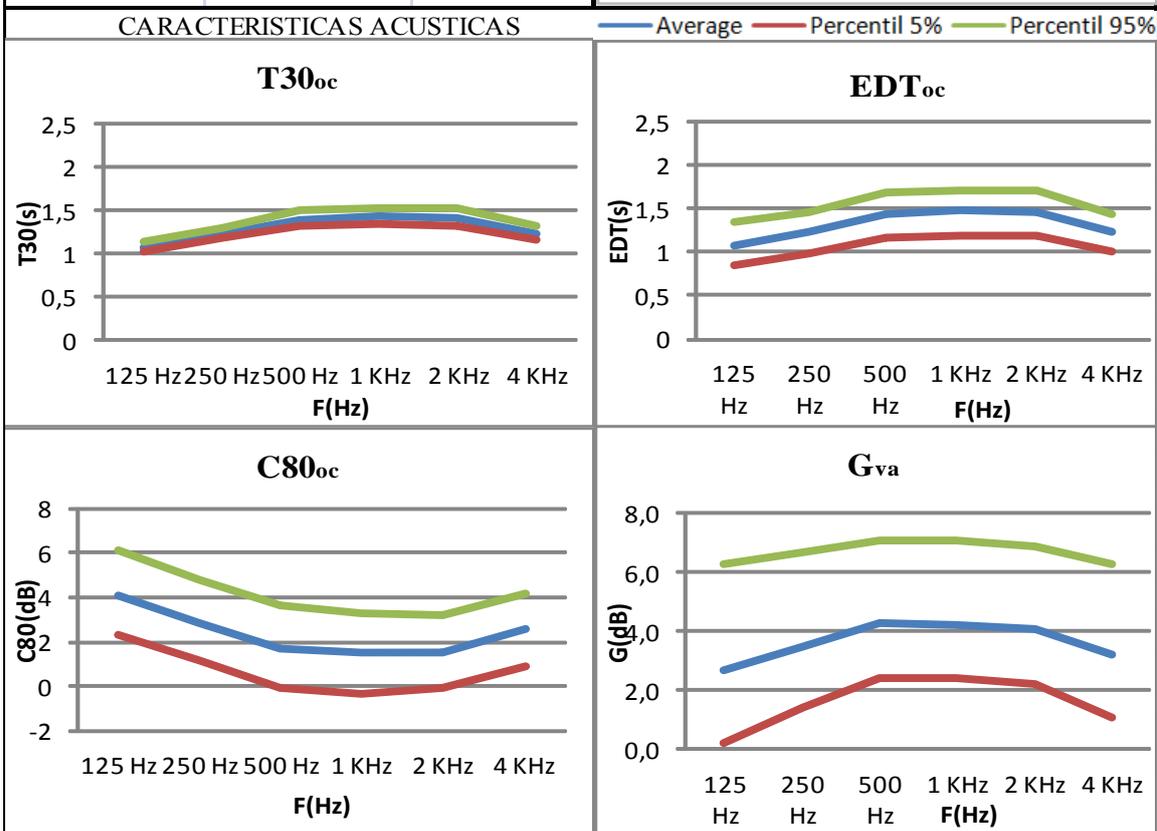
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1970	$S_t=5918 \text{ m}^2$	$V/N=7,7$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Cortina ligera 5cm pared Paredes = Madera 1 capa Audiencia = Butaca poco tapizada Techo = Panel de Madera
Reforma=-	$S_e=158 \text{ m}^2$	$V/S_a=11,6 \text{ m}$	
Aforo=1909	$S_a=1263,9 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,7 \text{ m}^2$	
$V=14623 \text{ m}^3$	$L=10 \text{ m}$	$DRC=16,3 \text{ m}$	

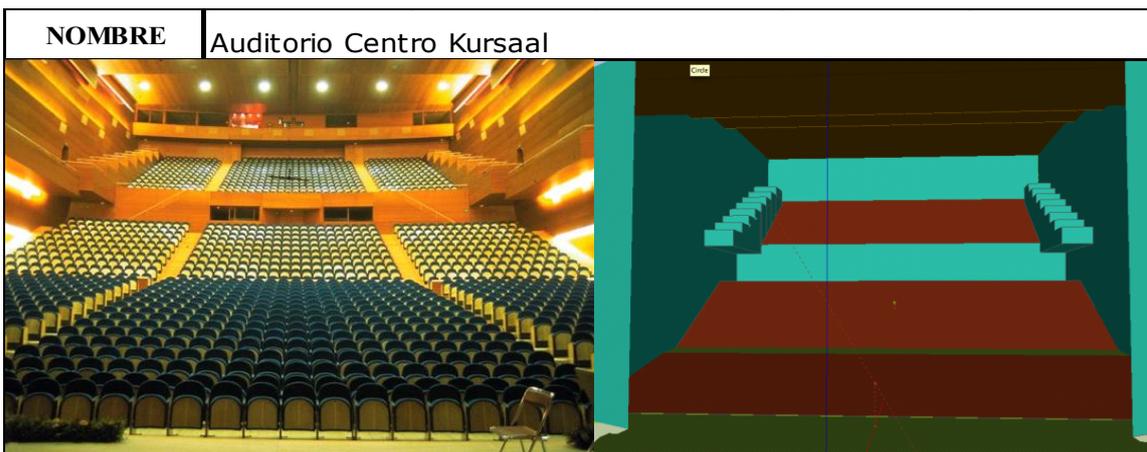




La sala sinfónica “ Narciso Yepes” está dotada con 1.768 butacas, un escenario de 220m<sup>2</sup>, una acústica espectacular. Es un espacio optimo para acoger una amplia y rica programación con todo tipo de manifestaciones de la cultura musical universal: música sinfónica, ballet, opera..

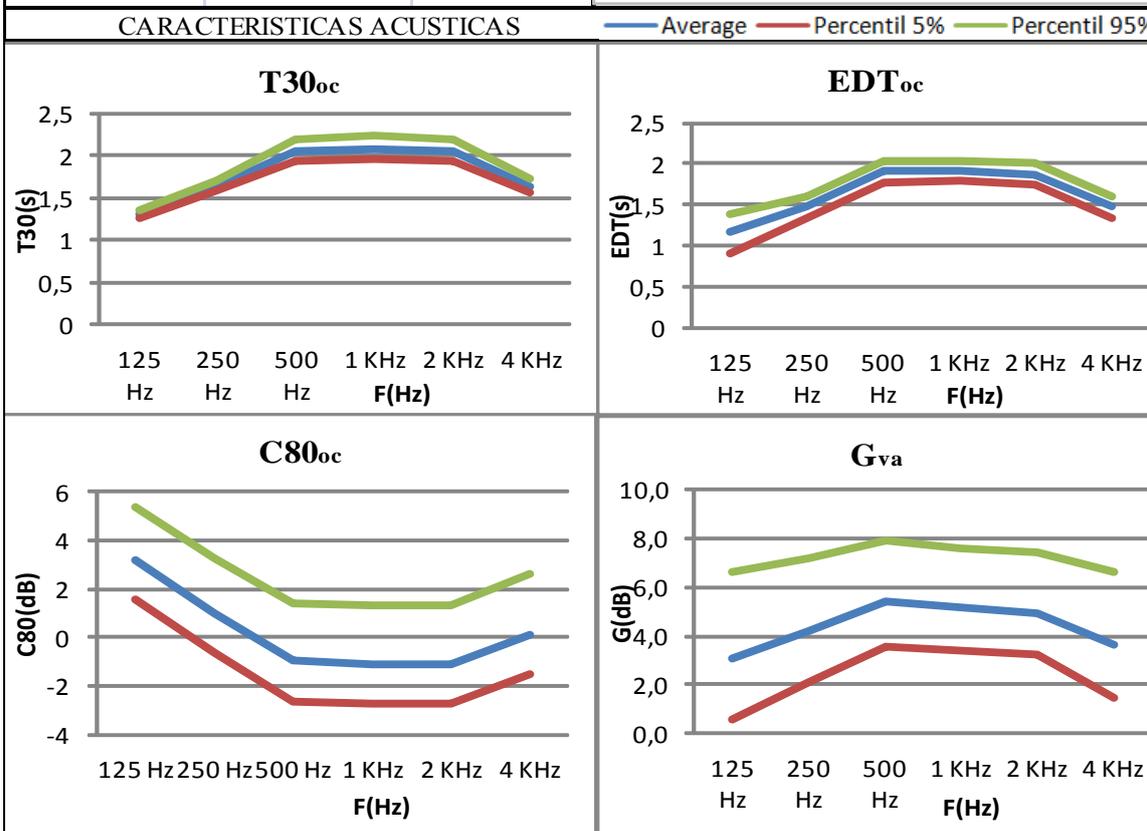
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1995	S <sub>t</sub> =4296 m <sup>2</sup>	V/N=6,8	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Madera 1 capa Paredes = Panel de madera Audiencia = Butaca poco tapizada Techo = Panel de madera
Reforma=	S <sub>e</sub> =212 m <sup>2</sup>	V/S <sub>a</sub> =10,2 m	
Aforo=1768	S <sub>a</sub> =1227,9 m <sup>2</sup>	S <sub>a</sub> /N=0,7 m <sup>2</sup>	
V=12574m <sup>3</sup>	L=11,7 m	DRC=14,6 m	





El Palacio de Congresos Kursaal de Donostia-San Sebastián, es una espectacular obra arquitectónica de Rafael Moneo frente al mar Cantábrico, está formado por dos cubos de vidrio translúcidos y tiene una gran polivalencia por sus diversos espacios, desde el auditorio y sala de cámara, hasta las salas de reuniones y las áreas de exposición.

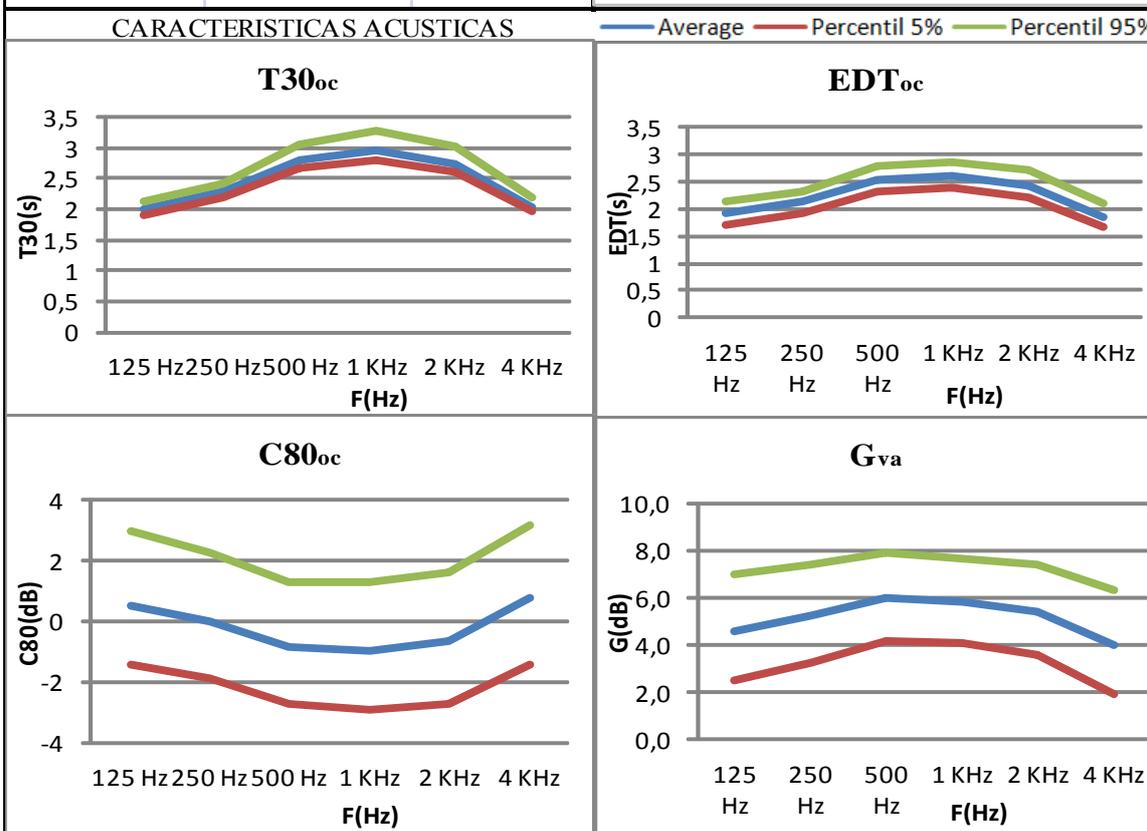
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=199	$S_t=4693 \text{ m}^2$	$V/N=7,8$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Panel de madera Paredes = Madera de 1 capa Audiencia = Butaca poco tapizada Techo = Panel de madera
Reforma=-	$S_e=257,6 \text{ m}^2$	$V/S_a=17,0 \text{ m}$	
Aforo=1806	$S_a=830,3 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,5 \text{ m}^2$	
$V=14148 \text{ m}^3$	$L=12,1 \text{ m}$	$DRC=19,8 \text{ m}$	





Proyectado por José María de Paredes, el Palau de la Música de Valencia fue inaugurado el 25 de abril de 1987. La sala sinfónica “José Iturbi” está preparada para albergar a 1.813 asistentes. Se distribuye las butacas en parte en abanico, frente y tras la orquesta, y el resto en palcos a modo de graderíos que envuelven a los músicos.

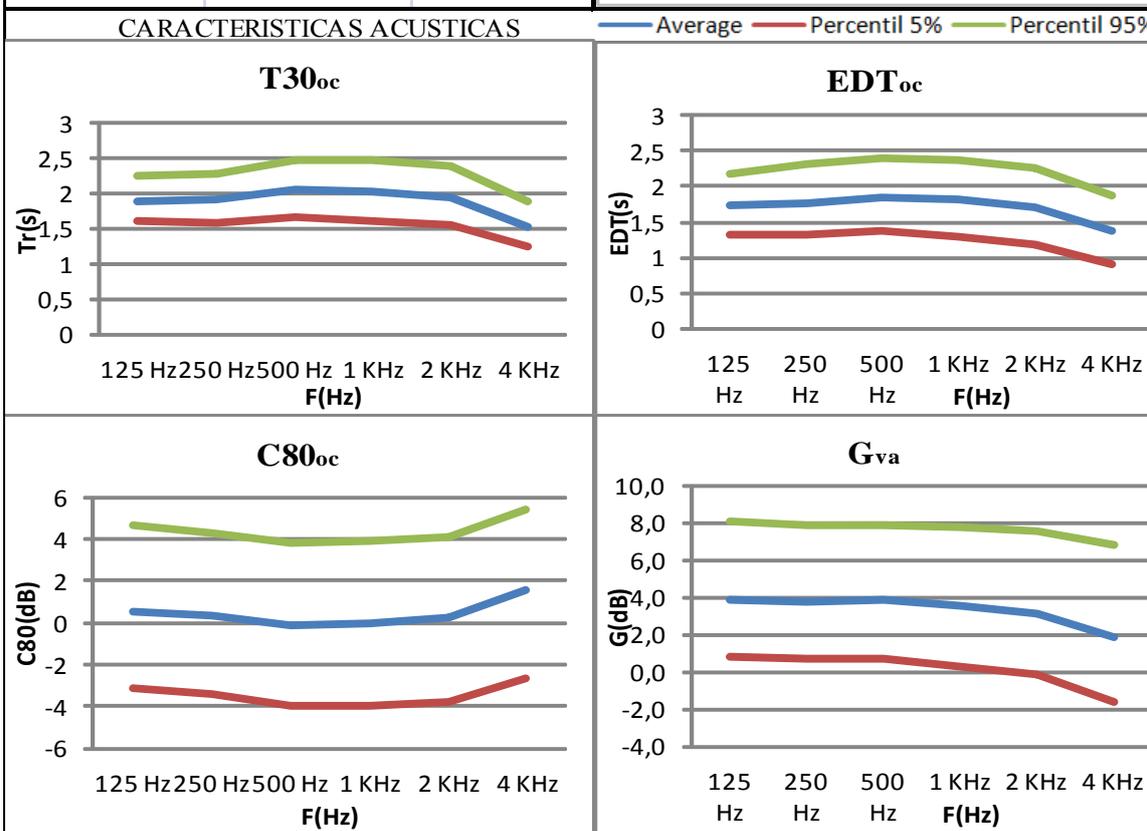
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1987	$S_t=5653 \text{ m}^2$	$V/N=10,6$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Madera Paredes = Panel de madera Audiencia = Butaca poco tapizada Techo = Panel de madera
Reforma=	$S_e=212 \text{ m}^2$	$V/S_a=18,8 \text{ m}$	
Aforo=1813	$S_a=1004,9 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,6 \text{ m}^2$	
$V=18923 \text{ m}^3$	$L=13,6 \text{ m}$	$DRC=17,5 \text{ m}$	





El Teatro Real es el teatro de la ópera de Madrid y está considerado uno de los más importantes de España y de Europa. La sala del Teatro Real mantuvo la estructura original, de estilo italiano, y recuperó la decoración original de la época de la década de 1880.

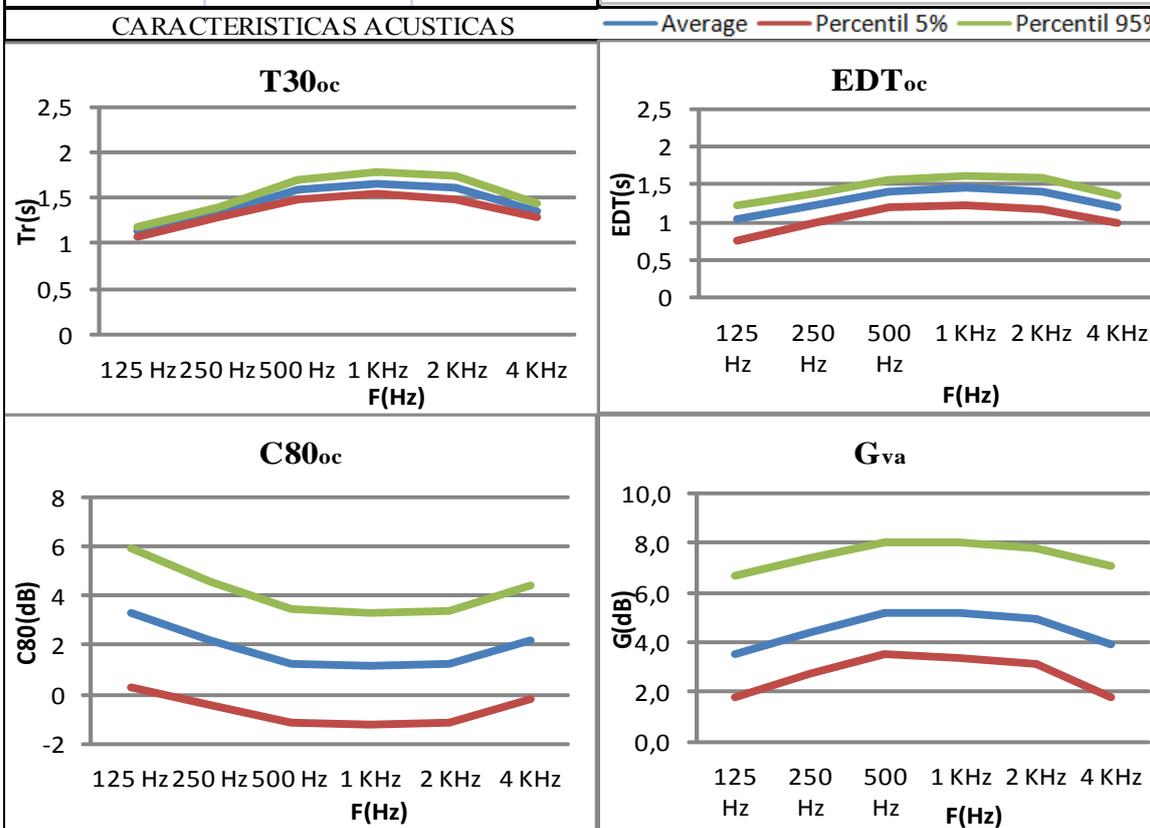
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1850	$S_t=6378 \text{ m}^2$	$V/N=7,9$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Panel de madera Paredes = Yeso pared dura Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Yeso
Reforma=1997	$S_e=231,4 \text{ m}^2$	$V/S_a=9,4 \text{ m}$	
Aforo=1750	$S_a=1474,2 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,8 \text{ m}^2$	
$V=13843 \text{ m}^3$	$L=9,1 \text{ m}$	$DRC=11,3 \text{ m}$	





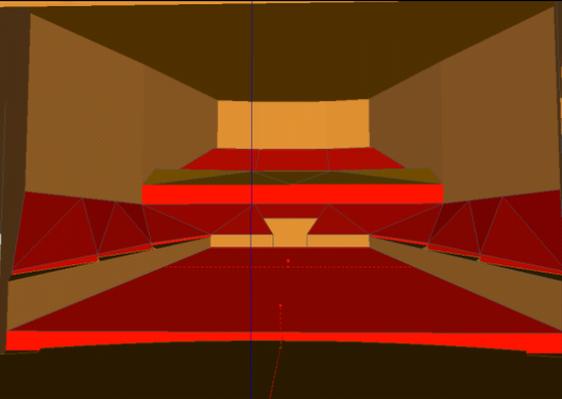
El Auditorium de Palma de Mallorca se encuentra situado en el Paseo Marítimo. En él se llevan a cabo todo tipo de espectáculos. Se distribuye en 9 salas, dos de ellas, la Sala Magna (1739 plazas) y la Sala Mozart (310 plazas) tienen estructura de teatro, idóneas para la realización de congresos.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1969	$S_t=3829 \text{ m}^2$	$V/N=6,2$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Madera 1 capa Paredes = Madera contrachapada Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Madera de 1 capa
Reforma=-	$S_e=222,9 \text{ m}^2$	$V/S_a=11,2 \text{ m}$	
Aforo=1739	$S_a=959,1 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,6 \text{ m}^2$	
$V=10706 \text{ m}^3$	$L=11,2 \text{ m}$	$DRC=21,6 \text{ m}$	



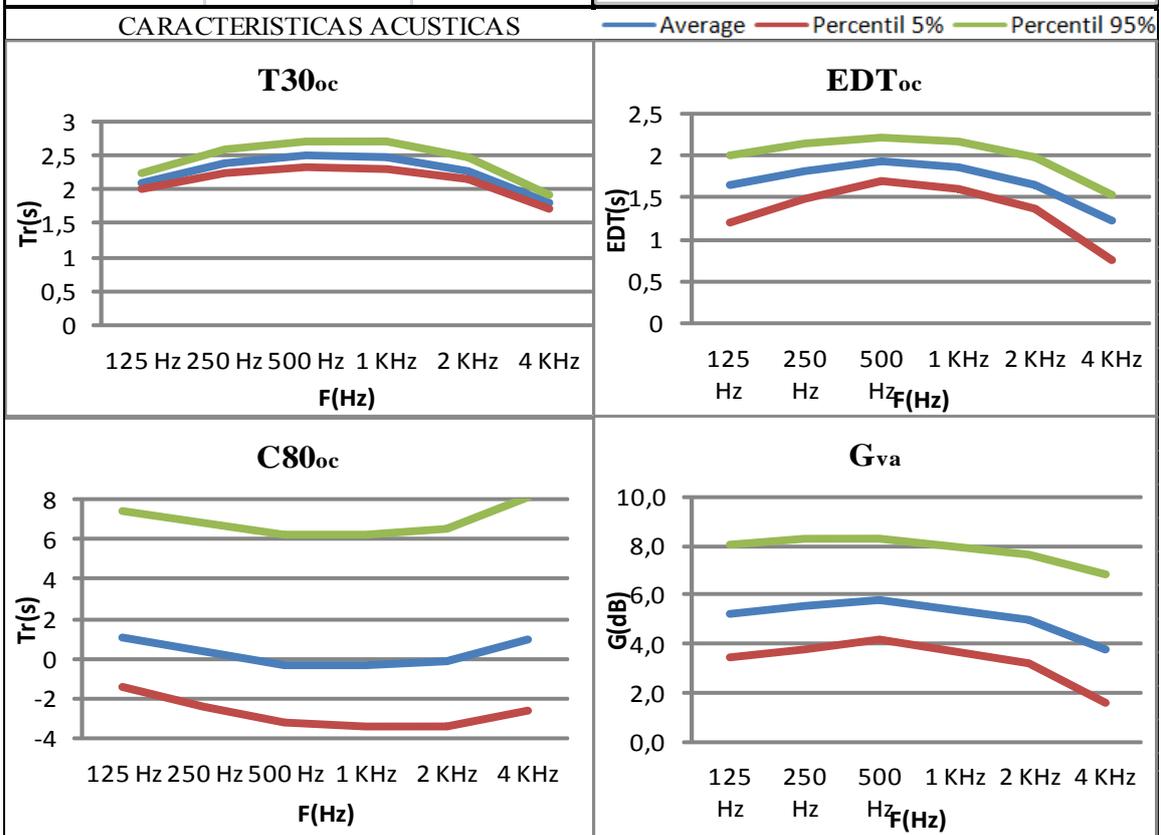


<b>NOMBRE</b>	Sala Sinfónica, Auditorio Alfredo Kraus - Las Palmas de Gran Canaria
---------------	--

El Auditorio Alfredo Kraus es un auditorio situado en Las Palmas de Gran Canaria, constituyendo uno de los edificios más singulares de la capital gran canaria. La sala Sinfónica es el reflejo de un diseño perfectamente armonizado entre el enclave marino del edificio y la capacidad para acomodar a 1.656 personas.

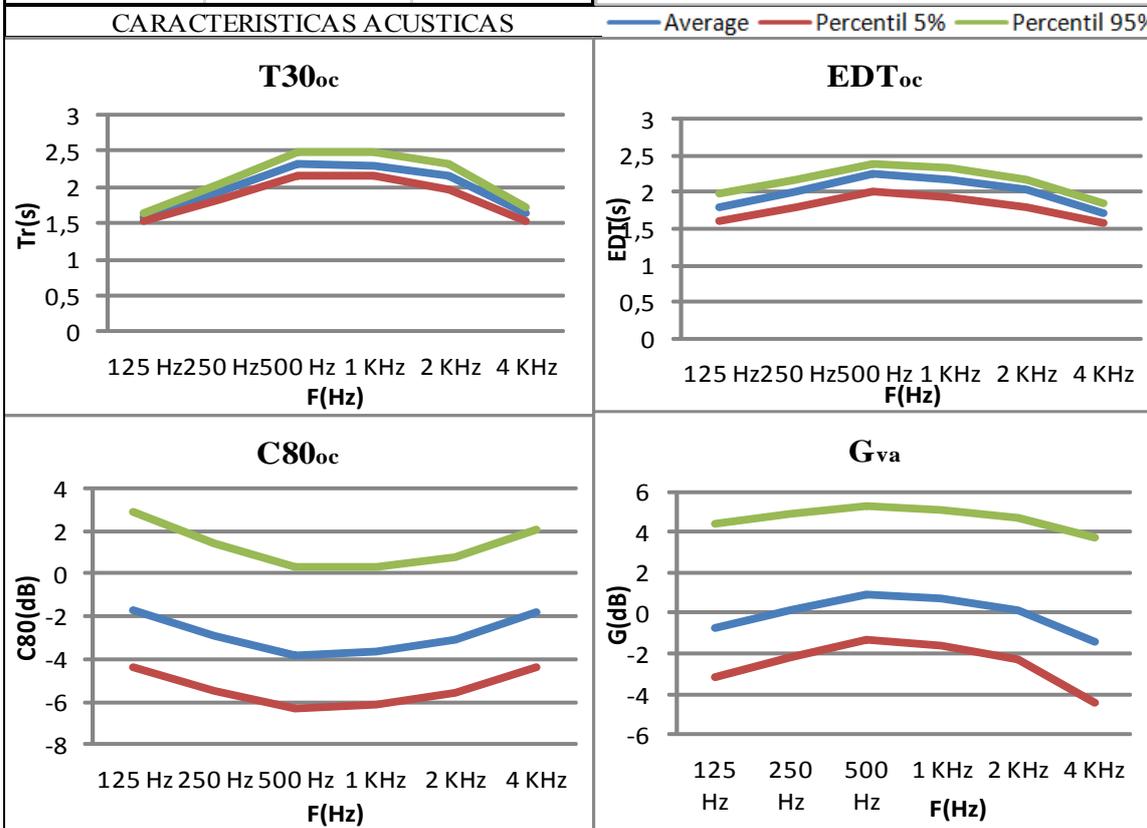
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1997	$S_t=5480 \text{ m}^2$	$V/N=10,5$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Madera de 1 capa Paredes = Madera 1,6cm sobre listones Audiencia = Butaca poco tapizada Techo = Panel de madera
Reforma=-	$S_e=238,4 \text{ m}^2$	$V/S_a=15,3 \text{ m}$	
Aforo=1668	$S_a=1135,4 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,7 \text{ m}^2$	
$V=17322 \text{ m}^3$	$L=13,0 \text{ m}$	$DRC=14,2 \text{ m}$	





El Palacio de Festivales de Cantabria, construido en 1991 por el arquitecto Sáenz de Oiza es un emblemático teatro de la ciudad de Santander (Cantabria) y situado frente a la bahía de Santander. El Palacio de Festivales es por sus amplias instalaciones un lugar idóneo para la celebración de congresos, juntas y convenciones de cualquier tipo.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1991	$S_t=8925 \text{ m}^2$	$V/N=18,8$	Suelo = Moqueta sobre hormigón /linóleo
Reforma=-	$S_e=285,2 \text{ m}^2$	$V/S_a=20,1 \text{ m}$	Concha = Madera 1 capa
Aforo=1670	$S_a=1539 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,9 \text{ m}^2$	Paredes = Madera contrachapada
$V=30938 \text{ m}^3$	$L=13,9 \text{ m}$	$DRC=20,1 \text{ m}$	Audiencia = Butaca altamente tapizada
			Techo = Madera 1,6cm sobre listones

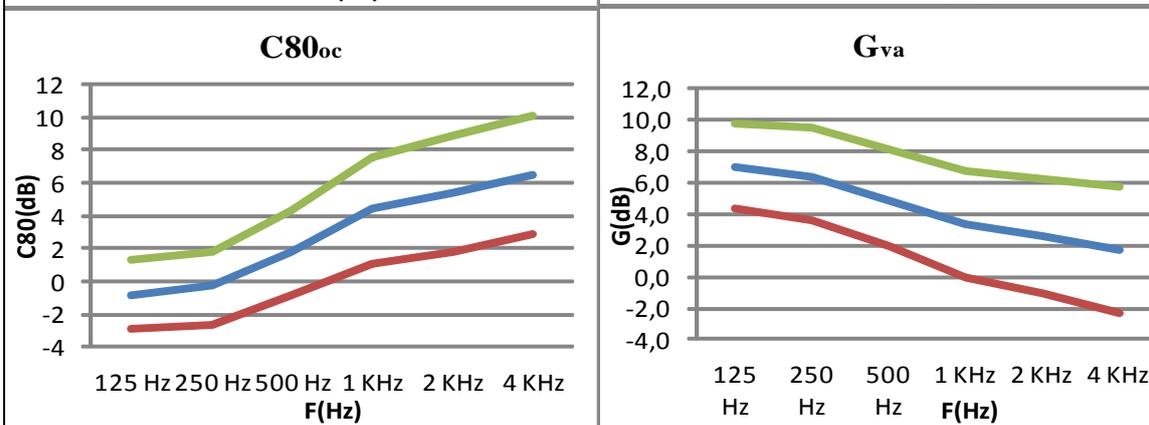
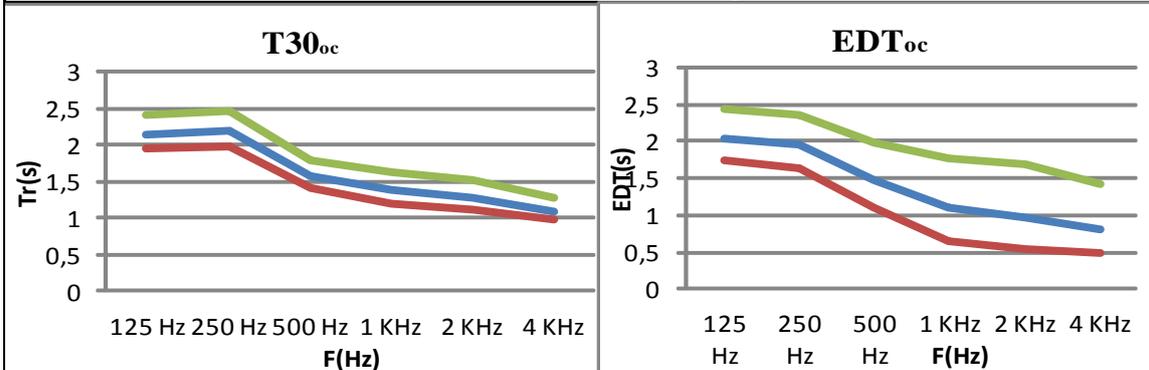


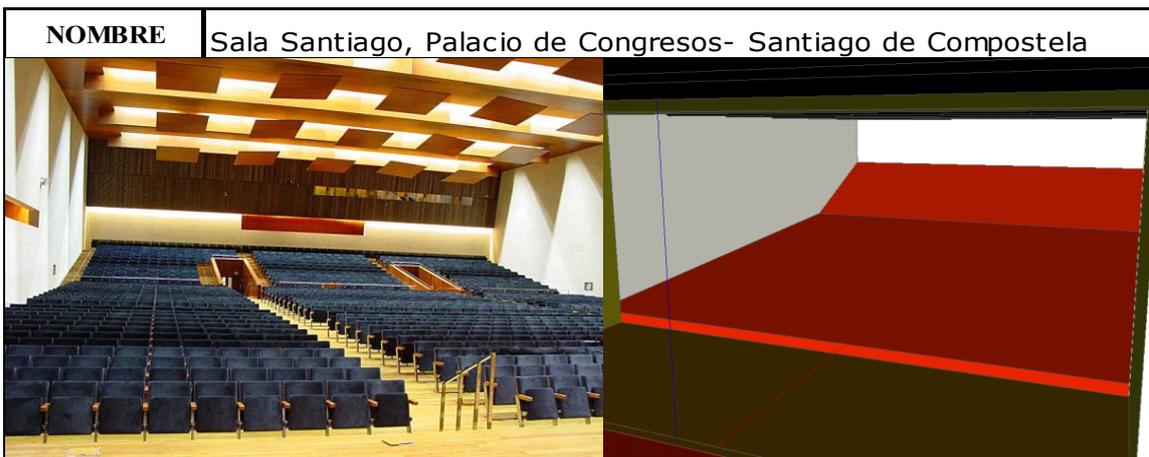


El Teatro Tívoli es una sala de espectáculos de Barcelona dedicada al teatro y al cine. El edificio actual data de una reforma radical efectuada en 1919. Decorado al estilo de principios del siglo pasado, abundan las molduras y los motivos vegetales en color dorado, así como el rojo de asientos y cortinas.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1919	$S_t=3725 \text{ m}^2$	$V/N=4,4$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Cortina ligera 5cm pared Paredes = Yeso duro Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Yeso duro
Reforma=-	$S_e=90,7 \text{ m}^2$	$V/S_a=6,9 \text{ m}$	
Aforo=1640	$S_a=1061,5 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,6 \text{ m}^2$	
$V=7276 \text{ m}^3$	$L=7,8 \text{ m}$	$DRC=21,5 \text{ m}$	

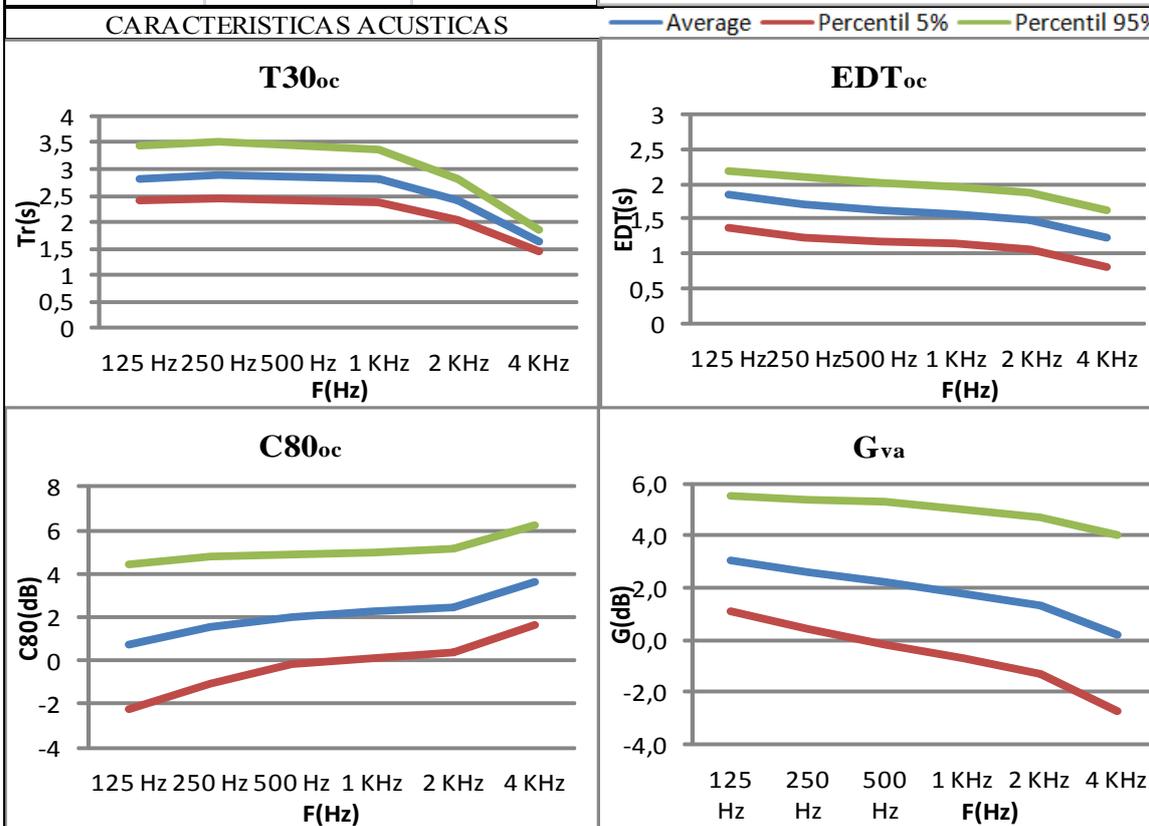
CARACTERISTICAS ACUSTICAS Average — Percentil 5% — Percentil 95%





Situado en el final de camino de Santiago y con unas instalaciones modulares se realizan en él todo tipo de eventos, desde congresos, encuentros, reuniones hasta oposiciones o conciertos pasando por reuniones informáticas. El palacio dispone de varias salas para distintos eventos que conforman un total de 15.000 metros cuadrados en dos plantas.

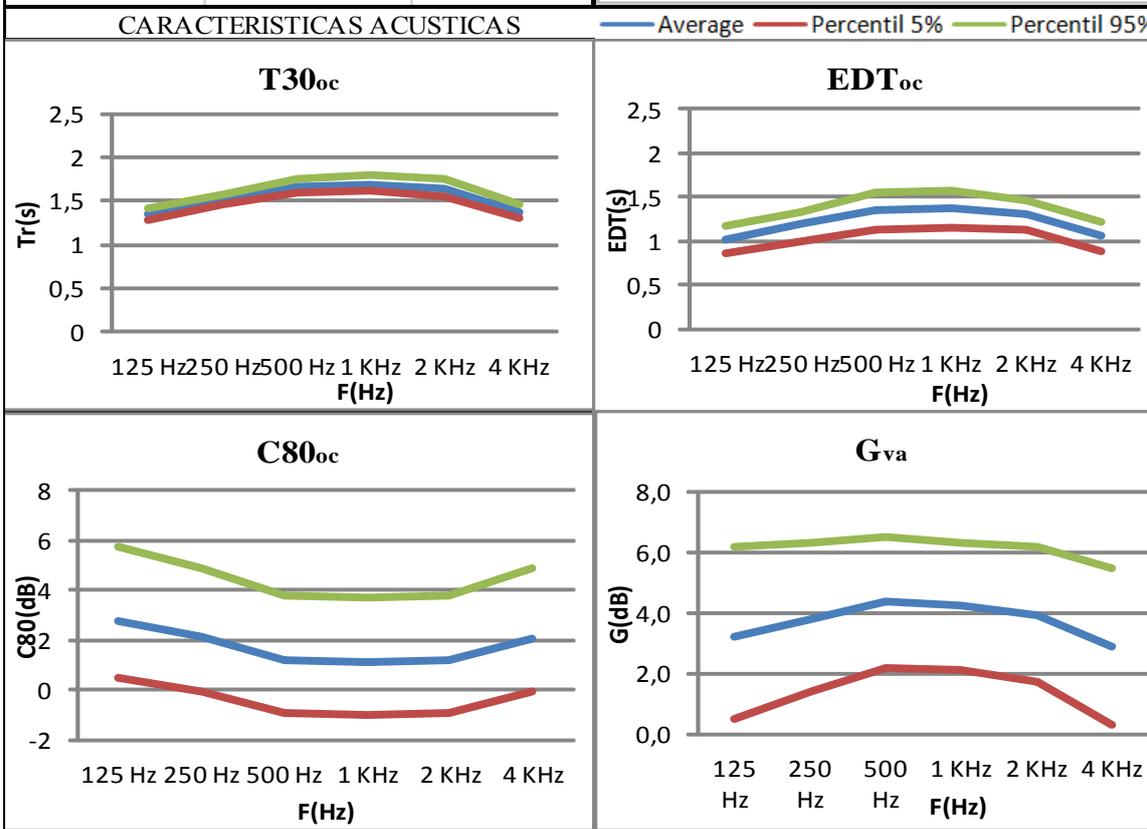
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1995	$S_t=7347 \text{ m}^2$	$V/N=13,9$	Suelo = Suelo escenario Concha = Madera 1 capa Paredes = Yeso duro Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Madera 1,6 sobre listones
Reforma=-	$S_e=369,4 \text{ m}^2$	$V/S_a=9,9 \text{ m}$	
Aforo=1580	$S_a=2216,3 \text{ m}^2$	$S_a/N=1,4 \text{ m}^2$	
$V=21898 \text{ m}^3$	$L=11,9 \text{ m}$	$DRC=27,0 \text{ m}$	

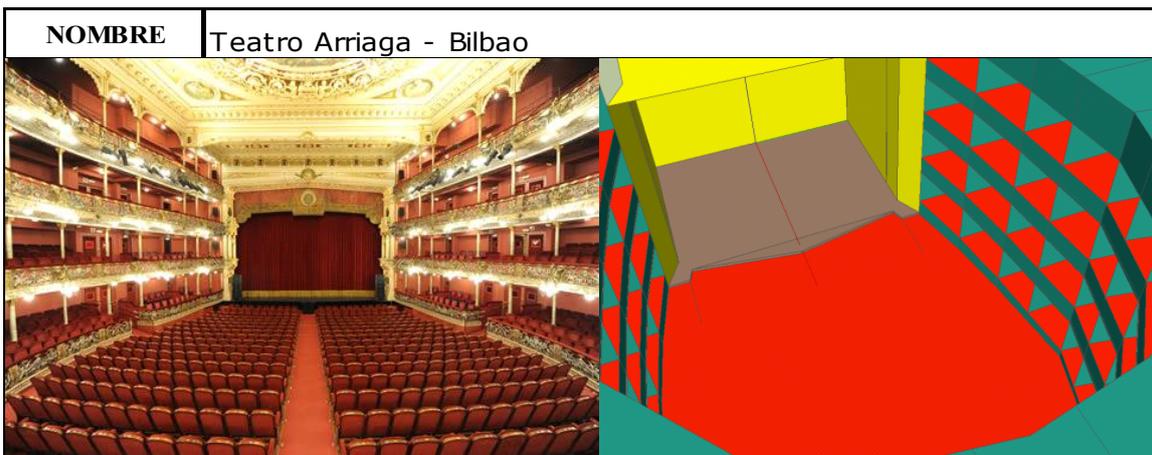




El diseño de la Sala Principal del Baluarte, Pamplona, cuenta con un aforo total de 1.568 butacas (1.036 en sala), permite la visión del escenario desde cualquier punto de la misma. Con paredes paneladas en madera de haya, la amplitud y la luz definen esta sala en la que se desarrollan todo tipo de actividades culturales y congresuales.

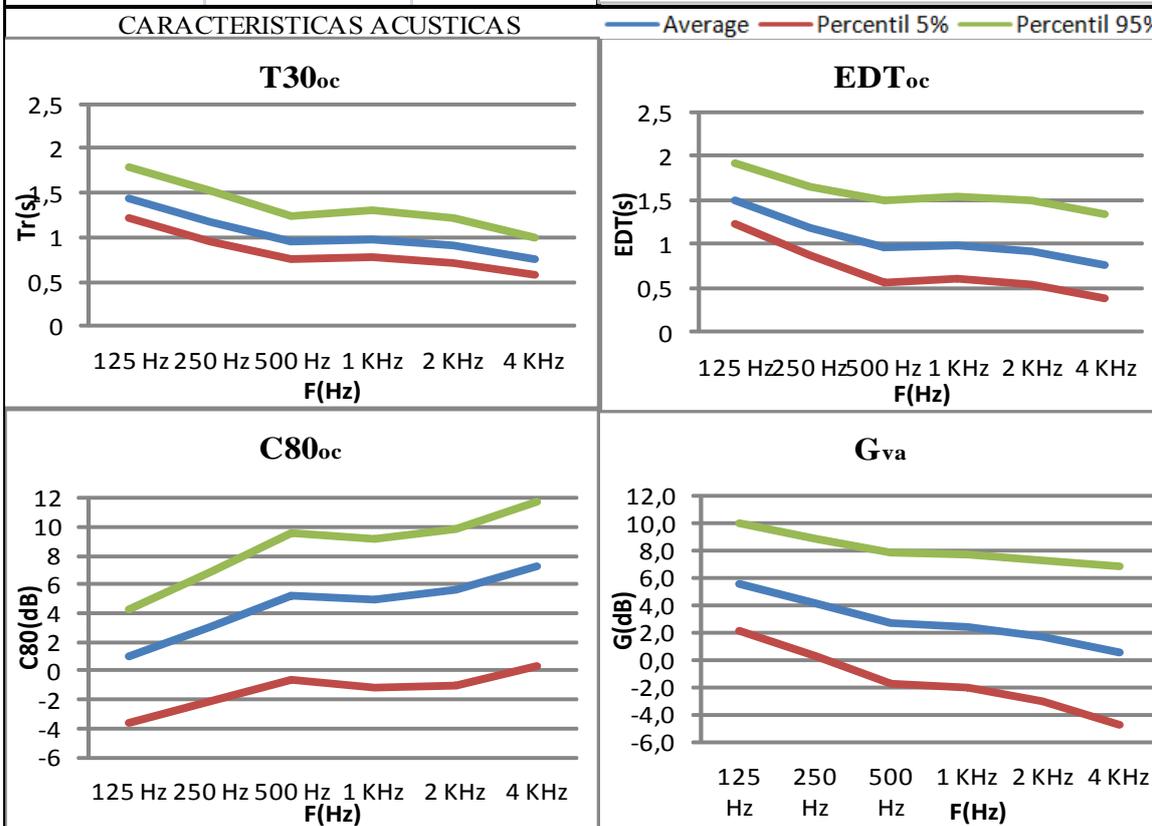
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=2003	$S_t=4828,54 \text{ m}^2$	$V/N=10,1$	Suelo = Madera suelo escenario/madera Concha = Madera 1 capa Paredes =Madera 1 capa Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Madera 1 capa
Reforma=-	$S_e=151,1 \text{ m}^2$	$V/S_a=14,5 \text{ m}$	
Aforo=1568	$S_a=1095 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,7 \text{ m}^2$	
$V=15887 \text{ m}^3$	$L=13,2 \text{ m}$	$DRC=23,2 \text{ m}$	

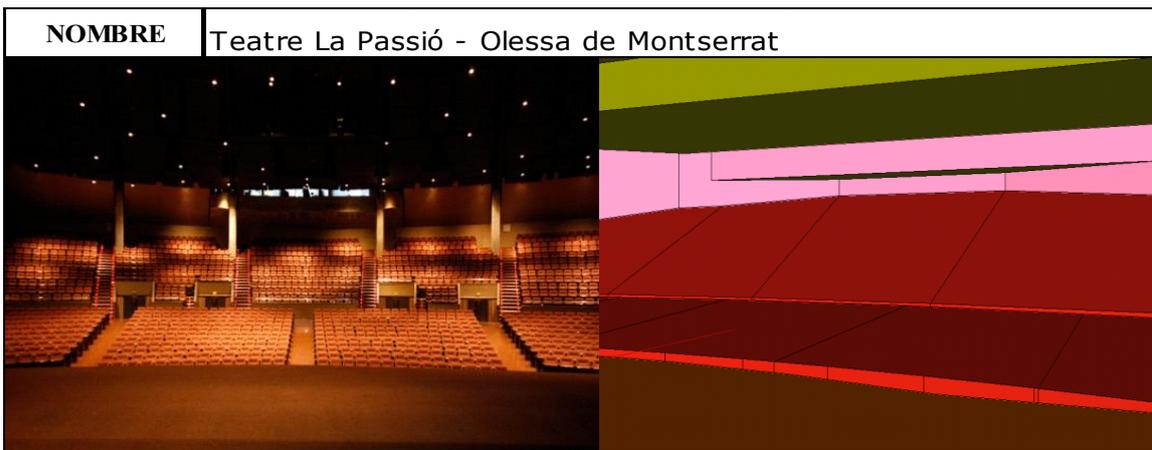




Es un edificio neobarroco de finales del siglo XIX, obra del arquitecto Joaquín de Rucoba y dedicado al compositor bilbaino Juan Crisóstomo de Arriaga. La Sala Principal, con su patio de butacas y sus tres pisos de localidades, fue respetado en estructura y decoración como anteriormente había sido creado.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1980	$S_t=4016 \text{ m}^2$	$V/N=4,1$	Suelo = Madera suelo escenario / Moqueta sobre hormigón Concha = Cortina plegada Paredes = Yeso duro Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Yeso duro
Reforma=1986	$S_e= 124,8 \text{ m}^2$	$V/S_a=6,1 \text{ m}$	
Aforo=1502	$S_a=1006,2 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,7 \text{ m}^2$	
$V=6180 \text{ m}^3$	$L= 6,2$	$DRC=16 \text{ m}$	

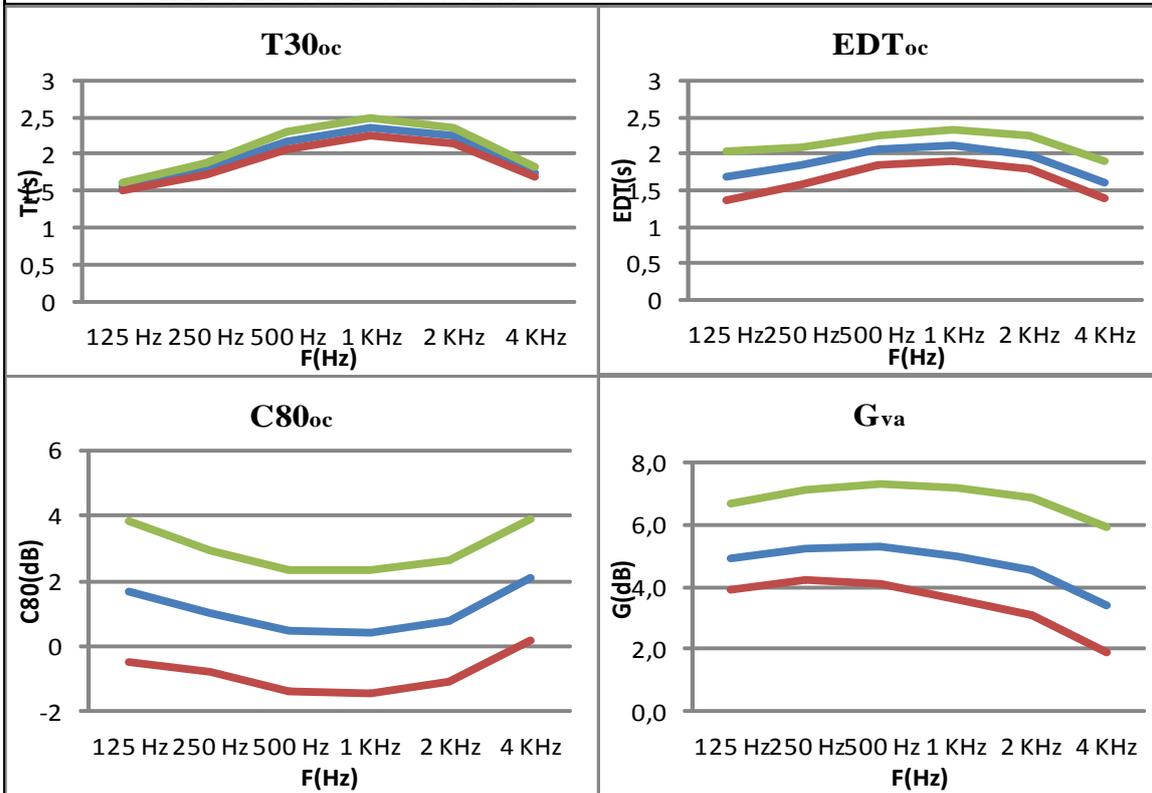




El teatro de La Pasión de Olesa es un edificio majestuoso, capaz de acoger cualquier espectáculo. El patio de butacas, con forma de anfiteatro, tiene capacidad para 1496 personas. Uno de los rasgos más característicos del edificio es la boca de escenario: una de las más anchas del mundo. El proscenio tiene 30 metros de ancho y 7 de alto.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1987	$S_t=5005 \text{ m}^2$	$V/N=8,7$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Madera 1 capa Paredes = Madera contrachapada Audiencia = Butaca poco tapizada Techo = Madera 1,6cm sobre listones
Reforma=	$S_e=395,6 \text{ m}^2$	$V/S_a=11,0\text{m}$	
Aforo=1499	$S_a=1185 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,8 \text{ m}^2$	
$V=13038 \text{ m}^3$	$L=10,5 \text{ m}$	$DRC=17,7 \text{ m}$	

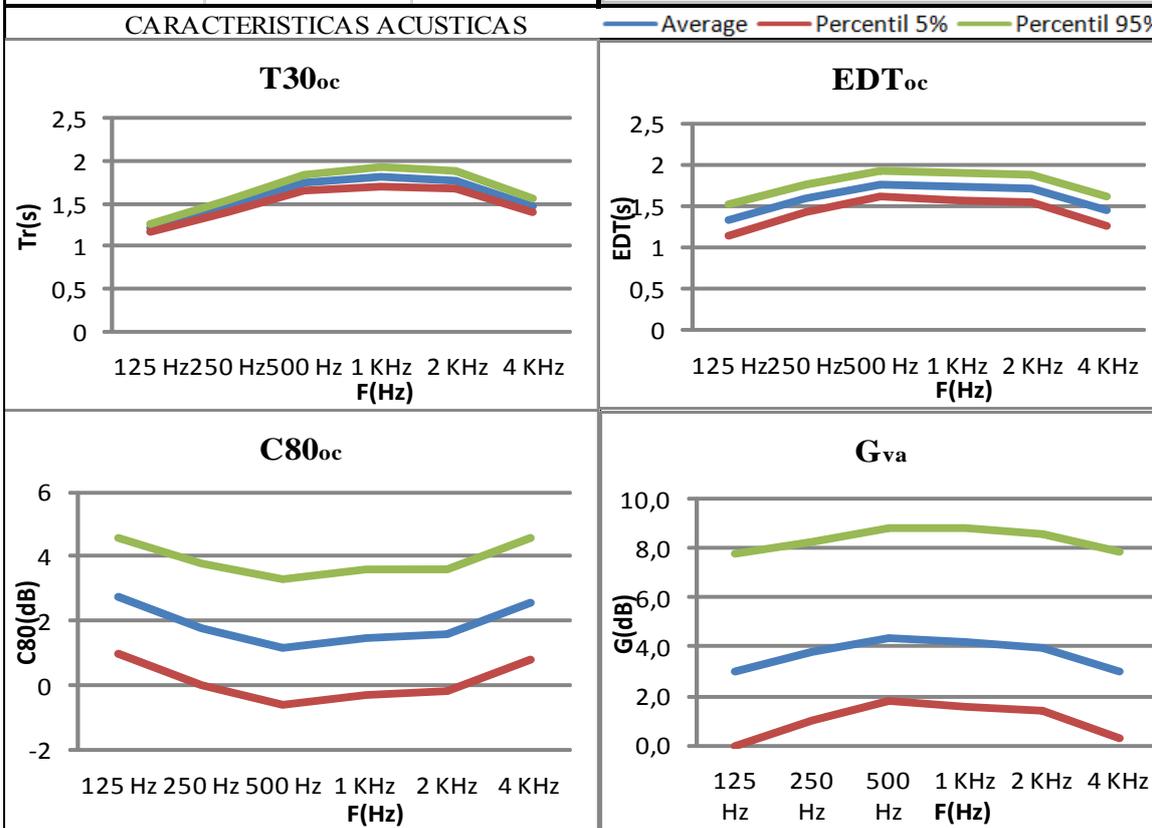
**CARACTERISTICAS ACUSTICAS**      — Average — Percentil 5% — Percentil 95%





El Palacio de Congresos, diseñado por Norman Foster fue inaugurado en el año 1998. El Auditorio I cuenta con un aforo máximo de 1481 personas. Es uno de los centros de conferencias más importantes de Europa, debido a su cuidada distribución, empresas y asociaciones internacionales organizan todo tipo de eventos en este auditorio.

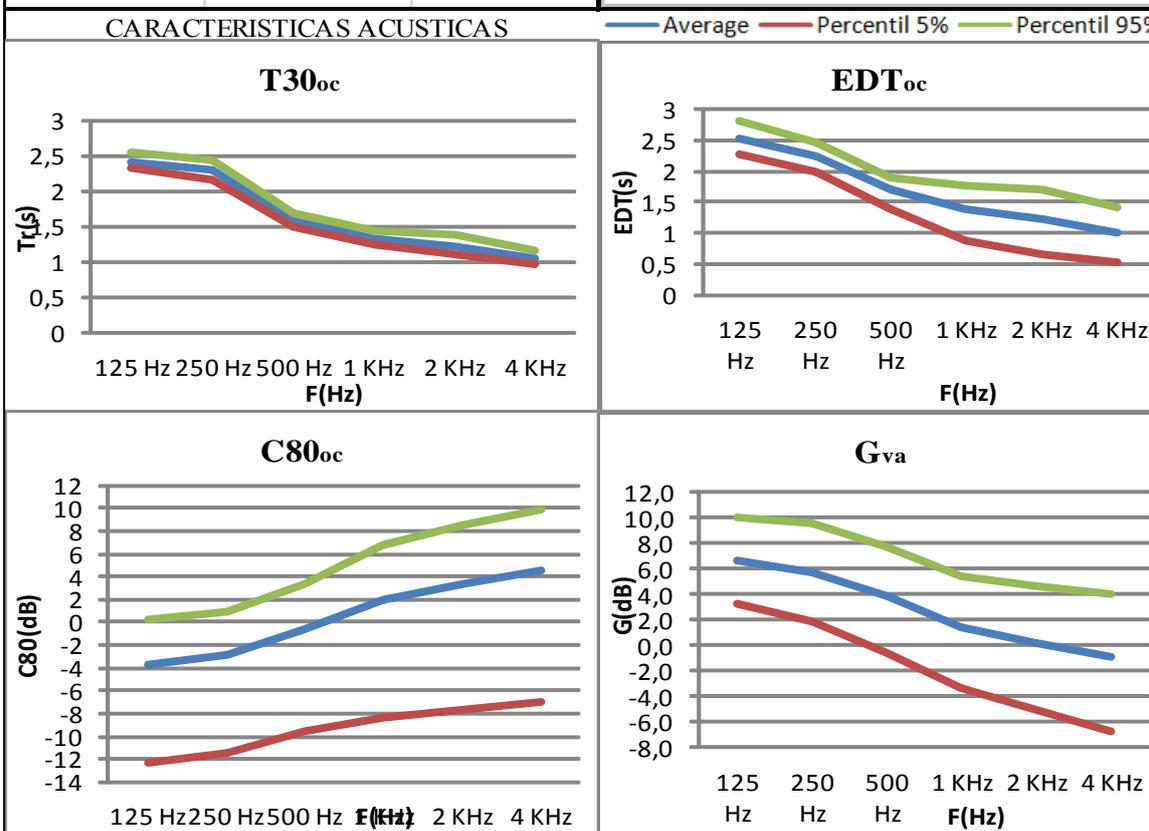
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1998	$S_t=4432 \text{ m}^2$	$V/N=6,8$	Suelo = Madera suelo escenario / Moqueta sobre hormigón Concha = Madera de 1 capa Paredes = Madera contrachapada Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Madera 1,6 cm sobre listones
Reforma=-	$S_e=126,4 \text{ m}^2$	$V/S_a=10,1 \text{ m}$	
Aforo=1481	$S_a=999 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,7 \text{ m}^2$	
$V=10065 \text{ m}^3$	$L=9,5 \text{ m}$	$DRC=23,1$	

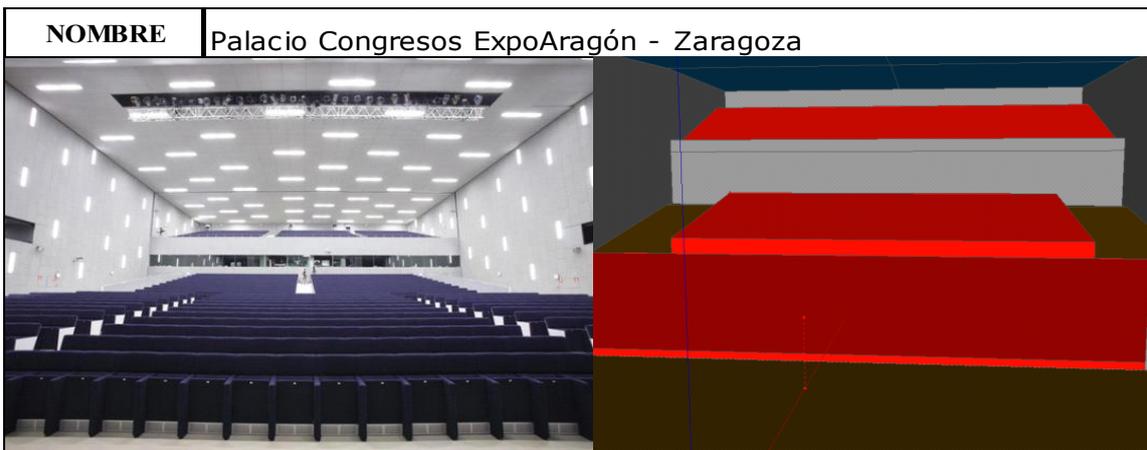




Abrió sus puertas por primera vez en 1932 como cine, aunque su dueño, el Maestro Guerrero, lo transformaría en teatro un año más tarde. Tras su muerte, el teatro queda en manos de su hermano, que lo transforma de nuevo en cine. Este tenía un aforo de unas 1540 plazas.

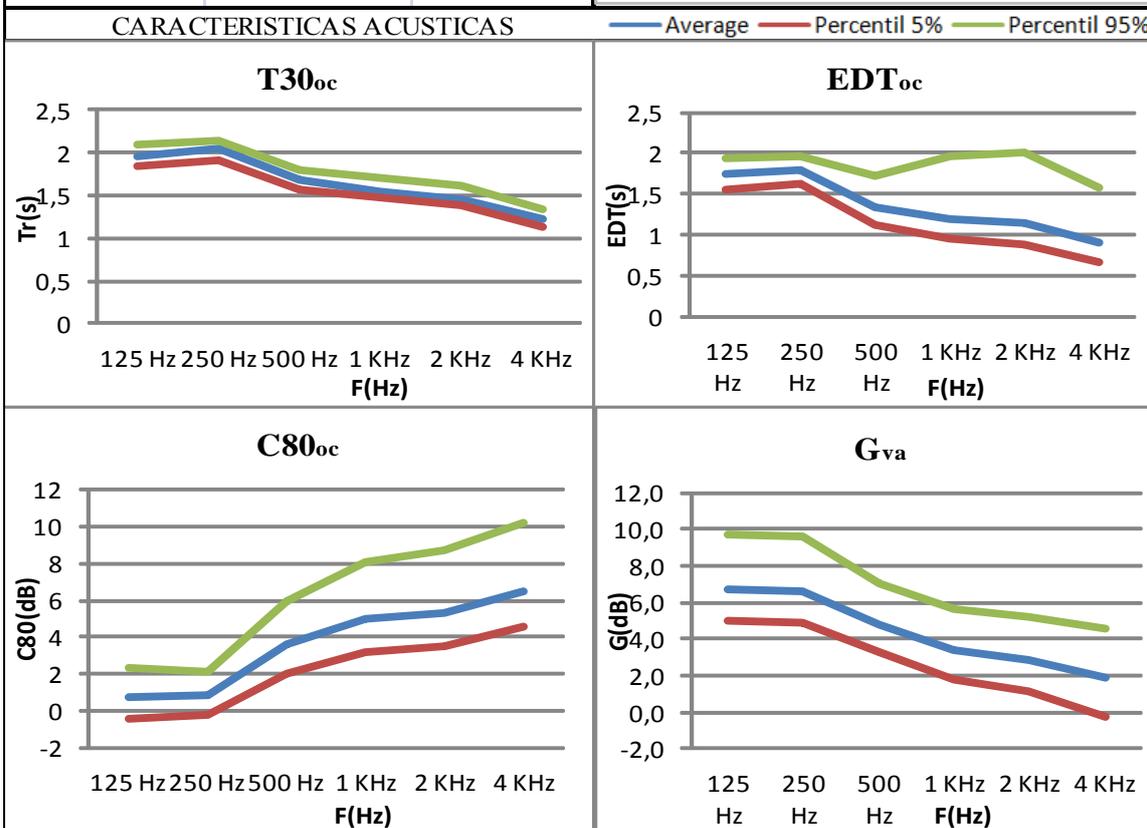
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1932	$S_t=5058 \text{ m}^2$	$V/N=8,5$	Suelo = Madera suelo escenario / Moqueta sobre hormigón Concha = Cortina ligera 5cm pared Paredes = Yeso duro Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Yeso duro
Reforma=2001	$S_e=114,1 \text{ m}^2$	$V/S_a=9,7 \text{ m}$	
Aforo=1451	$S_a=1270 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,9 \text{ m}^2$	
$V=12284 \text{ m}^3$	$L=9,8 \text{ m}$	$DRC=11,1 \text{ m}$	





El Palacio de Congresos Expo Aragón, fue construido con motivo de la celebración de la muestra internacional EXPO ZARAGOZA 2008. El edificio destaca por su singularidad y asombra por su gran envergadura, su longitud es de 167m y su altura máxima es de 34m, ocupando más de 22.000 m<sup>2</sup>. Tiene una capacidad de 1400 personas.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=2008	$S_t=4309 \text{ m}^2$	$V/N=7,0$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Cortina ligera 9cm pared Paredes = Madera 1 capa Audiencia = Butaca poco tapizada Techo = Madera contrachapada
Reforma=	$S_e=137,6 \text{ m}^2$	$V/S_a=9,5$	
Aforo=1443	$S_a=1065 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,7 \text{ m}^2$	
$V=10101 \text{ m}^3$	$L=9,4 \text{ m}$	$DRC=32,9 \text{ m}$	

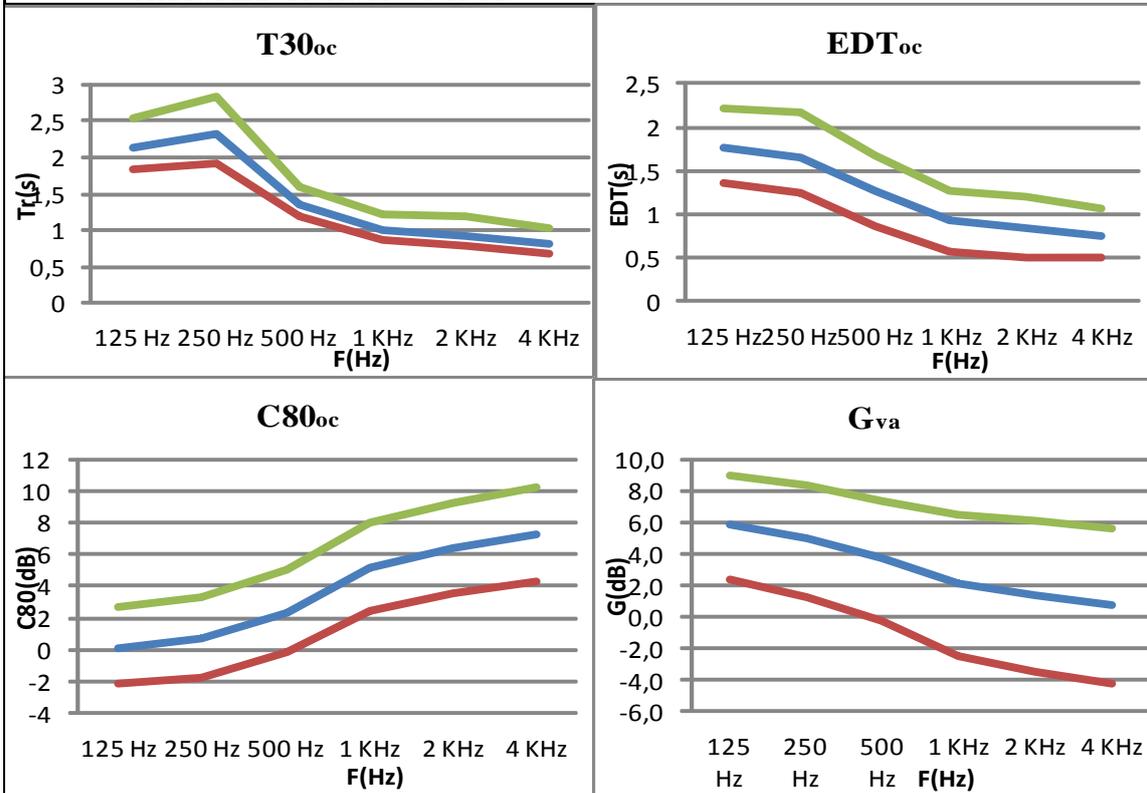




El Teatro Campoamor es un teatro de Oviedo fundado en 1892, conocido entre otras cosas por ser el escenario de la entrega de los Premios Príncipe de Asturias. En 1988, bajo el proyecto del arquitecto andaluz José Rivas, se lleva a cabo la reforma del escenario, ampliando el espacio del foso de la orquesta y modernizando la caja escénica.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1892	$S_t=4183 \text{ m}^2$	$V/N=6,2$	Suelo = Maera suelo escenario / Moqueta sobre hormigón Concha = Cortina 5cm pared Paredes = Yeso duro Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Yeso duro
Reforma=1988	$S_e=173,9 \text{ m}^2$	$V/S_a=6,8 \text{ m}$	
Aforo=1440	$S_a= 1323 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,9 \text{ m}^2$	
$V=8940 \text{ m}^3$	$L=8,6 \text{ m}$	$DRC=12,3 \text{ m}$	

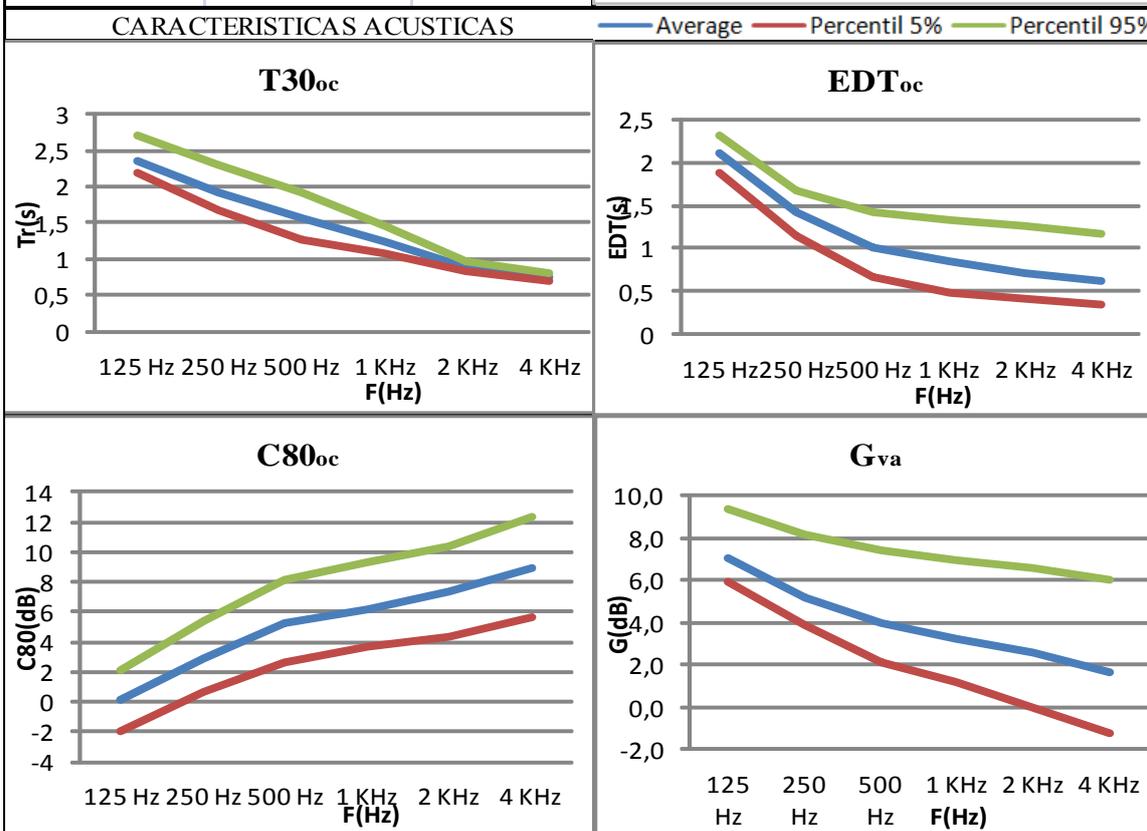
CARACTERISTICAS ACUSTICAS





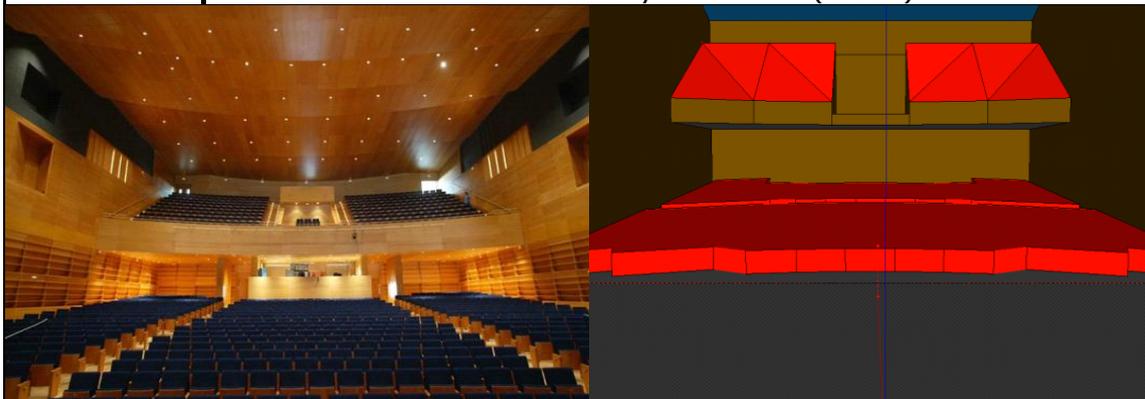
El teatro fue inaugurado el 16 de abril de 1949. Se especializó en espectáculos musicales. En 1954 se instaló una pantalla de cine, convirtiéndose en Teatro Cine Lope de Vega, inaugurado el 12 de diciembre de ese mismo año. El teatro actual ofrece el servicio de cafetería con tres barras y una capacidad para 1.400 personas.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1924	$S_t=3966 \text{ m}^2$	V/N=7,1	Suelo = Madera suelo escairado / Moqueta algodón Concha = Cortina plegada 13 cm pared Paredes = Yeso y moqueta sobre pared Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo =Yeso duro
Reforma=1997	$S_e=149 \text{ m}^2$	V/S <sub>a</sub> =10,5 m	
Aforo=1450	$S_a=965 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,7 \text{ m}^2$	
V=10160 m <sup>3</sup>	L=10,3 m	DRC=11,2 m	



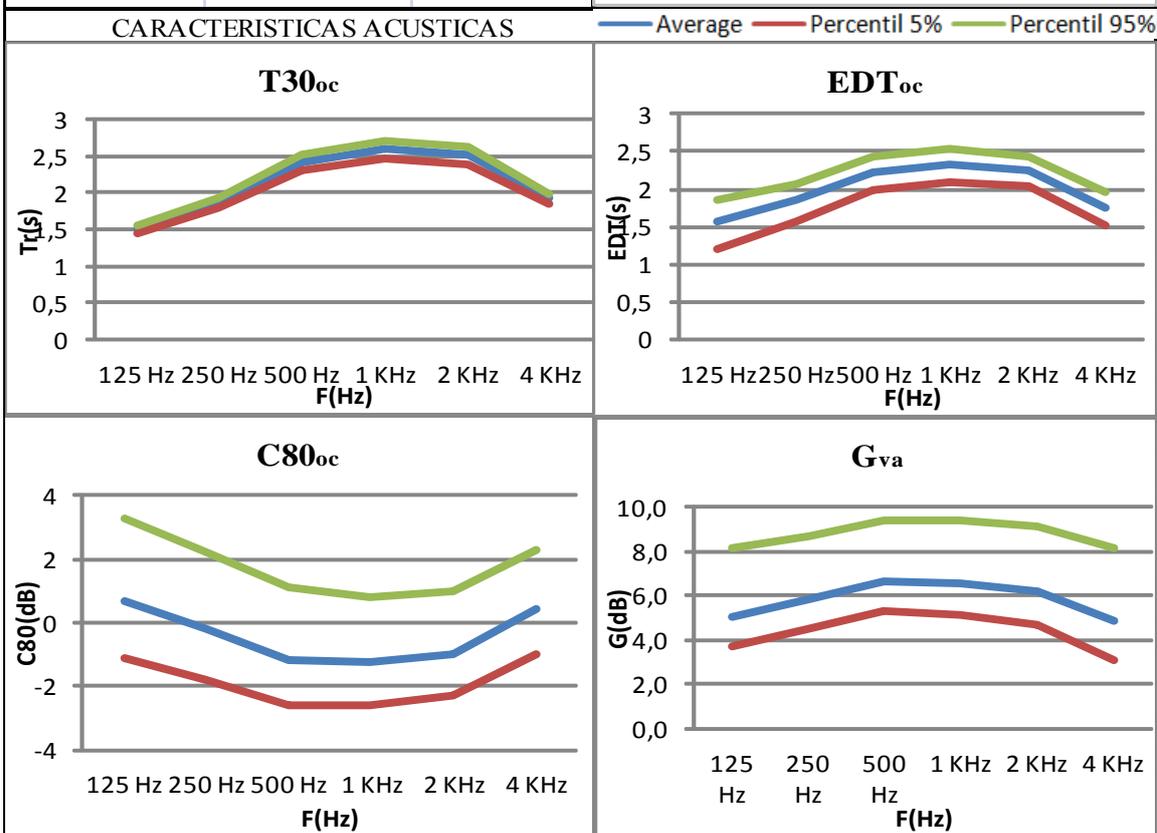


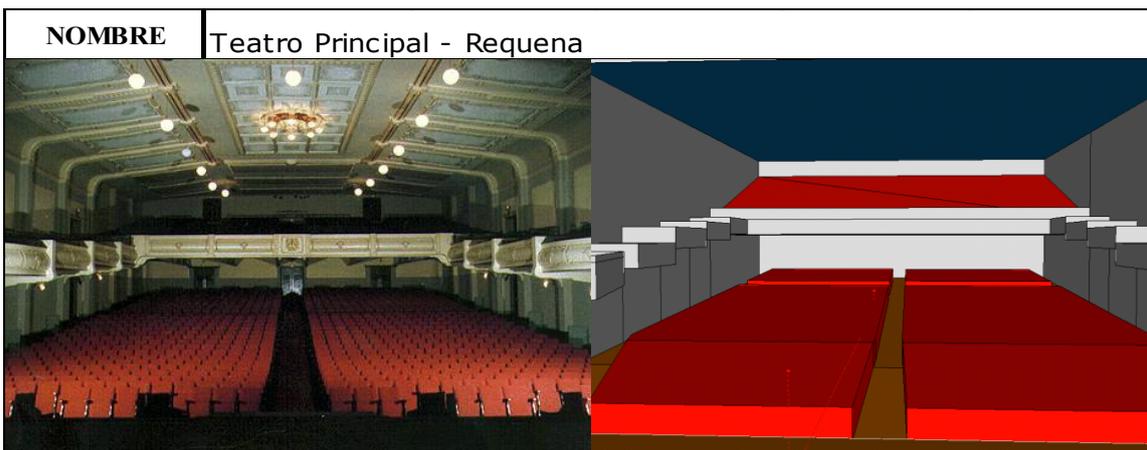
<b>NOMBRE</b>	Centro de las artes escénicas y musicales (CAEM) - Salamanca
---------------	--



El CAEM de Salamanca se inauguró en el año 2002. Preparado para todo tipo de espectáculos, dispone de una caja escénica de 33 x 17 x 27 m., en la que cabría un edificio de nueve plantas. Esta caja escénica puede dar cabida a orquestas de grandes dimensiones, a la que añade un foso de orquesta para noventa músicos.

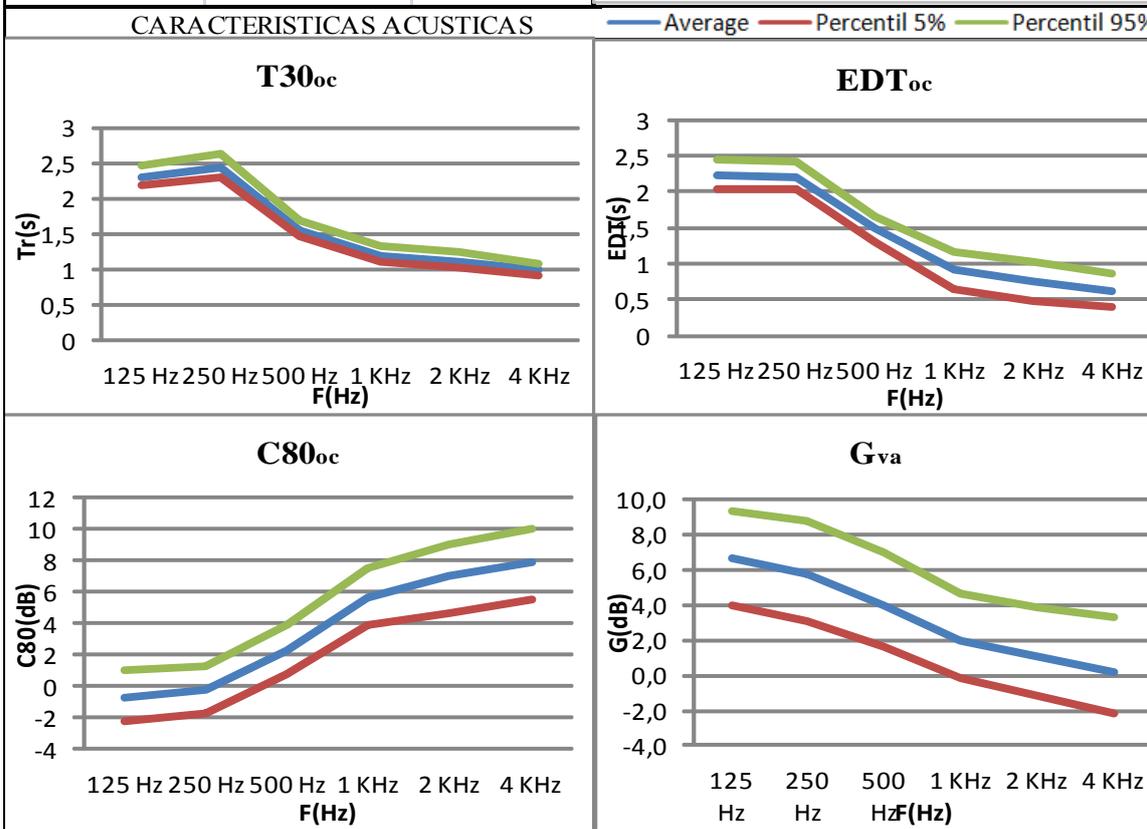
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=2002	$S_t=4264 \text{ m}^2$	$V/N=7,8$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Madera de 1 capa Paredes = Madera contrachapada Audiencia = Butaca poco tapizada Techo = Madera de 1 capa
Reforma=-	$S_e=235 \text{ m}^2$	$V/S_a=13,9 \text{ m}$	
Aforo=1434	$S_a=808 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,6 \text{ m}^2$	
$V=11221 \text{ m}^3$	$L=10,6 \text{ m}$	$DRC=26,9 \text{ m}$	

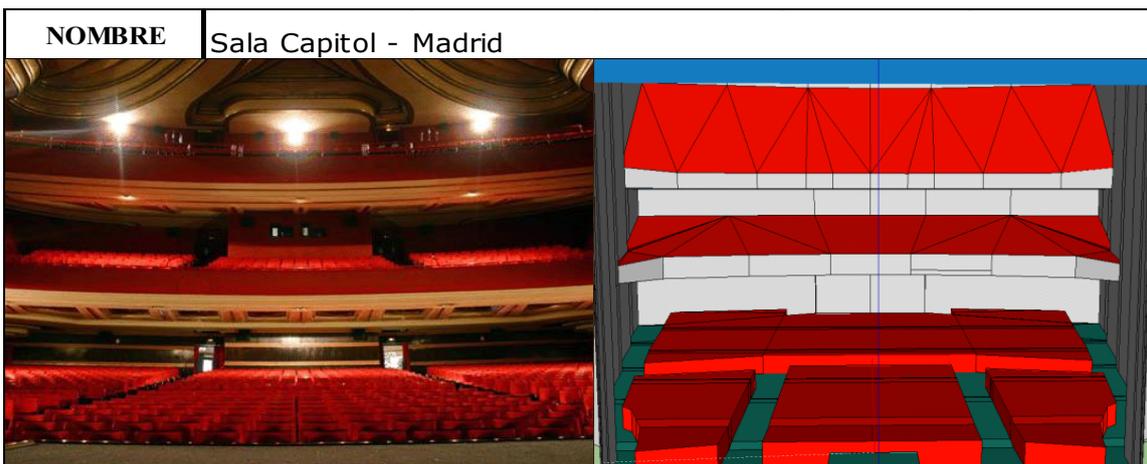




El Teatro Principal de Requena fue construido en 1945 sobre planos del arquitecto valenciano Joaquín Rieta, sobre el antiguo Teatro Circo de 1902, después fue rehabilitado totalmente en 1995 con la dirección de Leopoldo Piles. Tiene un aforo de 1495 personas.

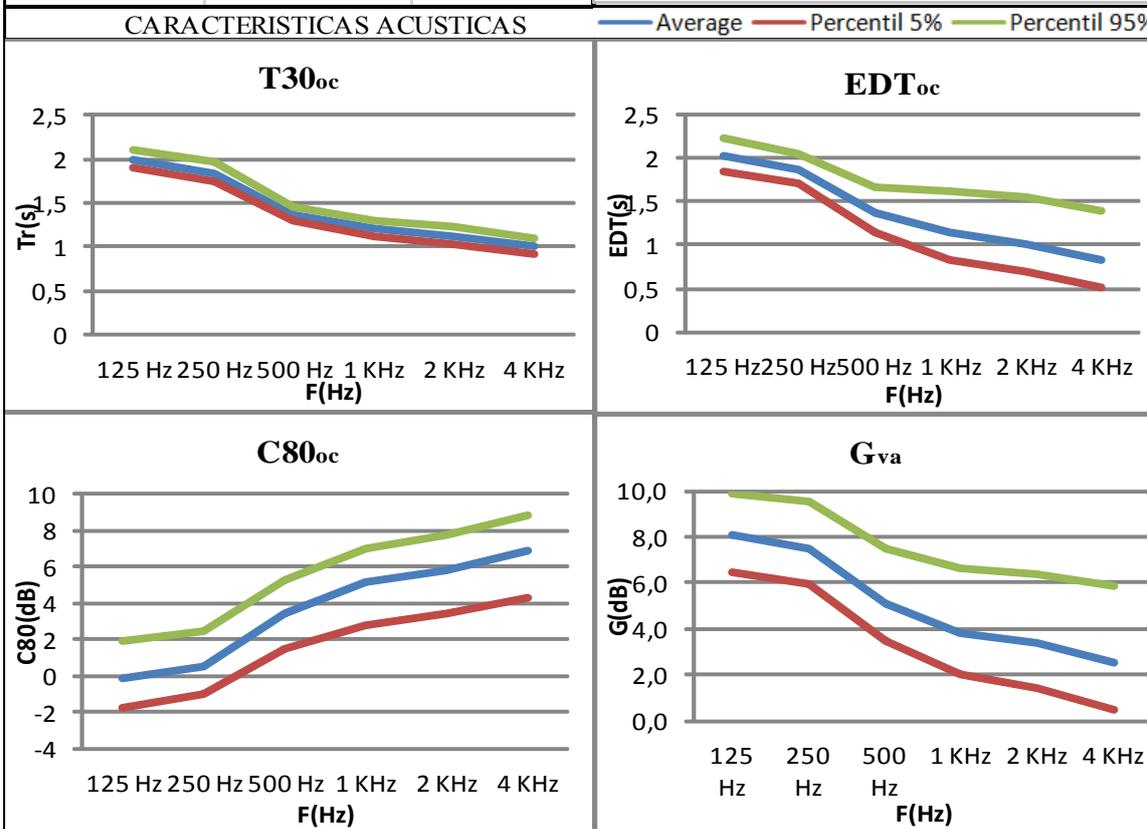
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1945	$S_t=3915 \text{ m}^2$	$V/N=4,8$	Suelo = Madera suelo escenario / Moqueta sobre hormigón Concha = Cortina 5 cm pared Paredes = Yeso duro Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Yeso duro
Reforma=1995	$S_e=170,7 \text{ m}^2$	$V/S_a=6,6 \text{ m}$	
Aforo=1495	$S_a=1028 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,7 \text{ m}^2$	
$V=6826 \text{ m}^3$	$L=7,1$	$DRC=21,4 \text{ m}$	



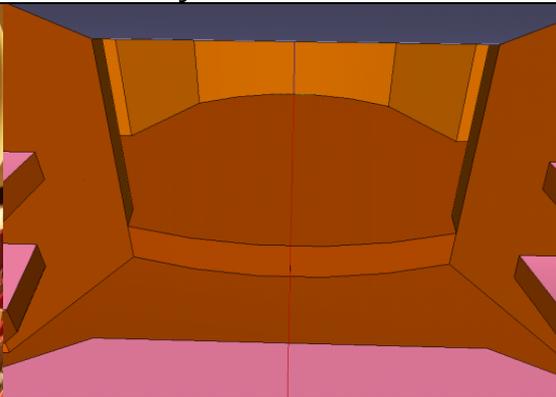
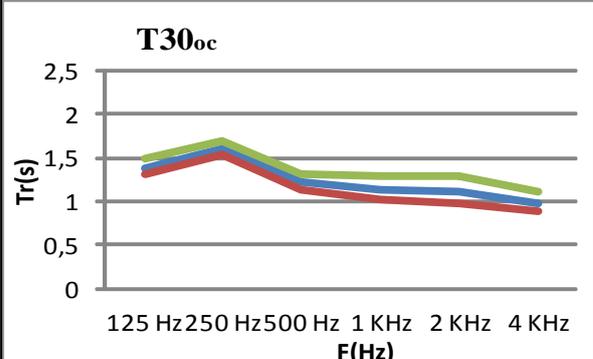
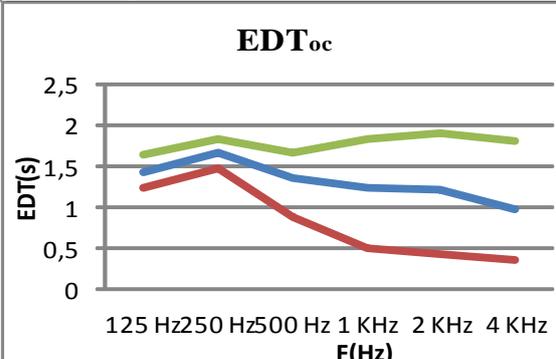
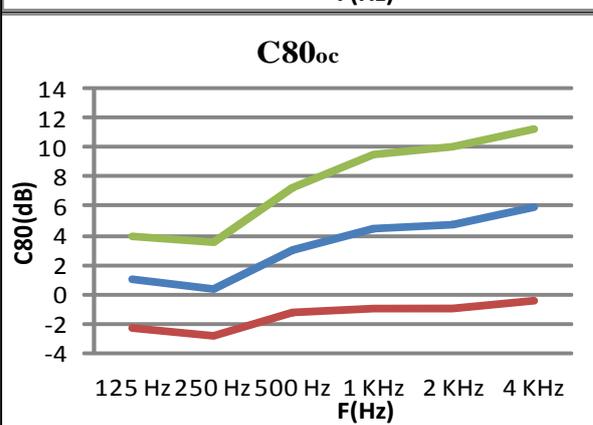
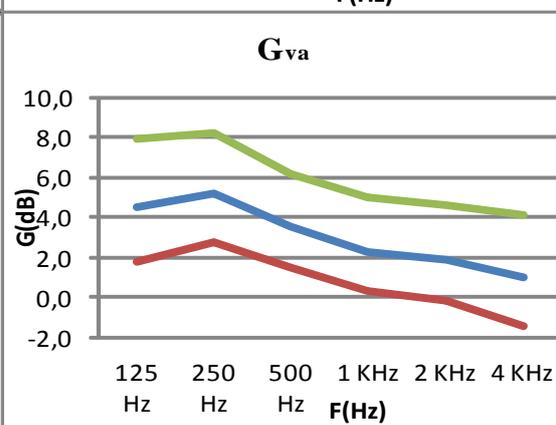


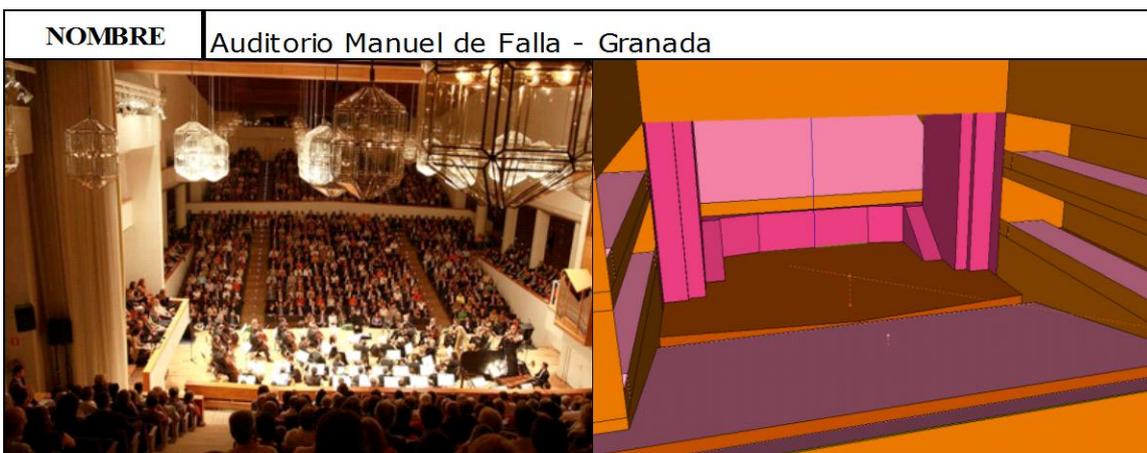
El Edificio Capitol fue diseñado en 1931 por parte de los arquitectos Luis Martínez-Feduchi Ruiz y Vicente Eced Eced basándose en los rascacielos neoyorquinos así como con el expresionismo alemán. En el año 2002 fue reformado por parte del arquitecto Rafael de la Hoz Castanys.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1931	$S_t=3773 \text{ m}^2$	$V/N=7,4$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Cortina ligera 9cm pared Paredes = Madera Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Yeso duro
Reforma=2002	$S_e=67,4 \text{ m}^2$	$V/S_a=10,6 \text{ m}$	
Aforo=1373	$S_a=962 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,7 \text{ m}^2$	
$V=10192 \text{ m}^3$	$L=10,8 \text{ m}$	$DRC=15,2 \text{ m}$	



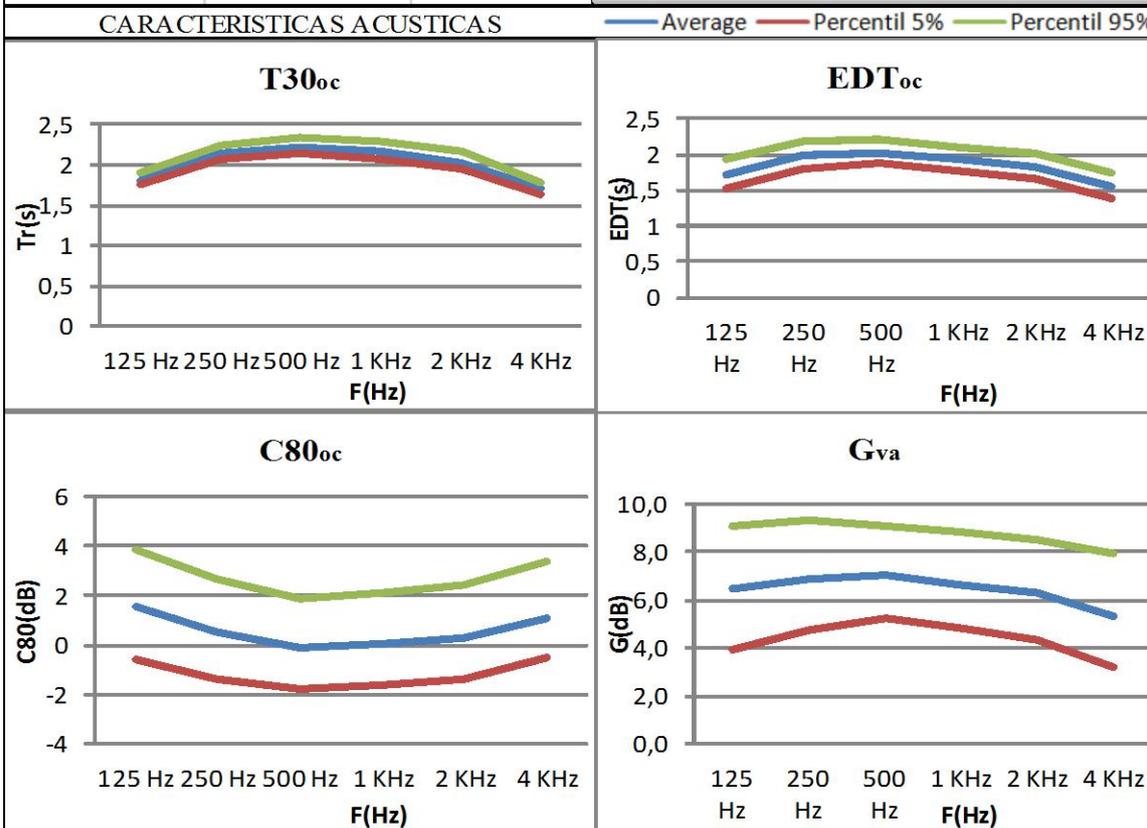


<b>NOMBRE</b>		Teatro del I.E.S Universidad Laboral - Gijón	
			
<p>El teatro presenta una fachada de estilo helenístico y de dimensiones similares a las del Partenón. Fue el primer teatro totalmente climatizado de Europa, para ello contó con un revolucionario sistema subterráneo de distribución de aire. También cabe señalar su foso móvil, que puede ser utilizado para ubicar a una orquesta o aumentar el aforo en 90.</p>			
<b>CARACTERISTICAS TECNICAS</b>		<b>MATERIALES</b>	
Año=1956	$S_t=3923 \text{ m}^2$	$V/N=5,8$	Suelo = Madera suelo escenario / Moqueta Concha = Cortina plegada Paredes =Madera Audiencia = Butaca poco tapizada Techo = Madera
Reforma=-	$S_e=119,4 \text{ m}^2$	$V/S_a=7,7 \text{ m}$	
Aforo=1756	$S_a=999 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,8 \text{ m}^2$	
$V= \text{m}^3$	$L=7,9 \text{ m}$	$DRC=13,1 \text{ m}$	
<b>CARACTERISTICAS ACUSTICAS</b>		Average — Percentil 5% — Percentil 95%	
<p><b>T30<sub>oc</sub></b></p> 		<p><b>EDT<sub>oc</sub></b></p> 	
<p><b>C80<sub>oc</sub></b></p> 		<p><b>G<sub>va</sub></b></p> 	



Fue inaugurado en 1978 con un concierto de la Orquesta Nacional de España. El auditorio, diseñado por el arquitecto José María García de Paredes, está ubicado en las proximidades de los jardines de la Alhambra. El edificio está formado por dos grandes salas, de excelente acústica, situadas a ambos lados del escenario.

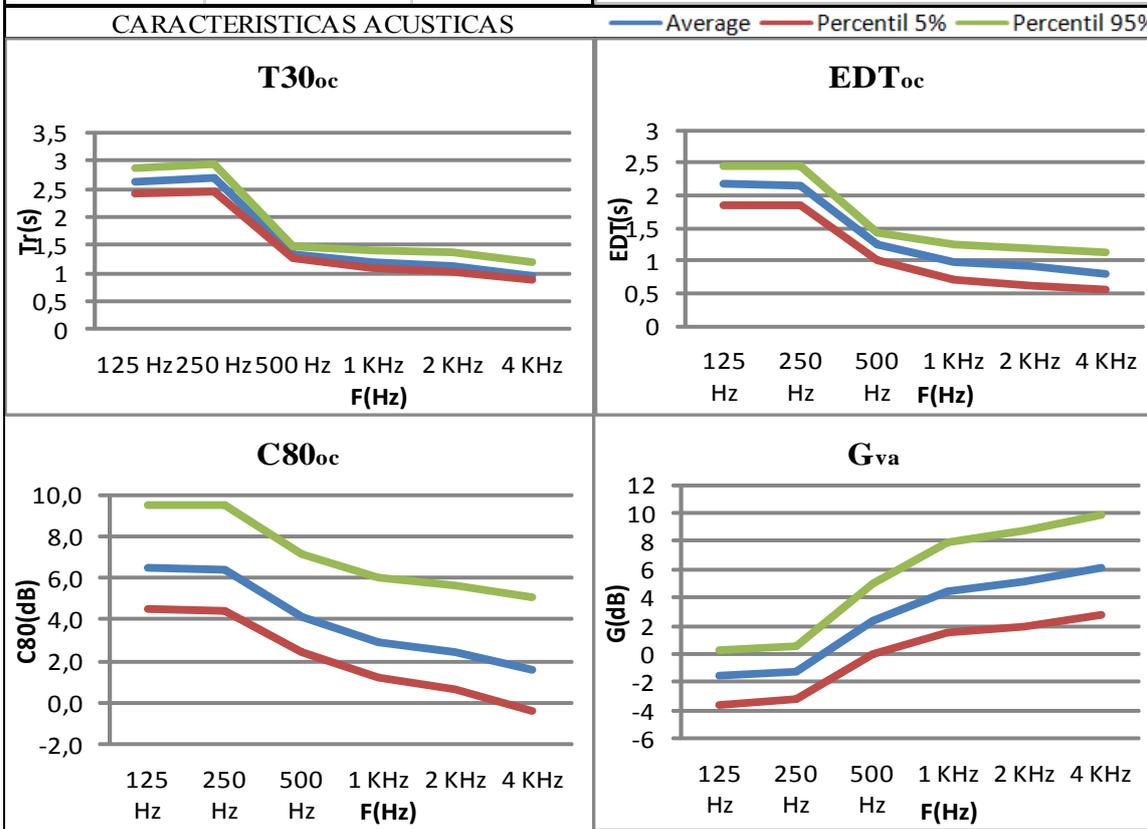
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1978	$S_t=4602,43 \text{ m}^2$	$V/N=8,9$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Madera 1'6 sobre listones Paredes = Madera contrachapada Audiencia = Butaca poco tapizada Techo = Madera 1 capa
Reforma=1987	$S_e=178,2 \text{ m}^2$	$V/S_a=12,6 \text{ m}$	
Aforo=1313	$S_a=932 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,7 \text{ m}^2$	
$V=11730 \text{ m}^3$	$L=10,2 \text{ m}$	$DRC=6,8 \text{ m}$	

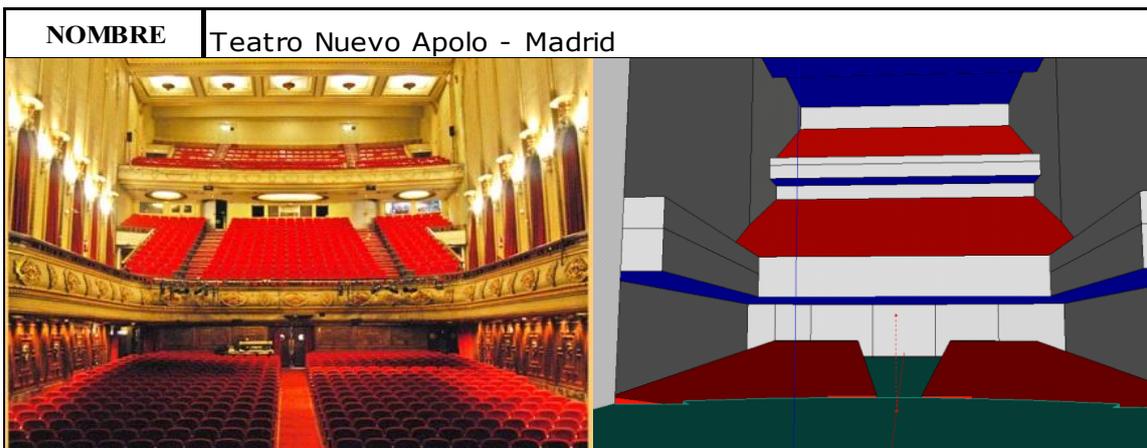




El Teatro Auditorio de Roquetas de Mar fue construido en 2004 con diseños del arquitecto Miguel A. Morales que concibió un espacio funcional y eficiente que pudiera albergar ópera, teatro, danza, conciertos, congresos y exposiciones. Desde entonces ha sido un lugar de cita ineludible con la cultura en Roquetas de Mar.

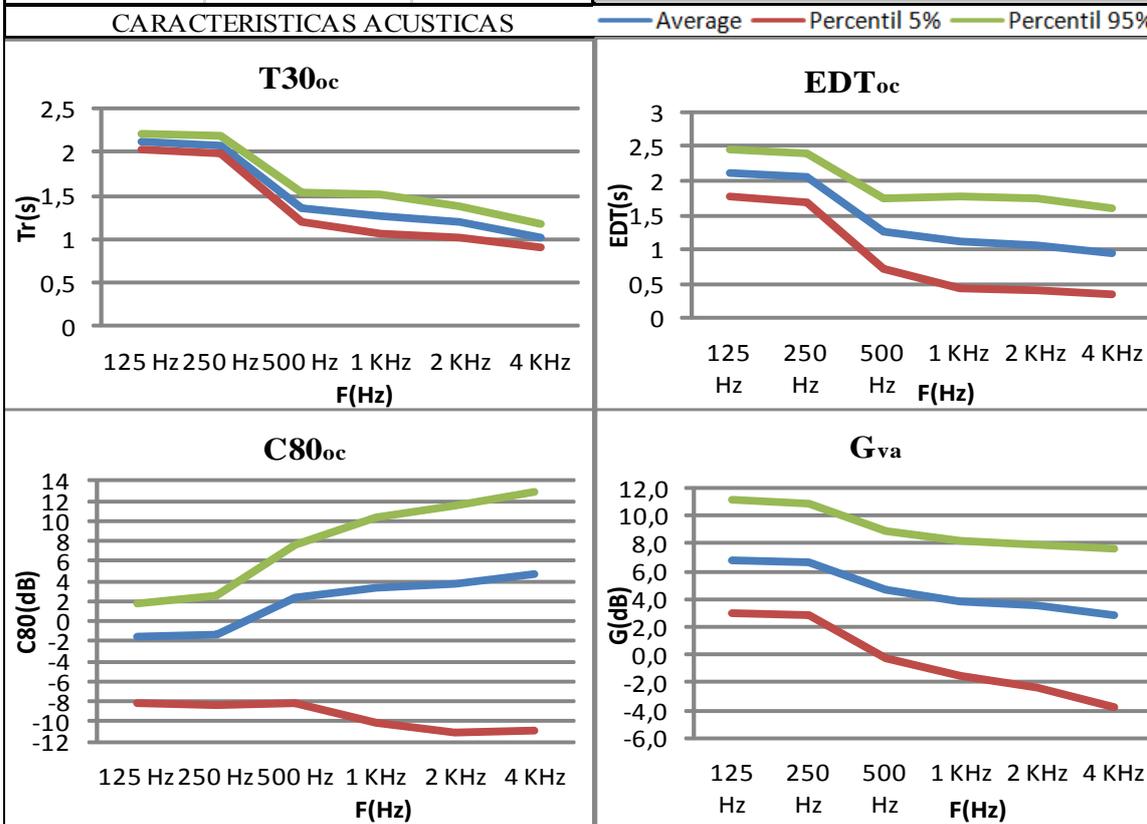
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=2004	$S_t=4046 \text{ m}^2$	$V/N=8,1$	Suelo = Madera suelo escenario y madera Concha = Cortina ligera 9 cm pared Paredes = Madera 1 caoa Audiencia = Butaca poco tapizada Techo = Madera 1 capa
Reforma=-	$S_e=230,7 \text{ m}^2$	$V/S_a= 10,7\text{m}$	
Aforo=1305	$S_a=989 \text{ m}^2$	$S_a/N= 0,8\text{m}^2$	
$V=10620 \text{ m}^3$	$L=10,5 \text{ m}$	$DRC=22,6 \text{ m}$	

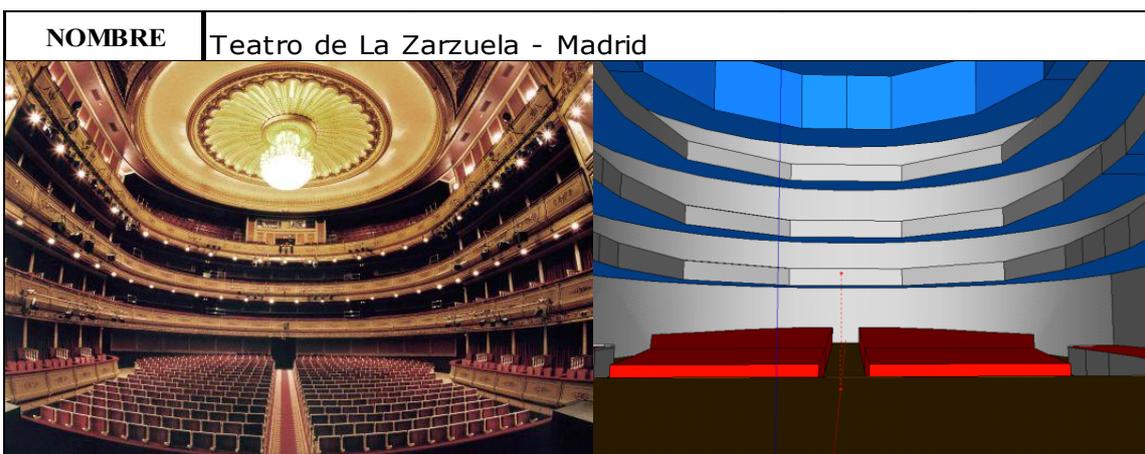




Los empresarios del Teatro Apolo que existía en la calle de Alcalá hasta que se cierra en 1929, deciden construir uno nuevo en la Plaza del Progreso (en la actualidad Plaza de Tirso de Molina). El Teatro Nuevo Apolo cuenta con un aforo de 1250 butacas y esta situado como en pleno centro de la capital a unos escasos 500 m de la Plaza del Sol.

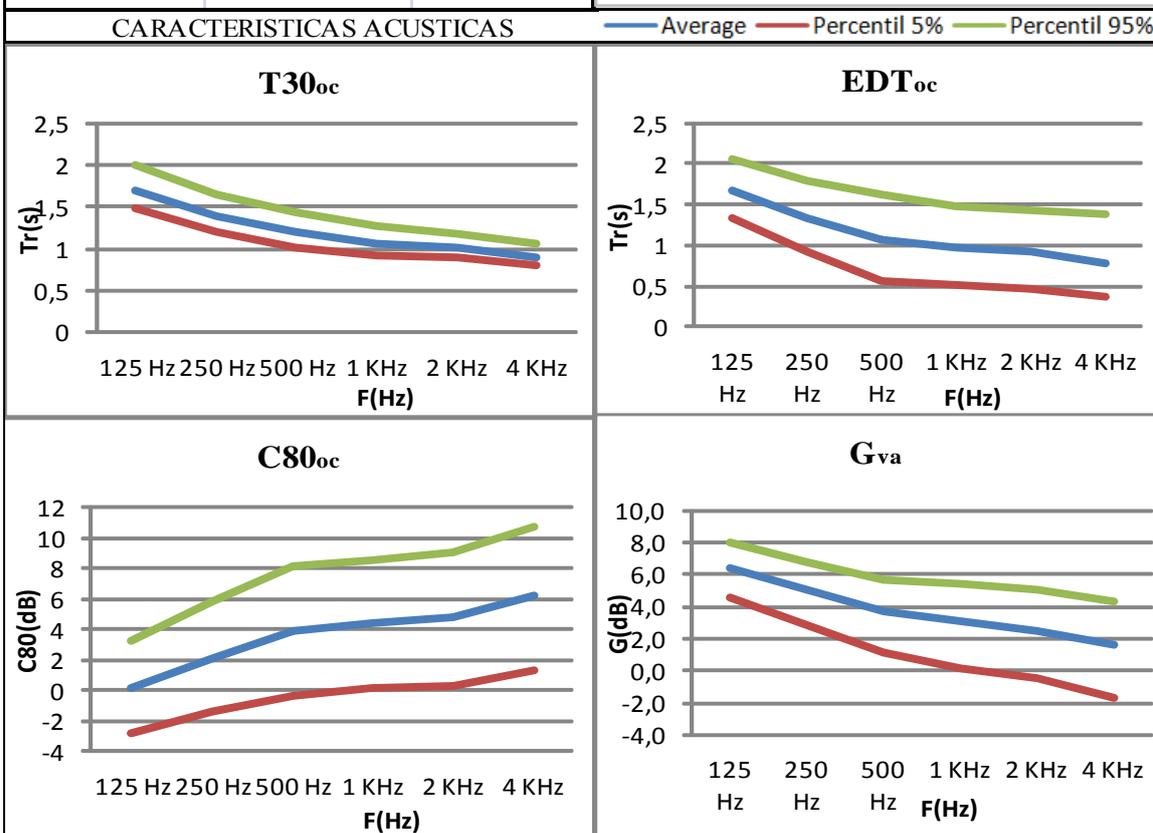
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1932	$S_t=3585 \text{ m}^2$	$V/N=6,4$	Suelo = Madera suelo escenario / moqueta Concha = Cortina colgada 9cm pared Paredes = Madera 1 capa Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Yeso duro
Reforma=1988	$S_e=112,1 \text{ m}^2$	$V/S_a=10,7 \text{ m}$	
Aforo=1275	$S_a=764 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,6 \text{ m}^2$	
$V=8203 \text{ m}^3$	$L=9,2 \text{ m}$	$DRC=22,4 \text{ m}$	

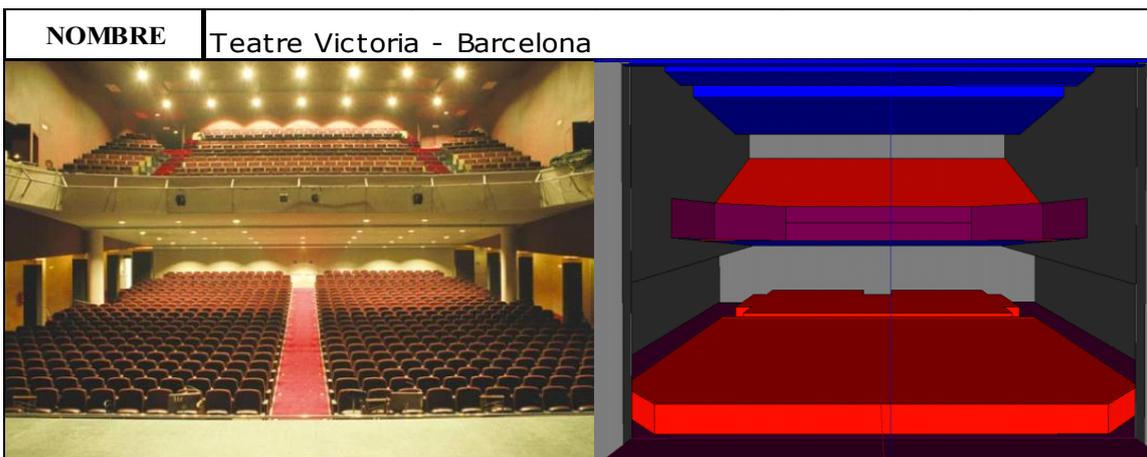




Fue inaugurado el 10 de octubre de 1856 gracias a la iniciativa de la Sociedad Lírico Española, de tener un espacio para las interpretaciones de zarzuelas. El 9 de noviembre de 1909 el edificio fue destruido por un gran incendio. Reconstruido usando mayoritariamente metal, en 1914 el maestro Luna levantó el telón al reinaugararlo con su orquesta.

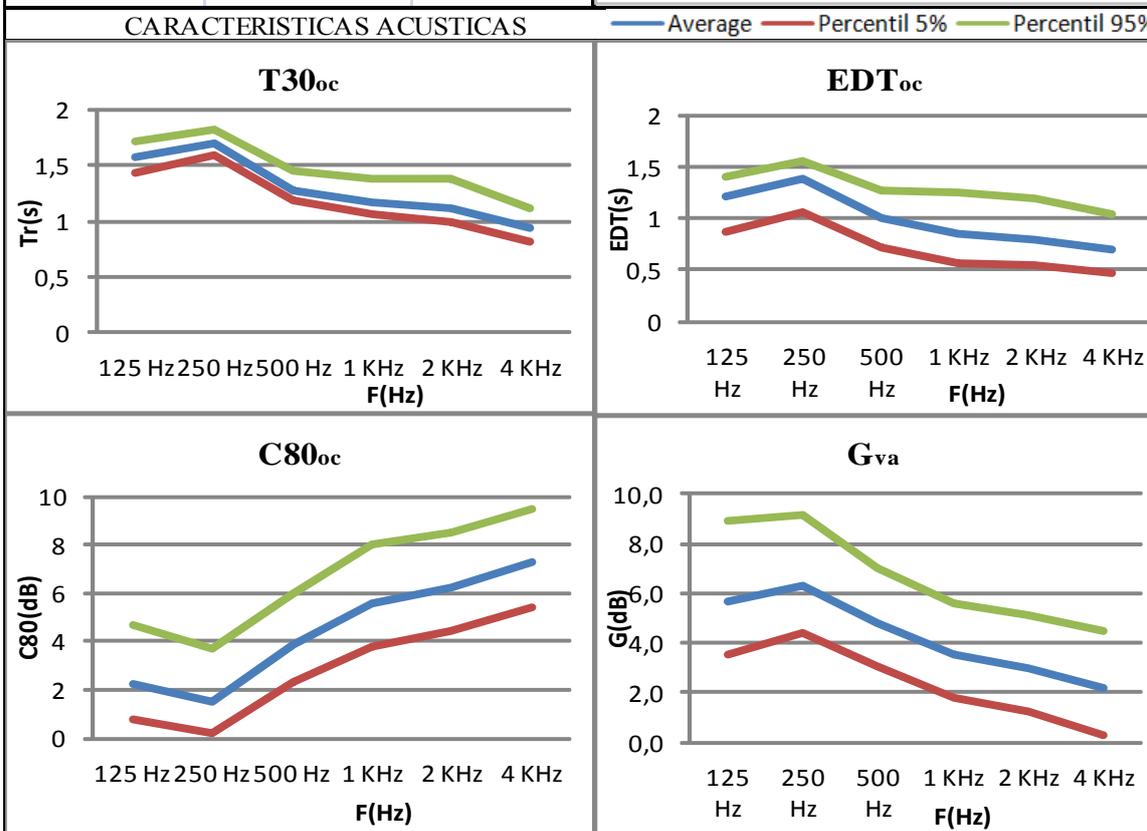
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1856	$S_t=3051 \text{ m}^2$	$V/N=4,5$	Suelo = Suelo y moqueta sobre hormigón Concha = Cortina plegada 13 cm pared Paredes = Yeso duro y cortina ligera Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Yeso duro
Reforma=1998	$S_e=114,7 \text{ m}^2$	$V/S_a=8,1 \text{ m}$	
Aforo=1242	$S_a=697 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,6 \text{ m}^2$	
$V= \text{m}^3$	$L=7,4 \text{ m}$	$DRC=21,9 \text{ m}$	





Fue fundado en el año 1905 por los hermanos Manuel Soriano y Ricardo Soriano. Situado en la popular Avenida del Paralelo, el teatro Victoria es uno de los teatros más activos de Barcelona. Esto ha sido posible gracias a una cuidada programación, a la moderna infraestructura del teatro y al trabajo de un equipo formado por profesionales del sector.

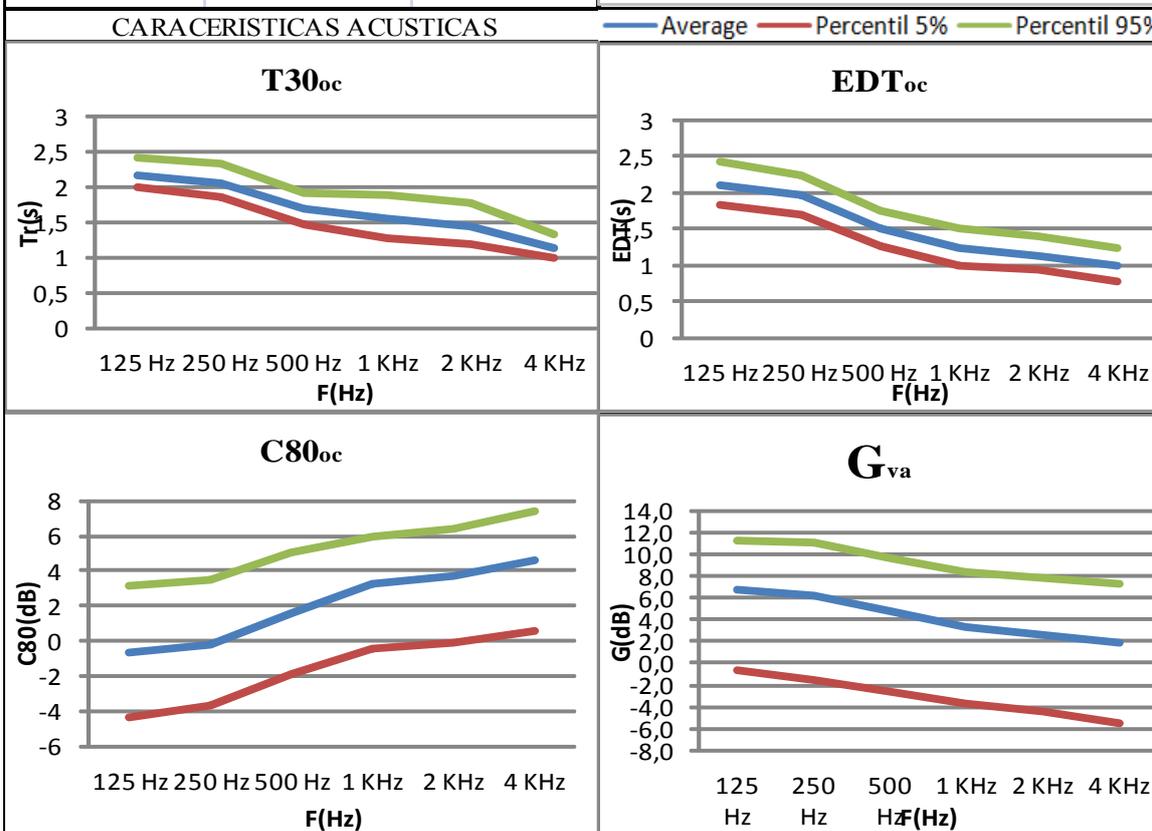
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1905	$S_t=3010 \text{ m}^2$	$V/N=4,4$	Suelo = Madera suelo escenario / moqueta sobre hormigón Concha = Cortina plegada 13 cm pared Paredes = Yeso y cortina ligera Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Madera 1 capa
Reforma=1992	$S_e=60,6 \text{ m}^2$	$V/S_a=7,8 \text{ m}$	
Aforo=1224	$S_a=699 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,6 \text{ m}^2$	
$V=5437 \text{ m}^3$	$L=7,2 \text{ m}$	$DRC=21,0 \text{ m}$	

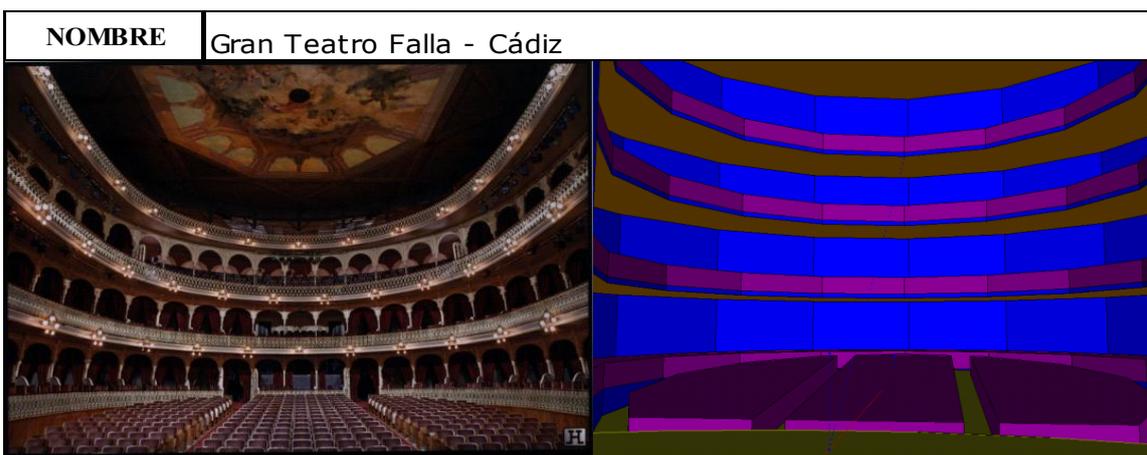




El cine teatro Filarmónica vive un poco a la sombra del Teatro Campoamor pero aún así es todo un referente en la ciudad puesto que en su interior se llevan a cabo muchas exhibiciones, obras de teatro, concursos, temporadas de cine, conciertos etc.

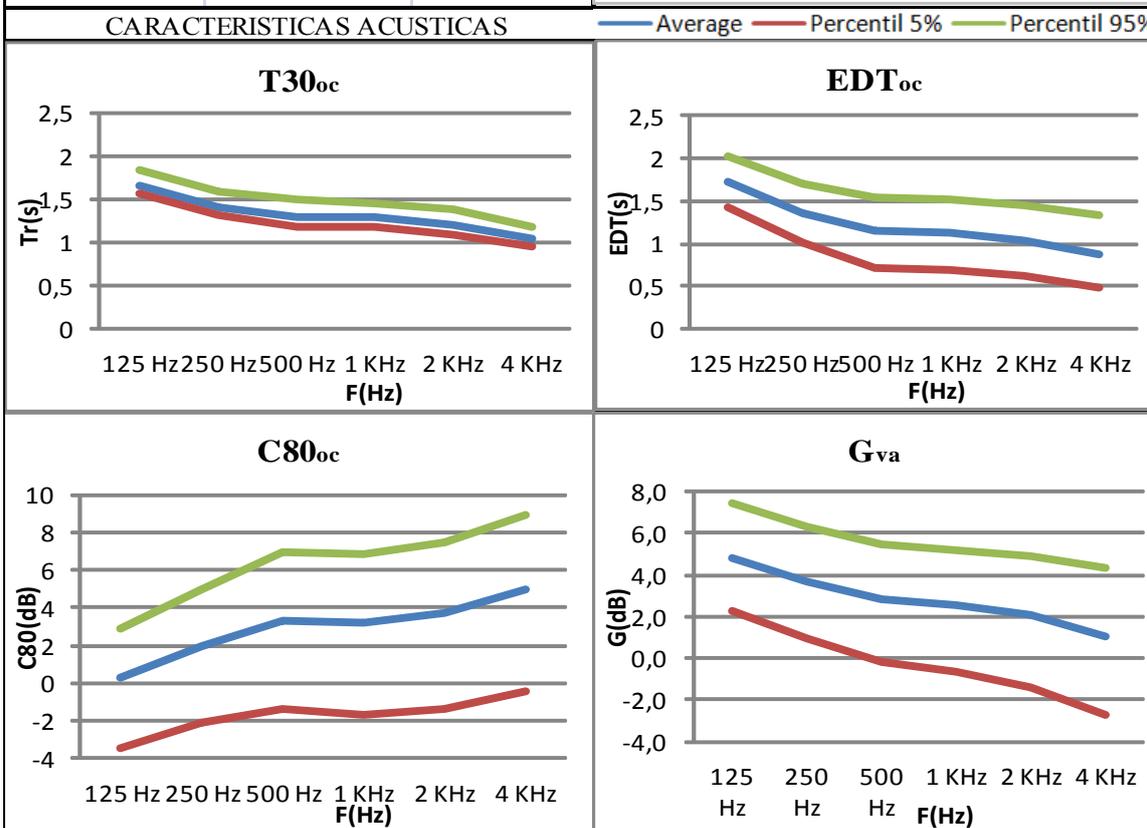
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1944	$S_t=3464 \text{ m}^2$	$V/N=5,1$	Suelo = Madera suelo escenario Concha =Cortina ligera 5 cm pared Paredes = Madera 1 capa y yeso Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Yeso duro
Reforma=-	$S_c=91,3 \text{ m}^2$	$V/S_a=7,2 \text{ m}$	
Aforo=1221	$S_a=869 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,7 \text{ m}^2$	
$V=6215 \text{ m}^3$	$L=7,8 \text{ m}$	$DRC=11,1 \text{ m}$	

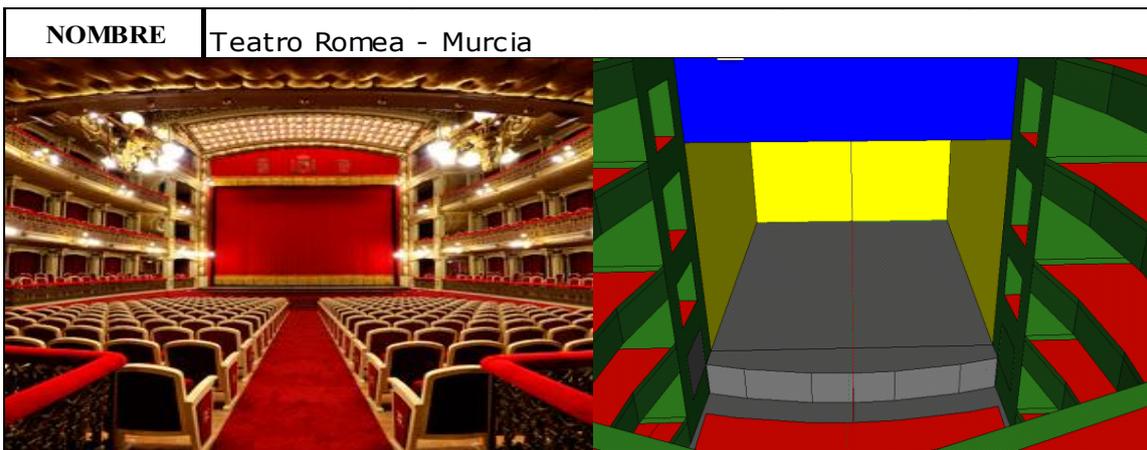




El 12 de enero de 1910 se inauguró con una sinfonía de Barbieri. Hasta 1926 se llamaría Gran Teatro, año que pasó a llamarse Gran Teatro Falla en honor al hijo predilecto de la ciudad Manuel de Falla. De estilo neomudéjar, construido en ladrillo rojo, y presenta tres puertas de arco de herradura en su fachada, con dovelas alternas en rojo y blanco.

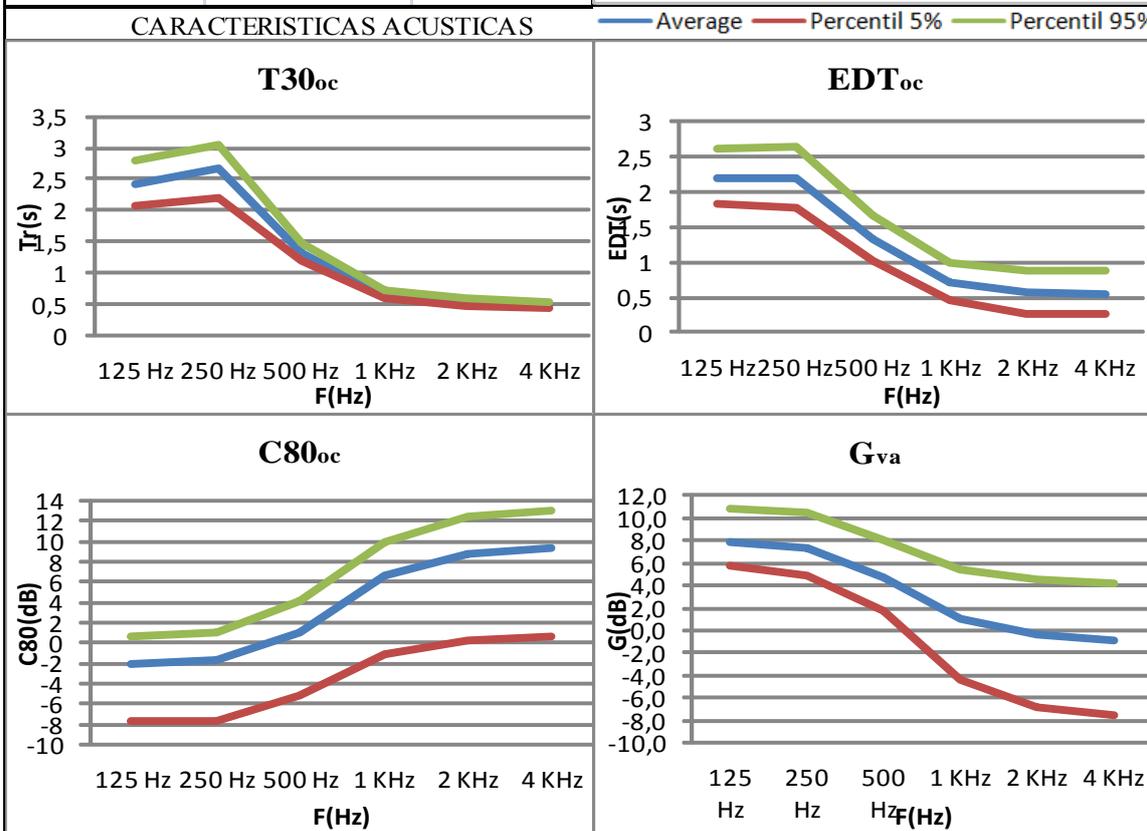
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1910	$S_i=4897 \text{ m}^2$	$V/N=8,2$	Suelo = Madera suelo escenario / moqueta sobre hormigón Concha = Cortina plegada 13 cm pared Paredes = Yeso duro Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Yeso duro
Reforma=1990	$S_e=242,2 \text{ m}^2$	$V/S_a=10,1 \text{ m}$	
Aforo=1214	$S_a=986 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,8 \text{ m}^2$	
$V=9990 \text{ m}^3$	$L=8,2 \text{ m}$	$DRC=15,6 \text{ m}$	

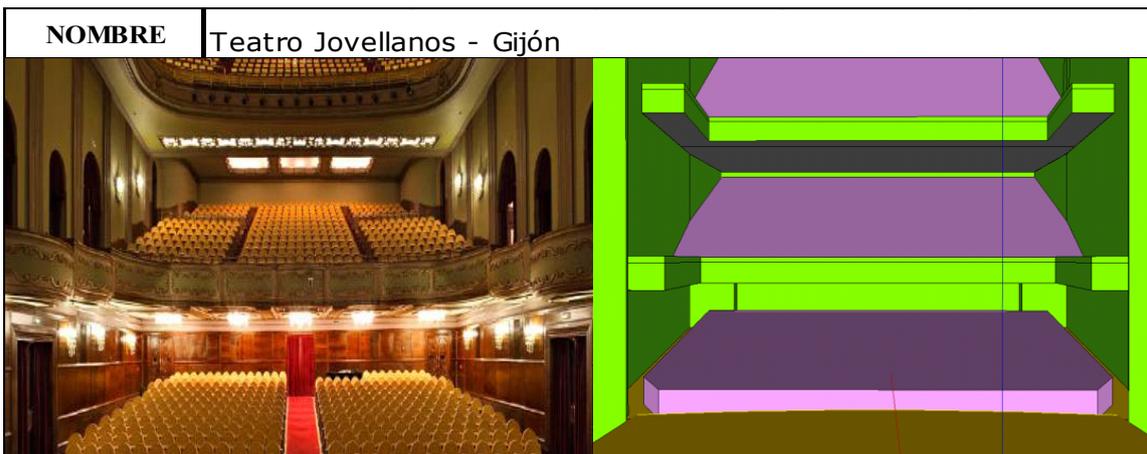




Fue inaugurado por la Reina Isabel II el 25 de octubre de 1862, con la representación de la obra de Ventura de la Vega El hombre del mundo. En 1986, con un contrato de alquiler, entró a programar el Teatro Victoria el "Tres per Tres", sociedad formada por Tricicle, Dagoll Dagom y Anexa. Finalmente en el año 2001 esta sociedad compró el teatro.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1862	$S_t=3077 \text{ m}^2$	$V/N=3,9$	Suelo =Madera suelo escenario / Moqueta Concha = Cortina ligera 5cm pared Paredes = Cortina ligera pared y yeso Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Yeso duro
Reforma=2012	$S_e=139,2 \text{ m}^2$	$V/S_a=6,0 \text{ m}$	
Aforo=1204	$S_a=784 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,7 \text{ m}^2$	
$V=4688 \text{ m}^3$	$L=6,2 \text{ m}$	$DRC=12,6 \text{ m}$	

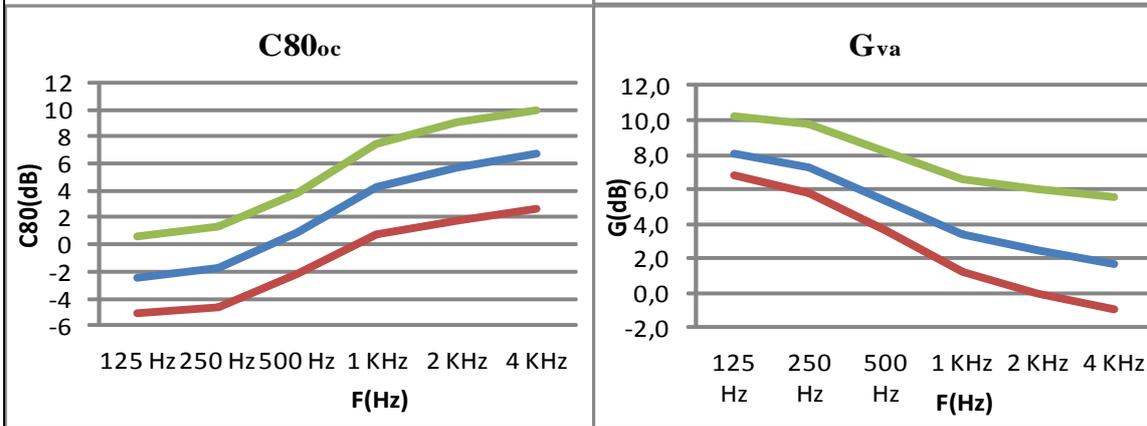
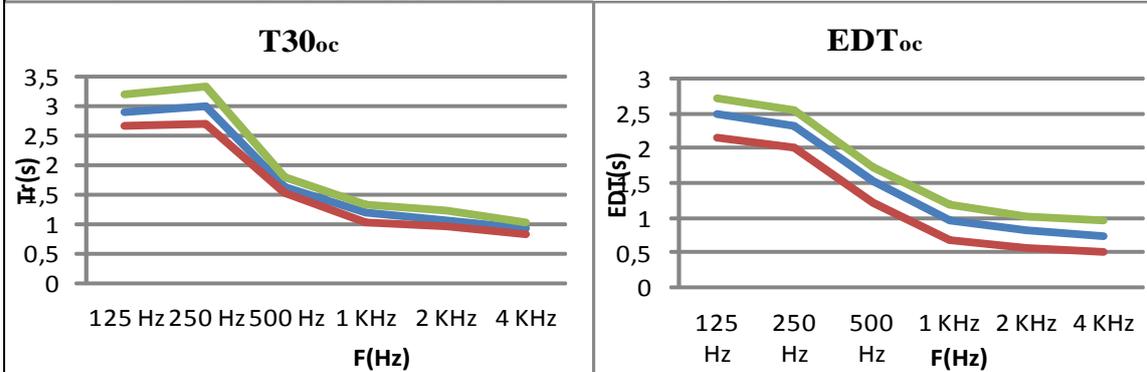


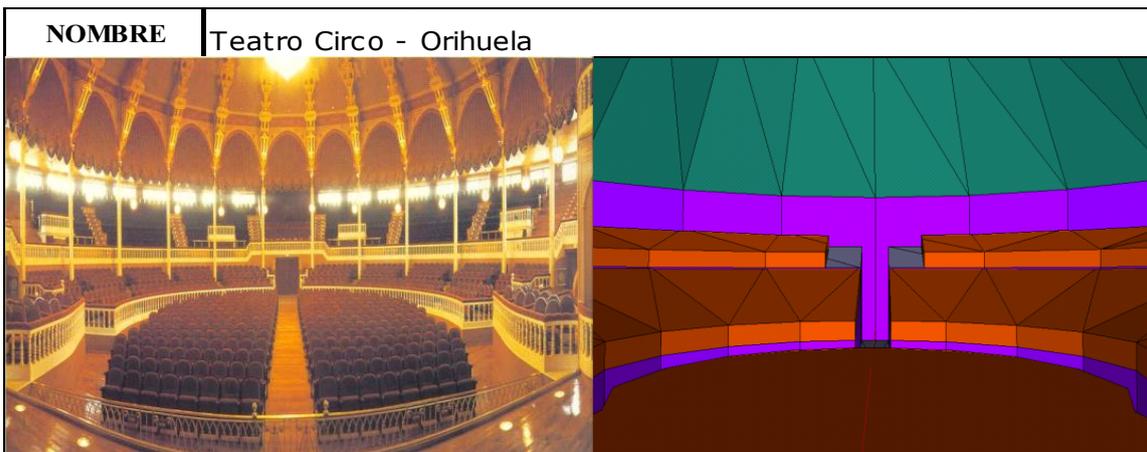


El Jovellanos actual, fue inaugurado en el mes de julio de 1899, siendo entonces el Teatro Dindurra. El teatro es reconstruido en 1942 y es rebautizado entonces como el Teatro Jovellanos. Tras varias décadas en funcionamiento, fue rehabilitado en 1995 y en 2010 sufrió una nueva restauración con cambios en el patio de butacas y en la caja escénica.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1899	$S_t=3423 \text{ m}^2$	$V/N=5,9$	Suelo = Moqueta sobre hormigon Concha = Cortina 5cm pared Paredes = Yeso dura y madera 1 capa Audiencia = Butaca altamene tapizada Techo = Yeso duro
Reforma=1995	$S_e=145,9 \text{ m}^2$	$V/S_a=8,7 \text{ m}$	
Aforo=1202	$S_a=808 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,7 \text{ m}^2$	
$V=7042 \text{ m}^3$	$L=8,2 \text{ m}$	$DRC=14,1 \text{ m}$	

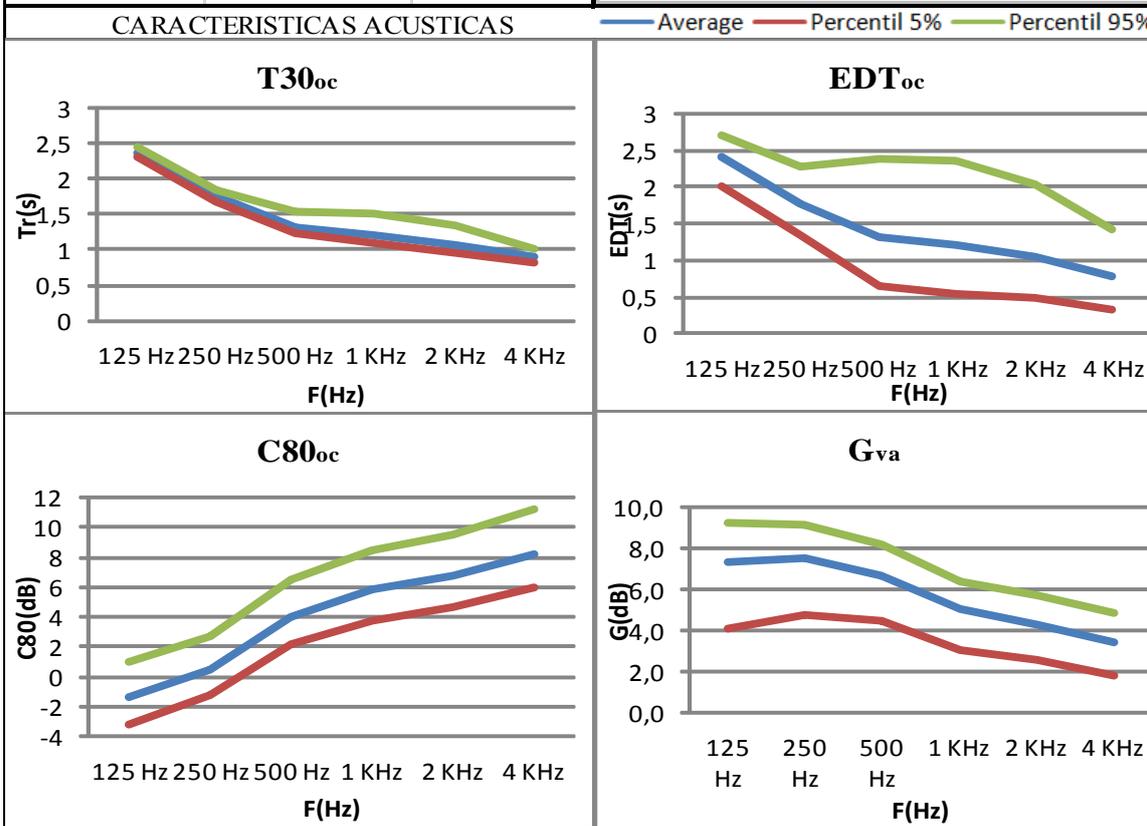
CARACTERISTICAS ACUSTICAS Average — Percentil 5% — Percentil 95%





El Teatro Circo se instaló el 22 de Mayo de 1892 en Alicante, en el lugar que hoy ocupa el Mercado Central, este Teatro Circo Alicantino permaneció con actividad hasta 1906. Al año siguiente en 1907 se desmanteló y fue trasladado a Orihuela. Dejó de utilizarse durante un largo periodo de años y fue renovado, quedando definitivamente restaurado en 1995.

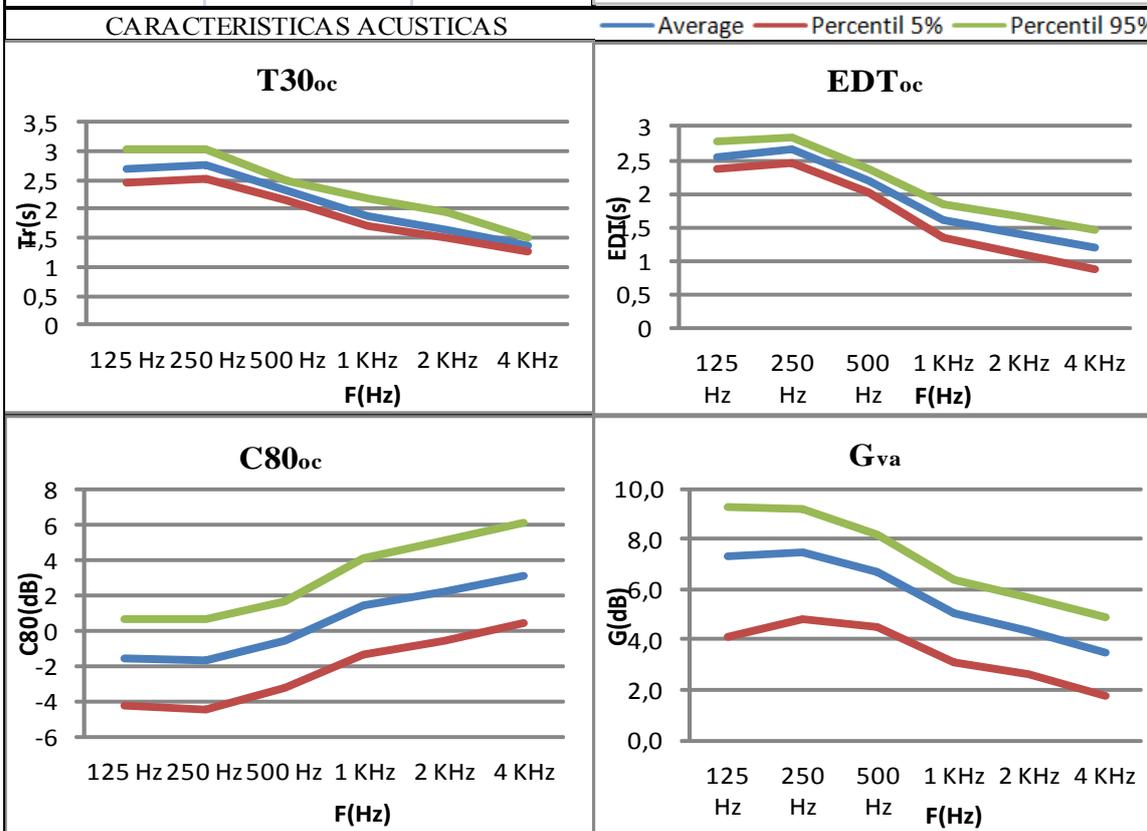
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1908	$S_t=3069 \text{ m}^2$	$V/N=7,7$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Cortina ligera 9cm pared Paredes = Yeso duro Audiencia = Butaca poco tapizada Techo = Yeso duro
Reforma=1196	$S_e=115,2 \text{ m}^2$	$V/S_a=10,2 \text{ m}$	
Aforo=1200	$S_a=909 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,8 \text{ m}^2$	
$V=9291 \text{ m}^3$	$L=12,1 \text{ m}$	$DRC=11,1 \text{ m}$	





Elaborado por el arquitecto Teodoro Anasagasti, la construcción empieza el 10 de enero de 1927, colocando Primo de Rivera la primera piedra. En 1994 se empiezan las obras de reformas del actual teatro. Entre las modificaciones importantes están la reducción de las butacas a 1200 y la eliminación de algunas columnas presentes en medio del patio de butacas. La sala tiene un aforo total de 1226 localidades

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1928	$S_t=2970 \text{ m}^2$	$V/N=6,3$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Cortina ligera 5 cm pared Paredes = Panel de madera y yeso Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Yeso duro
Reforma=1996	$S_e=102,8 \text{ m}^2$	$V/S_a=12,4 \text{ m}$	
Aforo=1200	$S_a=606 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,5 \text{ m}^2$	
$V=7522 \text{ m}^3$	$L=10,3 \text{ m}$	$DRC=13,7 \text{ m}$	

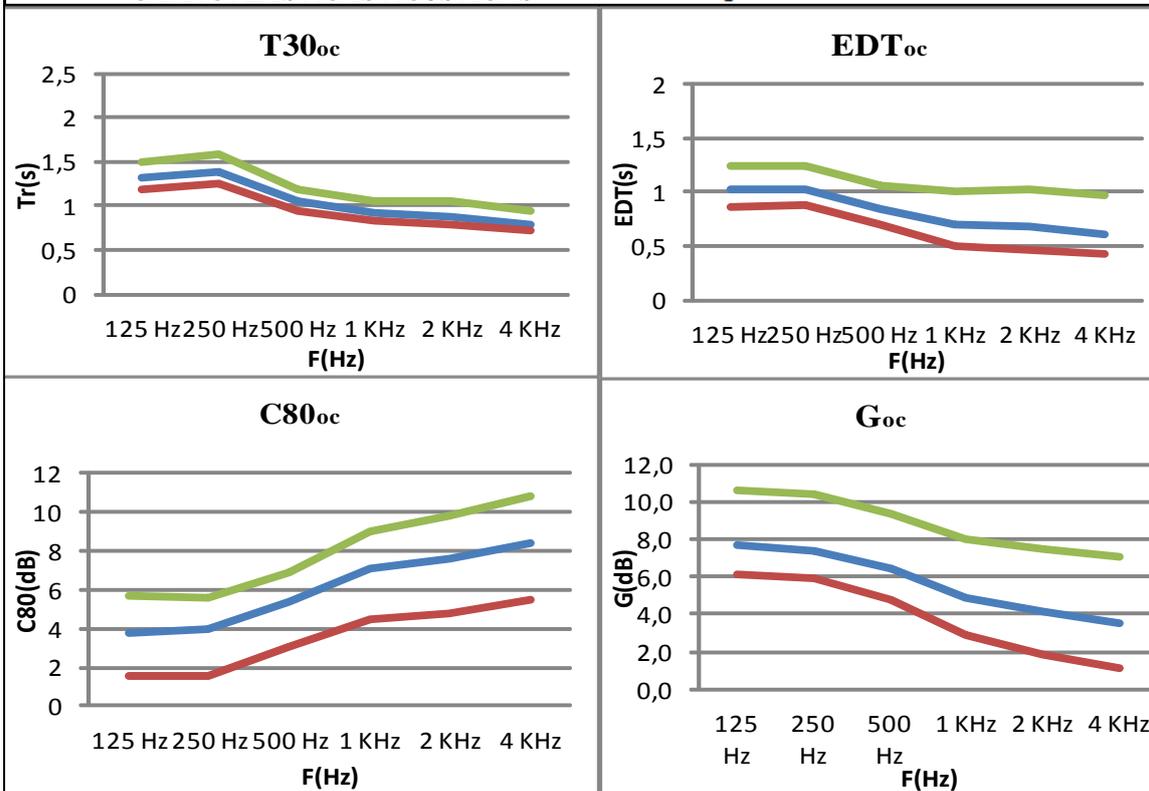




La inauguración fue el 9 de junio de 1925 con la actuación de la Compañía de Ópera del Teatro Real de Madrid. En 2003 cerró sus puertas para someterse a una remodelación que comenzó en 2005. El teatro se ha modernizado en su totalidad para acoger cualquier tipo de espectáculo, pero sin renunciar al aspecto original de su fachada y del patio de butacas.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1911	$S_t=2805 \text{ m}^2$	$V/N=3,4$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Cortina ligera 5 cm pared Paredes = Yeso pladur Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Yeso duro
Reforma=2008	$S_e=45,4 \text{ m}^2$	$V/S_a=4,8 \text{ m}$	
Aforo=1159	$S_a=835 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,7 \text{ m}^2$	
$V=3995 \text{ m}^3$	$L=5,7 \text{ m}$	$DRC=11,6 \text{ m}$	

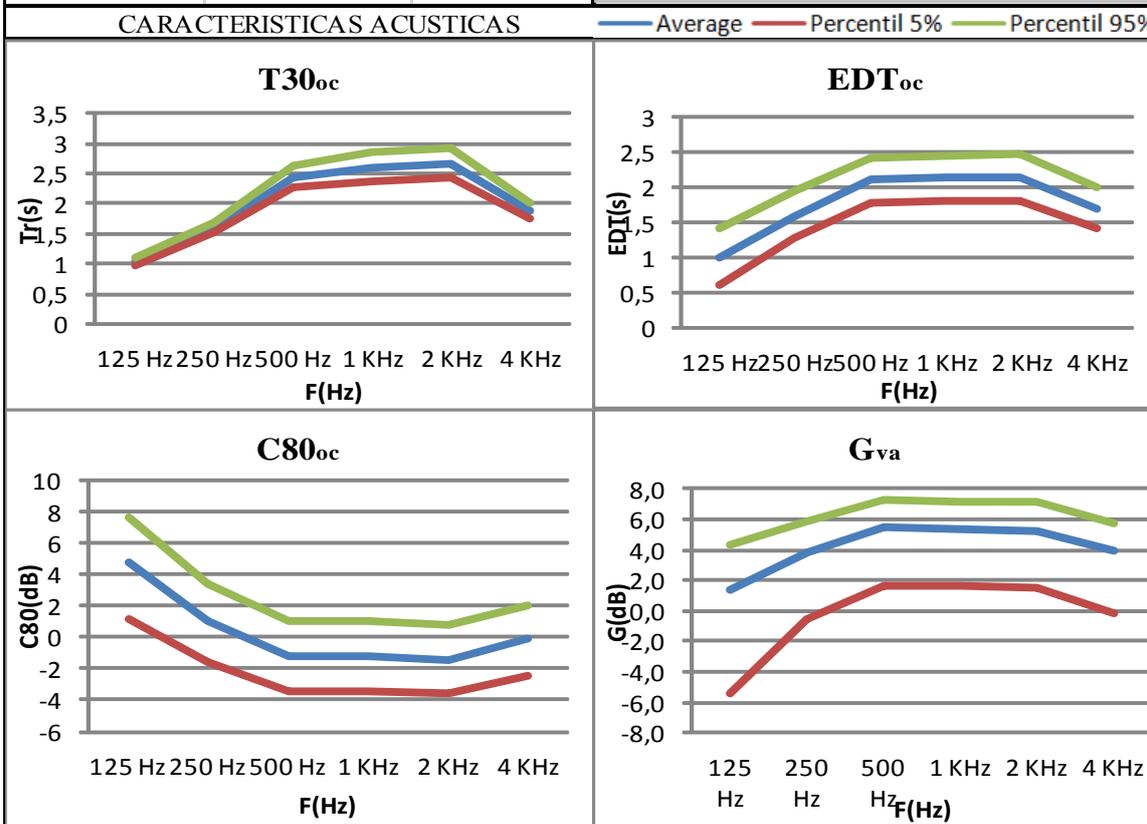
**CARACTERISTICAS ACUSTICAS**

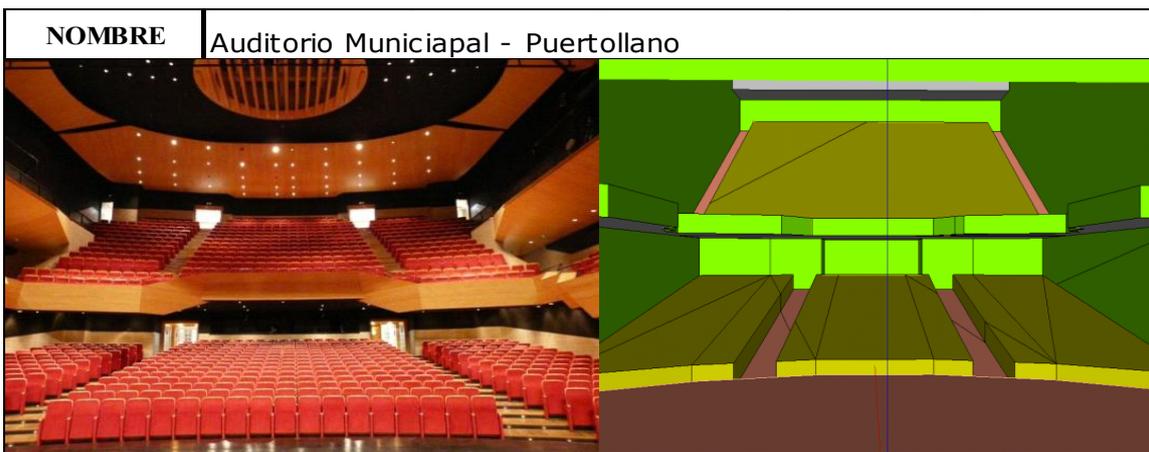




El Auditorio Ciudad de León fue diseñado Mansilla y Tuñón Arquitectos e inaugurado el 3 de mayo de 2002. El Auditorio cuenta con una sala principal, con un aforo variable entre 600 y 1200 espectadores, y dos salas para exposiciones polivalentes, que permiten albergar actuaciones artísticas, congresos y exposiciones.

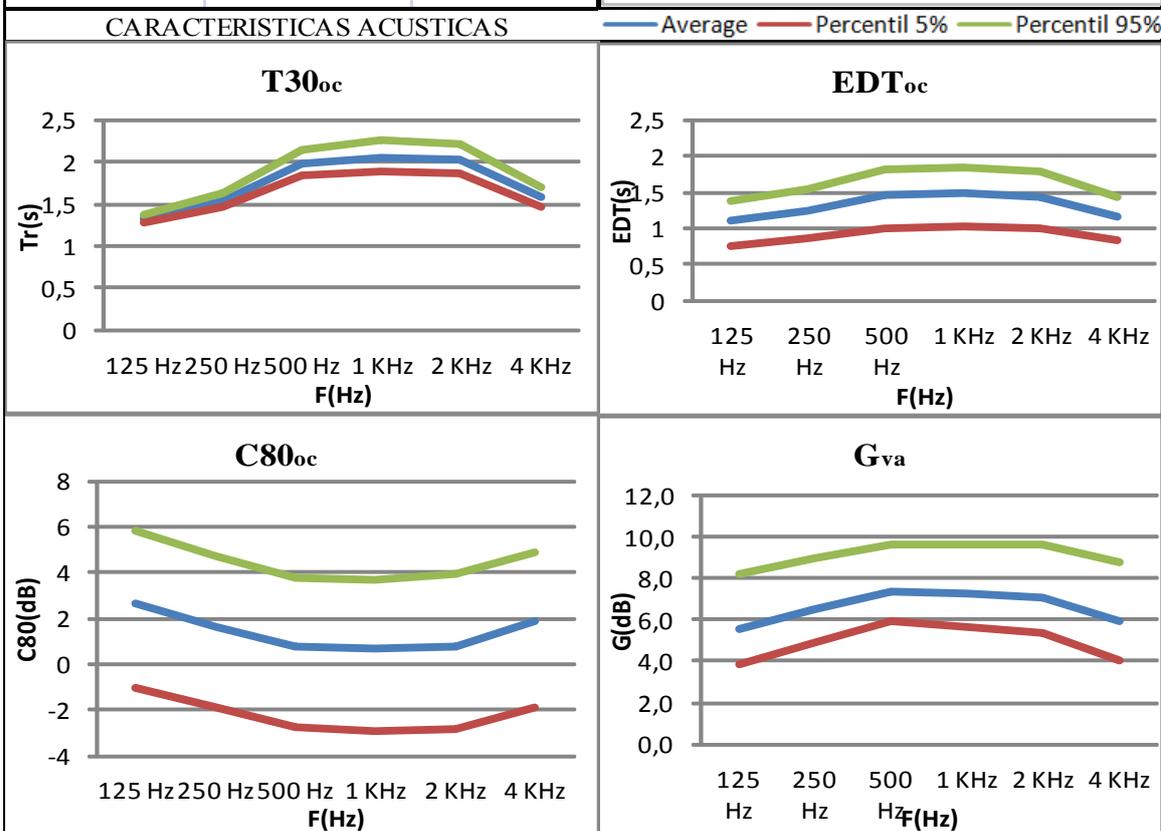
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=2002	$S_i=4595 \text{ m}^2$	$V/N=10,3$	Suelo = Madera 1 capa Concha = Madera 1 capa y cortina ligera Paredes = Madera 1 capa Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Panel de madera
Reforma=-	$S_e=198,2 \text{ m}^2$	$V/S_a=12,6 \text{ m}$	
Aforo=1150	$S_a=946 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,8 \text{ m}^2$	
$V= 11901 \text{ m}^3$	$L=10,4 \text{ m}$	$DRC=17,7 \text{ m}$	





El Auditorio Municipal de Puertollano fue construido en el año 1995. La Sala Principal del Auditorio “ Pedro Almodóvar ” de Puertollano dispone un gran lucernario central con persianas motorizadas, que además de dotar de gran luz natural a la sala, permite la renovación del aire viciado y la extracción de humos.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1995	$S_t=3528 \text{ m}^2$	$V/N=8,2$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Madera 1 capa Paredes = Madera contrachapada Audiencia = Butaca poco tapizada Techo = Madera 1 capa
Reforma=	$S_e=174,5 \text{ m}^2$	$V/S_a=11,4 \text{ m}$	
Aforo=1118	$S_a=801 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,7 \text{ m}^2$	
$V= \text{m}^3$	$L=10,4 \text{ m}$	$DRC=12,0 \text{ m}$	





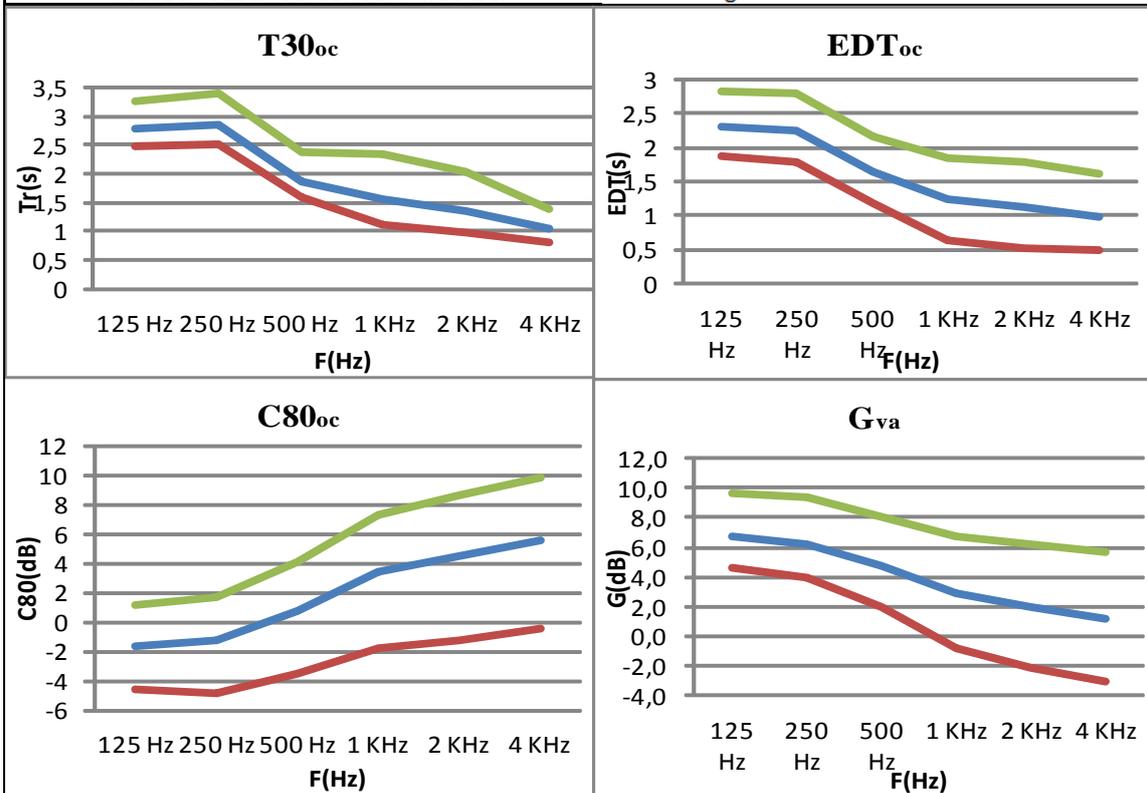
<b>NOMBRE</b>	Teatro Calderón de la Barca - Valladolid
---------------	--

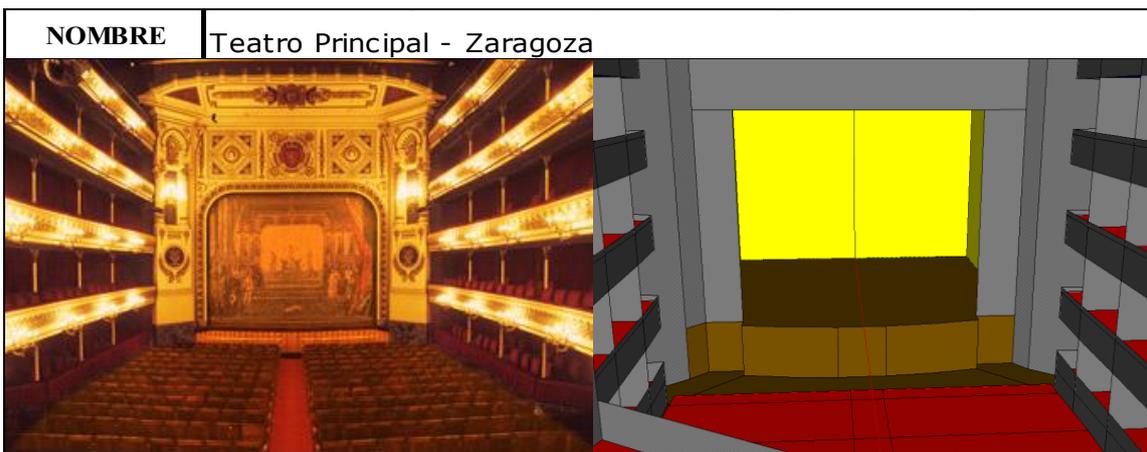


Es de diseño ecléctico y tendencia neoclásica y sigue planos del arquitecto Jerónimo de la Gándara. Fue sometido a una profunda remodelación y el 9 de abril de 1999 fue reinaugurado. En la actualidad cuenta con una capacidad para 1.141 personas y acoge durante la temporada representaciones de teatro, ópera, zarzuela, danza, ballet y jazz.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1864	$S_t=4377 \text{ m}^2$	$V/N=7,3$	Suelo = Madera suelo / moqueta sobre hormigon Concha = Cortina 5 cm pared Paredes = Yeso duro Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Yeso ornamentado
Reforma=1999	$S_e=138,5 \text{ m}^2$	$V/S_a=6,7 \text{ m}$	
Aforo=1141	$S_a=1204 \text{ m}^2$	$S_a/N=1,1 \text{ m}^2$	
$V=8104 \text{ m}^3$	$L=7,4 \text{ m}$	$DRC=14,1 \text{ m}$	

**CARACTERISTICAS ACUSTICAS** Average — Percentil 5% — Percentil 95%

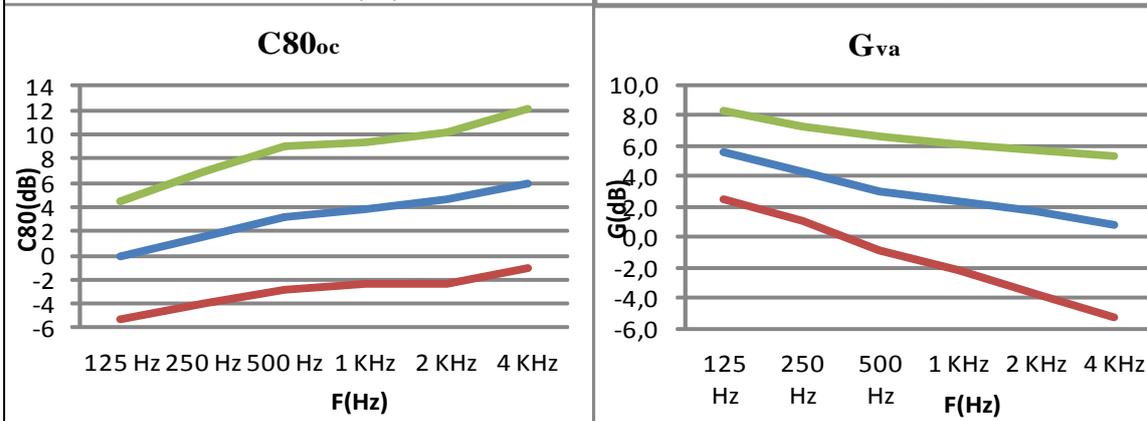
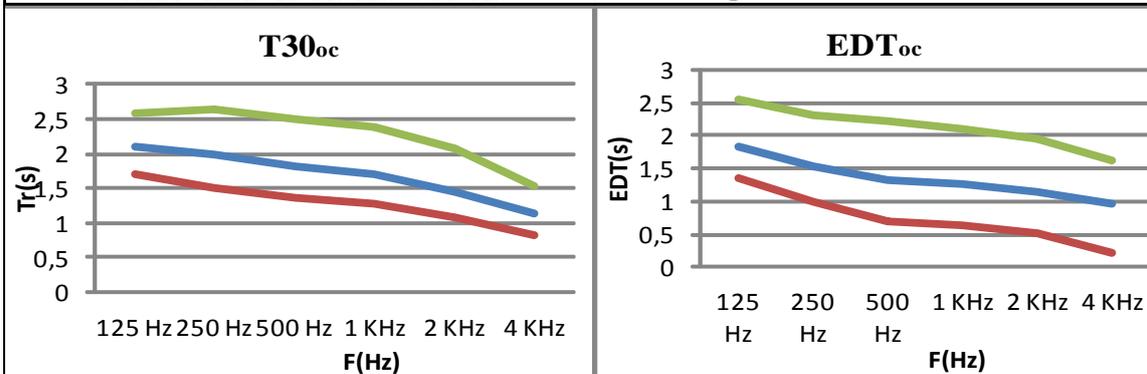


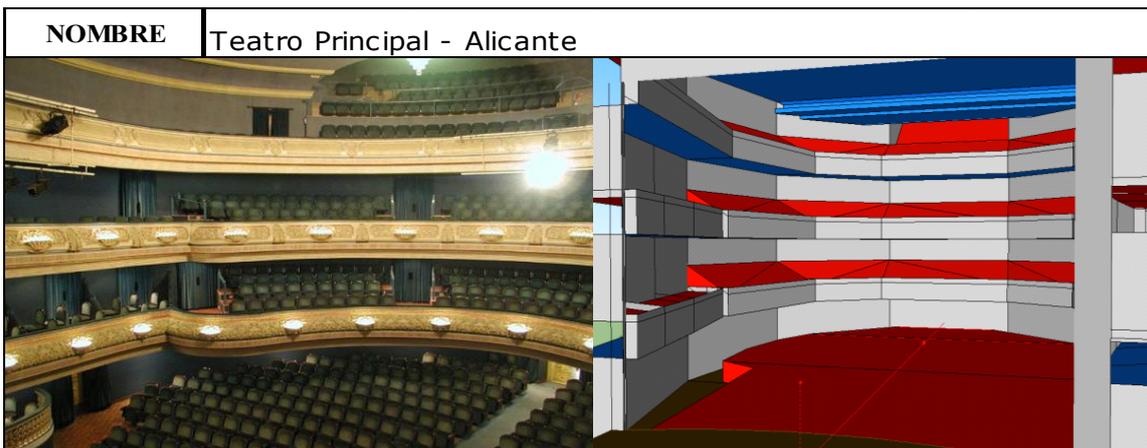


El Teatro Principal se convierte en los siglos XIX y XX en lugar privilegiado de teatro, ópera y ballet del momento. La reforma que puso al Teatro Principal en la vanguardia técnica fue debida al arquitecto José Manuel Pérez Latorre; en ella se configura un nuevo sistema de distribución interior, además de dotar al teatro de una gran infraestructura técnica.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1799	$S_t=3544 \text{ m}^2$	$V/N= 6,3$	Suelo = Madera suelo escenario / Moqueta de algodón Concha = Cortina plegada 13 cm pared Paredes = Yeso duro y cortinas Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Yeso duro
Reforma=1987	$S_e=103,5 \text{ m}^2$	$V/S_a=9,0 \text{ m}$	
Aforo=1104	$S_a=777 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,7 \text{ m}^2$	
$V=6966 \text{ m}^3$	$L=7,9 \text{ m}$	$DRC=20,0 \text{ m}$	

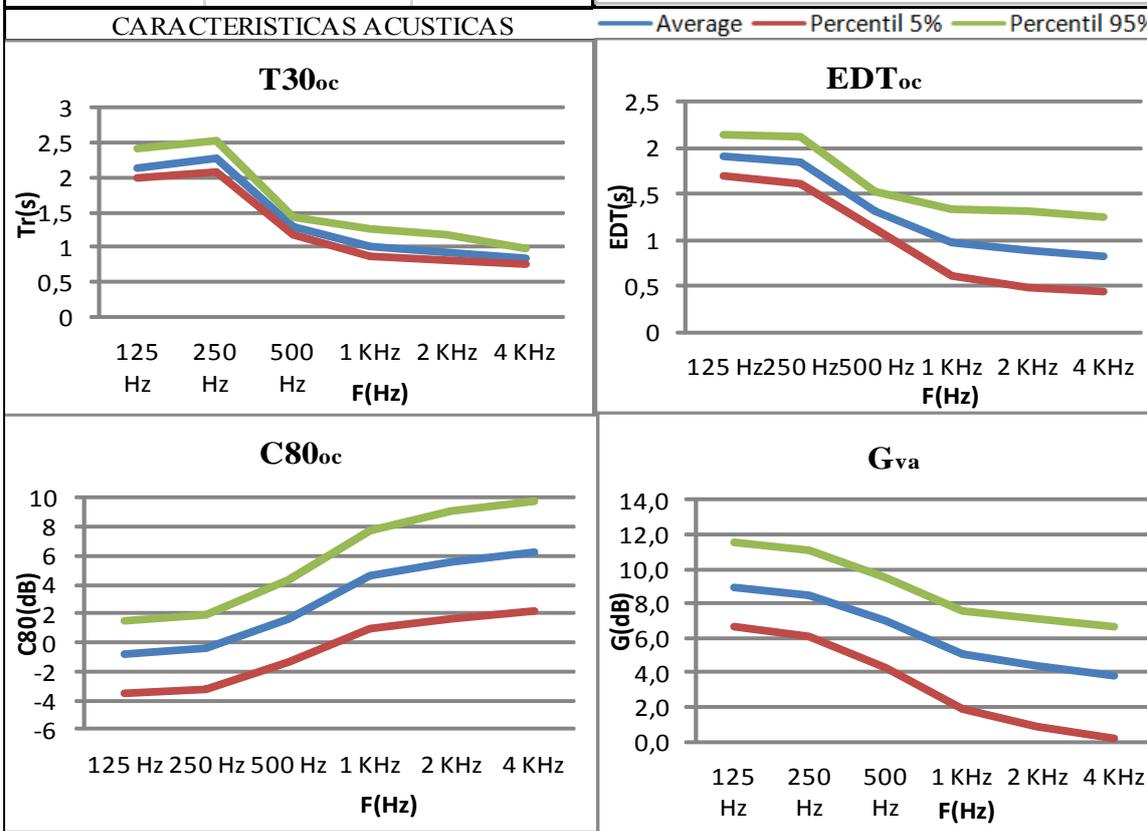
**CARACTERISTICAS ACUSTICAS**      — Average — Percentil 5% — Percentil 95%

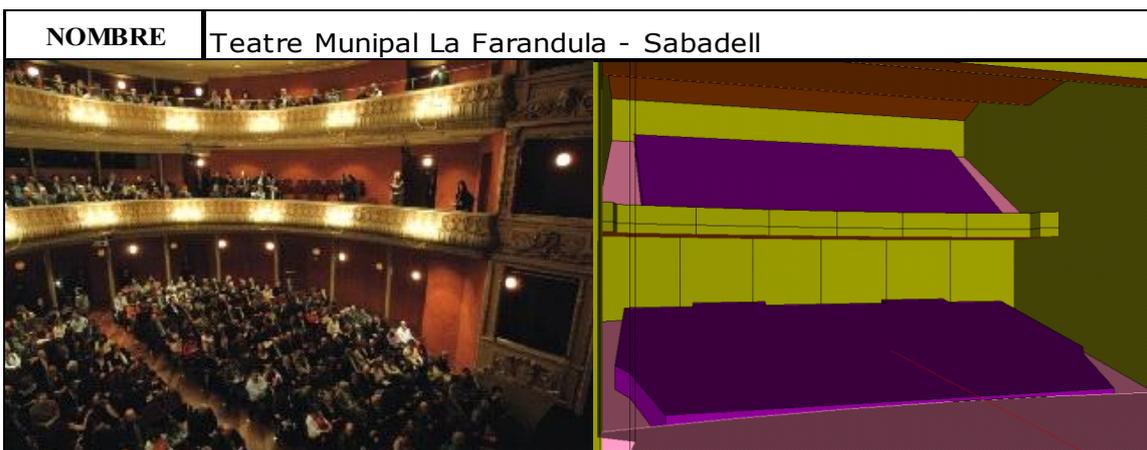




El interior, siguiendo la tipología dominante en los teatros de la época es de los llamados a la italiana, presenta forma de herradura y cuatro plantas, solución adecuada para la percepción acústica y visual de los espectáculos. El aforo del teatro es de 1072 butacas, de las cuales se considera aforo útil 960 localidades, siendo el resto de visibilidad reducida.

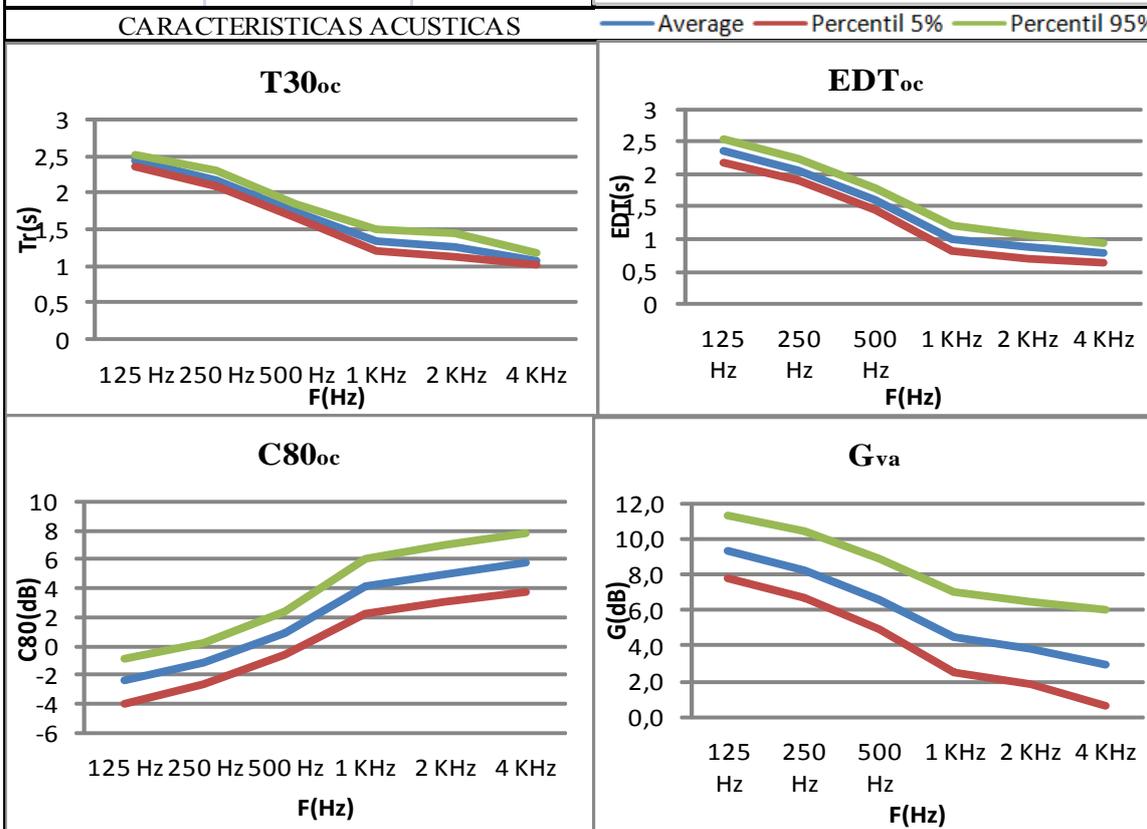
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1847	$S_i=2375 \text{ m}^2$	$V/N=3,8$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Cortina plegada 5 cm pared Paredes = Yeso Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Yeso ornamentado
Reforma=1992	$S_e=102,9 \text{ m}^2$	$V/S_a=7,0 \text{ m}$	
Aforo=1072	$S_a=587 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,5 \text{ m}^2$	
$V=4113 \text{ m}^3$	$L=7,0 \text{ m}$	$DRC=14,6 \text{ m}$	

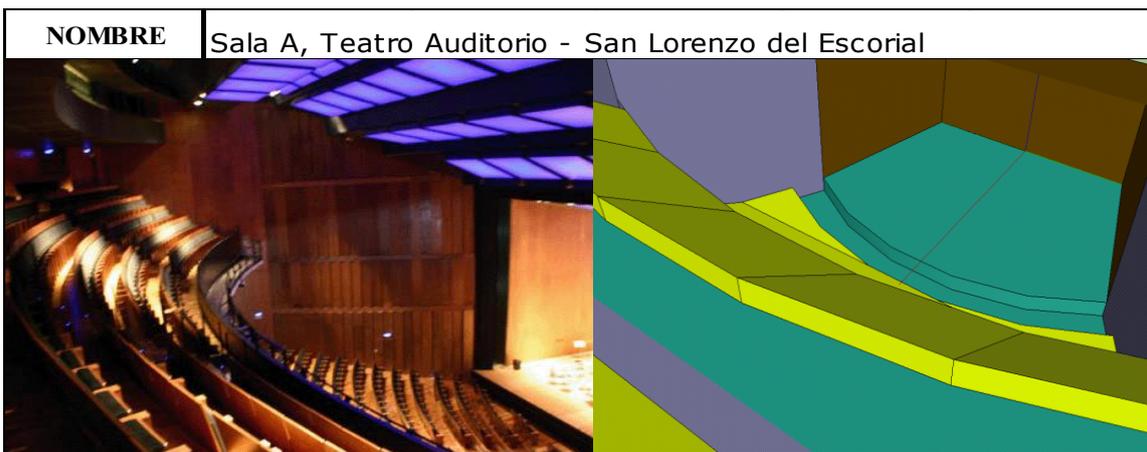




El Teatro Municipal La Farándula es un teatro situado en Sabadell, inaugurado el 30 de diciembre de 1956 y con un aforo de 1.060 espectadores. Se trata de un edificio de 2.040 m<sup>2</sup> situado en los terrenos de la antigua Huerta Duran y proyectado por los arquitectos Guillermo Arís y Josep Vila Juanico.

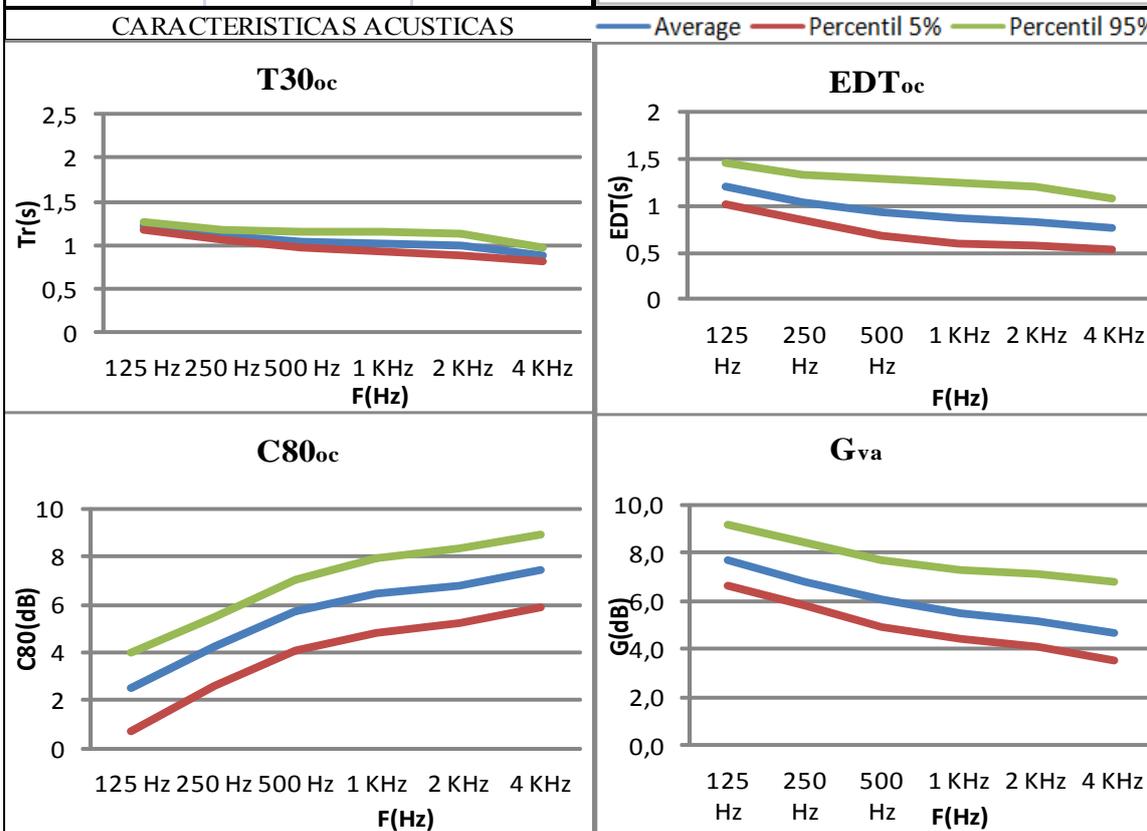
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1955	S <sub>t</sub> =3606 m <sup>2</sup>	V/N=7,8	Suelo =Madera suelo escenario / moqueta sobre hormigon Concha = Cotina ligera 5 cm pared Paredes = Yeso y madera Audiencia = Butaca poco tapizada Techo = Yeso duro
Reforma=2001	S <sub>e</sub> =171,7 m <sup>2</sup>	V/S <sub>a</sub> =11,5 m	
Aforo=1069	S <sub>a</sub> =724 m <sup>2</sup>	S <sub>a</sub> /N=0,7 m <sup>2</sup>	
V=8305 m <sup>3</sup>	L=9,2 m	DRC=13,1 m	





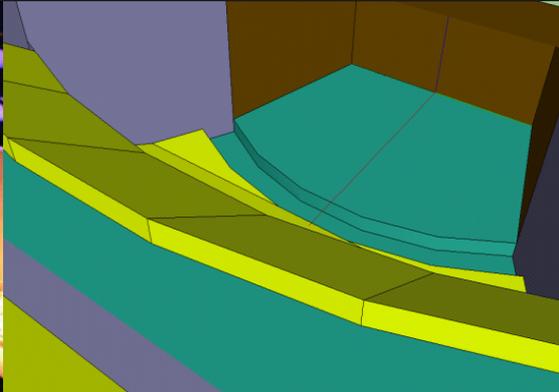
El Teatro Auditorio de San Lorenzo del Escorial es uno de los teatros más sofisticados de España desde el punto de vista tecnológico y arquitectónico. La sala A es la sala más grande del Teatro, con un aforo de 1080 butacas. El principal modelo del teatro es a la italiana, lo que garantiza máxima visibilidad y audición.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=2000	$S_t=3305 \text{ m}^2$	$V/N=6,2$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Madera 1 capa Paredes = Madera 1 capa Audiencia = Butaca poco tapizada Techo = Madera 1,6 cm sobre listones
Reforma=-	$S_e=185,6 \text{ m}^2$	$V/S_a= 16,0\text{m}$	
Aforo=1065	$S_a=415 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,4 \text{ m}^2$	
$V=6632 \text{ m}^3$	$L=8,0 \text{ m}$	$DRC=14 \text{ m}$	



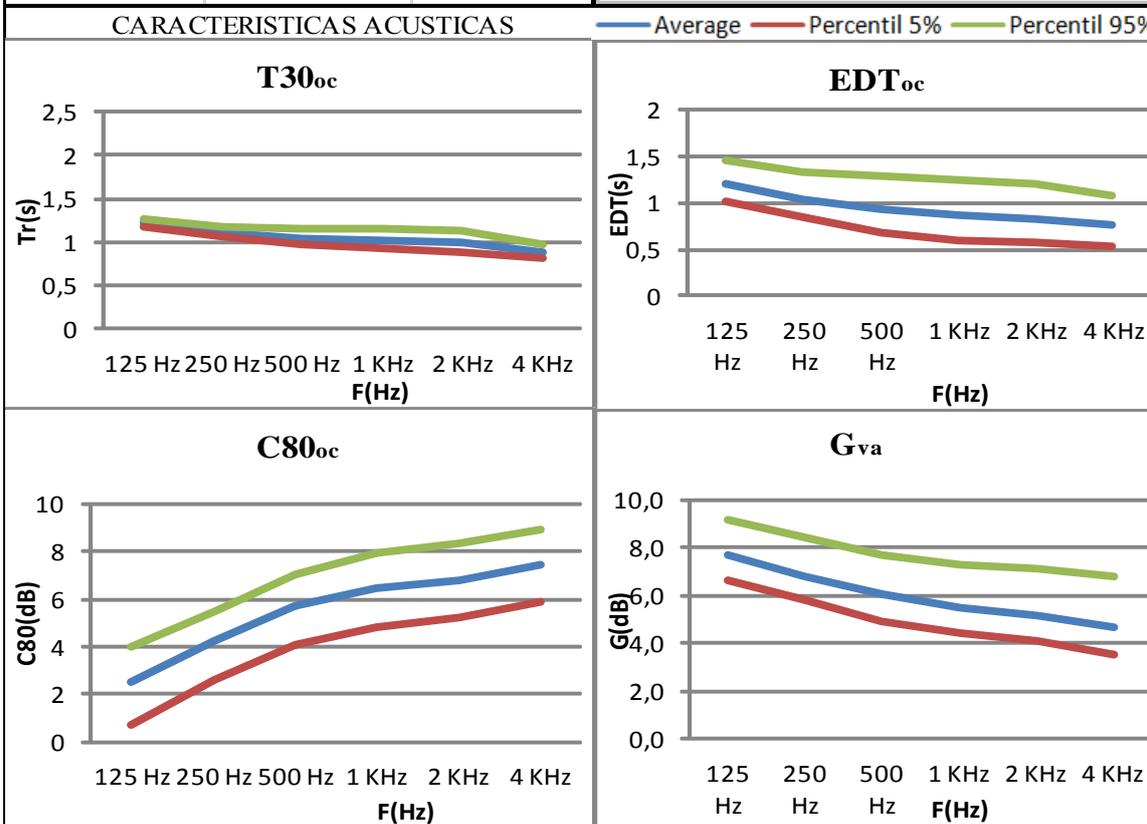


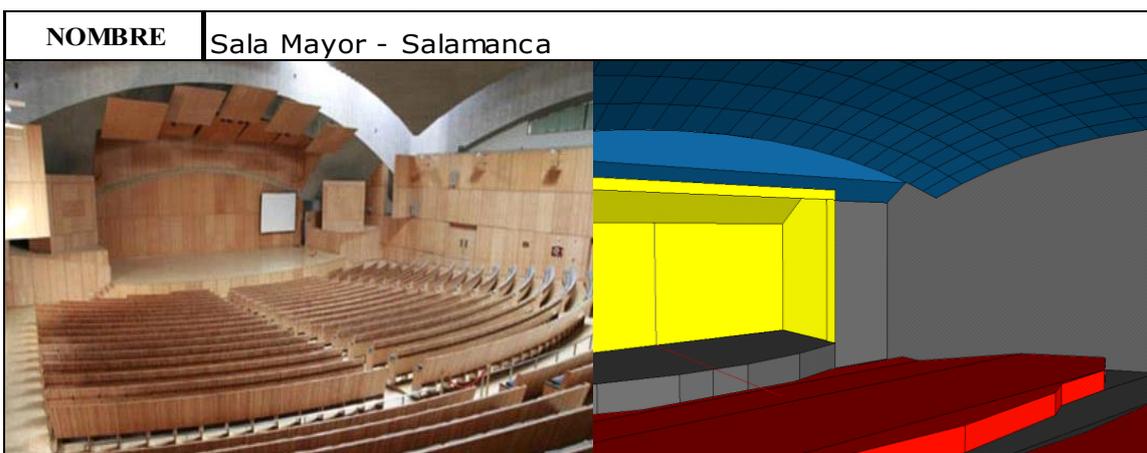
<b>NOMBRE</b>	Sala A, Teatro Auditorio - San Lorenzo del Escorial
---------------	---

El Teatro Auditorio de San Lorenzo del Escorial es uno de los teatros más sofisticados de España desde el punto de vista tecnológico y arquitectónico. La sala A es la sala más grande del Teatro, con un aforo de 1080 butacas. El principal modelo del teatro es a la italiana, lo que garantiza máxima visibilidad y audición.

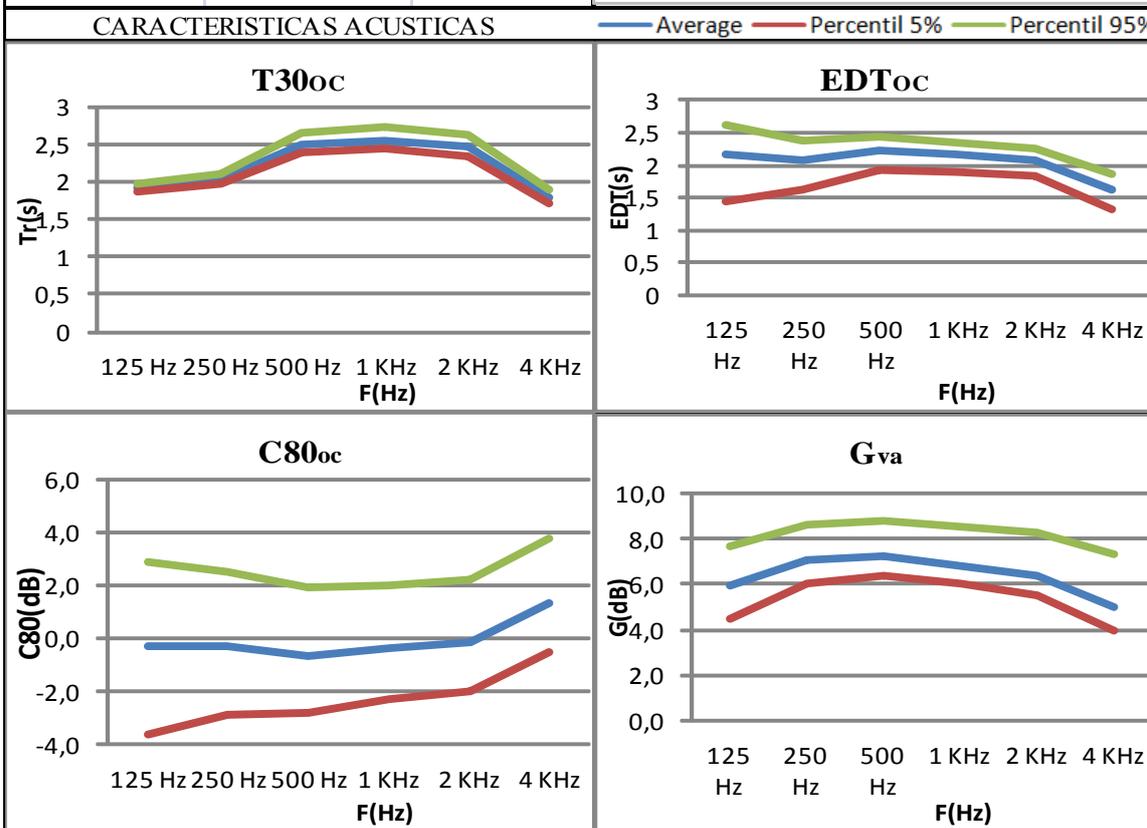
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=2000	$S_t=3305 \text{ m}^2$	$V/N=6,2$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Madera 1 capa Paredes = Madera 1 capa Audiencia = Butaca poco tapizada Techo = Madera 1,6 cm sobre listones
Reforma=-	$S_e=185,6 \text{ m}^2$	$V/S_a= 16,0\text{m}$	
Aforo=1065	$S_a=415 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,4 \text{ m}^2$	
$V=6632 \text{ m}^3$	$L=8,0 \text{ m}$	$DRC=14 \text{ m}$	

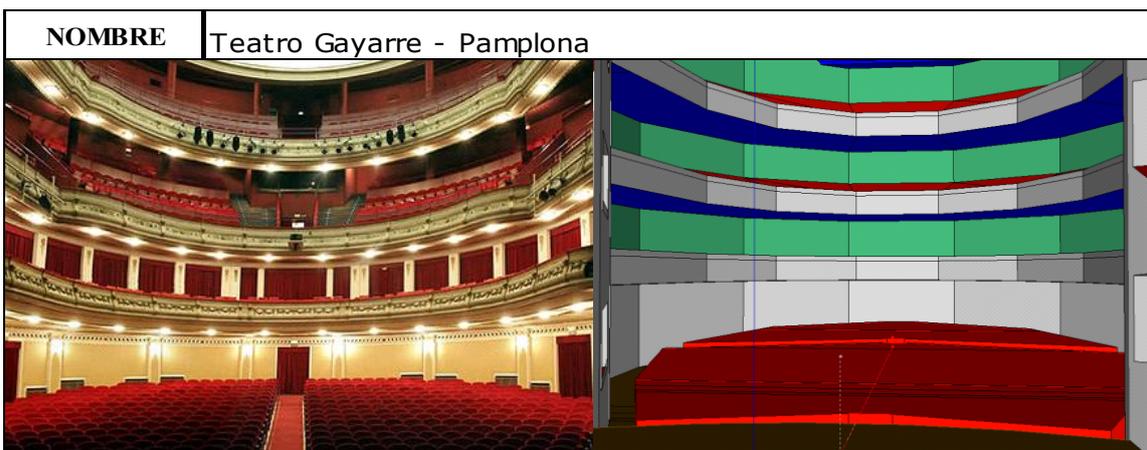




El Palacio de Congresos de Salamanca se inauguró en 1992 y es un icono de la ciudad que siempre presenta conferencias, congresos, conciertos. El Palacio se compone de tres grandes zonas: el recinto de congresos en sí (con la gran Sala Mayor), la sala de exposiciones, y unas gradas exteriores en frente de una plaza adyacente al Palacio.

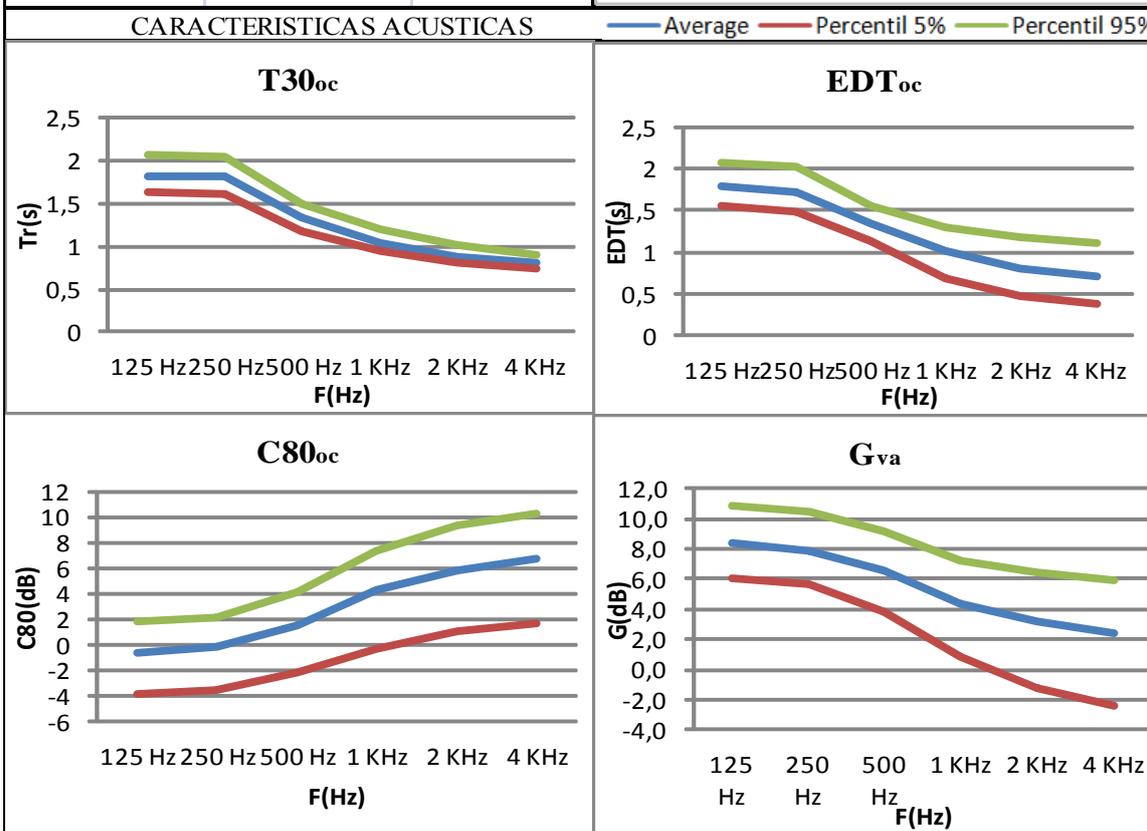
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=2000	$S_t = 4027 \text{ m}^2$	$V/N = 11,6$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Madera contrachapada Paredes = Madera contrachapada Audiencia = Butaca poco tapizada Techo = Yeso duro y madera 1 capa
Reforma=	$S_e = 157,9 \text{ m}^2$	$V/S_a = 16,0 \text{ m}$	
Aforo=1065	$S_a = 773 \text{ m}^2$	$S_a/N = 0,7 \text{ m}^2$	
$V = 12735 \text{ m}^3$	$L = 12,3 \text{ m}$	$DRC = 19 \text{ m}$	

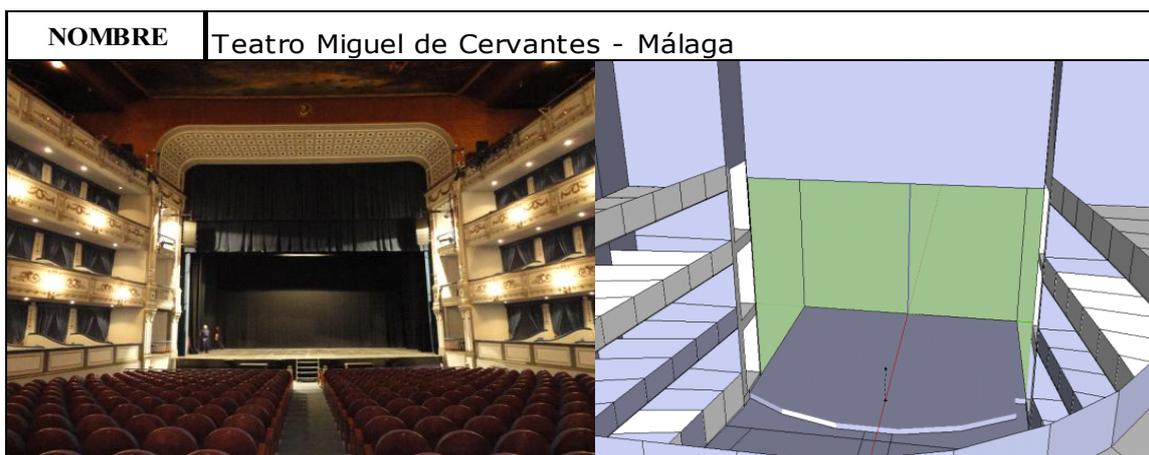




Se llamó Teatro Principal hasta 1903 y Teatro Gayarre a partir de entonces en memoria del tenor roncalés muerto en 1890. El interior del edificio consta de cuatro plantas. En la primera se encuentra el hall de entrada a la sala y la sala propiamente dicha, con un patio de butacas de 458 plazas de aforo.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1932	$S_t=2936 \text{ m}^2$	$V/N=4,6$	Suelo = Moqueta sobre hormigón Concha = Cortina ligera 5 cm pared Paredes = Yeso duro Audiencia = Butacas altamente tapizadas Techo = Yeso duro
Reforma=2005	$S_e=66,8 \text{ m}^2$	$V/S_a=6,7 \text{ m}$	
Aforo=824	$S_a=730 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,7 \text{ m}^2$	
$V= \text{m}^3$	$L=7,4 \text{ m}$	$DRC=14,1 \text{ m}$	

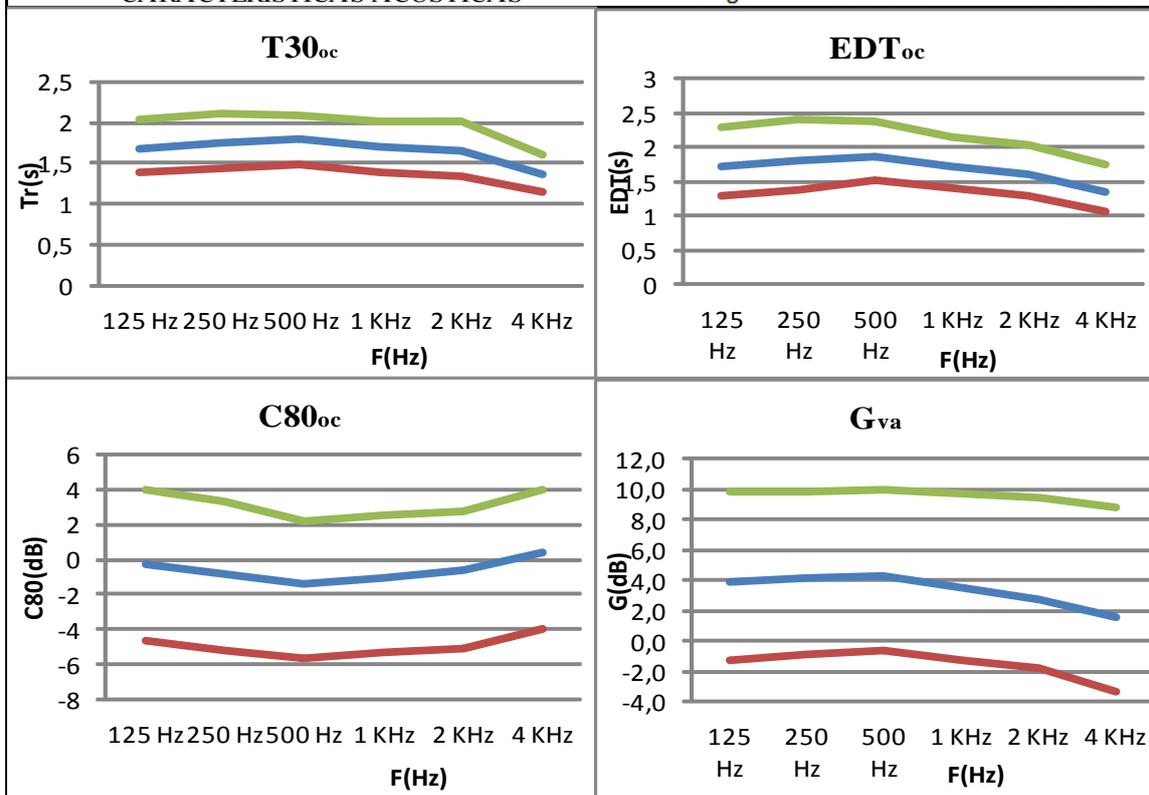


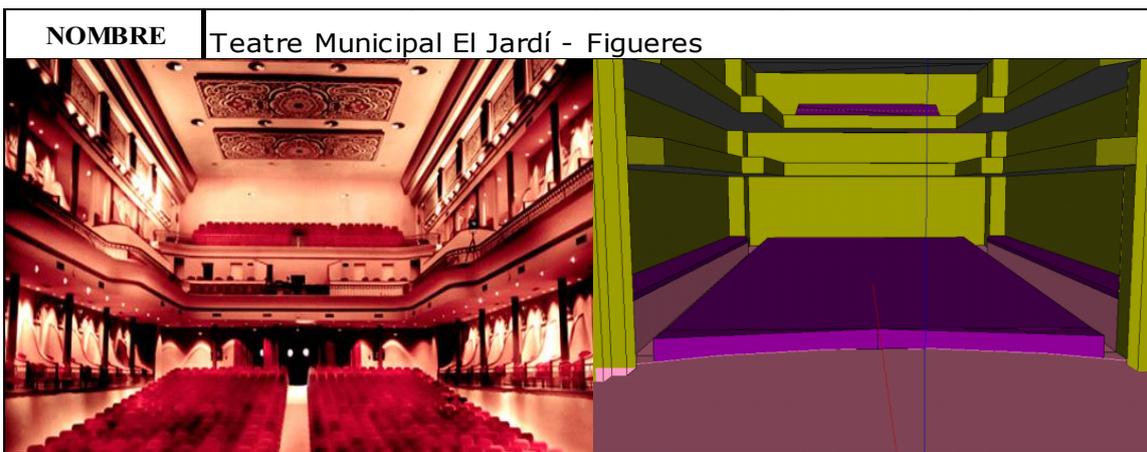


Construido en 1869. En 1984, el Ayuntamiento adquiere la propiedad del Teatro Cervantes y financia las obras de su reconstrucción con la ayuda de subvenciones públicas. El nuevo teatro con un aforo definitivo de 1171 localidades es equipado con los materiales, dispositivos e instrumentos exigidos para un local público de sus características.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1870	$S_i=4220 \text{ m}^2$	$V/N=7,4$	Suelo = Moqueta sobre hormigón Concha = Cortina 5 cm pared Paredes = Yeso duro Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Yeso pared dura
Reforma=1987	$S_e=131,8 \text{ m}^2$	$V/S_a=8,6 \text{ m}$	
Aforo=1171	$S_a=903 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,9 \text{ m}^2$	
$V=7801 \text{ m}^3$	$L=7,5 \text{ m}$	$DRC=13,2 \text{ m}$	

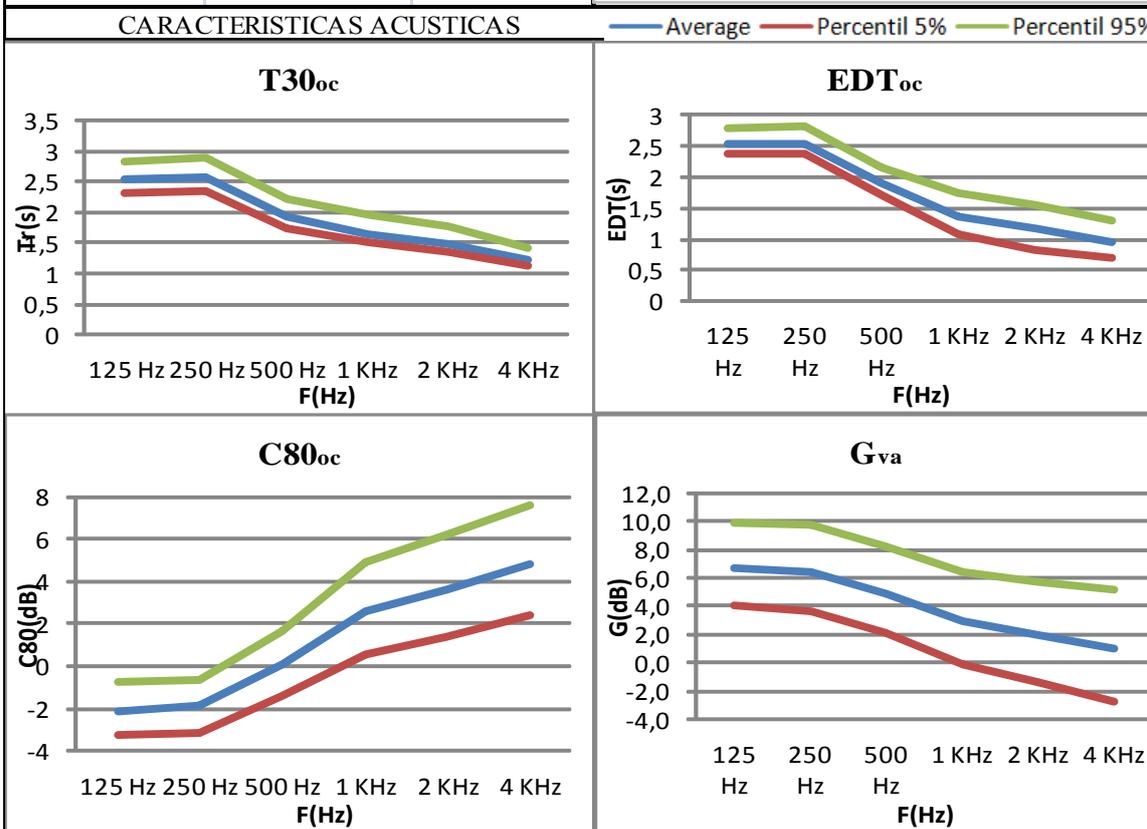
CARACTERISTICAS ACUSTICAS

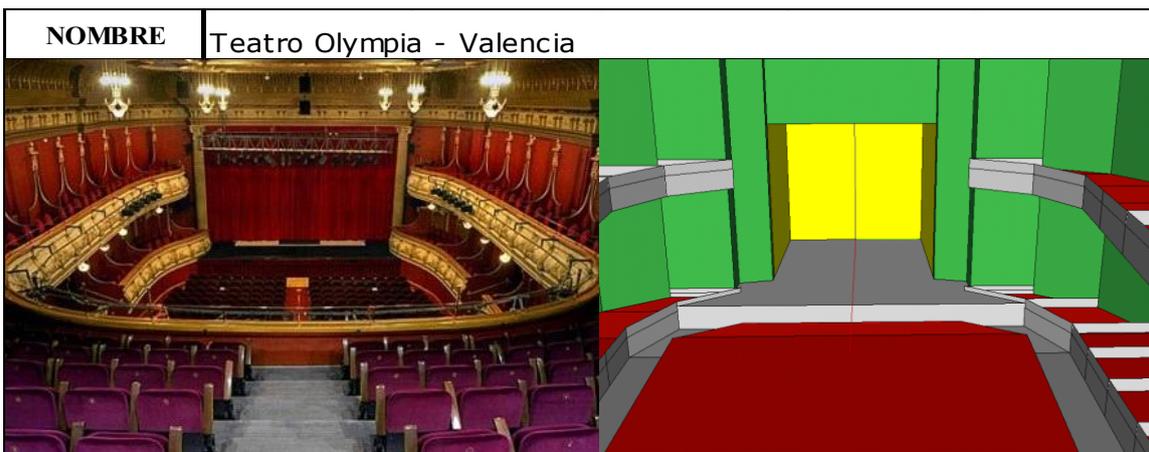




En 1914 se inauguró el edificio que actualmente acoge el Teatre Municipal El Jardín , dentro de un espacio de la ciudad llamado Huerta de En Gayola , hoy la actual plaza Josep Pla.El Teatro tenía entonces una capacidad para 1.500 espectadores y desde el primer momento ya se decidió reducirlo a 1000 localidades.

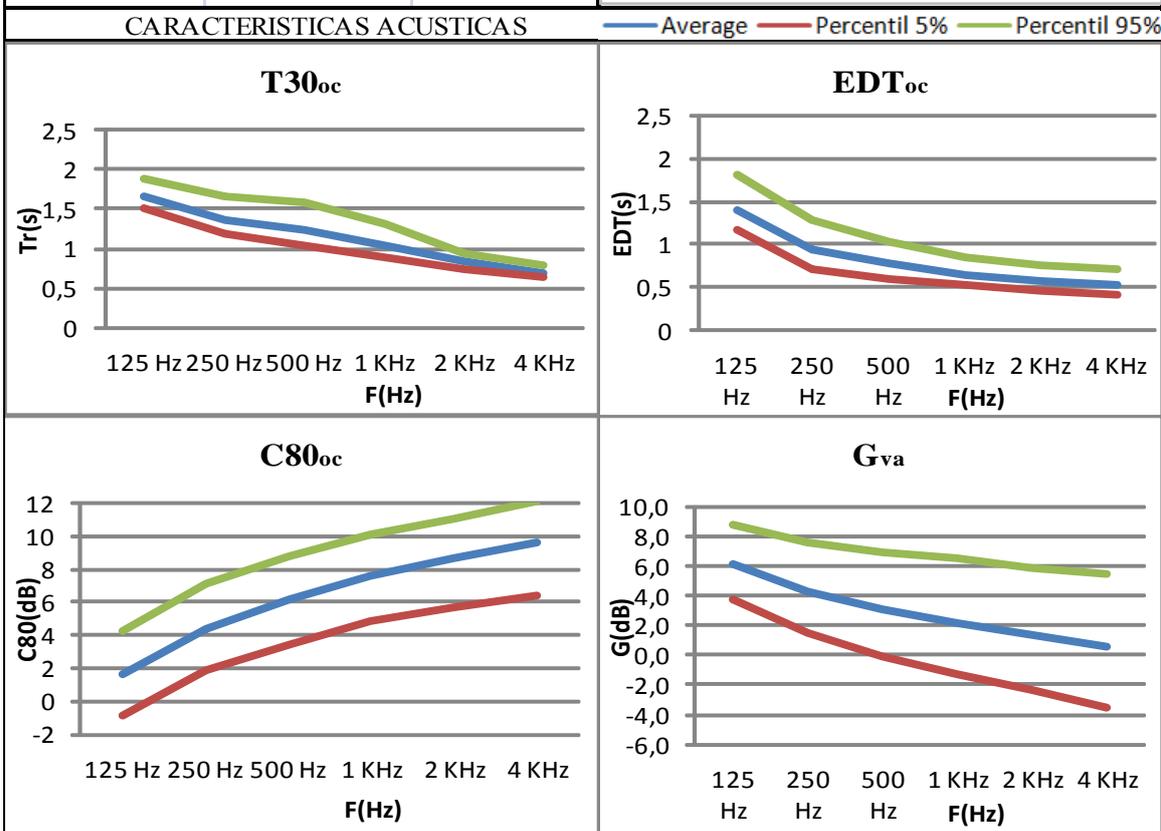
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1914	$S_t=3821 \text{ m}^2$	$V/N=7,1$	Suelo = Madera suelo escenario / moqueta sobre hormigón Concha = Cortina ligera 5 cm pared Paredes = Yeso Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Yeso
Reforma=2011	$S_e=137,3 \text{ m}^2$	$V/S_a=7,9 \text{ m}$	
Aforo=1057	$S_a=955 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,9 \text{ m}^2$	
$V=7547 \text{ m}^3$	$L=7,9 \text{ m}$	$DRC=18,5 \text{ m}$	





El Teatro Olympia se inauguró el 10 de noviembre de 1915, por el arquitecto Vicente Rodríguez Martín. Después de más de cincuenta años dedicado al cine en 1984 se recuperó para la escena. Se trata de un teatro de cinco plantas, con sótano, planta baja y entresuelo. El teatro se encuentra en la parte baja del edificio.

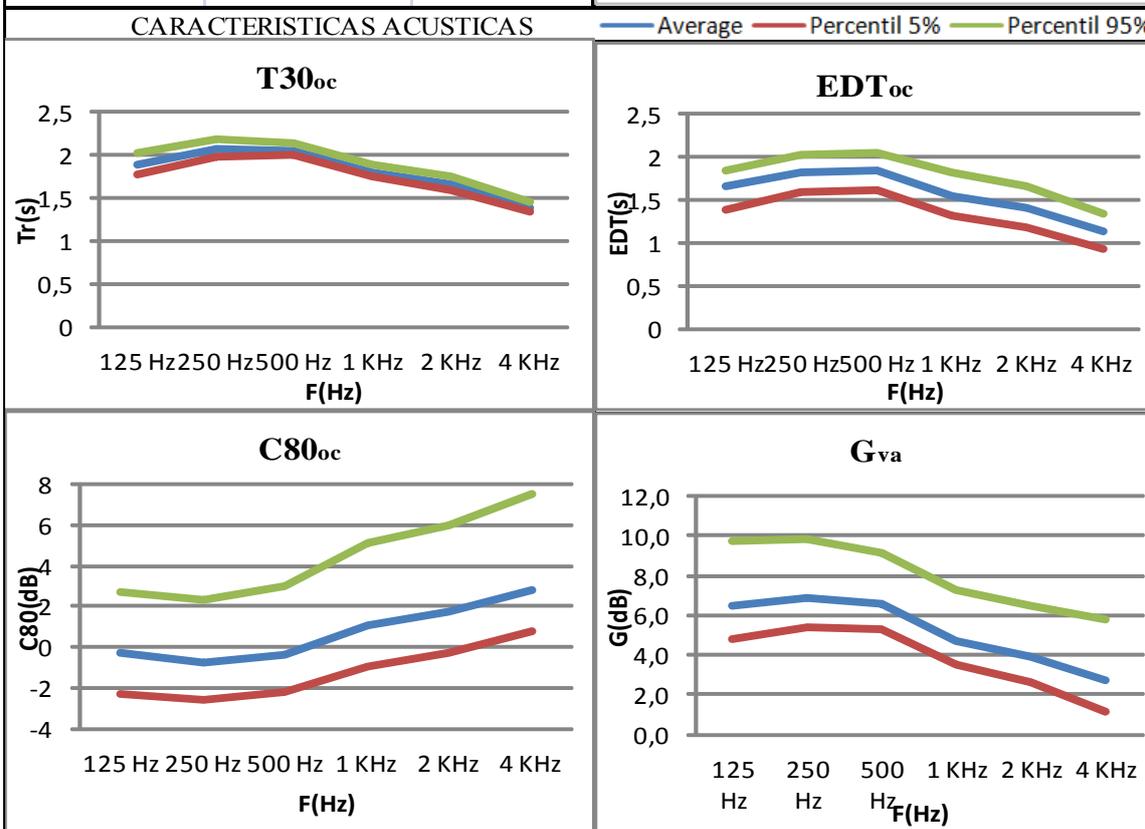
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1915	$S_t=3657 \text{ m}^2$	$V/N=6,5$	Suelo = Madera suelo escenario / Moqueta sobre hormigon Concha = Cortina plegada 13 cm pared Paredes = Yeso y moqueta Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Yeso duro
Reforma=1997	$S_c=97,5 \text{ m}^2$	$V/S_a=7,5 \text{ m}$	
Aforo=1055	$S_a=909 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,9 \text{ m}^2$	
$V=6837 \text{ m}^3$	$L=7,5 \text{ m}$	$DRC=23,7 \text{ m}$	

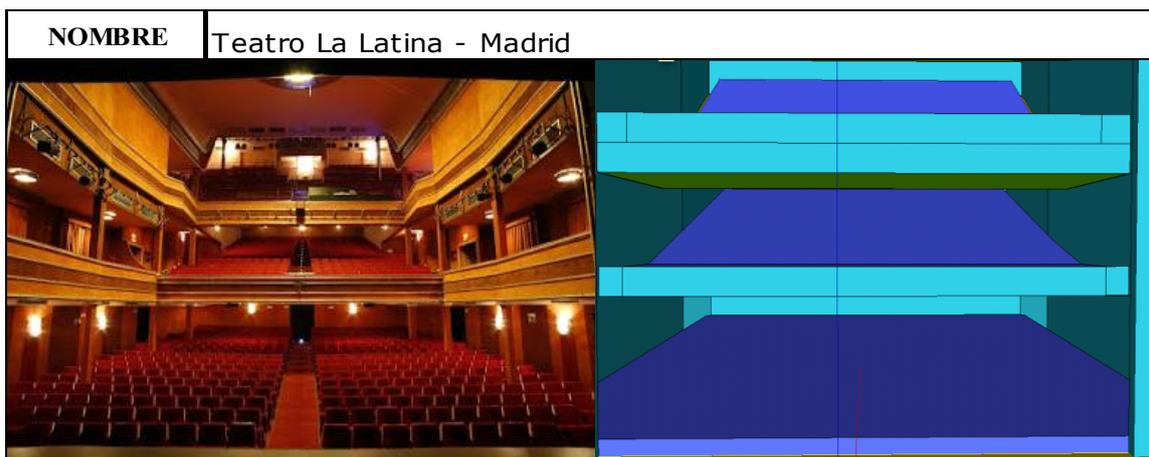




El Auditorio de la Universidad Carlos III de Madrid está situado en el Campus de Leganés. Con un aforo de más de mil plazas, dispone de las instalaciones necesarias para la realización de todo tipo de actividades culturales de teatro, danza o música. Este recinto posee una gran calidad acústica y una excelente visibilidad desde todas sus localidades.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=2001	$S_t=4126 \text{ m}^2$	$V/N=10,9$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Cortina ligera 5 cm pared Paredes = Madera 1 capa Audiencia = Butaca poco tapizada Techo = Madera contrachapada
Reforma=	$S_e=137,8 \text{ m}^2$	$V/S_a=13,2 \text{ m}$	
Aforo=1050	$S_a=871 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,8 \text{ m}^2$	
$V=11484 \text{ m}^3$	$L=11,4 \text{ m}$	$DRC=21,2 \text{ m}$	

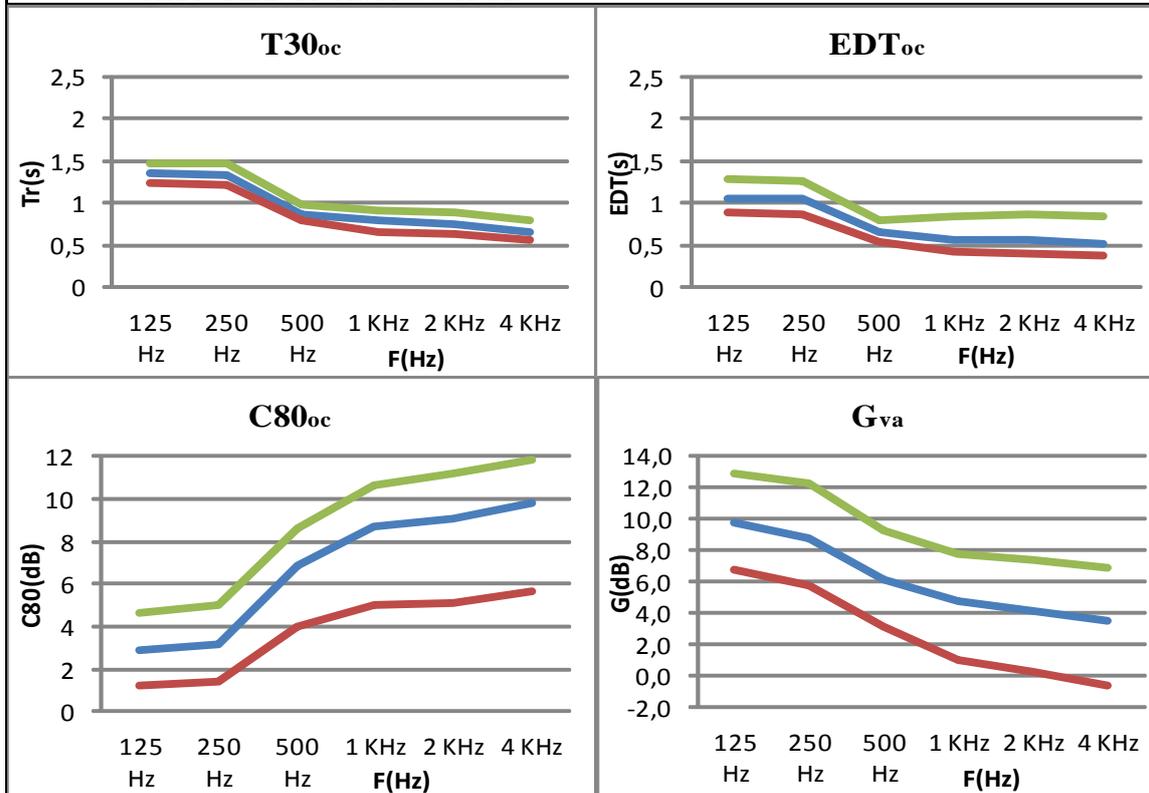


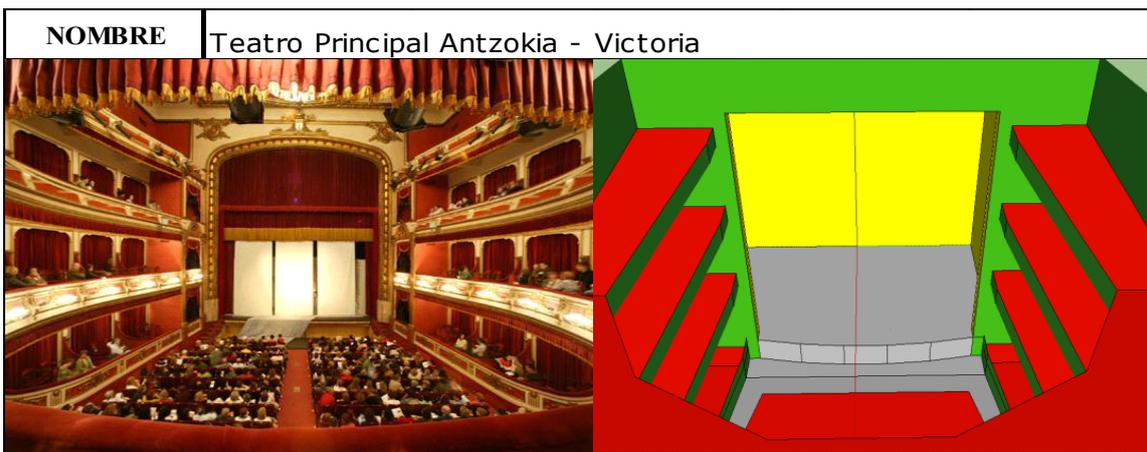


El Teatro de La Latina es un local teatral ubicado en Madrid, en el barrio del mismo nombre, obra del arquitecto Pedro Muguruza. Ha sido uno de los escenarios más importantes para la representación de comedia y revista en la historia del teatro de España a lo largo de siglo XX.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1919	$S_t=2498 \text{ m}^2$	$V/N=3,6$	Suelo = Madera suelo escenario / Moqueta algodón Concha = Cortina colgada 9cm pared Paredes = Madera 1 capa Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo =Yeso duro
Reforma=2011	$S_e=67,3 \text{ m}^2$	$V/S_a=4,7 \text{ m}$	
Aforo= 913	$S_a=712 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,8 \text{ m}^2$	
$V=3318 \text{ m}^3$	$L=5,3 \text{ m}$	$DRC=10,1 \text{ m}$	

CARACTERISTICAS ACUSTICAS Average — Percentil 5% — Percentil 95%

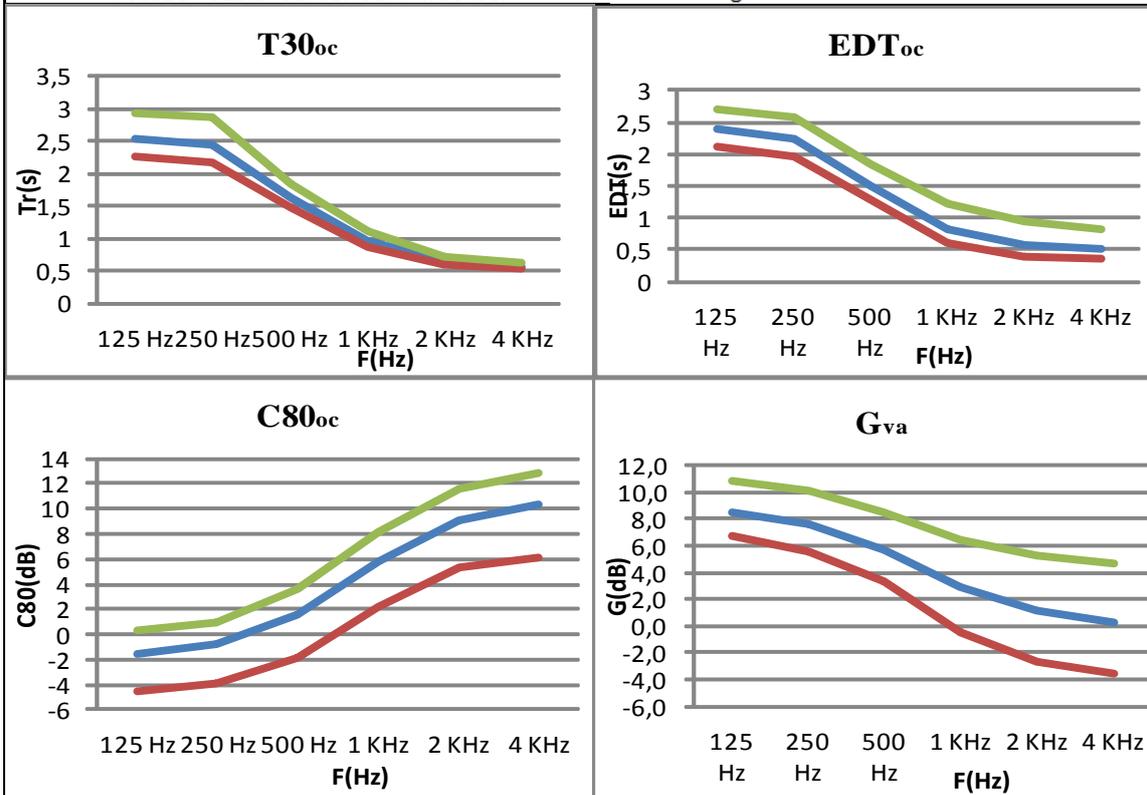


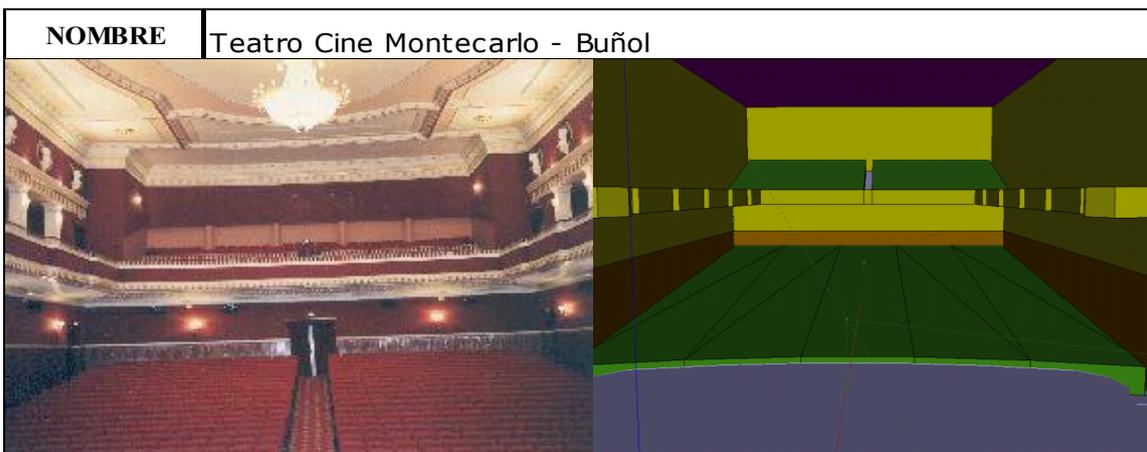


Durante varias décadas fue utilizado como sala de cine hasta que fue adquirido por las Instituciones con el objeto de devolver a la ciudad el único teatro disponible en unas condiciones dignas para el público. Es en 1992 y tras una profunda remodelación cuando el Teatro cobra toda su dimensión como centro aglutinador de la vida cultural de la ciudad.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=	$S_t=3245 \text{ m}^2$	$V/N=5,5$	Suelo = Madera suelo escenario / Moqueta sobre hormigon Concha = Cortina 5cm pared Paredes = Moqueta delgada Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Yeso duro
Reforma=1992	$S_e=111 \text{ m}^2$	$V/S_a=7,5 \text{ m}$	
Aforo=1042	$S_a=769 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,7 \text{ m}^2$	
$V=5782 \text{ m}^3$	$L=7,1 \text{ m}$	$DRC=14,7 \text{ m}$	

CARACTERISTICAS ACUSTICAS

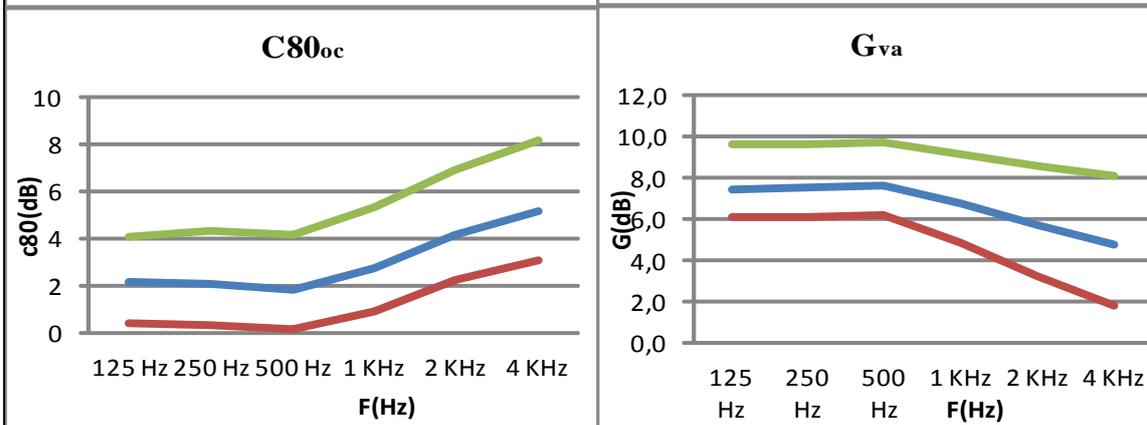
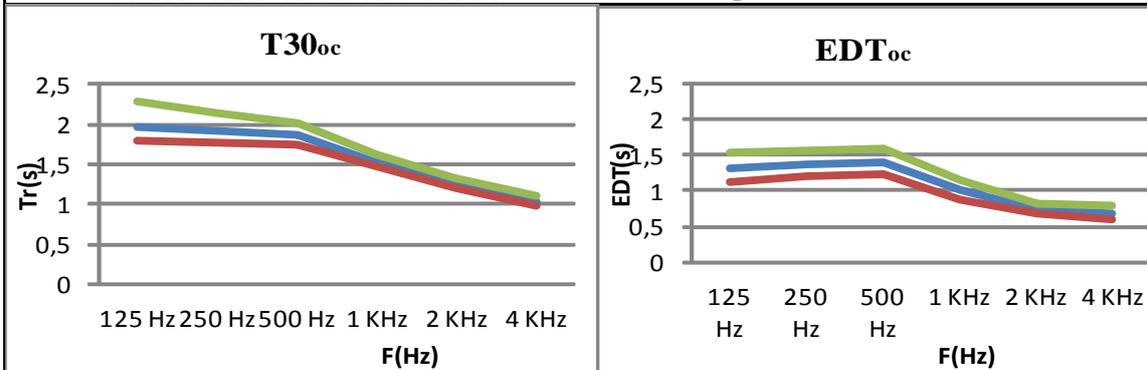




Inaugurado el 10 de abril de 1953. pertenece a la S.M. "La Artística", fue construido por sus socios y vivió los años dorados como cine. Tiene un aforo de 1000 localidades. Recientemente ha sido remodelado durante los años 90 a 93 y reúne las más actuales condiciones de seguridad.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1953	$S_t=2647 \text{ m}^2$	$V/N=5,5$	Suelo =Madera suelo escenario / Moqueta sobre hormigon Concha = Panel de madera Paredes = Moqueta y madera 1 capa Audiencia = Butaca altamente tapizada Techo = Yeso duro
Reforma=1988	$S_e=149,1 \text{ m}^2$	$V/S_a=9,0 \text{ m}$	
Aforo=1032	$S_a=635 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,6 \text{ m}^2$	
$V=5692 \text{ m}^3$	$L=8,7 \text{ m}$	$DRC=17,0 \text{ m}$	

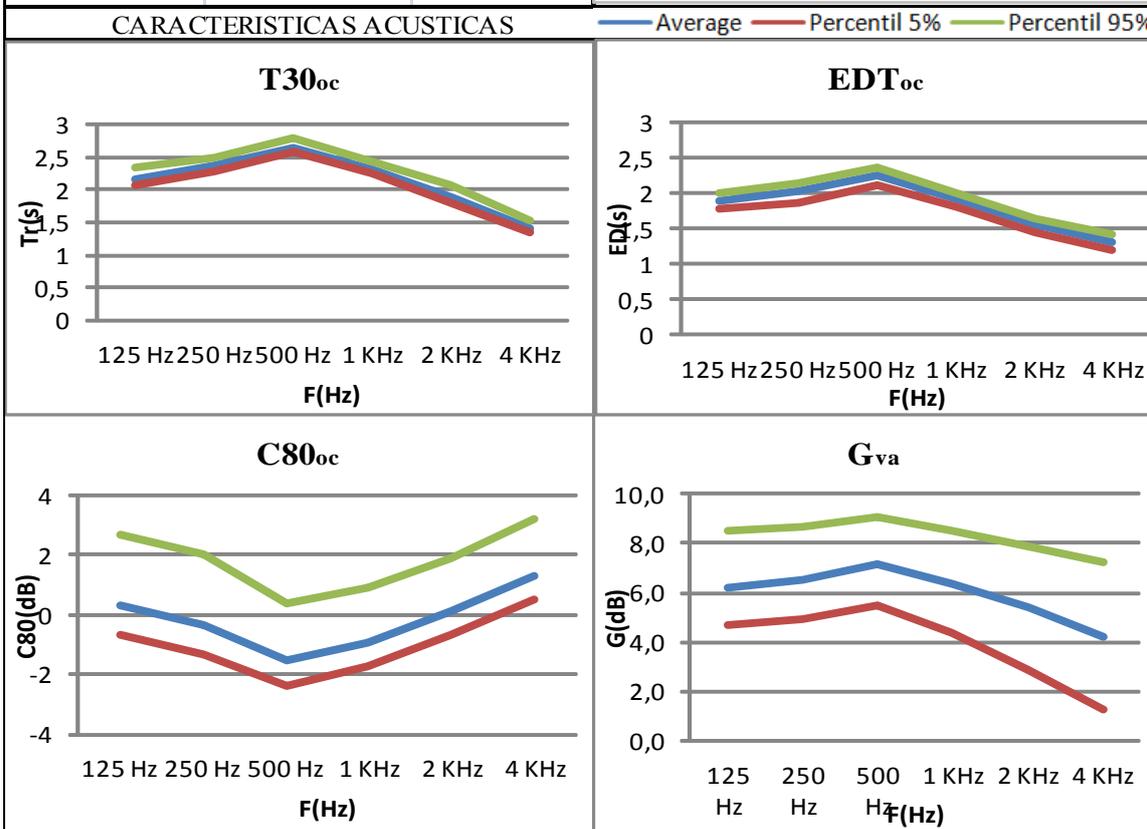
**CARACTERISTICAS ACUSTICAS**      — Average — Percentil 5% — Percentil 95%





El Auditorio de Galicia es un edificio situado en la capital de Galicia, Santiago de Compostela, destinado a usos culturales. Fue diseñado por los arquitectos Julio Cano Lasso y Diego Cano Pintos. Fue inaugurado en el año 1989, es la sala de conciertos más importante de Galicia, y desde 1996 la sede de la Real Filarmonica de Galicia.

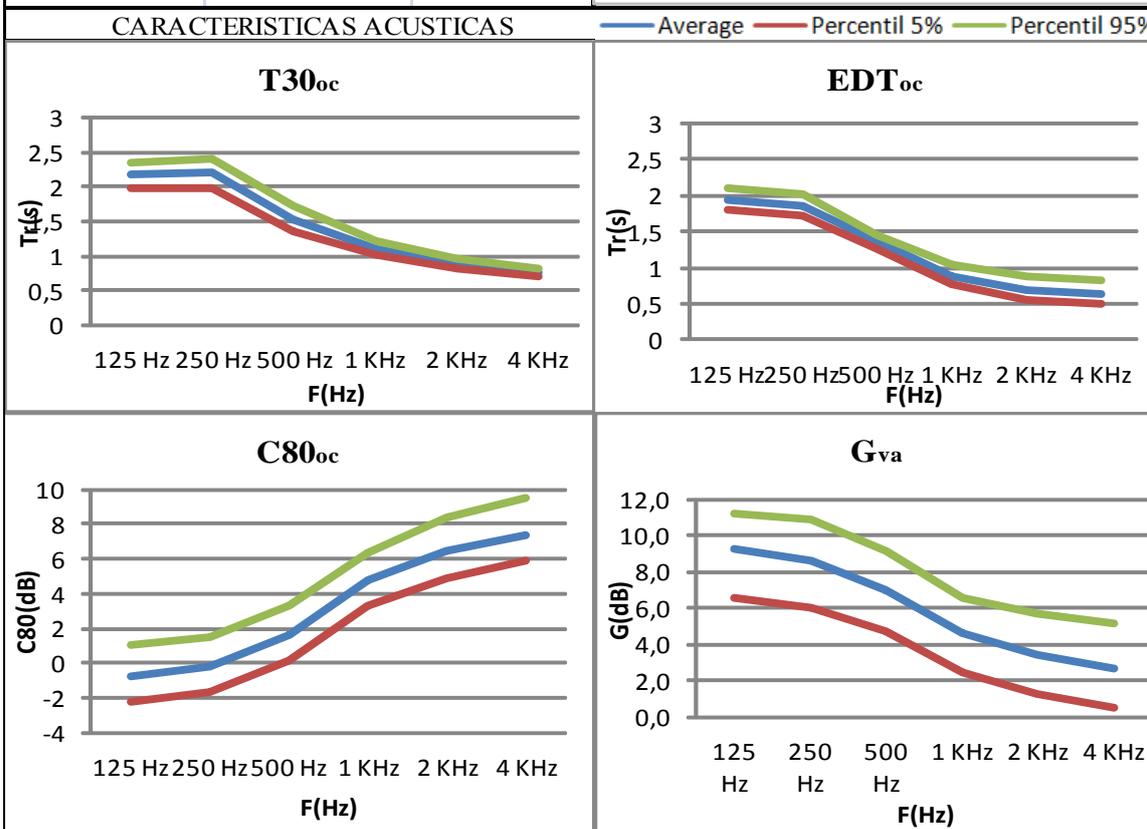
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1989	$S_t=3353 \text{ m}^2$	$V/N=8,7$	Suelo =Madera suelo escenario / Moqueta sobre hormigon Concha = Panel de madera Paredes = Moqueta y madera 1 capa Audiencia = Butaca poco tapizada Techo = Panel de madera
Reforma=	$S_e=299 \text{ m}^2$	$V/S_a=14,9 \text{ m}$	
Aforo=1030	$S_a=599 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,6 \text{ m}^2$	
$V=8940 \text{ m}^3$	$L=10,7 \text{ m}$	$DRC=16,6 \text{ m}$	





Este Teatro Compac Gran Vía abrió sus puertas en 1944, consagrado en principio al séptimo arte, bajo la denominación de Cine Gran Vía, además de ser un espacio teatral entre los años 1947 y 1950, en lo que consideramos el embrión de la actividad teatral.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1924	$S_t=2429 \text{ m}^2$	$V/N=4,6$	Suelo = Moqueta sobre hormigon Concha = Cortina ligera 5cm pared Paredes =Madera Audiencia = Butaca poco tapizada Techo =yeso duro
Reforma=1994	$S_e=98,5 \text{ m}^2$	$V/S_a=8,6 \text{ m}$	
Aforo=1020	$S_a=543 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,5 \text{ m}^2$	
$V=4652 \text{ m}^3$	$L=7,7 \text{ m}$	$DRC=12,3 \text{ m}$	

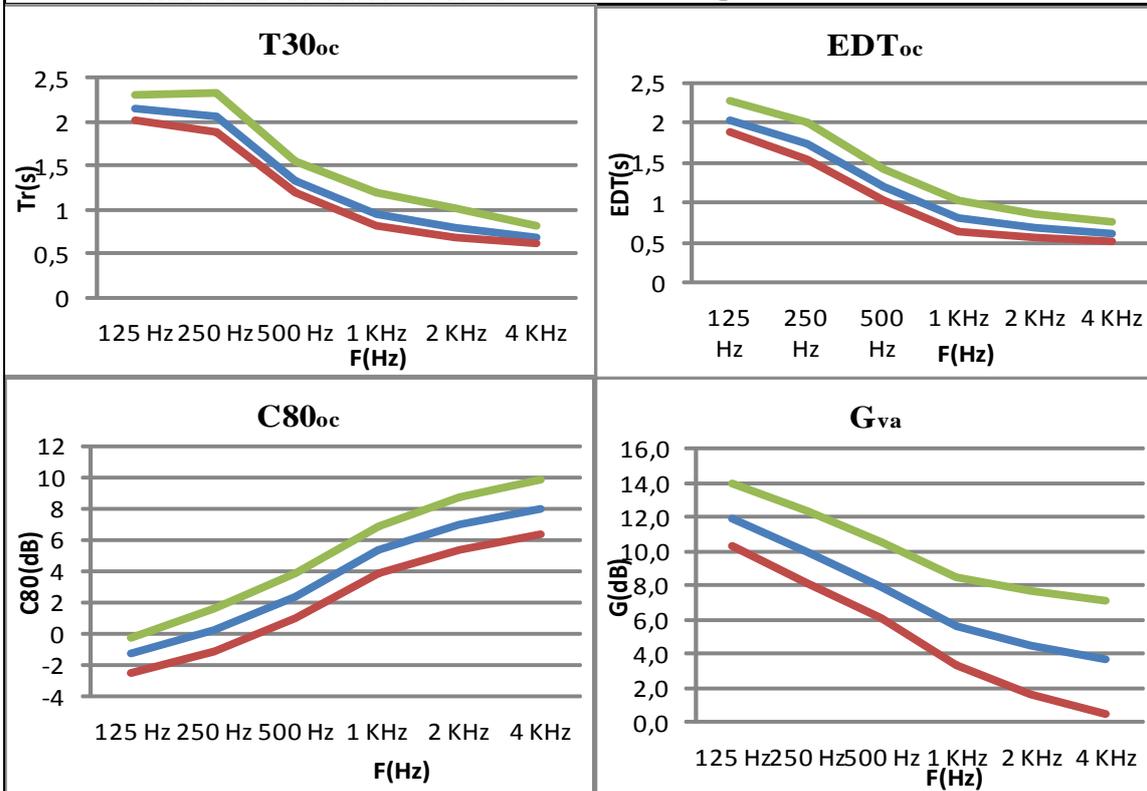




El Teatro Apolo de Barcelona está situado en el barrio del Poble-sec, en la histórica Avenida del Paralelo número 59 (Avinguda del Paral.lel en catalán), centro de la vida artística y teatral de la ciudad condal durante el siglo XX. El Teatro Apolo fue reconstruido por completo hace años y se programan en la actualidad espectáculos teatrales y musicales.

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1904	$S_t=2676 \text{ m}^2$	$V/N=4,0$	Suelo =Madera suelo escenario/linóleo Concha = Cortina ligera 5 cm pared Paredes =Yeso Moqueta delgada Audiencia = Butaca poco tapizada Techo = Yeso duro
Reforma=1993	$S_e=121,2 \text{ m}^2$	$V/S_a=5,5 \text{ m}$	
Aforo=1016	$S_a=734 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,7 \text{ m}^2$	
$V=4034 \text{ m}^3$	$L=6,0 \text{ m}$	$DRC=8,7 \text{ m}$	

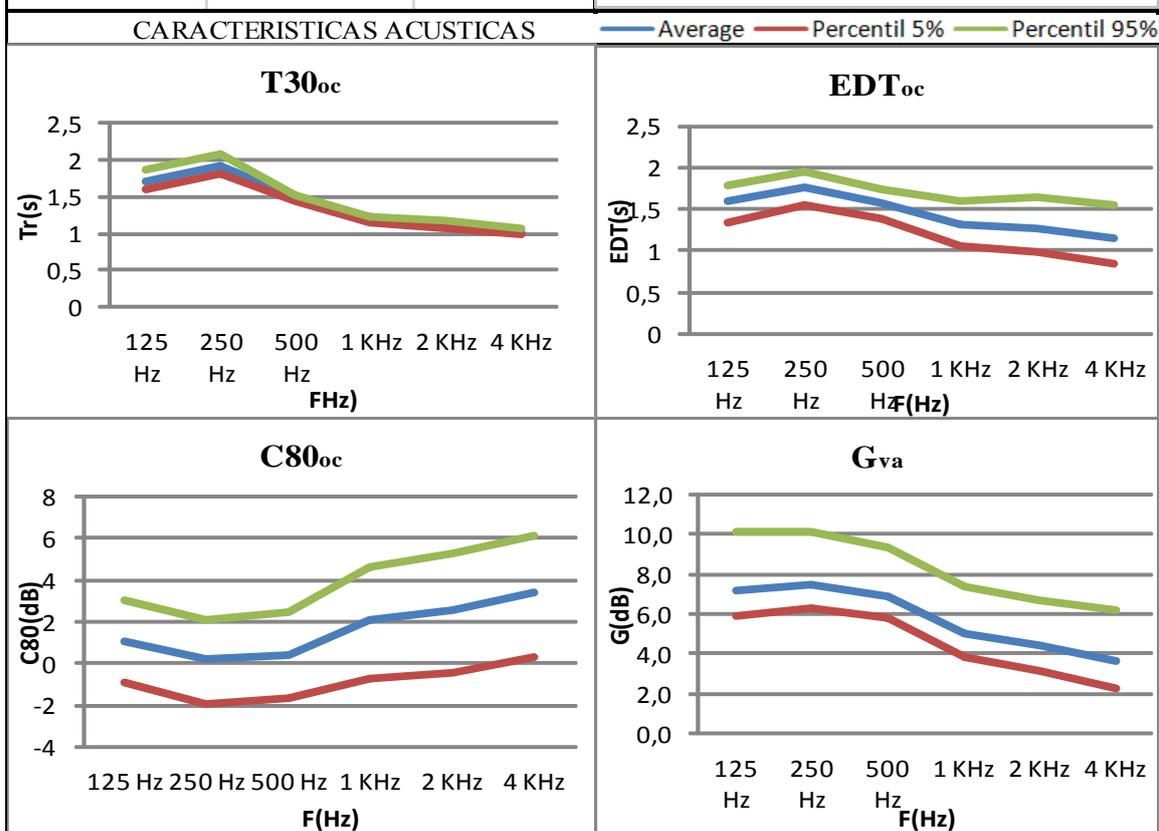
**CARACTERISTICAS ACUSTICAS**      — Average — Percentil 5% — Percentil 95%





Espacio para albergar actividades de artes escénicas (danza, teatro, música, pequeñas óperas, zarzuela,...). Acoge eventos escénicos de gran nivel. Ubica además actos de carácter municipal y actividades organizadas por entidades sociales. Tiene un aforo para 670 espectadores con posibilidad de ampliarse a 1011.

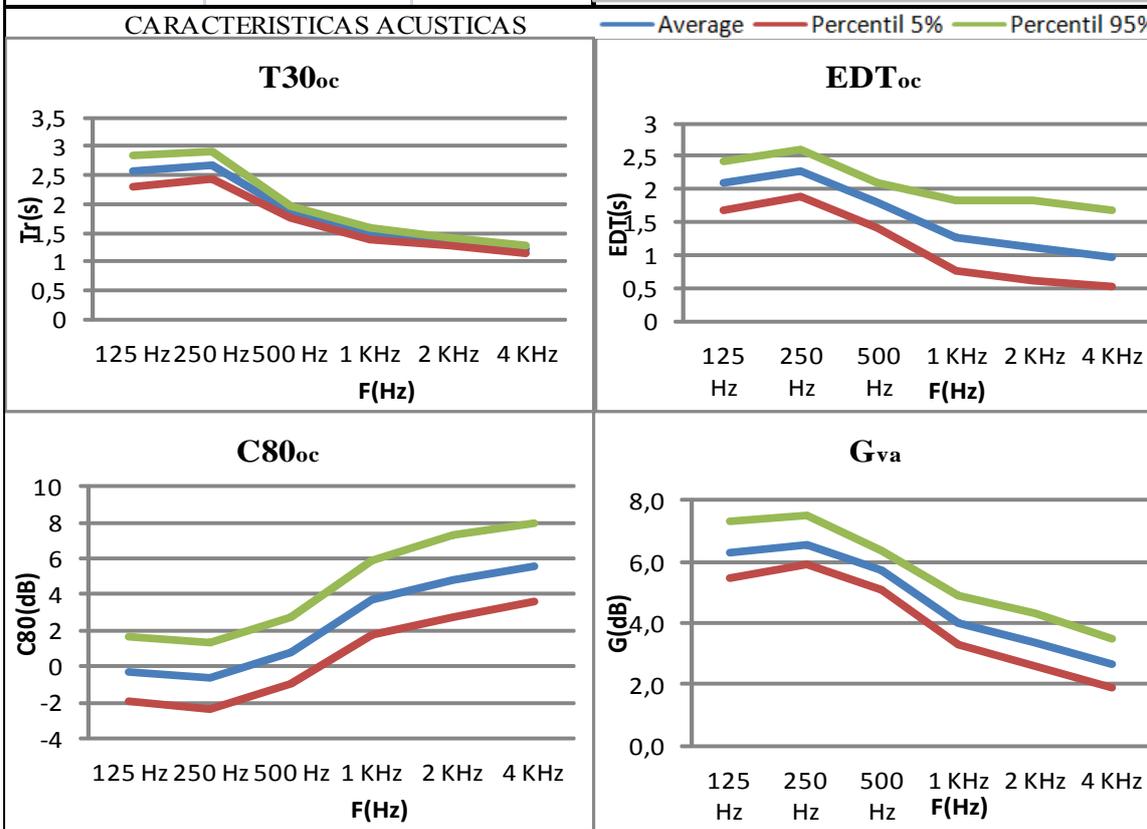
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=2005	$S_t=3168 \text{ m}^2$	$V/N=7,3$	Suelo = Madera suelo escenario Concha =Cortina plegada 5 cm pared Paredes = Madera 1 capa Audiencia = Butaca poco tapizada Techo = Panel de madera
Reforma=-	$S_e=114,1 \text{ m}^2$	$V/S_a=9,5 \text{ m}$	
Aforo=1008	$S_a=774 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,8 \text{ m}^2$	
$V=7377 \text{ m}^3$	$L=9,3 \text{ m}$	$DRC=13,9 \text{ m}$	

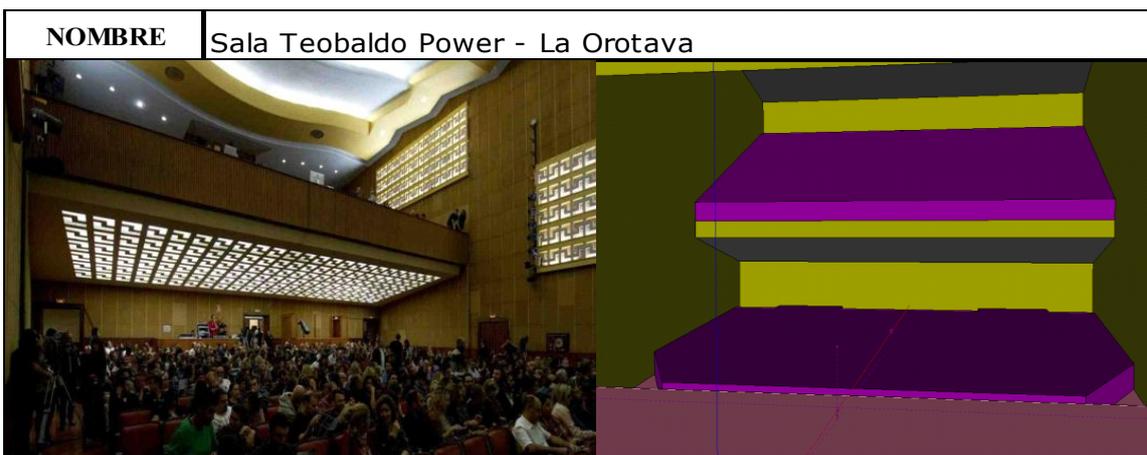




El Teatro Auditorio Buero Vallejo es un teatro y auditorio público de Guadalajara (España). Fue construido entre 1998 y 2002 en el centro de la ciudad, junto al Campus Universitario. El edificio ocupa un espacio de 9.320 m<sup>2</sup> que se dividen en cuatro zonas principales. La sala principal, cuenta con 1.003 butacas y tiene un foso para orquesta

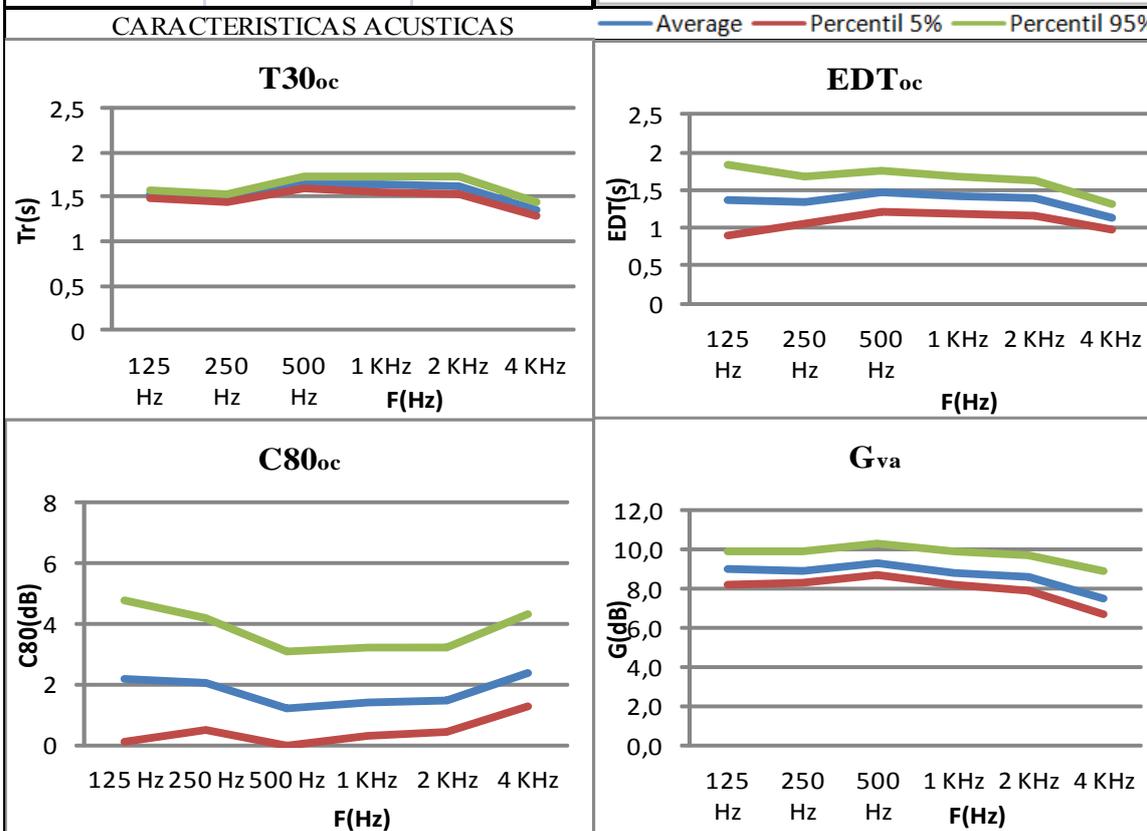
CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=2002	$S_t=3555 \text{ m}^2$	$V/N=9,3$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Cortina ligera 5 cm pared Paredes = Panel de madera Audiencia = Butaca poco tapizada Techo = Panel de madera
Reforma=-	$S_e=221,8 \text{ m}^2$	$V/S_a=12,3 \text{ m}$	
Aforo=1003	$S_a=760 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,8 \text{ m}^2$	
$V=9377 \text{ m}^3$	$L=10,6 \text{ m}$	$DRC=17,3 \text{ m}$	





Construido en 1953 y reformado posteriormente en 1990. Es el principal centro organizador de las actividades culturales ofrecidas en La Orotava (Tenerife).

CARACTERISTICAS TECNICAS			MATERIALES
Año=1953	$S_t=2453 \text{ m}^2$	$V/N=5,0$	Suelo = Madera suelo escenario Concha = Panel de madera Paredes = Panel de madera Audiencia = Butaca poco tapizada Techo = Yeso duro
Reforma=1990	$S_e=129,2 \text{ m}^2$	$V/S_a=7,8 \text{ m}$	
Aforo=1050	$S_a=640 \text{ m}^2$	$S_a/N=0,6 \text{ m}^2$	
$V=5013 \text{ m}^3$	$L=8,2 \text{ m}$	$DRC=11,3 \text{ m}$	





## 8.2. Tablas de la base de datos

Las tablas creadas como base de datos de este proyecto se adjuntan en formato digital junto a la presentación en formato digital de todo el proyecto.



## 9. Índice de contenidos

### 9.1 Índice de figuras

Figura 1.1 : Histograma recintos en España en función del aforo.....	6
Figura 1.2 : Gráfica de recintos con aforo superior a 1000 personas .....	7
Figura 1.3 : Energía radiada en un recinto. ....	9
Figura 1.4 : Esquema llegada de diversos rayos y ecograma.....	11
Figura 1.5 : Sonido directo y primeras reflexiones en un recinto.....	12
Figura 1.6 : Zonas en la difusión del sonido. ....	13
Figura 1.7 : Tipo de materiales y sus efectos acústicos.....	15
Figura 1.8 : Tabla de tiempos de reverberación óptimos según L.Beranek. ....	16
Figura 1.9 : Ecuación del parámetro G (sonoridad). ....	17
Figura 1.10 : Ecuación del parámetro C80 (claridad musical). ....	17
Figura 1.11 : Ecuación del parámetro LF en términos energéticos.....	18
Figura 1.12 : Ecuación del parámetro LF ( eficiencia lateral).....	18
Figura 2.1 : Panel de herramientas del software Google SketchUp. ....	19
Figura 2.2 : Página principal de acceso a MIREM. ....	21
Figura 2.3 : Panel de búsqueda en MIREM. ....	22
Figura 2.4 : Ejemplo de realización de escenario en SketchUp. ....	23
Figura 2.5 : Ejemplo de realización de suelo y zona de audiencia en SketchUp.....	24
Figura 2.6 : Ejemplo de realización de paredes en SketchUp. ....	24
Figura 2.7 : Vista interior del proceso de modelado finalizado en SketchUp. ....	25
Figura 2.8 : Vista exterior del proceso de modelado finalizado en SketchUp.....	26
Figura 3.1 : Tabla de materiales y coeficientes de absorción.....	31
Figura 3.2 : Tabla de coeficientes de difusión.....	32
Figura 4.1 : Panel principal de la herramienta de búsqueda de datos .....	38



Figura 5.1 : Gráfica año de construcción de los recintos.....	39
Figura 5.2 : Gráfica del aforo total de los recintos.....	40
Figura 5.3 : Gráfica del volumen total de los recintos.....	41
Figura 5.4 : Gráfica de Sup. Audiencia en función de Sup. Total.....	42
Figura 5.5 : Gráfica Tmid (vacío) de los recintos según tipo de simulación. ....	43
Figura 5.6 : Gráfica Tmid (ocupado) de los recintos según simulación. ....	44
Figura 5.7 : Gráfica Tmid y EDTmid (vacío) de los recintos en receptor central. ....	45
Figura 5.8 : Gráfica Tmid y EDTmid (ocupado) de los recintos en receptor central....	45
Figura 5.9 : Gráfica Tmid (ocupado) de los recintos en simulación multipunto. ....	46
Figura 5.10 : Gráfica EDTmid (ocupado) de los recintos en simulación multipunto....	47
Figura 5.11 : Gráfica comparación Tmid y EDTmid (ocupado) de los recintos. ....	47
Figura 5.12 : Gráfica C80 (ocupado) de los recintos en simulaciónn multipunto. ....	48
Figura 5.13 : Gráfica C80 (vacío) de los recintos en simulación multipunto. ....	49
Figura 5.14 : Gráfica D50 (ocupado) de los recintos en simulación multipunto. ....	49
Figura 5.15 : Gráfica D50 (ocupado) de los recintos en simulación multipunto. ....	50
Figura 5.16 : Gráfica Gmid (vacío) de los recintos en simulación multipunto. ....	51
Figura 5.17 : Gráfica Gmid y Glow (vacío) de los recintos en simulación multipunto..	52
Figura 5.18 : Gráfica LFC (vacío) de los recintos en simulación multipunto. ....	52
Figura 5.19 : Gráfica D50 (ocupado) de los recintos en simulación multipunto. ....	53
Figura 5.20 : Gráfica C80 en función del Tmid en estado ocupado. ....	54
Figura 5.21 : Gráfica Tmid (vacío) en función del V/Socupada. ....	54
Figura 5.22 : Gráfica Tmid (ocupado) en función del V/Saudiencia. ....	54
Figura 5.23 : Gráfica C80 (vacío) en función del V/Socupada. ....	55
Figura 5.24 : Gráfica D50(ocupado) en función del V/Socupada. ....	55
Figura 5.25 : Gráfica LFC (vacío) en función de la longitud de los recintos. ....	56
Figura 5.26 : Gráfica comp. EDT <sub>mid</sub> - T <sub>mid</sub> VACIO con base datos de L.Beranek. ....	57
Figura 5.27 : Gráfica comp. T <sub>mid</sub> OCUPADO con base datos de L.Beranek. ....	58
Figura 5.28 : Gráfica comp. T <sub>mid</sub> - V/ Socupada VACIO BBDD de L.Beranek. ....	59
Figura 5.29 : Gráfica comp. C80 - T <sub>mid</sub> VACIO con base datos de L.Beranek. ....	59
Figura 5.30 : Gráfica comp. G <sub>mid</sub> VACIO con base datos de L.Beranek. ....	60

