

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA



TRABAJO FIN DE MÁSTER

***ESTUDIO ACÚSTICO DE
ACONDICIONAMIENTO DEL TÚNEL DE LA ALCAZABA***

MÁSTER EN INGENIERÍA ACÚSTICA

MÁLAGA, 2015

INÉS ARAGÜEZ DEL CORRAL

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

Titulación: Máster en Ingeniería Acústica

Reunido el tribunal examinador en el día de la fecha, constituido por:

D./D^a. _____

D./D^a. _____

D./D^a. _____

para juzgar el Trabajo Fin de Máster titulado:

**ESTUDIO ACÚSTICO DE ACONDICIONAMIENTO
DEL TÚNEL DE LA ALCAZABA**

De la alumna D^a. *Inés Aragüez del Corral*

dirigido por D. *Enrique Nava Baro* y D^{ña}. *Tatiana Cardador Jiménez*

ACORDÓ POR _____ OTORGAR LA
CALIFICACIÓN DE _____

Y, para que conste, se extiende firmada por los componentes del tribunal, la presente diligencia

Málaga, a _____ de _____ de _____

El/La Presidente/a

El/La Vocal

El/La Secretario/a

Fdo.: _____ Fdo.: _____ Fdo.: _____

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

**ESTUDIO ACÚSTICO DE
ACONDICIONAMIENTO DEL TÚNEL DE LA ALZAZABA**

REALIZADO POR:

Inés Aragüez del Corral

DIRIGIDO POR:

D. Enrique Nava Baro. Profesor docente del Máster de Ingeniería Acústica.

*Dña. Tatiana Cardador Jiménez. Staff de Medio Ambiente en el Área de
Sostenibilidad Medioambiental del Ayuntamiento de Málaga.*

DEPARTAMENTO DE: *Ingeniería de Comunicaciones*

TITULACIÓN: **Máster en Ingeniería Acústica**

PALABRAS CLAVE: Acústica, medio ambiente, normativa, acondicionamiento, ruido, túnel, Alcazaba, asfalto fonoabsorbente, mortero absorbente, barrera acústica, galería, cultura, arte urbano, arte alternativo, carril bici, movilidad, tráfico, aislamiento acústico, Ease, Autocad, simulación acústica.

RESUMEN:

Ante la problemática del intenso ruido del interior del túnel de la Alcazaba, se realiza un estudio previo y una serie de propuestas tendentes a mejorar la calidad acústica de los peatones. Se estudia cada propuesta, mediante simulación y se hace una valoración final de los resultados, así como del costo aproximado.

Se ha tenido en cuenta tanto la normativa acústica como las especiales características del vial y su entorno, asimismo se ha contemplado el perfil cultural de la ciudad al estudiar las propuestas.

Málaga, septiembre de 2015

A la ciudad de Málaga.

Agradecimientos:

Este trabajo no hubiera llegado a buen puerto sin el continuo asesoramiento que he tenido por parte de mis tutores.

Gracias a Enrique Nava porque me ha ayudado en todas las cuestiones técnicas que ha implicado este trabajo, por las largas charlas mantenidas y por sus constantes muestras de ánimo.

Mi agradecimiento muy especial a Tatiana Cardador, por sus consejos positivos y por su apoyo constante. Las charlas en su despacho me han servido para adentrarme en el difícil mundo legal del Medio Ambiente.

Gracias a los dos por todo y, por encima de todo, por su amistad.

Tengo que agradecer el apoyo recibido por el Área de Sostenibilidad Medioambiental del Ayuntamiento de Málaga, y en especial, a Laura Redondo y a Juan Carlos Borrás. Siempre valoraré sus consejos, sus vivencias y la confianza que han depositado en mí.

Un entrañable agradecimiento a mis compañeros de trabajo durante este verano del 2015, Ricardo, Natalia, Rocío, Raúl, Yolanda y Mari Carmen.

Gracias al claustro de profesores del Máster de Ingeniería Acústica de la Universidad de Málaga, y en especial, a Fernando Ruiz, por apoyarme en los momentos más difíciles.

A mis compañeros de clase, les agradezco su ayuda y sobretodo su amistad. Esos momentos en la cafetería al final de las clases han sido para mí muy entrañables.

Gracias a mi familia y amigos que siempre me han apoyado, y han soportado mis malos momentos y ausencias.

Y en especial, gracias a Jesús Alberto, por creer en mí y apoyarme siempre...



ÍNDICE

1.- OBJETO Y ANTECEDENTES	9
2.- DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO	10
2.1.- DESCRIPCIÓN	10
2.2.- SITUACIÓN DEL TÚNEL.....	11
3.- DESCRIPCIÓN CONSTRUCTIVA DEL TÚNEL	13
4.- DATOS DEL TRÁFICO.....	14
4.1.- PREVISIONES INICIALES	14
4.2.- ESTIMACIÓN DE 2012	15
4.3.- ESTIMACIÓN DE 2015	16
4.4.- MODELIZACIÓN DEL TRÁFICO ACTUAL	16
5.- PROBLEMÁTICA.....	17
6.- MODELIZACIÓN	18
6.1.- AUTOCAD.....	18
6.2.- EASE	19
7.- PROPUESTA DE SOLUCIONES	20
7.1.- ASFALTO FONOAORSORBENTE	20
7.2.- MORTERO ABSORBENTE	22
7.3.- BARRERAS ACÚSTICAS	25
7.4.- MORTERO ABSORBENTE + BARRERAS ACÚSTICAS + ASFALTO FONOAORSORBENTE	30
7.5.- PANELES ABSORBENTES	31
7.6.- PASILLO AISLADO MEDIANTE PARAMENTO DIVISORIO	36
7.6.1.- SIN MODIFICACIÓN DE VIALES	36
7.6.2.- SUPRIMIENDO UN VIAL	58



8.- ANÁLISIS DE RESULTADOS	59
9.- CONCLUSIONES	59
10.- LÍNEAS FUTURAS	60
11.- REFERENCIAS	61
ANEXO 1: PLANOS	66
ANEXO 2: CÁLCULO DE LAS DIFERENTES PROPUESTAS	79
1.- SITUACIÓN INICIAL.....	80
1.1.- INTRODUCCIÓN DE DATOS.....	80
1.2.- TIEMPO DE REVERBERACIÓN	81
1.3.- FUENTES DE EMISIÓN DE RUIDO DE TRÁFICO RODADO.....	82
1.4.- SIMULACIÓN DE NIVELES SONOROS	84
2.- PROPUESTA 2: MORTERO ABSORBENTE	91
2.1.- INTRODUCCIÓN DEL MATERIAL.....	91
2.2.- SIMULACIÓN DE NIVELES SONOROS	92
2.- PROPUESTA 3: BARRERA ACÚSTICA DE METACRILATO	98
2.1.- INTRODUCCIÓN DEL MATERIAL.....	98
2.2.- SIMULACIÓN DE NIVELES SONOROS.OPCIÓN 1	99
2.3.- SIMULACIÓN DE NIVELES SONOROS. OPCION 2	104
3.- PROPUESTA 4: MORTERO ABSORBENTE + BARRERA ACÚSTICA DE METACRILATO + ASFALTO FONOABSORBENTE	109
3.1.- INTRODUCCIÓN DEL MATERIAL.....	109
3.2.- SIMULACIÓN DE NIVELES SONOROS.....	109
4.- PROPUESTA 5: PANELES ABSORBENTES	115
4.1.- INTRODUCCIÓN DEL MATERIAL.....	115
4.2.- PANELES ENTRE 2 Y 4 METROS. SIMULACIÓN DE NIVELES SONOROS	116



4.3.- PANELES ENTRE 2 Y 5 METROS. SIMULACIÓN DE NIVELES SONOROS	122
4.4.- PANELES ENTRE 0 Y 5 METROS. SIMULACIÓN DE NIVELES SONOROS	128
5.- PROPUESTA 6: PASILLO AISLADO MEDIANTE PARAMENTO DIVISORIO	134
5.1.- CÁLCULO DEL AISLAMIENTO NECESARIO	134
ANEXO 3: ANEXO FOTOGRÁFICO	136
ANEXO 4: INTENSIDADES MEDIAS DE TRÁFICO	140



1.- OBJETO Y ANTECEDENTES

Todo el mundo reconoce que el ruido ambiental se ha convertido en una de las mayores fuentes de malestar de las sociedades modernas. El ruido lo llena todo y nos afecta a todos. Estamos expuestos a él en nuestros hogares, en la calle, en los centros de trabajo, cuando utilizamos un vehículo de transporte e incluso durante nuestro tiempo libre. Para una amplia mayoría de la gente que vive en los países desarrollados, la contaminación acústica es hoy en día un elemento absolutamente cotidiano, con el que se debe aprender a convivir, aunque pueda ser motivo de quejas o denuncias ocasionales. En cualquier caso, son muchas las personas que opinan que la contaminación sonora es un factor ambiental sumamente difícil de controlar y, en última instancia, una secuela tal vez inevitable del desarrollo y el progreso tecnológico.

Las diferentes investigaciones realizadas a lo largo de las últimas décadas por numerosos autores en todo el mundo han demostrado que la contaminación sonora afecta claramente a la salud de las personas, produciendo una larga serie de efectos fisiológicos y psicológicos, de naturaleza muy diversa, cuya importancia varía mucho con las condiciones concretas en cada caso.

Esta aparente contradicción de opiniones debe de ser resuelta por las diferentes administraciones que han de regular las emisiones y poner los límites correspondientes para que, sin frenar desarrollo tecnológico, éste no sea a costa de la salud de los ciudadanos.

A petición del Área de Gobierno de Sostenibilidad Medioambiental del Excmo. Ayuntamiento de Málaga se realiza el presente estudio denominado “ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DEL TÚNEL DE LA ALCAZABA”, con inicio en el mes de julio de 2015.

Este estudio trata de contemplar, y de alguna manera minimizar, el ruido ambiental que el tráfico produce en el interior de este vial.

2.- DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

2.1.- DESCRIPCIÓN

La ciudad de Málaga se encuentra situada al sureste de la península ibérica compartiendo límite con el extremo más occidental del mar Mediterráneo. Con una superficie aproximada de 39825 km², su población se establece en 568.479 (cifras oficiales de población resultantes de la revisión del Padrón municipal a 1 de enero de 2013)¹, lo que la sitúa como la segunda ciudad más poblada de Andalucía y la sexta de España.

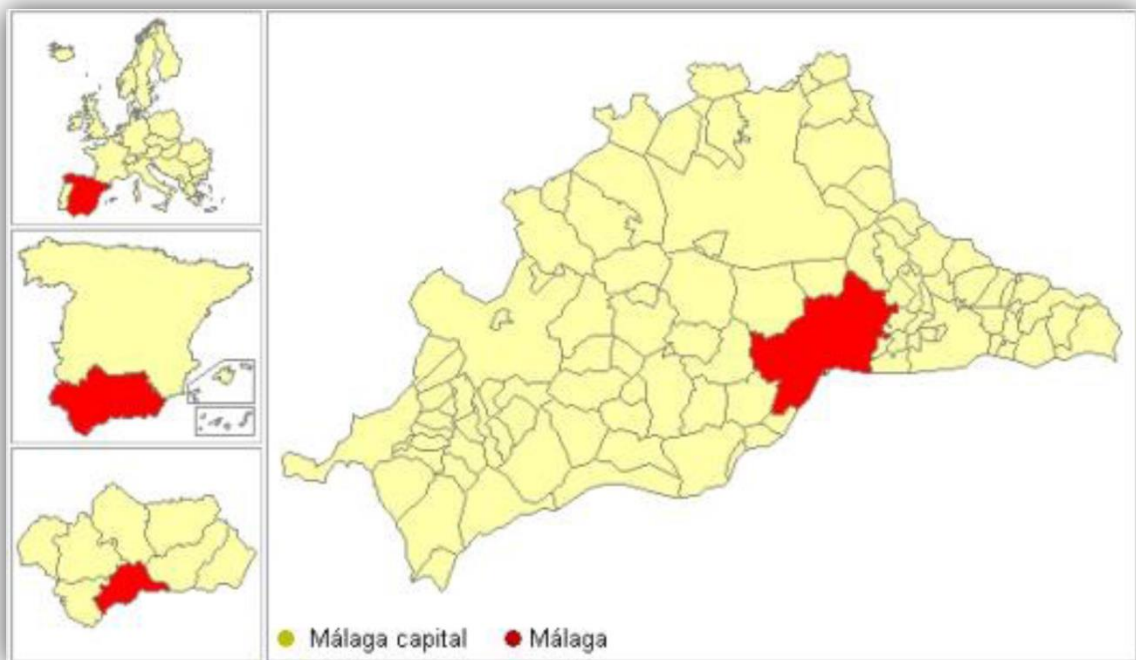


Figura 1 Situación de Málaga

Málaga está situada a una altitud de 11 metros sobre el nivel del mar y se abre a una amplia bahía rodeada por las estribaciones meridionales de los Montes de Málaga. El casco urbano se encuentra ubicado sobre un relieve llano con pendientes muy bajas.

En cuanto a su hidrografía, todo el municipio se encuadra dentro de la Cuenca Mediterránea Andaluza siendo sus principales ríos el Guadalhorce y el Guadalmedina, que recogen la mayor parte del agua del municipio.

¹ Instituto Nacional de Estadística. <http://www.ine.es/jaxi/tabla.do>



Dada la presencia de un tipo de clima subtropical-mediterráneo, la temperatura media anual se establece en 18°C, y su máxima media de 25,4 °C, siendo la humedad media del 66%.



Figura 2 Vista panorámica de Málaga

2.2.- SITUACIÓN DEL TÚNEL

El túnel de la Alcazaba comunica, en ambos sentidos, los accesos desde el Centro Histórico y Málaga Este, uniendo C/Alcazabilla y el Parque.

En una vista aérea más cercana, se puede situar con mayor precisión la ubicación del Túnel.

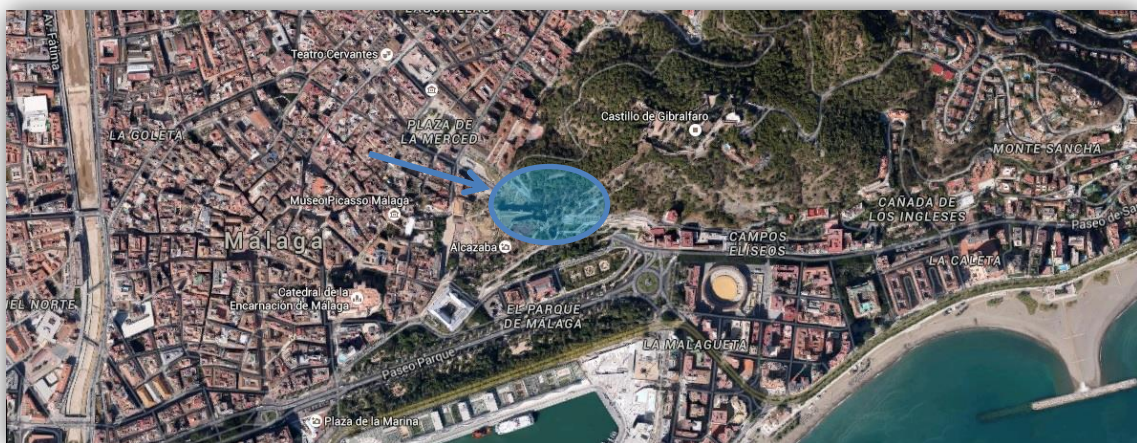


Figura 3 Ortofoto de Málaga

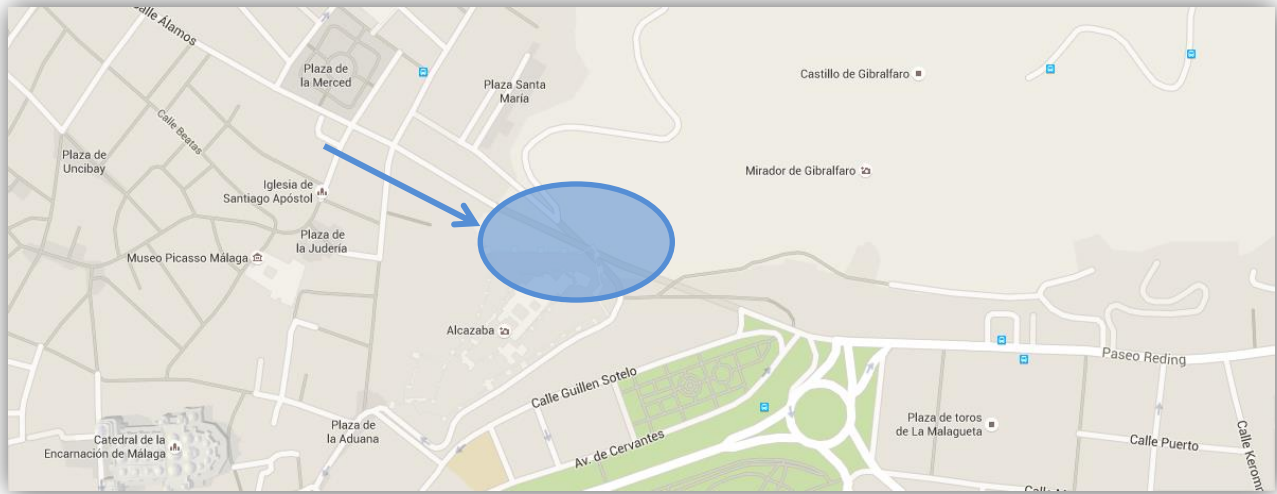


Figura 4 Emplazamiento del túnel de la Alcazaba



Figura 6 Vista aérea del túnel



Figura 5 Entrada Este del túnel



Figura 7 Entrada Este del túnel y alrededores

3.- DESCRIPCIÓN CONSTRUTIVA DEL TÚNEL

Atendiendo al proyecto de construcción del Túnel, redactado por los ingenieros de caminos, canales y puertos D. Camilo A. Martínez Alcalá y D. Manuel Romana Ruiz en Madrid en abril de 1997, visado número 010558 y que ha sido consultado en los archivos existentes en Área de Urbanismo del Ayuntamiento de Málaga, la traza de la obra perteneciente al túnel consta, empezando desde el extremo de C/Alcazabilla, de una alineación recta con 38 m de longitud; una curva a la izquierda con radio 1100 m, cuyo desarrollo es de 188 m; y otra curva a la izquierda de 150 m de radio y 27 m de desarrollo.

En la sección del túnel figuran dos aceras peatonales a ambos lados de la calzada y situadas a una cota superior en treinta centímetros a la cota de la ésta. Estas aceras están revestidas mediante hormigón impreso coloreado y bordillo de piedra artificial que delimita con la calzada. Actúa como separación calzada – acera una barandilla metálica de protección colocada sobre perfil New-Jersey situado a borde de calzada, pegadas a la sobreelevación formada por la acera.



Figura 8 Vista interior del túnel



Las calzadas disponen de cuatro carriles, dos por sentido, y se realiza mediante capa de rodadura asfáltica sobre base de material bituminoso y subbase de hormigón vibrado y zahorra natural.

Las paredes que forman el túnel no presentan revestimientos y consisten en el mismo muro resistente de hormigón armado con acabado liso y terminación de pintura pétreo hasta una altura 2,50 m.

En el centro del túnel se dispone un equipo compuesto de doble turbina de impulsión para mejorar la ventilación interior. Asimismo en el centro se disponen proyectores de alumbrado interior.

4.- DATOS DEL TRÁFICO

El volumen de tráfico que circula por el túnel es, como se puede entender, variable tanto en número de vehículos como en características de éstos. No obstante, se va a tomar como base determinadas previsiones realizadas y corregimos con mediciones propias.

4.1.- PREVISIONES INICIALES

Según lo indicado en el anexo de cálculo de IMD del proyecto antes mencionado, se estiman los siguientes valores:

Las IMD que se previeron para ambos sentidos son:

- Sentido Alcazabilla – Parque 14617 veh/día
- Sentido Parque – Alcazabilla 8.846 veh/día

Con un total de 23.463 veh/día. A esta cantidad se le sumó un 25% por el tráfico inducido que aparecería al entrar en funcionamiento el túnel, obteniendo una IMD de 29.328 veh/día.



En relación a la composición del tráfico, no existían datos oficiales referentes a la distribución del mismo en ligeros y pesados. De la observación visual se dedujo que el tráfico de pesados no presenta una incidencia significativa en el total del tráfico, por tanto se adoptó como valor un porcentaje del 10%.

4.2.- ESTIMACIÓN DE 2012

En 2012 se hicieron unas estimaciones a partir de los datos obtenidos de la página web del Área de Movilidad del Ayuntamiento de Málaga que formaban parte del informe “Mediciones de corta duración en el Túnel de la Alcazaba” realizado por Natalia Haro Fontiverio y Laura Redondo Rubio de la Torre con fecha 6 de marzo de 2012 con la siguiente evaluación.

Las intensidades del primer cuatrimestre de 2012 en la fecha de realización del informe no estaban disponibles, por ellos, se recopiló información sobre los datos del primer cuatrimestre de 2011 como periodo asimilable al primer periodo de 2012, y del tercer cuatrimestre de 2011 por estar próximo a la fecha en la que se realizó la medición, enero de 2012.

Respecto a los datos del primer cuatrimestre de 2011, se observó que la intensidad media diaria de un día laborable en sentido Este es de 15.599 vehículos/día mientras que en sentido Oeste es de 10.909 vehículos/día. La hora punta en sentido Este se registró a las 21.00 horas con 947 vehículos. En sentido Oeste, la hora punta en este periodo se registró a las 14.00 con una media de 698 vehículos.

Lo observado en el tercer cuatrimestre de 2011 en el sentido Este es una media de 14.604 vehículos/día en las jornadas laborables, la hora punta se registra a las 20.00 horas con un cálculo medio de 890 vehículos. En sentido Oeste, los datos que se ofrecen muestran una media de 8.101 vehículos/día, igualmente en jornada laborable, la hora punta se alcanza a las 15.00 horas con una media de 551 vehículos.



Como conclusión se dedujo que los flujos de tráfico son bastante elevados en los dos sentidos, debiendo tener en cuenta que ambos son accesibles simultáneamente. El mayor número de accesos se registra en sentido Este.

4.3.- ESTIMACIÓN DE 2015

Los últimos datos de intensidad de vehículos disponibles en la página web del Área de Movilidad del Ayuntamiento de Málaga se corresponden con el primer cuatrimestre de 2015. En este documento únicamente aparecen las intensidades correspondientes al sentido Este de circulación, correspondiéndose con 15.877 vehículos/día en jornada laborable, coincidiendo su hora punta a las 8.00 con 1.019 vehículos.

Para poder analizar los últimos datos obtenidos de la intensidad media de circulación en sentido Oeste, hay que remontarse al primer cuatrimestre de 2014, donde los valores obtenidos son los siguientes: La intensidad media diaria en días laborales se corresponde con 825 vehículos, siendo la hora punta a las 21.00, con un total de 133 vehículos.

Comparando ambos sentidos, se puede observar que existe una diferencia notable entre las intensidades medidas diarias, siendo mucho mayor la de sentido Este (15.877 veh/día) frente a la del sentido Oeste (825 veh/día).

4.4.- MODELIZACIÓN DEL TRÁFICO ACTUAL

Para el presente trabajo y en función de los puntos anteriormente expuestos se considera, como valor máximo instantáneo, la siguiente ocupación de vehículos en el interior del túnel: 1 vehículo cada 10 metros en cada carril. Se ha tomado este valor, que a priori puede parecer excesivo, como máximo de ocupación para poder obtener picos máximos de emisión, y así trabajar con valores límite admisibles legales, de esta manera, nos aseguramos que en caso de niveles de tráfico inferiores, se cumplen dichos umbrales. No obstante, se ha podido comprobar in situ que, cuando los semáforos de las



calles adyacentes están cerrados y en periodos de máximo tráfico, fácilmente se llegan o incluso se superan estos valores.

Para la modelización de estas fuentes, se van a distribuir de forma uniforme a lo largo de toda la longitud del túnel, en disposición tresbolillo en cada sentido.



Figura 9 Vista interior del túnel con tráfico denso

5.- PROBLEMÁTICA

Desde la inauguración del túnel, se viene manifestando un grave problema de nivel sonoro interior, no se puede olvidar que este túnel no sólo descongestiona el tráfico, sino que por sus dos aceras circulan bastantes peatones. Estos peatones en su recorrido por el interior se ven expuestos a un nivel acústico excesivo y que es superior a que pueda existir en las aceras de cualquier vía urbana congestionada. Esto hace pensar que se da un problema de aumento de intensidad por sucesivas reflexiones interiores y que no fue considerado en el proyecto inicial.

Por la situación céntrica del vial y la densidad de peatones que circulan, un problema que a priori no tendría mayor incidencia en cualquier otro túnel se convierte en un grave inconveniente y que debe ser afrontado por las autoridades municipales.



Según el último informe de 6/03/12 de “Mediciones de corta duración en el Túnel de la Alcazaba” los viandantes se ven sometidos a un nivel continuo equivalente Leq de 90 dBA, lo que incumple los valores indicados en:

- a) Tabla A del Anexo II del RD 1367/2007, sobre objetivos de calidad acústica para el ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes.
- b) Tabla I del artículo 9 del D6/2012, sobre objetivos de calidad acústica para ruidos aplicables a áreas urbanizadas existentes, en decibelios acústicos con ponderación A (dBA)
- c) Punto 3 del artículo 4 de la Ordenanza para la Prevención y Control de Ruidos y Vibraciones, Ayuntamiento de Málaga.

Por otro lado, se ha generado una alarma ciudadana que se ha recogido en varios artículos de prensa local, de los que se reproducen los más interesantes en el anexo **1**.

6.- MODELIZACIÓN

Para poder evaluar adecuadamente los procesos de reflexiones que se dan en el interior del túnel se ha procedido a efectuar una modelización de este mediante su digitalización y posterior tratamiento con un programa acústico.

6.1.- AUTOCAD

Como primer paso y tomando como base los propios planos del diseño del túnel, se ha realizado un modelado en 3D del mismo, para lo cual se ha utilizado el programa *Autocad versión 2013®*.



6.2.- EASE

Para la modelización acústica del túnel se emplea el programa *EASE®*. Todo el arduo proceso de simulación sonora se describe en el anexo 2.

A la vista de los datos obtenidos en este proceso se puede comprobar que existe un alto tiempo de reverberación en el recinto, oscilando entorno a valores de 1,8 segundos. Si nos centramos en la frecuencia donde se concentra la potencia de emisión del espectro típico de ruido de tráfico rodado, aproximadamente 200 Hz, se obtiene un pico de reverberación de 1,95 segundos.

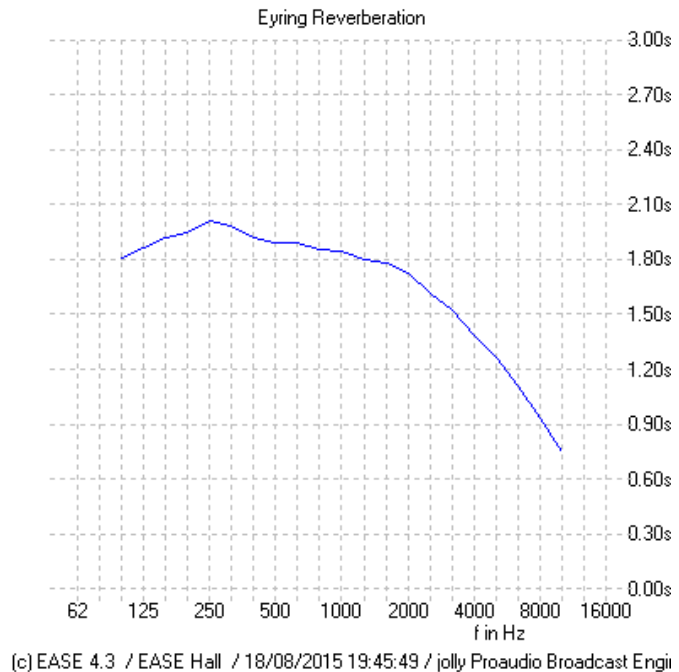
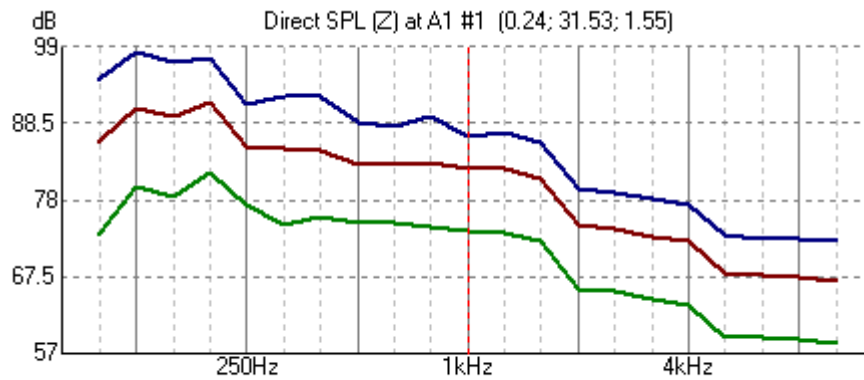


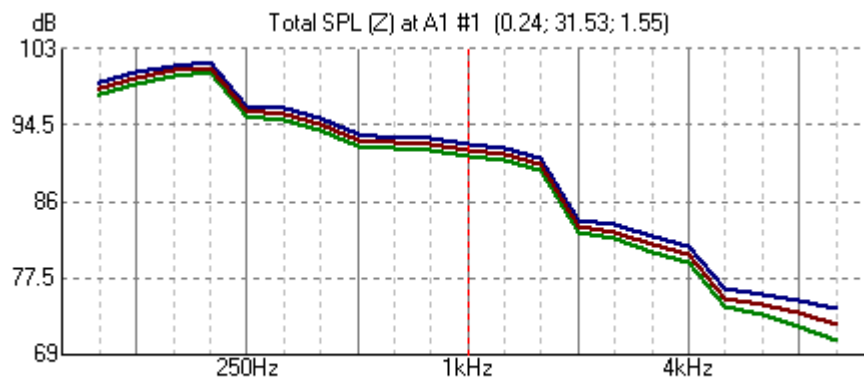
Figura 10 Tiempo de reverberación del recinto

También puede observarse que se obtienen unos niveles, tanto directo como total, muy elevados, especialmente en la franja de los 200 Hz.

El nivel SPL directo que se mide en el plano de audiencia es de 98,45 dB. Los niveles alcanzados de SPL total, que son los que percibe el viandante, tienen un valor medio total con ponderación A de 101,22 dBA, llegando a valores pico máximos en bandas en de 102 dBZ al evaluar el ruido a bajas frecuencias.



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 18/08/2015 20:01:28 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. I



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 18/08/2015 20:05:41 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. I

Figura 11 Curvas de niveles de SPL directo y total en la situación inicial

7.- PROPUESTA DE SOLUCIONES

Se plantean, a la vista de los resultados obtenidos, tres posibles soluciones que pasamos a describir.

7.1.- ASFALTO FONOAORSORBENTE

Estos firmes están formados por una capa de rodadura, con buenas características funcionales acústicas.



Las capas de rodadura se realizan con mezcla bituminosa en caliente discontinua, denominada fonoabsorbente FA, por mezcla bituminosa semidensa S, o por mezcla bituminosa en caliente drenante tipo PA.

La mezcla bituminosa FA será empleada en todas las secciones como capa de rodadura para tráficos muy pesado, pesado y medio, en un espesor de 3 cm. Para tráfico ligero, se dispondrá una mezcla bituminosa tipo S-12, con un espesor de 5 cm.

No se han encontrado fichas técnicas donde se determine los coeficientes de absorción en función de la frecuencia. No obstante, existe documentación donde se indica que la reducción acústica media de los niveles sonoros oscila en torno a los 3-4 dBA, con una reducción máxima de 6 dBA.

Si se aplica esto al caso del túnel, los niveles obtenidos no disminuyen lo suficiente como para llegar a valores aceptables, ya que se seguiría estando muy por encima de los límites establecidos de calidad acústica.

Se considera que esta medida puede ser adecuada en combinación con otras, de manera que puedan superponer ambas sus efectos de reducción acústica.



Figura 12 Asfalto fonoabsorbente



7.2.- MORTERO ABSORBENTE

Se estima que en el interior del túnel existe el problema de excesivas reflexiones por una superficie con un coeficiente de absorción demasiado bajo. Por ello, se plantea como posible medida el recubrimiento interior del arco del túnel con un mortero proyectado absorbente de marca Vermacustic o similar (ver plano nº 3.4.1).

El material escogido se trata de un mortero proyectable seco, ligero y exento de amianto. Este mortero se destina a la corrección acústica de locales industriales, centros docentes, salas de espectáculos, estudios de grabación, bibliotecas, restaurantes, centros de convenciones, discotecas, lugares ruidosos, talleres y fábricas, hoteles, pabellones deportivos y, como en este caso, túneles y otros elementos de obras públicas.

El aspecto que presenta el material, después de su secado completo, es de color blanco grisáceo, lo cual permite su completa integración en todo tipo de arquitectura o decoración de interiores. Tras el secado, el mortero queda ligero y perfectamente adherido al soporte.

Previo a la aplicación del proyectado es necesario aplicar sobre el soporte una capa de puente de unión. Las superficies destinadas a recibir la aplicación del mortero deben encontrarse limpias y perfectamente desengrasadas. La aplicación del mortero deberá realizarse con maquinaria tipo tornillo sin fin, estator o rotor, que no produzca ningún tipo de recalentamiento o secado del producto.

Los espesores de aplicación varían entre 6 y 35 mm, en una sola capa.

El tipo de secado varía dependiendo de la temperatura, la higrometría ambiente y el espesor de la aplicación. Su endurecimiento es total entre 10 y 15 días después de su aplicación.



Figura 13 Aplicación de mortero absorbente proyectable



El mortero contiene un material expandido, por lo que los sacos deberán ser manipulados con cuidado y los palets no podrán ser apilados. La temperatura de aplicación del producto no podrá ser inferior a los 5°C.

Durante el tiempo de secado, será necesario evitar los riesgos de condensación de fuerte humedad sobre la base, ya que se podría producir un efecto de “lavado” del producto. Es imprescindible mantener una buena aireación del local.

La densidad del material es de 450 kg/m³, una vez seco.

El coeficiente de absorción varía con la frecuencia según el gráfico siguiente:

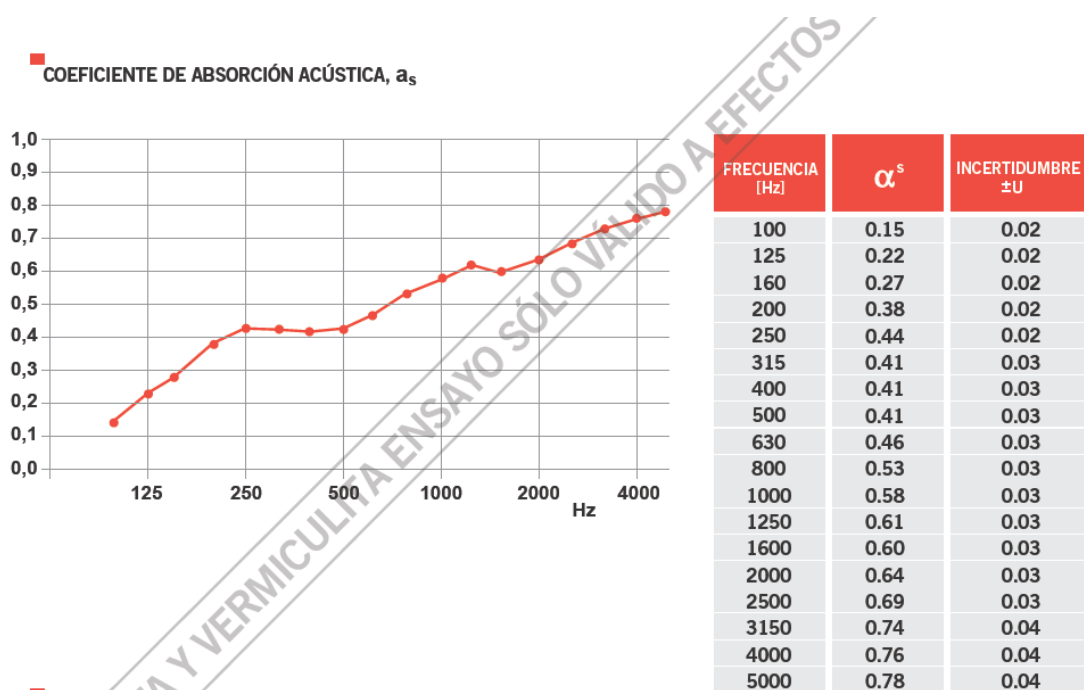
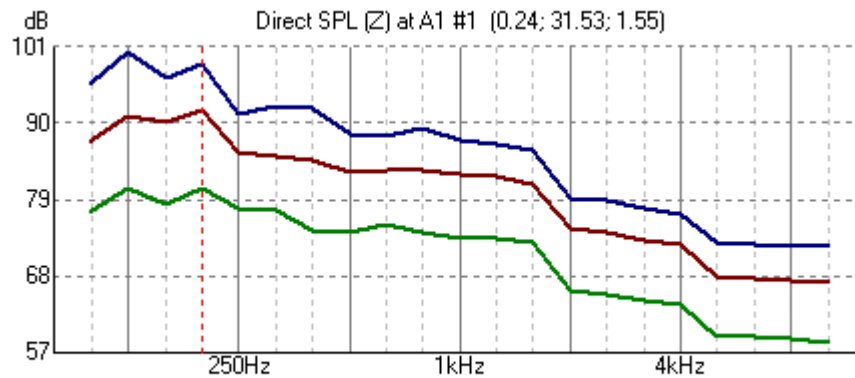
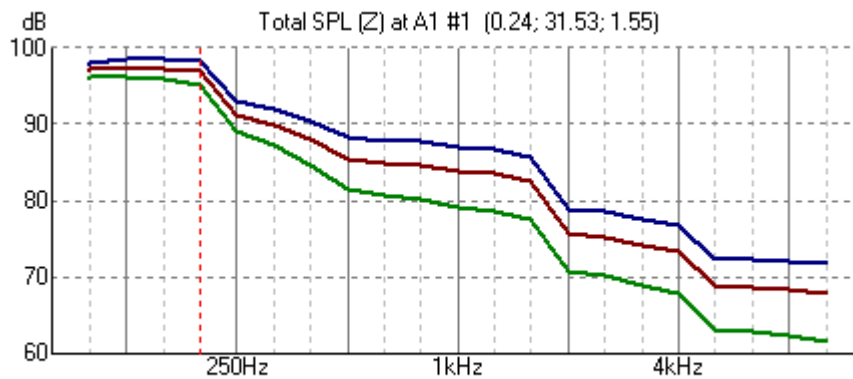


Figura 14 Características absorbentes del mortero

Con esta solución y volviendo a aplicar el programa de modelización se obtienen los siguientes resultados:



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 27/08/2015 13:40:30 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. I



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 27/08/2015 13:40:14 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. I

Figura 15 Curvas de niveles de SPL directo y total tras la aplicación de la propuesta

Se puede ver como los niveles de SPL total disminuyen, teniendo ahora un nivel total de 103,93 dB, es decir, 4 dB menos que en el caso inicial. Si se realiza el cálculo con la ponderación A, el nivel total obtenido es de 94,45 dBA. Esta diferencia sigue siendo muy baja, no llega a ser suficiente como medida de aplicación.

7.3.- BARRERAS ACÚSTICAS

OPCIÓN 1: BARRERA VERTICAL

Como otra propuesta medida, se plantea la colocación de barreras acústicas transparentes. Dentro de esta categoría, pueden ser de metacrilato PMMA (es el material más empleado para este fin), policarbonato o vidrio de seguridad que ayudan, aparte de cubrir su función principal de reducir el ruido, a cumplir una función visual para interferir mínimamente en la visibilidad del entorno. De esta manera, la construcción de pasillos en aceras tendrá un menor rechazo social por motivos de inseguridad, sensación de agobio o claustrofobia. Este tipo de barreras pueden incorporar un tratamiento antigrafiti.



Figura 16 Barreras de metacrilato

Las barreras acústicas de metacrilato tendrán las siguientes propiedades:

- Altamente transparente y traslucidas (92%)
- Extremadamente resistentes a la intemperie y envejecimiento (radiaciones UV)
- Ligeras, sencillas de moldear y manipular. Puede ser pegado, doblado, termoformado, perforado, pulido, fresado, etc.
- Aguantan hasta 80°C de exposición prolongada al calor
- Tienen la posibilidad de realizarse en pantallas incoloras, colores transparentes o con coloración
- Se suministran en espesores de 15 a 25 mm, teniendo como índice de atenuación acústica $R = 30$ dB, $R = 32$ dB o $R = 33$ dB de menor a mayor espesor.

Aplicaciones de la barrera acústica de metacrilato:

- Tráfico viario
- Tráfico ferroviario
- Otros ruidos no vinculados al transporte pero que provocan molestias para los vecinos.

Mantenimiento:

- Se recomienda limpiar con un cepillo suave alimentado con agua blanda. Nunca limpiar en seco ni con productos agresivos o jabones no neutros.
- El uso de limpia cristales que contengan alcohol o similares perjudica las propiedades y acorta la vida.
- En caso de desearse una fuerte limpieza, por ejemplo para la eliminación de grafitis, se recomienda consultar la tabla de resistencias químicas del producto, hacer una prueba en una pieza, y preferiblemente usar solamente productos recomendados por el fabricante.
- En caso de aparecer pequeñas rayas en la superficie debidas al uso cotidiano, se pueden eliminar con el uso de un pulimento específico para carrocería de coche aplicado a mano. En caso de rayas profundas o de grandes superficies a pulir, se recomienda el uso de una pulidora orbital excéntrica.



Figura 17 Puesta en obra de las barreras

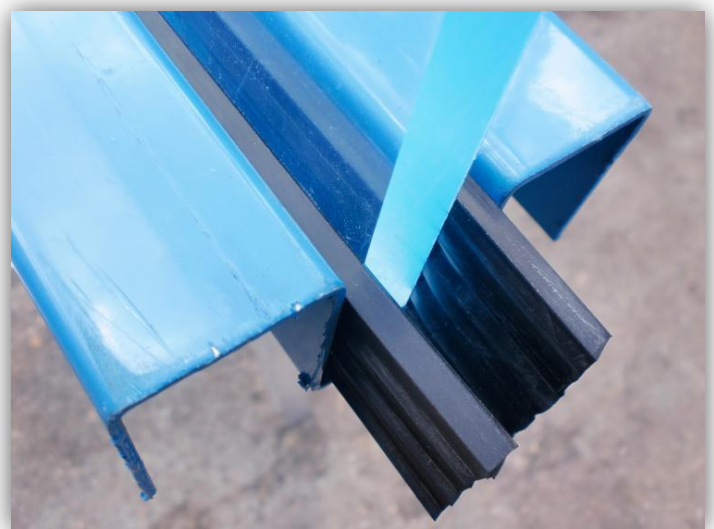


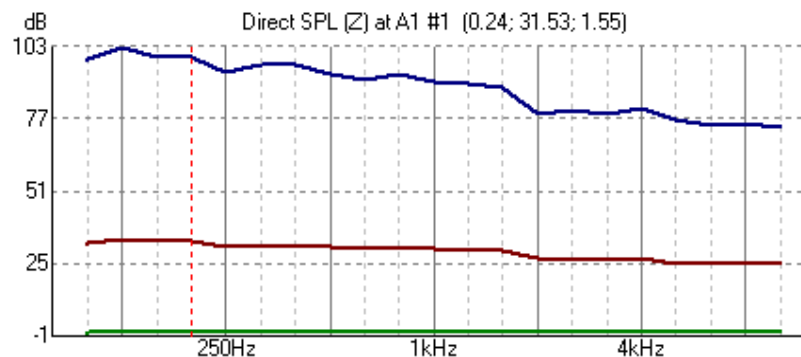
Figura 18 Vista del montaje de la barrera



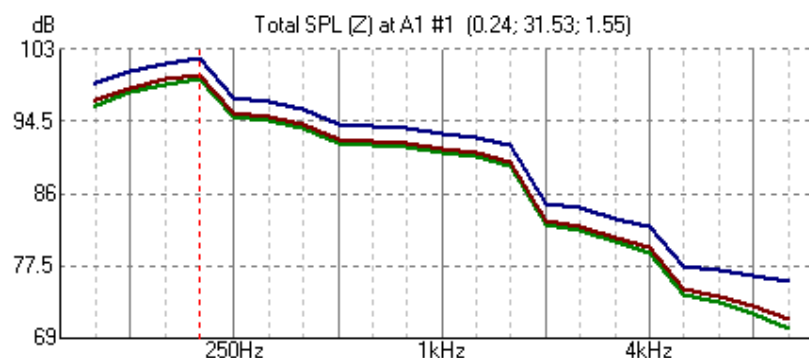
Rango:

- Tamaño:
 - o Se fabrican con el estándar de 3025x2050 mm.
 - o Se pueden suministrar cortadas a medida.
- Colores:
 - o Incoloro
 - o Cualquier color de la gama estándar o a medida.
- Espesores:
 - o El espesor estándar es 15 mm.
 - o Debe tenerse en cuenta diversos factores para calcular el espesor necesario. Entre ellos, la fuerza del viento de la zona donde se vaya a colocar, la distancia entre soportes, el tipo de fijación de la placa al soporte, los puntos de fijación y la atenuación acústica requerida.
 - o Se puede fabricar con distintos espesores bajo pedido.

Con esta solución y volviendo a aplicar el programa de modelización se obtienen los siguientes resultados:



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 27/08/2015 13:08:19 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. li



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 27/08/2015 13:08:02 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. li

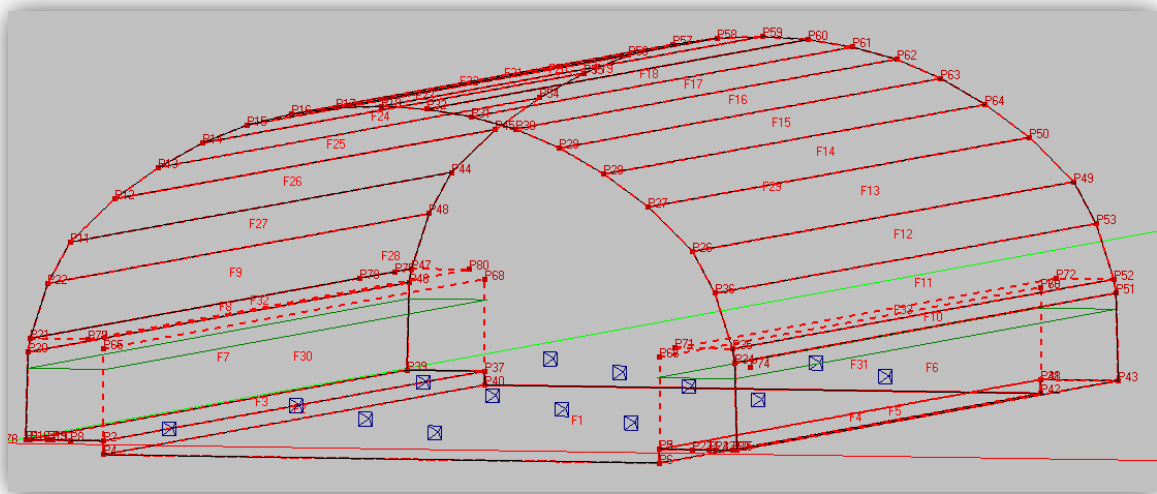
Figura 19 Curvas de niveles SPL directo y total tras la aplicación de la propuesta



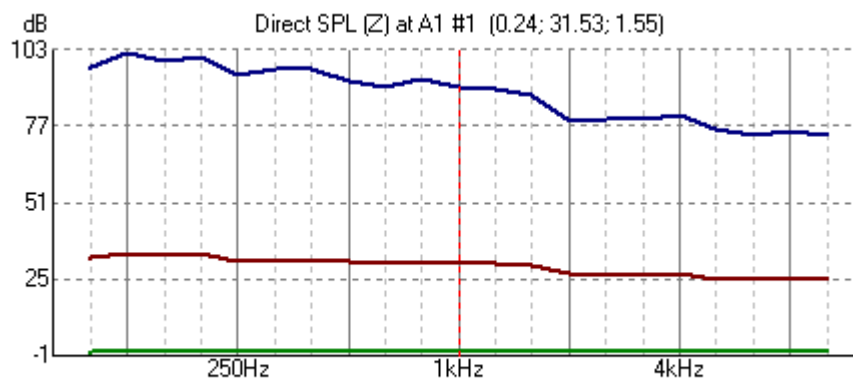
Se comprueba que el SPL directo disminuye drásticamente, siendo muy grande la diferencia entre niveles máximos y mínimos en los niveles simulados, sin embargo, los niveles de SPL total se mantienen bastante similares a los iniciales, con un nivel total de 106,85 dB, y en el caso del nivel total con ponderación A se obtiene 100,5 dBA, poniendo de manifiesto que nos encontramos ante un problema, sobretodo, de cámara con excesiva reverberación.

OPCIÓN 2: BARRERA VERTICAL + BARRERA HORIZONTAL

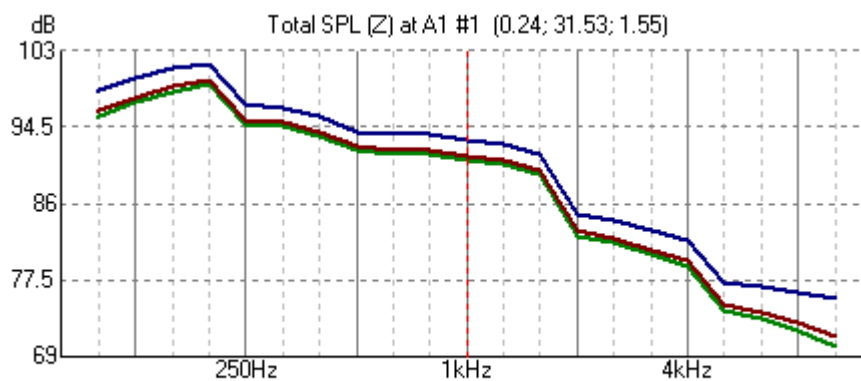
Como alternativa a la opción anterior, ya que en esta se obtienen valores de reducción acústica muy bajos, se propone realizar una barrera horizontal superior de las mismas características a una altura de 2,20 metros, de manera que quede un hueco libre entre el paramento vertical y horizontal. Esta opción se basa en la idea de frenar los rayos acústicos que puedan transmitirse a través de la geometría de la bóveda del túnel y que se concentran en la zona de viandantes.



Una vez introducidas las barreras previstas, se simula el nivel acústico en las zonas de audiencia programadas.



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 04/09/2015 19:42:46 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. Ii



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 04/09/2015 19:42:22 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. Ii

Como se puede ver, no se obtienen grandes reducciones de ruido. El SPL directo se mantiene prácticamente igual al apartado anterior, existiendo una gran diferencia entre niveles máximos y mínimos. En los niveles de SPL total, no se observan una reducción acústica apreciable.

7.4.- MORTERO ABSORBENTE + BARRERAS ACÚSTICAS + ASFALTO FONOABSORBENTE

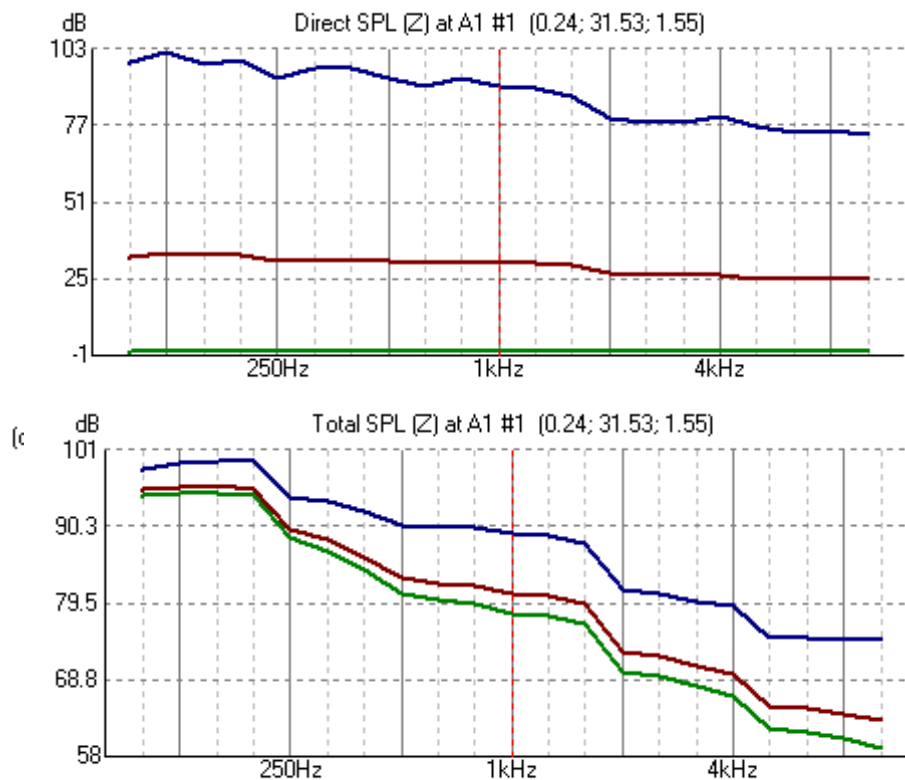
Tras las simulaciones anteriores, se ha comprobado que las medidas por sí solas no son lo suficiente efectivas para reducir los niveles sonoros existentes en el túnel hasta niveles aceptables.



Figura 20 Barreras acústicas instaladas

Se va a comprobar a continuación, si realizando una propuesta conjunta de las tres medidas anteriores se consigue llegar a un ruido admisible. Para ello, de nuevo se hace uso del programa de simulación acústica Ease, en el que se introducen las barreras acústicas y las paredes con mortero absorbente, y una vez obtenidos los niveles resultantes de estas medidas, se pasa a restarle la atenuación producida por el asfalto fonoabsorbente. Este se ha realizado de esta manera ya que, como se ha mencionado anteriormente, no se dispone de los índices de absorción de este material en frecuencia, sino el valor medio de reducción acústica total en dB.

En primer lugar, en la simulación acústica de las medidas mortero absorbente + barreras acústicas de metacrilato se obtienen los siguientes resultados:



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 28/08/2015 13:55:30 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. li

Figura 21 Curvas de niveles de SPL directo y total tras la aplicación de la propuesta

En este caso se obtiene un valor total de ruido sin ponderación de 102,38 dB, mientras que si se le aplica la ponderación A se tiene un valor de 92,34 dBA. Si a estos valores de SPL total obtenidos con ponderación A le restamos los 3 dB que produce la aplicación de asfalto fonoabsorbente en el vial, tendríamos un nivel total que oscilaría en torno a 89,34 dB. Este valor continúa siendo muy alto, teniendo en cuenta además el alto coste de la aplicación de las tres medidas de forma conjunta.

7.5.- PANELES ABSORBENTES

Como otra medida alternativa al uso del mortero, se propone la colocación de paneles absorbentes para aumentar el coeficiente de absorción del recinto. Estos baffles se instalarán anclados a la pared interior del túnel (ver plano nº 3.3), formando dos hileras simétricas, de manera que no se vean alterados ni el sistema de alumbrado ni el sistema de circulación forzada de aire. Los paneles serán de marca Isotek-Baffles o

similar. Se considera que el bajo peso de estos elementos no incide en la resistencia estructural del túnel. Los baffles son de las siguientes características:

Los elementos fonoabsorbentes para colgar están compuestos de resina melamínica Basotect de BASGF. Se trata de un elemento absorbente con un sistema de suspensión horizontal, provisto de ganchos para su colocación. La superficie vista puede ser lisa o almohadillada. El color estándar es gris. Las dimensiones del formato



Figura 22 Paneles absorbentes comerciales

rectangular son 500x1200x45 mm, aunque también están disponibles otros formatos bajo pedido.

La curva de absorción frecuencial de este elemento es la siguiente:

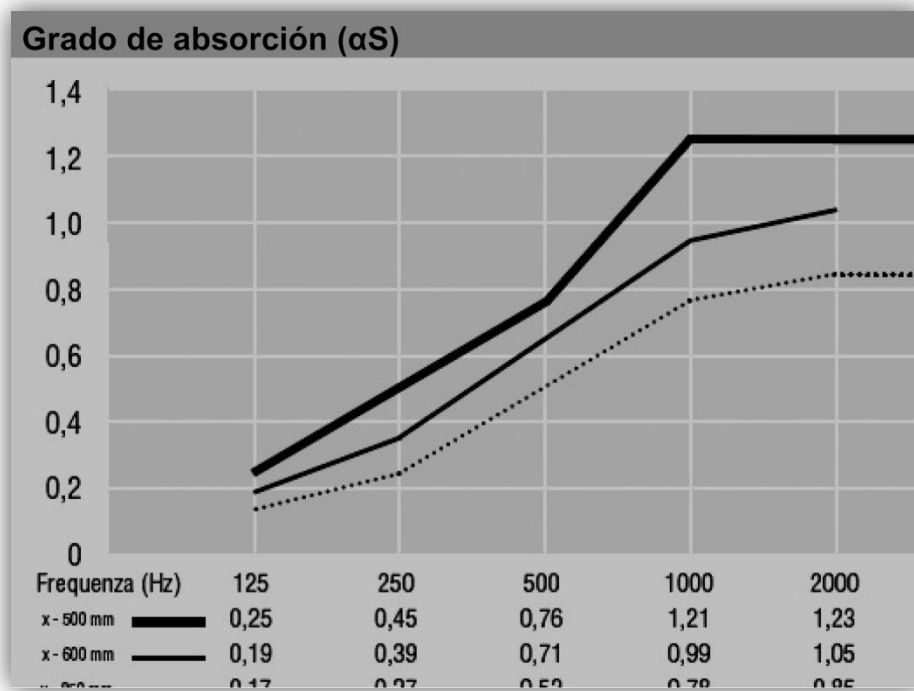
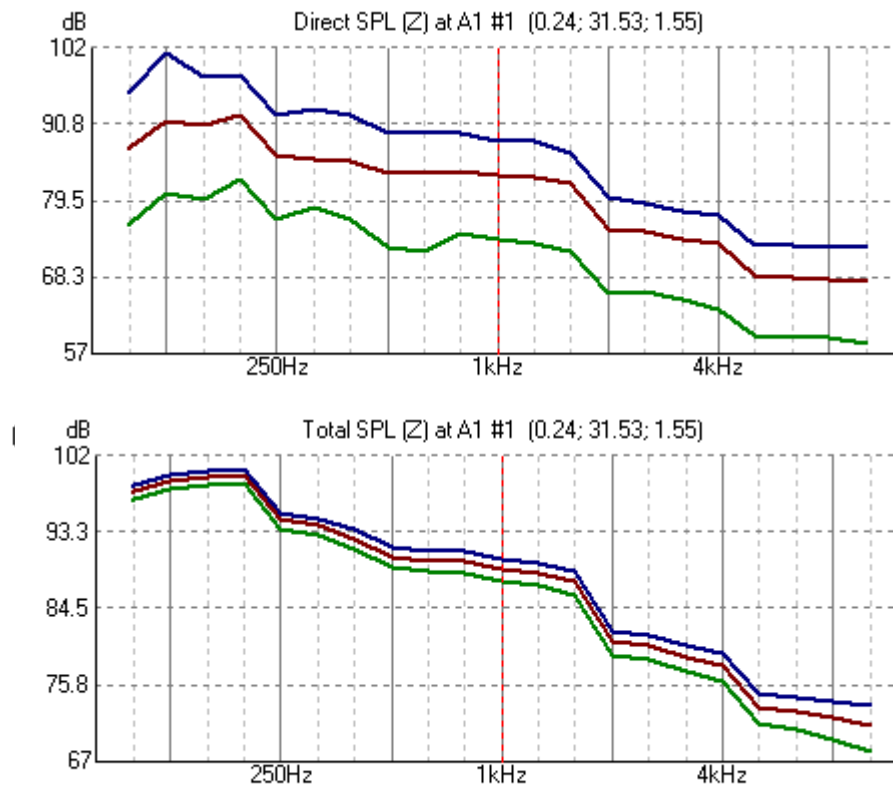


Figura 23 Curva de absorción en frecuencia de los paneles

Con esta solución y volviendo a aplicar el programa de modelización se obtienen los siguientes resultados:

PANELES ABSORBENTES ENTRE UNA ALTURA DE 2 Y 4 METROS.

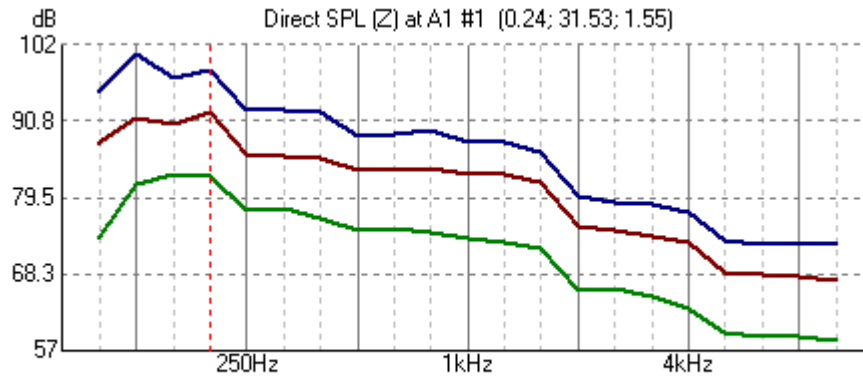


(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 03/09/2015 12:57:15 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. ll

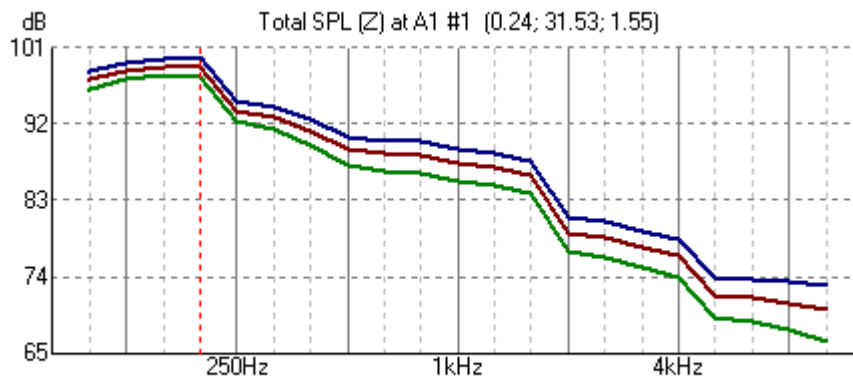
Figura 24 Curvas de niveles SPL directo y total tras la aplicación de la propuesta

Se puede ver como los niveles de SPL total disminuyen, teniendo ahora un nivel total de 106,58 dB, es decir, aproximadamente 2 dB menos que en el caso inicial. Si se realiza el cálculo con la ponderación A, el nivel total obtenido es de 98,96 dBA. Esta diferencia sigue siendo muy baja, no llega a ser suficiente como medida de aplicación.

PANELES ABSORBENTES ENTRE UNA ALTURA DE 2 Y 5 METROS.



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 03/09/2015 13:25:17 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. li



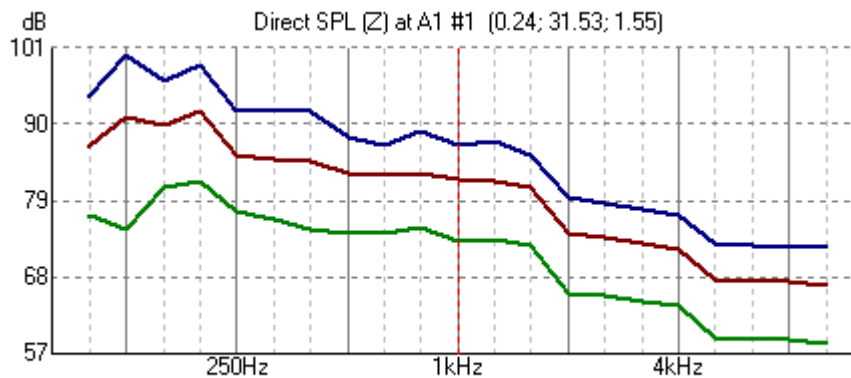
(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 03/09/2015 13:25:33 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. li

Figura 25 Curvas de niveles SPL directo y total tras la aplicación de la propuesta

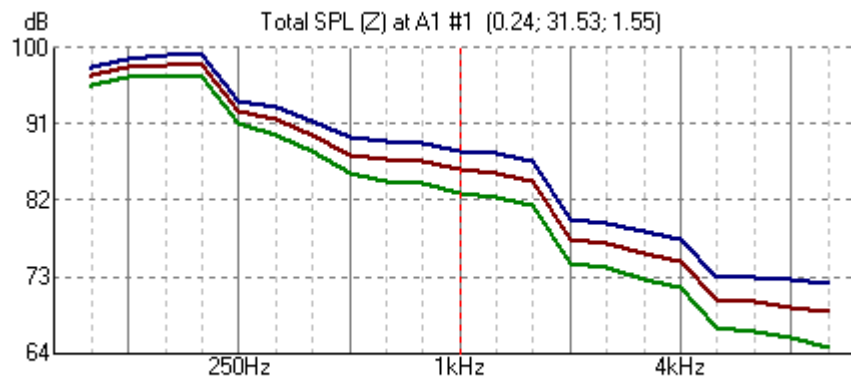
En este caso, los niveles de SPL total también disminuyen, llegando a un nivel total en banda completa de 105,66 dB, unos 3 dB de reducción acústica. Si se realiza el cálculo con la ponderación A, el nivel total obtenido es de 97,58 dBA. Esta diferencia sigue siendo muy baja, no llega a ser suficiente como medida de aplicación.



PANELES ABSORBENTES ENTRE UNA ALTURA DE 0 Y 5 METROS.



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 03/09/2015 13:40:44 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. li



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 03/09/2015 13:41:46 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. li

Figura 26 Curvas de niveles SPL directo y total tras la aplicación de la propuesta

Aquí se puede comprobar que los niveles de SPL total vuelven a descender ligeramente, llegando a un nivel global en banda completa de 104,82 dB, que equivale a un nivel de 96,18 dBA si se le aplica la ponderación A. Esto se corresponde con una reducción de ruido de 5 dB.



7.6.- PASILLO AISLADO MEDIANTE PARAMENTO DIVISORIO

7.6.1.- SIN MODIFICACIÓN DE VIALES

Esta solución es, quizás, la que más modifica la geometría interior del túnel ya que se plantea el disponer de un paramento aislante que separe los espacios de vehículos y los de peatones. En este caso se suprimen una de las aceras y los carriles se trasladan a esta zona, pudiendo así aumentar la anchura de la acera opuesta (**ver plano n°**). Este aumento de espacio permitiría la inclusión de un carril bici en la misma que no es posible actualmente. Esta nueva disposición del acerado encaja con las nuevas propuestas de movilidad y eficiencia energética que el Área de Sostenibilidad Medioambiental y el Área de Movilidad están incorporando en la ciudad.

A la hora de configurar el nivel acústico deseado, se han consultado los límites de calidad acústica reflejados en el D6/2012, por lo que si se va a asimilar este recinto a un espacio cultural, los límites establecidos son los siguientes:

Tabla I

Objetivo de calidad acústica para ruidos aplicables a áreas urbanizadas existentes, en decibelios acústicos con ponderación A (dBA)

Tipo de área acústica		Índices de ruido		
		L_d	L_e	L_n
a	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial	65	65	55
b	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial	75	75	65
c	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos	73	73	63
d	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso característico turístico o de otro suelo terciario no contemplado en el tipo c	70	70	65
e	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera de especial protección contra contaminación acústica	60	60	50
f	Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte u otros equipamientos públicos que los reclamen (1)	Sin determinar	Sin determinar	Sin determinar
g	Espacios naturales que requieran una especial protección contra la contaminación acústica	Sin determinar	Sin determinar	Sin determinar

Figura 27 Tabla de objetivos de calidad acústica del D6/2012



Se ha considerado en este estudio que el uso dado en este pasaje en horario nocturno es mínimo, tanto para viandantes como para el tráfico rodado existente en el túnel, por lo tanto, se efectúa el cálculo exclusivamente para horario diurno ya que se considera el punto más desfavorable. Téngase en cuenta que el pico máximo diario de IMD se encuentra en horario diurno.

Con el objeto de tener una orientación sobre el grado de molestia que se puede causar, se introducen los ruidos simulados en las curvas Noise Criteria. Estas curvas fueron desarrolladas por la American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (A.S.H.R.A.E), y nos suministran información sobre el contenido espectral que debe exigirse a un ruido, para poder desarrollar una actividad normal, como por ejemplo, el grado de perturbación del ruido sobre una conversación normal.

Una sala cumple con cierta curva NC cuando los niveles de ruido, en todas las bandas de octava, están por debajo de esa curva NC. Estas curvas siguen aproximadamente la sensibilidad del oído en función de la frecuencia. Esto significa que para cada curva NC, los niveles de presión permitidos a bajas frecuencias son mayores que los correspondientes a frecuencias altas, debido a que el oído es menos sensible a las bajas frecuencias.

En el caso que nos ocupa, los márgenes deben situarse según criterio de selección de curvas NC entre 50 – 60 dBA.

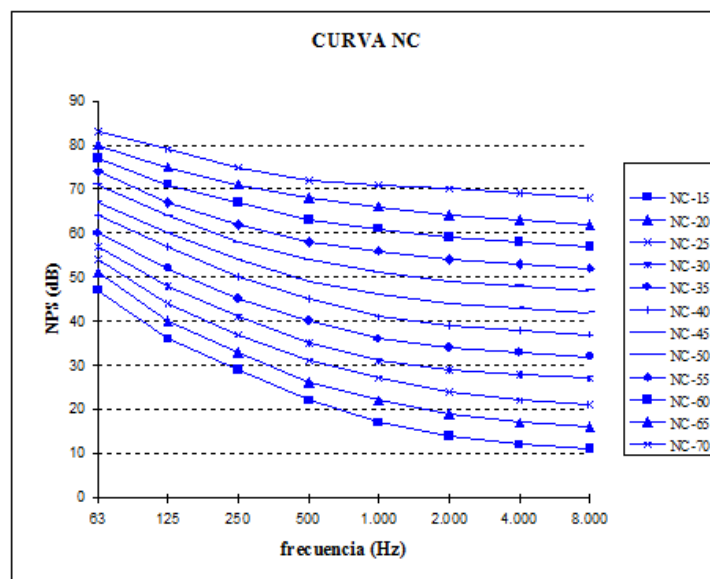


Figura 28 Curvas NC



Ahora bien, atendiendo a diferentes publicaciones, habrá que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

El nivel más alto de ruido que no molesta ni deteriora la acústica se denomina nivel aceptable de ruido, y depende del origen del ruido y del uso normal de la edificación, pero sobre todo lo que determina su tolerabilidad es la fluctuación en el tiempo. Por lo general es más tolerable en un dormitorio un ruido continuo sin picos aleatorios de 35 dB(A), que un ruido de 25 dB(A) con fuertes picos ocasionales.

Existe también el problema de normalizar un ruido molesto, ya que un nivel de ruido aceptable para una persona puede ser desagradable para otra.

Respecto a las alteraciones del sueño, y pese que se han realizado numerosos estudios, no está claro todavía en qué medida el ruido influye en las alteraciones o interrupciones del sueño que afectan a la población en general. No obstante se sabe que la exposición al ruido puede ser causa de dificultades a la hora de conciliar el sueño. Los efectos del ruido sobre el sueño parecen aumentar cuando el nivel de ruido equivalente supera los 35 dB(A).

La edad y el sexo tienen también influencia en las alteraciones del sueño, siendo los niños y jóvenes los menos afectados y los ancianos los más. También se indica que las mujeres son más sensibles durante el sueño que los hombres.

En cuanto a los efectos físico-psíquicos causados por perturbaciones a largo plazo del sueño inducidos por el ruido no se conoce prácticamente nada, de todas formas es evidente que se necesita dormir para mantener la salud, y no parece nada aventurado pensar en que alteraciones prolongadas del sueño repercutan en ella.

También, indicar que cuando una persona ha estado sometida durante largo tiempo a un determinado ruido, el factor psico-acústico hace que, aunque estemos situados en niveles tolerables, al afectado le parezca igualmente pernicioso.



Por último, hay que hacer constar la mayor sensibilidad de las personas hacia esta forma de contaminación, hace que estén en contra de ciertos establecimientos, o exijan mayor calidad en sus domicilios.

Se considera como valor adecuado de nivel interior el correspondiente a la curva NC45, se ha tenido en cuenta aparte de no aumentar desproporcionadamente el costo de las obras el que no se pretende una calidad acústica óptima, sino más bien configurar un espacio con un ruido tolerable para el uso y que cumpla, como se ha indicado, las normas de calidad acústica.

Para el cálculo de estos elementos se ha usado el programa informático facilitado por DANOSA en su página web, ya que se ha considerado que está avalado por muchos años de experiencia, en el anejo nº 2 se justifican los niveles considerados de aislamiento en función de las curvas NC indicadas, el ruido existente y las atenuaciones correspondientes a los elementos constructivos (techos, paredes y suelo). Este cerramiento se configura para que ofrezca un aislamiento a ruido aéreo de 50 dB.

DESCRIPCIÓN DE LOS CERRAMIENTOS PROYECTADOS.

Encuentro Pared-Techo

Desolidarizador de muros Impactodan, para desolidarización de los tabiques y muros apoyados en el forjado.



- 1.- Solución de muro exterior
- 2.- Desolidarizador de muros Impactodan
- 3.- Solución de techo

Figura 29 Vista del encuentro entre pared y techo

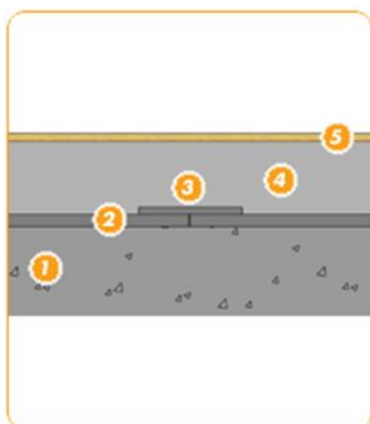
Suelo - Sistema Impactodan

Aislamiento a ruido de impacto y ruido aéreo

Aislamiento acústico sobre forjado, formado por: lámina acústica de polietileno reticulado y espumado de célula cerrada, de 10 mm de espesor, Impactodan 10, según DIT nº 439 R/10; solapada con Cinta de solape 70 autoadhesiva. Lista para verter la solera de mortero.

Designación	Suelo flotante con PE reticulado
Forjado	Capa compresión 5 cm.
Producto	IMPACTODAN
Fijación	Bandas autoadhesivas
Mortero flotante	>4 cm.en relación 1:5
Peso	>420 kg/m ² +Pavimento
Espesor acabado	5-6 cm.+Pavimento
Resistencia al fuego	REI 120*
Aislamiento térmico	U=0,95 W/m ² K
Aislamiento Ruido Aéreo	DnT,A > 50 dBA
Aislamiento Ruido Impacto	$\Delta L_n = 20 \text{ dB} / L_n T_w < 65 \text{ dB}$

* *Depende únicamente del soporte. NOTA: Para los cálculos se considera un forjado típico de bovedilla cerámica con capa de compresión de 5 cm. La variación con otros forjados en los resultados es de ±5%, salvo aislamiento térmico con forjados de poliestireno expandido, consultar al dpto. técnico.*

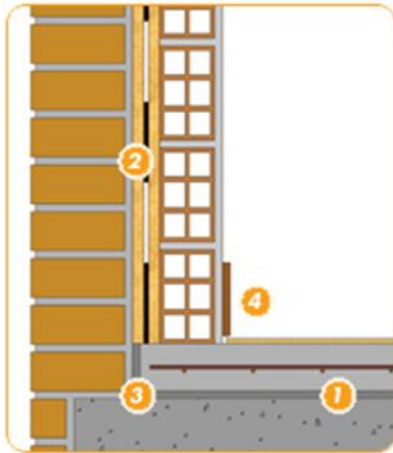


- 1.- Soporte
- 2.- Aislamiento a ruido de impacto Impactodan 10
- 3.- Cinta de solape 70
- 4.- Capa de mortero armado de protección
- 5.- Pavimento de terminación

Figura 30 Vista en sección del suelo proyectado

Encuentro Pared-Suelo

Desolidarizador perimetral 200, para desolidarización de la solera de los muros perimetrales.



- 1.- Solución de suelo
- 2.- Solución de muro exterior
- 3.- Desolidarizador perimetral 200
- 4.- Rodapié

Figura 31 Vista del encuentro entre pared y suelo

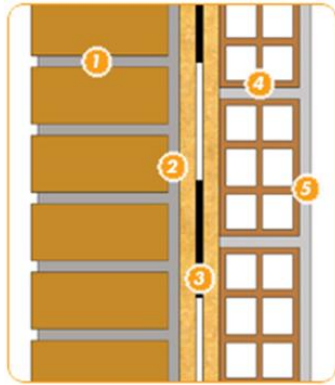
Trasdosado

Aislamiento a ruido aéreo

Aislamiento acústico en paramentos verticales formado por: panel multicapa de 28 mm de espesor, Danofon, fijado mecánicamente al soporte mediante Fijaciones de Aislamiento Acústico de 40, totalmente instalado. Lista para pintar.

Designación	Trasdosado hueco doble con Danofon
Albañilería	Hueco doble
Aislamiento	DANOFON
Fijación	Fijaciones aislamiento acústico
Acabado	>Enlucido 1.5 cm
Peso	355Kg/m ²
Espesor trasdós	12 cm.
Resistencia al fuego	EI 180
Aislamiento térmico(1)	U=0,88 W/m ² K
Aislamiento acústico	RATr = 55 dBA

(1) El aislamiento térmico hemos tomado el ejemplo más común, variando según la hoja principal y el espesor del aislante.(2) Se da valor en laboratorio ya que el aislamiento en las fachadas depende tanto del valor de la parte ciega como de la acristalada. El C.T.E. nos pedirá un aislamiento D2m,nTA no disponiendo en este momento datos in situ significativos.



- 1.- Muro de cerramiento de medio pie de ladrillo macizo
- 2.- Guarnecido de yeso
- 3.- Aislamiento multicapa Danofon
- 4.- Tabicón de ladrillo hueco doble
- 5.- Guarnecido de yeso

Figura 32 Vista de sección del paramento proyectado

Techo

Aislamiento a ruido aéreo

Falso techo flotante de yeso laminar, aislado acústicamente a bajas, medias y altas frecuencias, constituido por: amortiguador de caucho marrón Shore 45° ATC-25, para fijación de falso techo a forjado, incluso parte proporcional de elementos de remate, totalmente instalado; perfilería de acero galvanizado oculta, compuesta por perfiles primario y secundario; panel de lana de roca de densidad 70 Kg/m³ y 40 mm de espesor, Rocdan 231/40, totalmente instalado; sándwich compuesto por doble placa de yeso laminar N13 con Membrana Acústica Danosa M.A.D.4 en su interior, fijado mecánicamente sobre la perfilería en U. Listo para pintar.

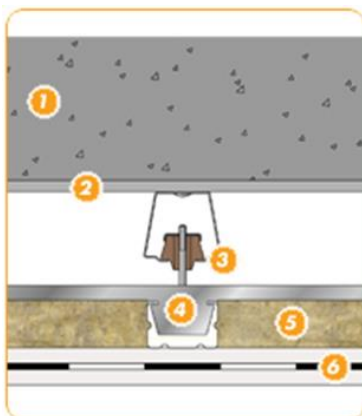


Figura 33 Vista de sección del techo proyectado

- 1.- Soporte
- 2.- Guarnecido de yeso
- 3.- Amortiguador de caucho marrón Shore 45° ATC-25
- 4.- Perfilería techo (primario-secundario)
- 5.- Lana de roca Rocdan 231/40
- 6.- Sándwich acústico. 2 placas de yeso laminar N13 + Membrana Acústica Danosa M.A.D.4



Detalle viga

Perfilería de acero galvanizado oculta, compuesta por perfiles primario y secundario; panel de lana de roca de densidad 70 Kg/m³ y 40 mm de espesor, Rocdan 231/40, totalmente instalado; sándwich compuesto por doble placa de yeso laminar N13 con Membrana Acústica Danosa M.A.D.4 en su interior, fijado mecánicamente sobre la perfilería en U.

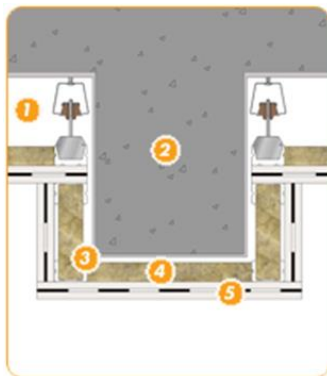


Figura 34 Detalle de la viga

- 1.- Solución de techo
- 2.- Viga de Techo
- 3.- Perfilería techo (primario-secundario)
- 4.- Lana de roca Rocdan 231/40
- 5.- Sándwich acústico. 2 placas de yeso laminar N13 + Membrana Acústica Danosa M.A.D.4

Paso de instalaciones - Suelo

Aislamiento a ruido aéreo

Aislamiento acústico en bajantes, formado por: Desolidarizador perimetral 200, para desolidarización de la solera de los muros perimetrales. Listo para trasdosar.

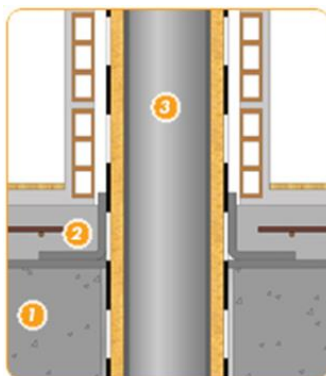


Figura 35 Detalle del paso de instalaciones por el suelo

- 1.- Solución de suelo
- 2.- Desolidarizador perimetral 200
- 3.- Solución de bajante

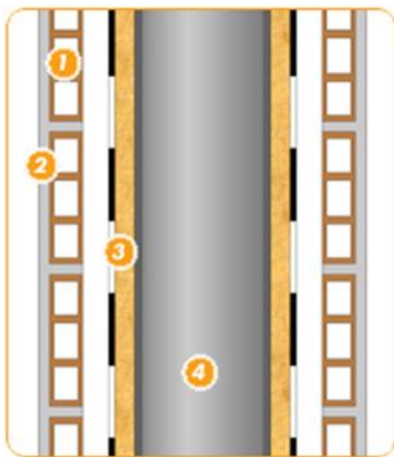
Paso de instalaciones

Aislamiento a ruido aéreo

Aislamiento acústico en bajantes, formado por: panel multicapa de 20 mm de espesor, Acustidan 16/4, fijado toda la instalación con bridas, totalmente instalado. Listo para trasdosar.

Bajante local comercial

* Depende de la solución del local.



- 1.- Tabicón de ladrillo hueco doble
- 2.- Guarnecido de yeso
- 3.- Aislamiento multicapa Acustidan
- 4.- Bajante de PVC

Figura 36 Sección de paso de instalaciones

DESCRIPCIÓN DE LA PUESTA EN OBRA DE LOS MATERIALES.

Suelo - Sistema Impactodan

Aislamiento a ruido de impacto y ruido aéreo

Los tabiques estarán desolidarizados y la solera interrumpida en la medianera. Para ello podemos optar entre:

- Solución A: Independizar el tabique del forjado con un DESOLIDARIZADOR DE MUROS(6).
- Solución B: Colocar un elemento separador (5) en la medianera antes de verter el mortero. Una vez completamente seca la solera, retirar el separador y construir el tabique sobre el 'suelo flotante'

1.- Aislamiento a ruido de impacto Impactodan 10

Las láminas Impactodan 10 se colocan a hueso sobre el forjado. La flotabilidad perimetral del conjunto se obtendrá mediante el Desolidarizador perimetral Impactodan, en encuentro del paramento vertical con el Impactodan 10 (las conducciones y encuentros con puertas deberán estar igualmente desolidarizadas).

2.- Cinta de solape 70

Las láminas Impactodan se colocan a testa con Cinta de solape 70 para una total continuidad.

3.- Capa de mortero armado de protección

Verter y extender una capa de mortero armado con un mallazo electrosoldado 150x150x6 mm, nivelada y fratasada. La dosificación mínima de la masa será de 1:6 (200 kg de cemento por m³).

Recomendaciones:

- Todos los suelos flotantes requieren de un mayor tiempo de curado (20 días), ya que no pueden desprender humedad por forjado inferior.
- Con los cruces de instalaciones colocar una malla de gallinero que cubra la superficie suficientemente, para que en este punto no se produzcan fisuras.
- Las instalaciones que vayan por el suelo o sean pasantes deben forrarse completamente con cinta DESOLIDARIZADOR PERIMETRAL(3).



Figura 37 Puesta en obra del suelo



Trasdosado

Aislamiento a ruido aéreo

1.- Guarnecido de yeso

Se recomienda que el muro esté guarnecido con yeso para garantizar la estanqueidad de la solución.

2.- Aislamiento multicapa Danofon

Danofon se fija mecánicamente al soporte mediante Fijaciones de Aislamiento Acústico de 40 (3 por m²), cuidando los solapes laterales y encintándolos posteriormente con cinta de embalar.

3.- Tabicón de ladrillo hueco doble

Trasdosar el muro con un tabicón de ladrillo de hueco doble, tomado con yeso. Las rozas y/o cajas de mecanismos practicadas en el soporte no deben atravesar por completo la masa del tabicón.

4.- Guarnecido de yeso

Se recomienda que el muro esté guarnecido con yeso para garantizar la estanqueidad de la solución.

Recomendaciones:

- Los pilares llevarán esta misma solución.
- El aislamiento de las fachadas dependerá no solo de la parte ciega sino también de la parte acristalada, dando las siguientes recomendaciones del tipo de ventanas para este tipo de local:
- Ventanas practicables con cristal tipo climalit (3+3) + cámara + 4.



- La carpintería de la ventana no debe ir sobre precerco sino que será recibida a obra.
- Si la altura fuese grande se emplearán fijaciones elásticas SEP-15 para evitar vuelcos. (Ver DPS 3.2).
- Para un aislamiento de maquinaria en altillos ver libro de Puesta en obra - Detalles de puntos singulares - DPS 5.6.

Techo

Aislamiento a ruido aéreo

1.- Guarnecido de yeso

Se recomienda que el muro esté guarnecido con yeso para garantizar la estanqueidad de la solución.

2.- Amortiguador de caucho marrón Shore 45° ATC-25

Calcular el número de amortiguadores en función de su carga máxima admisible y la sobrecarga esperada. Repartir uniformemente los amortiguadores y montar la carcasa según replanteo. Roscar la segunda varilla de M-6 en la parte elástica del amortiguador.

3.- Perfilería techo (primario-secundario)

Fijar la segunda varilla de M-6 del sistema de techo primario-secundario y nivelar. Ensamblar en la horquilla del perfil primario del techo y perpendicular a él cada 60 cm. Ensamblar el perfil secundario y nivelar a una distancia mayor de 30 cm del aislante.

4.- Lana de roca Rocdan 231/40

Rocdan 231/40 se coloca a hueso sobre el falso techo, cuidando de que los paneles queden a tope.



5.- Sándwich acústico. 2 placas de yeso laminar N13 + Membrana Acústica Danosa M.A.D.4

Adherir la Membrana Acústica Danosa M.A.D.4 a la placa de yeso laminar, usando cola de contacto. Atornillar el conjunto a la perfilera usando tornillos rosca-chapa. Atornillar la segunda placa a la primera de la misma manera, contrapeando juntas y sellando según instrucciones del fabricante de yeso laminar. Pueden utilizarse tornapuntas o gatos hidráulicos para soportar las placas durante la fijación.

Recomendaciones:

- Se recomienda no perforar este techo, para ello se recomienda colocar un techo decorativo por donde vayan las instalaciones (Ver DPS 4.4).
- Los amortiguadores se fijarán con taco de acero a viga de hormigón, disparo a viga de acero o empleando estructura auxiliar de tubo de acero en forjados de vigas de madera (Ver DPS 4.2).

Bajante - Suelo

Aislamiento a ruido aéreo

1.- Desolidarizador perimetral 200

La flotabilidad perimetral del conjunto se obtendrá mediante la Desolidarizador perimetral 200, en encuentro del paramento vertical con la lámina Impactodan (las conducciones y encuentros con puertas deberán estar desolidarizadas).



Bajante

Aislamiento a ruido aéreo

1.- Guarnecido de yeso

Se recomienda que el muro esté guarnecido con yeso para garantizar la estanqueidad de la solución.

2.- Aislamiento multicapa Acustidan

Acustidan 16/4 se fija con bridas, cuidando los solapes laterales y encintándolos posteriormente con cinta de embalar.

PUERTAS Y VENTANAS

Se instalarán puertas intermedias para la correcta evacuación del recinto. La distancia máxima de evacuación debe ser menor de 50 metros (según tabla 3.1 del DB-SI).

Las puertas a emplear serán de tipo acústico marca RSR – Acústica Integral o similar, que tienen un aislamiento acústico de 37 dB. Este modelo utilizado será de tipo corredera para evitar que en el momento de apertura pueda ocasionar accidentes por colisión de la hoja con los vehículos que circulan por el interior del túnel y sin filo inferior para evitar tropiezos en la evacuación.



Figura 38 Puerta acústica deslizante

Las ventanas empleadas tendrán un aislamiento mínimo de 40 dB. Atendiendo al Catálogo de Elementos Constructivos, en el punto 4.3.2.2, para la obtención de este aislamiento se requiere una ventana doble, con distancia entre ventanas mayor de 10 cm. La ventana exterior tendrá un acristalamiento de tipo vidrio simple de 6 mm y la ventana interior será de tipo unidad de vidrio aislante con un espesor de 4-6-4.



CÁLCULO DEL AISLAMIENTO CONJUNTO DEL PARAMENTO VERTICAL TRAS INTRODUCIR PUERTAS Y VENTANAS

Para el cumplimiento de la longitud máxima de evacuación establecida, se van a disponer en el recinto una puerta en cada extremo y dos puertas intermedias. Para el cálculo del aislamiento del paramento únicamente van a afectar estas dos últimas. Las dimensiones de las puertas intermedias serán de 2000x1100 mm, con un aislamiento de 37 dB.

Por otro lado, para una mayor seguridad y por mejorar el entorno de la galería se van a disponer ventanales aproximadamente cada 8 metros, con unas dimensiones de 2000x1000 mm y un aislamiento acústico de 40 dB.

Conocidas las dimensiones de todos los huecos a instalar y del paramento, se puede emplear la ecuación de cálculo de aislamiento mixto:

$$R = 10 \cdot \log\left[\frac{S_V + S_P + S_C}{\frac{S_V}{10^{0,1 \cdot R_V}} + \frac{S_P}{10^{0,1 \cdot R_P}} + \frac{S_C}{10^{0,1 \cdot R_C}}}\right]$$

Siendo:

- Sv la superficie correspondiente a ventanas
- Sp la superficie correspondiente a puertas
- Sc la superficie correspondiente a cerramiento
- Rv el índice de reducción acústica correspondiente a ventanas
- Rp el índice de reducción acústica correspondiente a puertas
- Rc el índice de reducción acústica correspondiente a cerramiento

PUERTAS		
R=	37	dB
S=	4,4	m2
VENTANAS		
R=	40	dB
S=	48	m2
PARED		
R=	55	dB
S=	959,6	m2
AISLAMIENTO TOTAL		
R =	51	dB

Como se puede ver, con la configuración establecida se obtiene un aislamiento final de 51 dB, estando por encima del límite calculado para el paramento vertical (50 dB).



PROPUESTA DE USO CULTURAL DEL ESPACIO CONFIGURADO

Málaga se está configurando como una ciudad que apuesta por una oferta cultural muy importante. Las recientes inauguraciones del Museo Pompidou, (buscar más), demuestran el interés de la ciudad por dar una imagen en el que el Arte cree un importante atractivo turístico aparte del ya existente de Sol y Playa.

En este contexto, se considera que en la oferta de museos existentes encajaría una galería para el llamado “Arte Alternativo” o “Underground”.

En otras ciudades, como por ejemplo Londres, Estocolmo o Zaragoza, se han reconvertido espacios públicos en galerías que han terminado siendo un foco cultural importante en la ciudad.



Figura 39 Galería "El Túnel" en Zaragoza



Figura 40 Metro de Estocolmo



Figura 41 Túnel en Londres

Este año ha sido el primero en el que se ha celebrado un festival de arte Underground en Sevilla y en Málaga, abarcando diferentes modalidades, a través de concursos participativos e intercambios audiovisuales. Este festival tiene como intención el ayudar a los artistas noveles de la ciudad a conseguir los medios necesarios para comenzar sus andaduras profesionales.

Underground es una voz del inglés para referirse a aquellos movimientos, manifestaciones culturales o expresiones artísticas que están a contracorriente de la tradición, el canon y la cultura oficial. En este sentido, se trata de movimientos contraculturales que se encuentran fuera de las tendencias de moda. En inglés, su antónimo es mainstream.



Figura 42 Cartel de festival de Arte Underground en Sevilla



Figura 43 Arte urbano

Como tal, la cultura underground comprende un conjunto de movimientos, corrientes y obras de carácter crítico, contestatario o experimental, que suelen ubicarse al margen de los circuitos comerciales tradicionales. Por lo general, son expresiones que se dan, fundamentalmente, dentro de la dinámica de la cultura urbana contemporánea. En este sentido, hay música, cine, literatura y arte underground.

A lo largo de la historia otros movimientos de naturaleza underground han sido la resistencia clandestina durante la segunda guerra mundial, o movimientos contestatarios como el hippie y el beat en los Estados Unidos.



Figura 44 Arte urbano

En inglés, por su parte, la palabra underground puede traducirse de diferentes maneras. Como adjetivo, puede emplearse para denominar algo que es 'subterráneo', 'clandestino' o 'alternativo' (cuando se refiere movimientos culturales). Como adverbio, underground designa lo que está 'bajo tierra'. Como sustantivo, por otra parte,



puede referirse al ‘metro’ o ‘subte’, así como también puede hacer alusión a lo ‘marginal’ o ‘alternativo’, en movimientos culturales o artísticos.



Figura 45 Arte urbano

PROPUESTA DE INCORPORACIÓN DE CARRIL BICI EN EL ESPACIO CONFIGURADO

El pasaje existente puede incorporar el carril bici que es perfectamente compatible con la idea antes indicada de galería alternativa Underground.

Este carril bici deberá estar perfectamente señalizado en el pavimento horizontal y se dispondrán señales informativas a ambos lados del túnel.



Figura 46 Carril bici

También se dispondrá en el interior de algunos espacios para el aparcamiento de las bicicletas para que sus usuarios puedan visitar la galería.



OTRAS INSTALACIONES

Ha de tenerse en cuenta la normativa de seguridad que le afecta, por lo que, para justificar las distancias de evacuación se deberán de poner salidas intermedias que unan el pasaje con el túnel y que puedan ser usadas tanto para evacuación en caso de incendio como para el acceso de equipos de seguridad (bomberos, ambulancias, etc.).

Estas salidas de emergencia serán de tipo corredera para no interferir con el tráfico y con características de aislamiento acústico de 37 dB, también deberán de contar con una resistencia al fuego suficiente para no interferir en la sectorización de los espacios.

Sobre la puerta se dispondrá una luz centelleante de color ámbar que, se accionará cuando esta puerta se abra y que avisará a los conductores de que puede haber peatones que invadan la calzada.



Figura 47 Puerta acústica

La existencia de ventanas entre el pasillo y el túnel es de dudosa aplicación ya que éstas anulan la sectorización entre ambos espacios. No obstante, se podría considerar el uso de vidrios con una resistencia al fuego a determinar o, en su caso, la no necesidad de sectorizar. Este tema se deberá de contemplar en el proyecto específico que se redacte, las soluciones propuestas deberán ser consensuadas con los Servicios Técnicos Municipales y Bomberos.

Distribuidos por el interior de este pasillo deberán de existir otros medios propios de extinción como son:

- Extintores portátiles cada 15 metros de recorrido horizontal.
- BIE (Bocas de Incendio Equipadas) que cubran adecuadamente toda la superficie.
- Se dispondrá de un sistema de detección automática de incendios conectada a unas sirenas interiores y exteriores, sería aconsejable que este sistema se conectara, a su vez, con la policía local.
- También se dispondrán pulsadores de alarma de incendio que



Figura 48 Extintor portátil



accionarán el sistema antes indicado.

- Para la alimentación del sistema de BIE se deberá disponer en el exterior del túnel un aljibe de 12 m³ y un equipo de presión para el suministro de agua.
- Deberá existir un grupo electrógeno de potencia adecuada para el suministro, en caso de emergencia y ausencia de fluido eléctrico, de los equipos de extinción de incendios, alumbrados de evacuación y anti-pánico y otros que se consideren indispensables.
- Existirán señales informativas que sitúen los medios de extinción y señalen las direcciones de evacuación de manera adecuada.



Figura 49 Boca de Incendio Equipada

Se deberá de incorporar un sistema de sonorización interior para música ambiental o incorporación de mensajes de tipo informativo o turístico, asimismo se deberá contar con un sistema de seguridad pasiva (videocámaras) y activa (vigilantes jurados).

Se dispondrá un sistema de ventilación forzada adecuado al uso previsto, sus características serán las indicadas en el artículo IT 1.1.4.2 del RITE. Se instalará de un sistema de ventilación para el aporte del suficiente caudal de aire exterior para crear un ambiente agradable en el interior y evitar la formación de concentraciones de contaminantes y humedades.

En cuanto a la categoría de aire interior, será como mínimo IDA 3, es decir, aire de calidad media. Se ha optado por esta categoría ya que el recinto no se trata de un museo propiamente dicho, sino que se trata de una galería de exposición urbana. De esta manera se evita el encarecimiento innecesario del sistema de ventilación.

El caudal mínimo de aire exterior de ventilación, necesario para alcanzar la categoría prevista anteriormente, se calcula con el método indirecto de caudal de aire por unidad de superficie, ya que se trata de un recinto donde la ocupación humana no es permanente.

$$S = 253 \cdot 3 = 759 \text{ m}^2$$

Para una categoría de aire IDA 3, el caudal de aire exterior por unidad de superficie es de 0,55 dm³/(s·m²). Por tanto, el caudal mínimo de aire exterior será de:



$$Q = 0,55 \cdot 759 = 417,45 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}} = 1502,82 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Es conveniente repartir este caudal en varias unidades extractoras sobredimensionadas, de manera que, en caso de avería, no se anule totalmente el sistema.

La calidad del aire exterior (ODA) se clasificará como ODA 2, aire con concentraciones altas de partículas y/o gases contaminantes.

Atendiendo a la tabla 1.4.2.5 del RITE, la filtración que se debe instalar es F5+F7. Se instalarán prefiltros para mantener limpios los componentes de las unidades de ventilación y tratamiento de aire, así como para alargar la vida útil de los filtros finales. Estos prefiltros se instalarán en la entrada del aire exterior a la unidad de tratamiento, así como en la entrada del aire de retorno.

El aire de extracción se clasifica como de tipo AE2, aire con moderado nivel de contaminación.

La instalación eléctrica se ajustará a lo indicado en el vigente Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, y en especial a la ITC-BT-28 de instalaciones en locales de pública concurrencia. Los conductores usados deberán ser ES07Z1-K(AS) o RZ1-K(AS) y para los equipos de contra incendio, seguridad y megafonía de tipo RZ1-K(AS+). Los circuitos de alumbrado deberán configurarse para que en cada zona, el disparo magnetotérmico de uno de ellos, no afecte a más de un tercio del alumbrado total. Como ya se ha indicado se deberá de asegurar el suministro de los equipos indispensables mediante la

existencia de un grupo electrógeno.



Figura 50 Conductor RZ1-K(AS+)

Se dispondrán de módulos autónomos de alumbrado de emergencia en número adecuado, de manera que en caso de falta de suministro, se alcancen en los ejes de evacuación, en los lugares próximos a BIE y extintores y en los puntos de salida una iluminación mínima de 5 lux.

Toda la instalación eléctrica antes indicada deberá ser sometida, antes de su puesta en servicio, a una inspección inicial por OCA (Organismo de Control Autorizado).



No obstante a lo indicado anteriormente, todas las instalaciones deberán ser objeto de un proyecto específico que contemple, entre otros, los apartados antes indicados y los amplíe, calcule y justifique. Este documento deberá ser tramitado ante los organismos oficiales competentes para obtener las necesarias autorizaciones de uso y funcionamiento. Asimismo se deberá contar con el informe positivo del Servicio Municipal de Bomberos de Málaga.

7.6.2.- SUPRIMIENDO UN VIAL

Todo lo indicado anteriormente, choca con que la anchura útil del pasillo puede ser escasa. Sin embargo, esta cota podría aumentarse considerablemente si se suprime uno de los viales del túnel. Téngase en cuenta que según las estadísticas de las IMD aportadas por el Área de Movilidad en el sentido Oeste es bastante reducido, además a este valor hay que sumarle el efecto de la posible peatonalización de la Calle Victoria.

En este caso, se podría crear un arcén en la parte contraria al pasillo que aumentaría la seguridad del tráfico en altura y se aumentaría la dimensión del pasaje considerablemente. De esta forma se podría configurar un carril bici más operativo, unas zonas peatonales de circulación más agradable, y disminuiría el efecto de estrechez que pudiera existir en la primera solución.

Esta modificación que se propone deberá ser objeto de un proyecto específico de estudio de viales, encuentros y señalizaciones que debería ser redactado por un técnico de obras públicas competente.



8.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la tabla que se adjunta se hace una exposición resumen de los resultados obtenidos, se indica la reducción sonora para cada solución propuesta. Esta reducción se ha expresado en decibelios A para poder compararla con los valores expuestos en la normativa vigente.

PROPUESTA	DESCRIPCIÓN	REDUCCIÓN ACÚSTICA (dBA)	NIVEL SONORO FINAL (dBA)	PRECIO ORIENTATIVO (€)	€/ dBA de reducción	CUMPLIMIENTO CON NORMATIVA
1	ASFALTO FONOABSORBENTE	3	98,22	27.800,00	9.267	NO
2	MORTERO ABSORBENTE	7	94,45	25.800,00	3.811	NO
3	BARRERAS DE METACRILATO	1	100,5	111.900,00	155.417	NO
4	ASFALTO+MORTERO+BARRERAS	12	89,34	263.550,00	22.184	NO
5	PANELES ABSORBENTE	5	96,18	553.800,00	109.881	NO
6	PASILLO AISLADO	41	60	383.400,00	9.301	SI

Tabla 1 Tabla resumen de propuestas realizadas. Eficiencia y precio orientativo

Observaciones:

- Los precios indicados son puramente orientativos, ya que sería necesario efectuar los correspondientes proyectos de obra específicos de obra e instalaciones para conocer con exactitud las partidas. No obstante, a los efectos de diferencia entre las distintas opciones, se cree que tiene la suficiente precisión.
- Los precios indicados incluyen el costo de ejecución material y el beneficio industrial, no se ha incluido el impuesto sobre valor añadido.

9.- CONCLUSIONES

A la vista de todo el arduo proceso de cálculo que se adjunta en los anexos y que se resumen en la tabla precedente, se puede llegar a la conclusión de que nos encontramos ante un problema acústico de muy difícil solución. Sólo la construcción del pasillo protegido va a garantizar el cumplimiento de la normativa sobre objetivos de calidad acústica ambiental y por lo tanto, el evitar un derroche de fondos públicos probando otras soluciones que, en definitiva, se han comprobado que no son operativas.



Se recomienda, entre las diferentes opciones que se han propuesto, la única que cumple con el objetivo de calidad acústica, que consiste en la construcción de una galería aislada mediante paramentos de obra civil. Esta solución presenta además el valor añadido, como se ha indicado en apartados anteriores, de una creación de un nuevo espacio cultural con entidad propia y diferenciada de los ya existentes en la capital.

10.- LÍNEAS FUTURAS

Tras la realización de este proyecto se ha considerado que se debería de completar este estudio con las siguientes actuaciones futuras:

- a) Efectuar una completa batería de mediciones acústicas que consistirían en:
 - a. Medición del tiempo de reverberación con el tráfico cerrado al público.
 - b. Medición de niveles interiores en diferentes puntos y a diferentes alturas, en toda la sección del túnel, para poder obtener un mapa de ruido volumétrico que permita entender cómo se distribuye el ruido generado. Esta medición debería de repetirse en diferentes periodos horarios y estacionales.
- b) Evaluación de la geometría del túnel sobre las sucesivas reflexiones que se producen en su interior. Estos datos van a permitir sacar conclusiones de diseño para evitar que este problema se repita en otros proyectos semejantes.
- c) Se cree que las conclusiones que se puedan sacar de todos estos ensayos se pueden convertir en un artículo técnico que sirva, como ya se ha indicado, para mejorar el diseño interior de aquellos túneles en los que coexistan vehículos y personas.
- d) Los tutores de este proyecto comparten la idea de profundizar en este tema y que las soluciones obtenidas puedan ser extrapolables, siendo de interés general para otros técnicos.



11.- REFERENCIAS

ACUSTICA INTEGRAL (2015): “Catálogo de productos” [en línea] <http://www.acusticaintegral.com> [consulta: 20 agosto 2015]

ÁREA DE MOVILIDAD DEL AYUNTAMIENTO DE MÁLAGA (2015): “Intensidades de tráfico” [en línea] <http://movil.movilidad.malaga.eu> [consulta: 21 julio 2015]

ÁREA DE SOSTENIBILIDAD MEDIOAMBIENTAL DEL AYUNTAMIENTO DE MÁLAGA (2015): “Área de Medio Ambiente y sostenibilidad” [en línea] <http://movil.medioambiente.malaga.eu> [consulta: 2 julio 2015]

ARTE UNDERGROUND (2010): “Festival Underground” [en línea] <http://www.art Underground.com/arte-underground.html> [consulta: 25 agosto 2015]

BASE DE PRECIOS CYPE INGENIEROS (2014): “Generador de precios para obra nueva” [en línea] <http://www.generadordeprecios.info> [consulta: 2 septiembre 2015]

BLOG OPINIÓN MÁLAGA (2015): “Siete meses sin noticias del túnel de la Alcazaba” [en línea] <http://blogs.opinionmalaga.com/laciudad/2015/06/25/sietemesessinnoticiasdel-tuneldelaalcazaba/>

CHOVA (2015): “Aislamiento acústico” [en línea] <http://chova.com> [consulta: 18 agosto 2015]

CIENCIASAMBIENTALES (2005): “El túnel de La Alcazaba aparece como el sitio más ruidoso de Málaga” [en línea] <http://www.cienciasambientales.com/es/noticiasambientales/eltuneldelaalcazabaaparececomoelsitiomasruidosodemalaga151> [consulta: 25 junio 2015]

EDIFSL (2015): “Catálogo Isotek-Baffles” [en línea] <http://www.edifsl.es> [consulta: 20 agosto 2015]



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE MÁLAGA (2015): Apuntes del Máster de Ingeniería Acústica [en línea] <http://mop.cv.uma.es> [consulta: 14 julio 2015]

DANOSA (2015): “Aislamiento acústico” [en línea] <http://portal.danosa.com> [consulta: 17 agosto 2015]

DECRETO 6/2012, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía, y se modifica el Decreto 357/2010, de 3 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento para la Protección de la Calidad del Cielo Nocturno frente a la contaminación lumínica y el establecimiento de medidas de ahorro y eficiencia energética.

DIRECTIVA 2002/49/ce del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.

EL PAÍS (1999): “Detectadas grietas en la parte superior del túnel de La Alcazaba de Málaga, IU reclama una inspección urgente” [en línea] http://elpais.com/diario/1999/10/31/andalucia/941322132_850215.html [consulta: 24 junio 2015]

GOOGLE MAPS (2015): “Mapas de situación” [en línea] <http://maps.google.es> [consulta: 5 julio 2015]

GRUPO-POSTIGO (2015): “Barreras acústicas transparentes” [en línea] <http://www.grupo-postigo.com> [consulta: 12 agosto 2015]

INSTITUTO EDUARDO TORROJA DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN (2010): *Catálogo de Elementos Constructivos del Código Técnico de la Edificación*. Ministerio de Vivienda. Madrid.



LA OPINIÓN DE MÁLAGA (2014): “El Consejo Social debate hoy un proyecto para eliminar el ruido en el túnel de la Alcazaba” [en línea] <http://www.laopiniondemalaga.es/malaga/2014/10/08/consejosocialdebatehoyproyecto/712854.html> [consulta: 25 junio 2015]

LEY 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.

MALAGAHOY (2014): “Una acera acristalada para reducir el ruido en el túnel de la Alcazaba” [en línea] <http://www.malagahoy.es/article/malaga/1852655/una/acera/acristalada/para/reducir/ruido/tunel/la/alcazaba.html>

MARTÍNEZ ALCALÁ, C.A.; ROMANA RUIZ, M. (1997): *Proyecto de túnel entre C/Alcazabilla y el Parque*. Proyecto realizado para el Área de Urbanismo, Ayuntamiento de Málaga. (Inédito). Málaga, abril.

ORDENANZA para la prevención y control de ruidos y vibraciones del Ayuntamiento de Málaga.

PAMASA (2015): “Pavimento asfáltico fonoabsorbente” [en línea] <http://chova.com> [consulta: 24 agosto 2015]

PERLITAYVERMICULITA (2015): “Catálogo Vermacoustic” [en línea] <http://www.perlitayvermiculita.com> [consulta: 5 agosto 2015]

REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (BOE núm 74, martes 28 marzo 2006). Documento básico de seguridad en caso de incendio (SI).

REAL DECRETO 842/2002 de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.

REAL DECRETO 1027/2007 de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios e Instrucciones Técnicas Complementarias.



REAL DECRETO 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

REAL DECRETO 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el Documento Básico “DB-HR Protección frente al ruido” del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

REAL DECRETO 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.

REAL DECRETO 1909/1981, de 24 de julio, por el que se aprueba la norma básica de la edificación NBE CA-81 sobre condiciones acústicas en los edificios, modificada por el Real Decreto 2115/1982, de 12 de agosto, pasando a llamarse NBE CA-82, y revisada por Orden de 29 de septiembre de 1988, pasando a denominarse NBE CA-88.

REFLEXIONES MARGINALES (2015): “Banksy alegra el Eurotúnel” [en línea] <http://v2.reflexionesmarginales.com>

RODRIGUEZ GARCÍA, A. (2006): *La contaminación acústica. Fuentes, evaluación, efectos y control*. Sociedad Española de acústica. Valencia.

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ACÚSTICA (2015): “Publicaciones de Tecniacústica” [en línea] [http:// www.sea-acustica.es](http://www.sea-acustica.es)

SUR (2014): “El túnel maldito” [en línea] <http://www.diariosur.es/opinion/201412/09/tunelmaldito20141209001938v.html>
[consulta: 25 junio 2015]

THEWOTME (2014): “Arte en el metro de Estocolmo” [en línea] <http://www.thewotme.com/arte-en-el-metr-de-estocolmo> [consulta: 25 agosto 2015]



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

UNE-EN ISO 717-1:2013. Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.

VITROFLEX (2015): “Barreras acústicas” [en línea] <http://www.vitroflex.com> [consulta: 12 agosto 2015].

WEB DE VENTA DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN (2015): “Paneles absorbentes” [en línea] <http://m.thomann.de> [consulta: 28 agosto 2015]

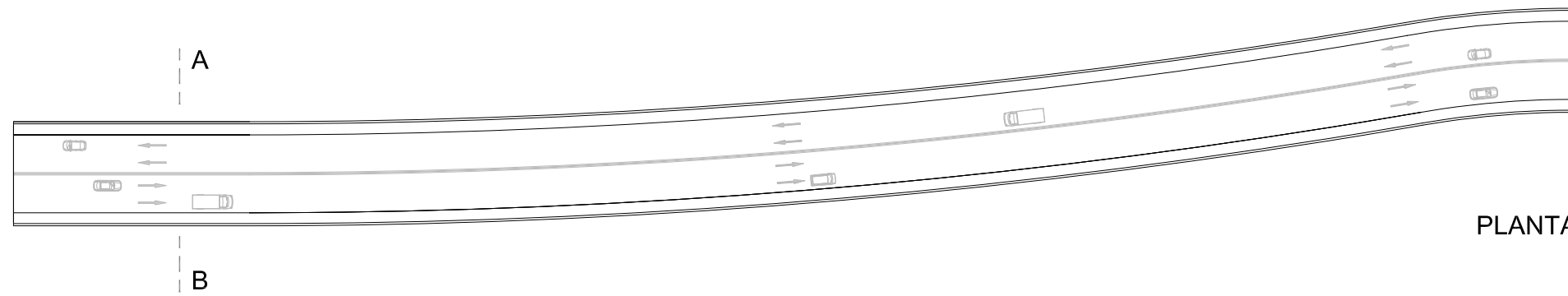
ZARAGOZA (2015): “El Túnel” [en línea] <http://www.zaragoza.es/eltunel> [consulta: 25 agosto 2015]

En Málaga, septiembre de 2015

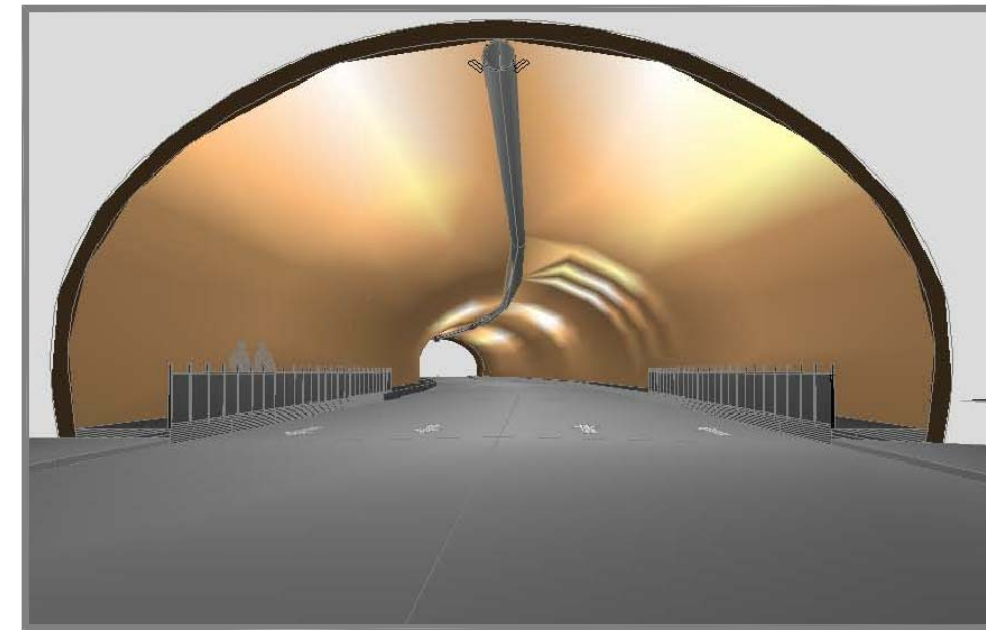
Fdo: Inés Aragüez del Corral



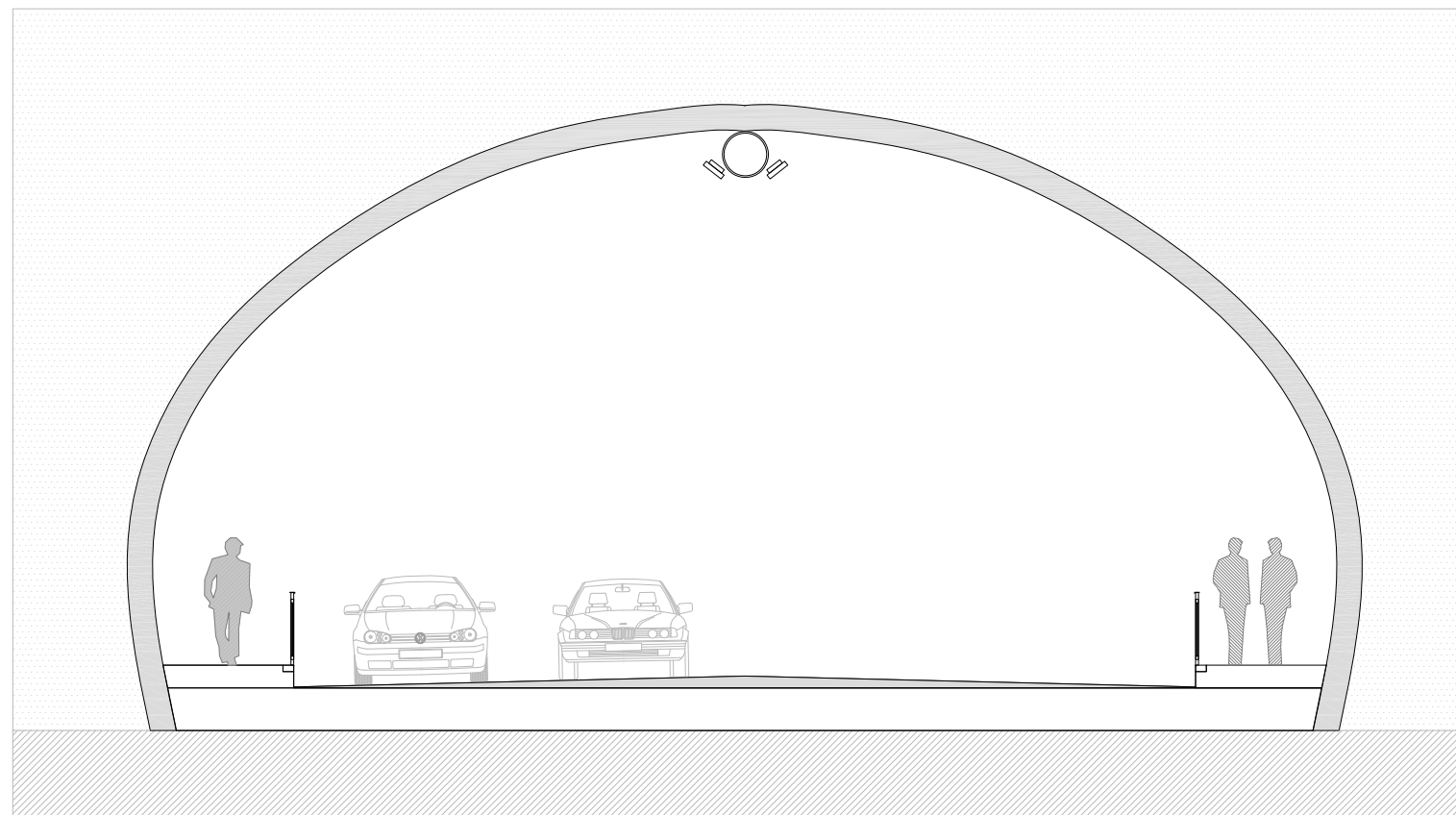
ANEXO 1: PLANOS



PLANTA - ESC. 1:1.000



PERSPECTIVA PEATONAL DEL TÚNEL



SECCIÓN A - B / ESC. 1:100

OBSERVACIONES:

PLANO DONDE SE INDICA EL ESTADO PREVIO DEL TÚNEL SIN EFECTUAR NINGUNA MODIFICACIÓN

PROYECTO DE :

ESTUDIO ACÚSTICO DE ACONDICIONAMIENTO DEL TÚNEL DE LA ALCAZABA. MÁLAGA.

TITULAR:

AYUNTAMIENTO DE MÁLAGA

PLANO:

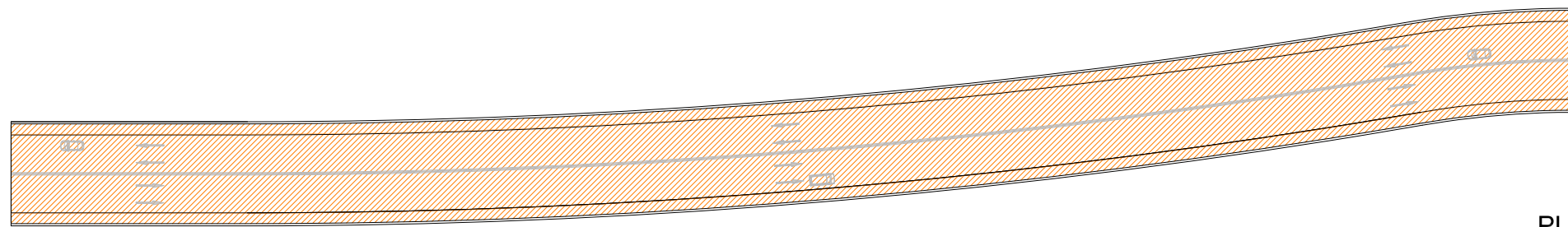
SECCIÓN CONSTRUCTIVA Y PLANTA ESTADO ACTUAL

INÉS ARAGÜEZ DEL CORRAL
MÁSTER DE INGENIERÍA ACÚSTICA
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

FECHA:
SEPTIEMBRE / 15

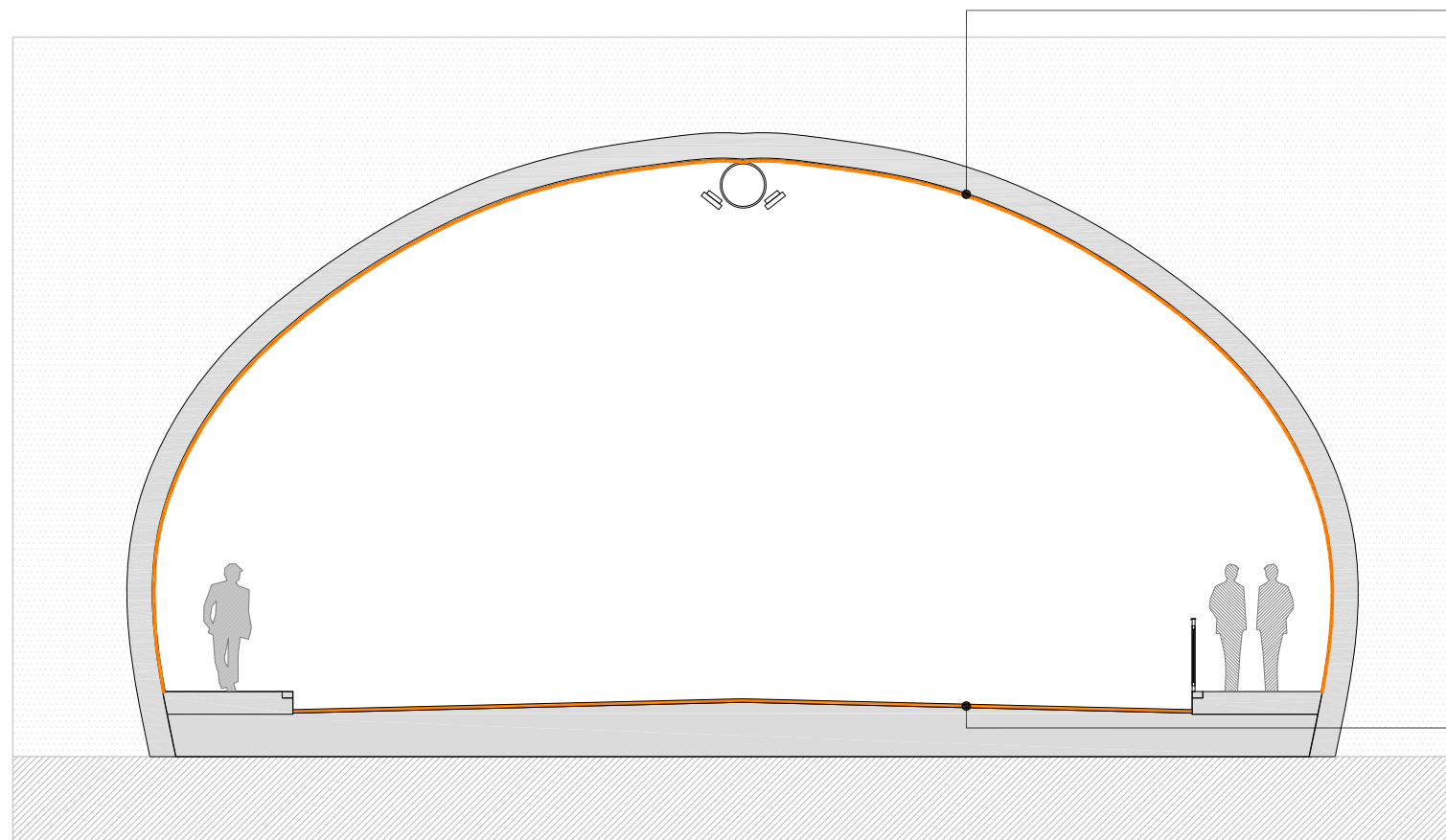
ESCALA:
VARIAS

PLANO Nº:
2



PLANTA - ESC. 1:1.000

CAPA DE MORTERO
 PROYECTADO ABSORBENTE
 DE 25 mm. DE
 MARCA VERMACUSTIC O
 SIMILAR



CAPA DE RODADURA
 REALIZADA CON MEZCLA
 BITUMINOSA DENOMINADA
 FONOSORVENTE FA

SECCIÓN A - B / ESC. 1:100

OBSERVACIONES:
 PLANO DONDE SE INDICA EL ESTADO DEL TÚNEL TRAS LA APLICACIÓN DE UNA CAPA DE ASFALTO FONOSORVENTE Y UN RECUBRIMIENTO DE LA BÓVEDA CON MORTERO ABSORBENTE

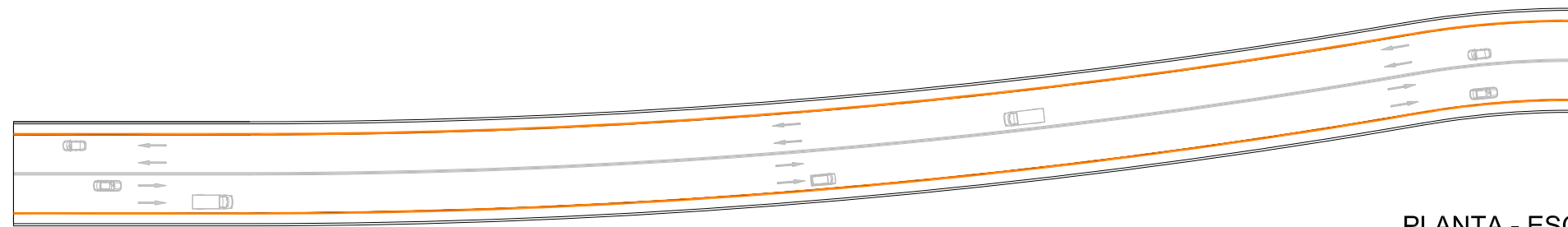
PROYECTO DE :
 ESTUDIO ACÚSTICO DE ACONDICIONAMIENTO DEL TÚNEL DE LA ALCAZABA

TITULAR:
 AYUNTAMIENTO DE MÁLAGA

PLANO:
 PROPUESTA 1 Y 2
 SECCIÓN CONSTRUCTIVA
 Y PLANTA

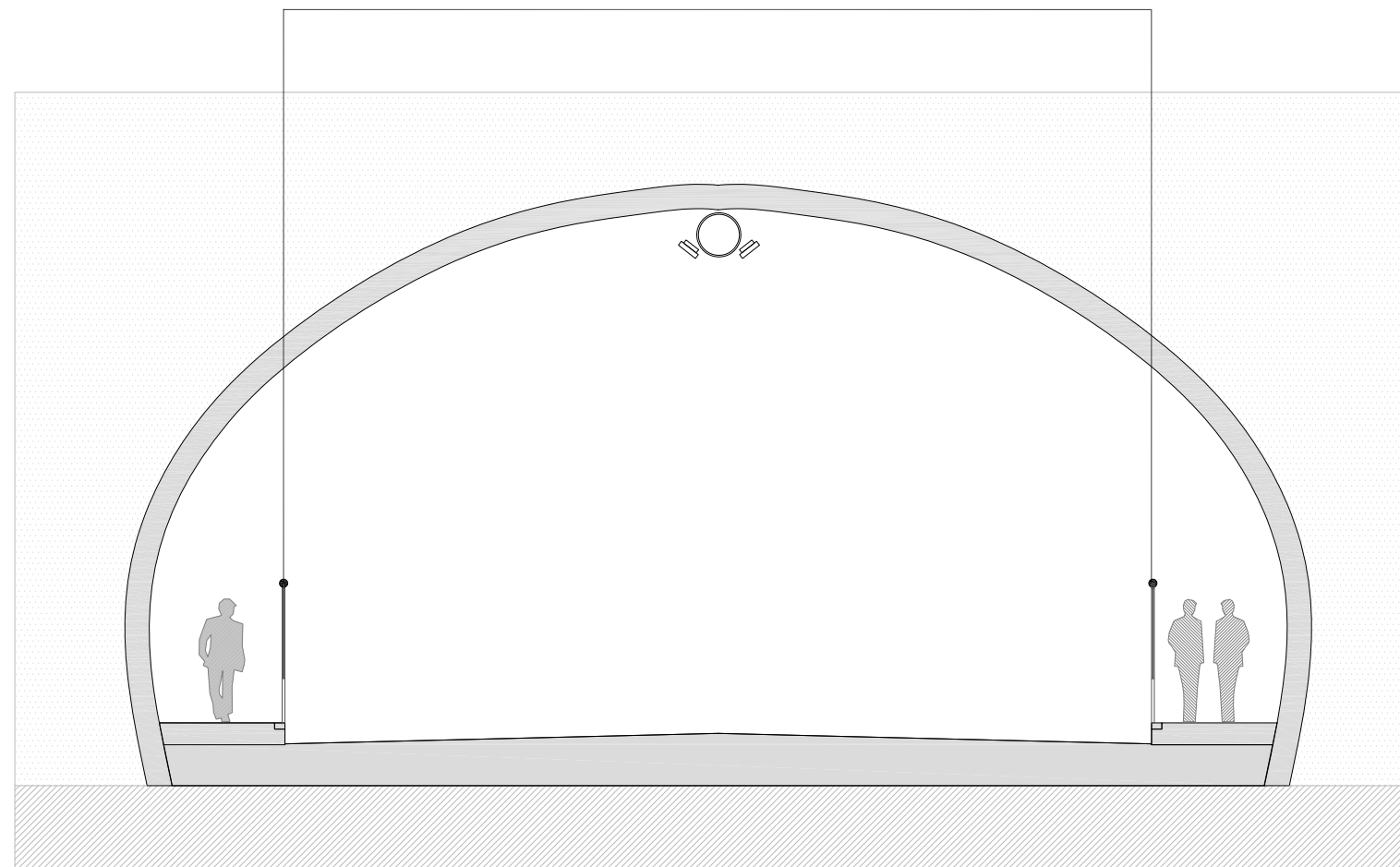
INÉS ARAGÜEZ DEL CORRAL
 MÁSTER DE INGENIERÍA ACÚSTICA
 UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

FECHA: SEPTIEMBRE / 15	ESCALA: VARIAS	PLANO Nº: 3.1
---------------------------	-------------------	------------------

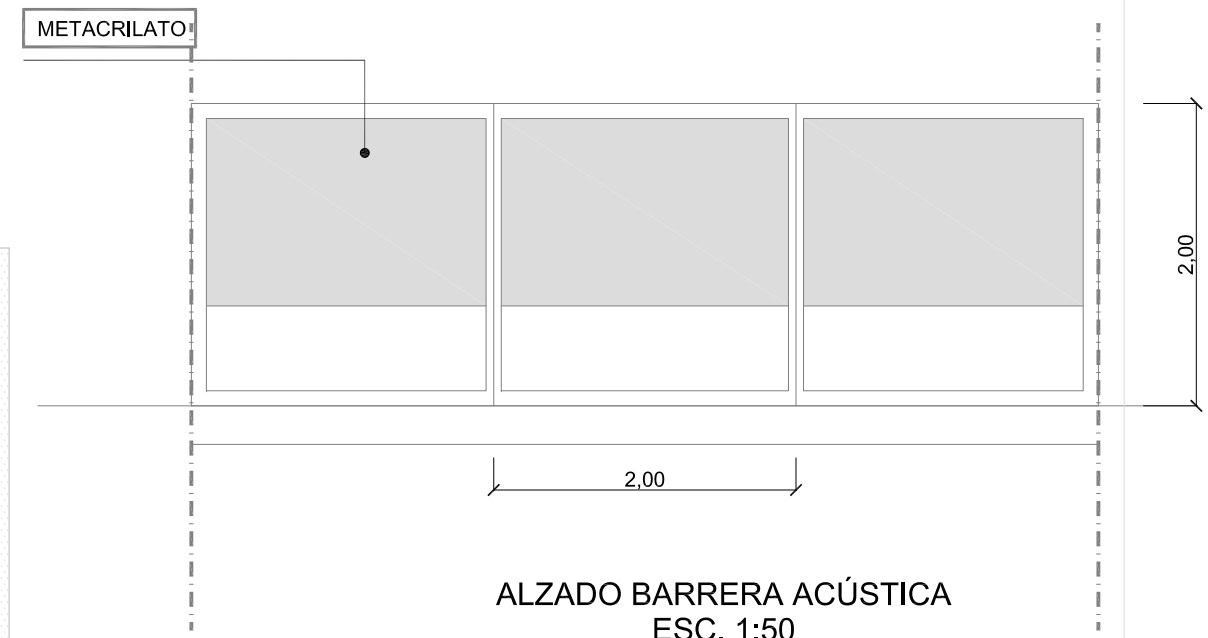


PLANTA - ESC. 1:1.000

BARRERA ACÚSTICA
TRANSPARENTE FORMADO
POR ESTRUCTURA DE ACERO
GALVANIZADO Y
METACRILATO PMMA



SECCIÓN A - B / ESC. 1:100



ALZADO BARRERA ACÚSTICA
ESC. 1:50

OBSERVACIONES:
PLANO DONDE SE INDICA EL ESTADO DEL TÚNEL TRAS LA APLICACIÓN DE UNA BARRERA ACÚSTICA DE METACRILATO DE 2 METROS DE ALTURA

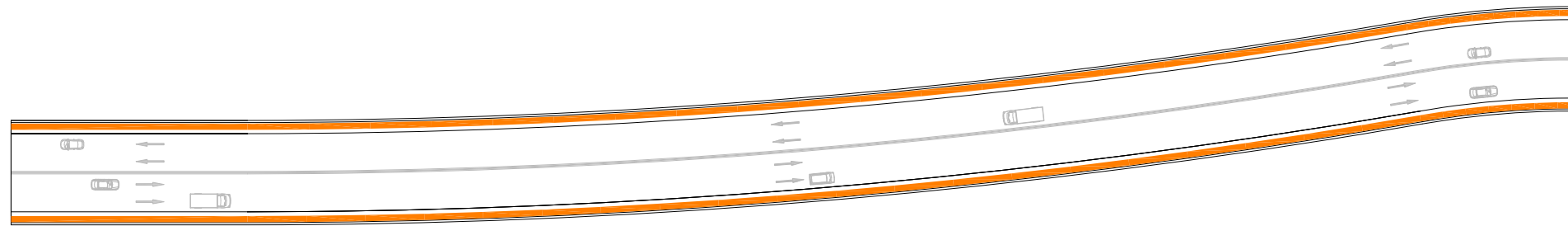
PROYECTO DE :
ESTUDIO ACÚSTICO DE ACONDICIONAMIENTO DEL TÚNEL DE LA ALCAZABA

TITULAR:
AYUNTAMIENTO DE MÁLAGA

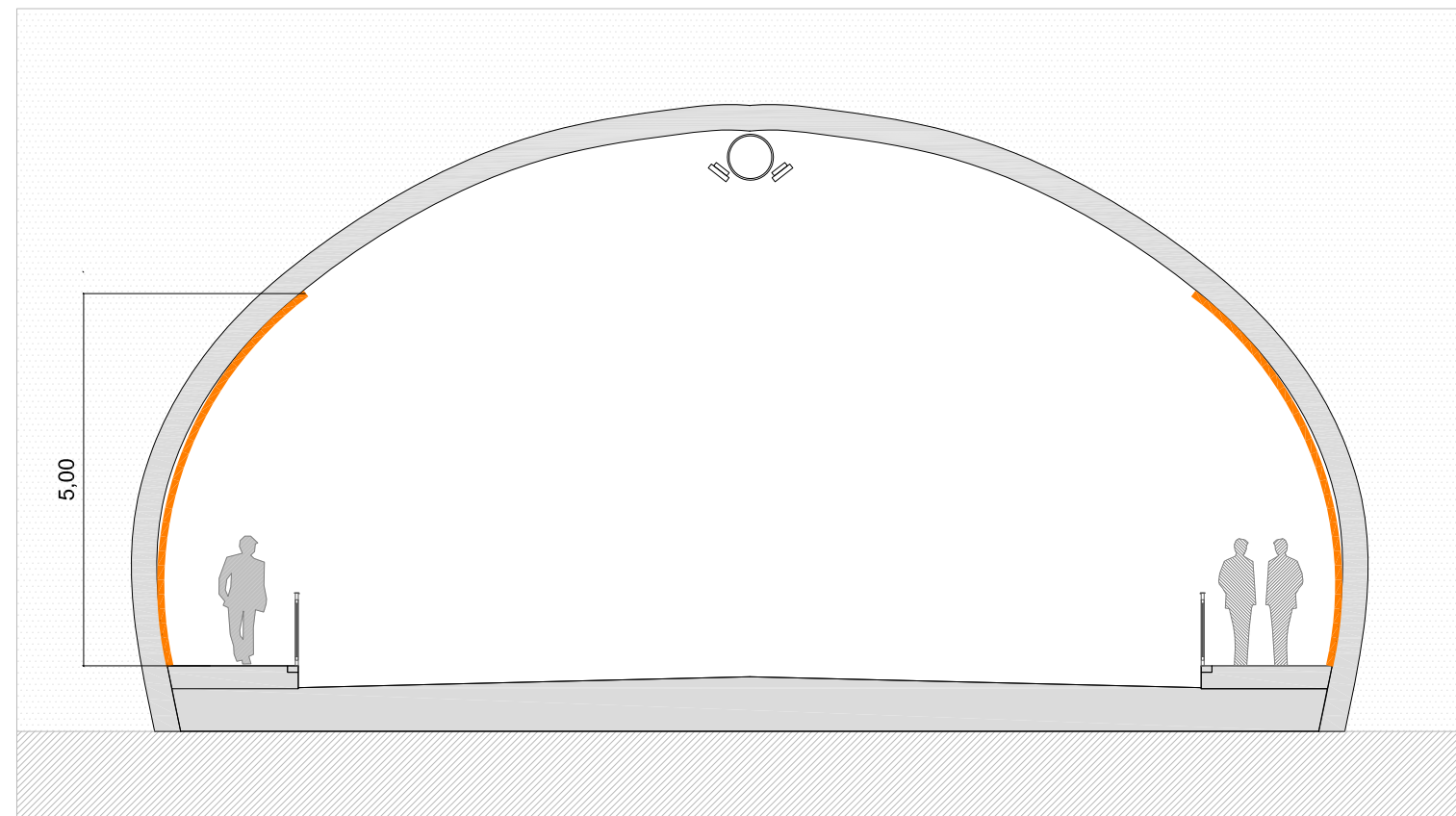
PLANO:
PROPUESTA 3
SECCIÓN CONSTRUCTIVA
Y PLANTA

INÉS ARAGÜEZ DEL CORRAL
MÁSTER DE INGENIERÍA ACÚSTICA
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

FECHA: SEPTIEMBRE / 15	ESCALA: VARIAS	PLANO Nº: 3.2
---------------------------	-------------------	------------------



PLANTA - ESC. 1:1.000



SECCIÓN A - B / ESC. 1:100

OBSERVACIONES:

PLANO DONDE SE INDICA EL ESTADO DEL TÚNEL TRAS LA APLICACIÓN DE 5 METROS DE FILAS HORIZONTALES DE PANELES ABSORBENTES

PROYECTO DE :

ESTUDIO ACÚSTICO DE ACONDICIONAMIENTO DEL TÚNEL DE LA ALCAZABA

TITULAR:

AYUNTAMIENTO DE MÁLAGA

PLANO:

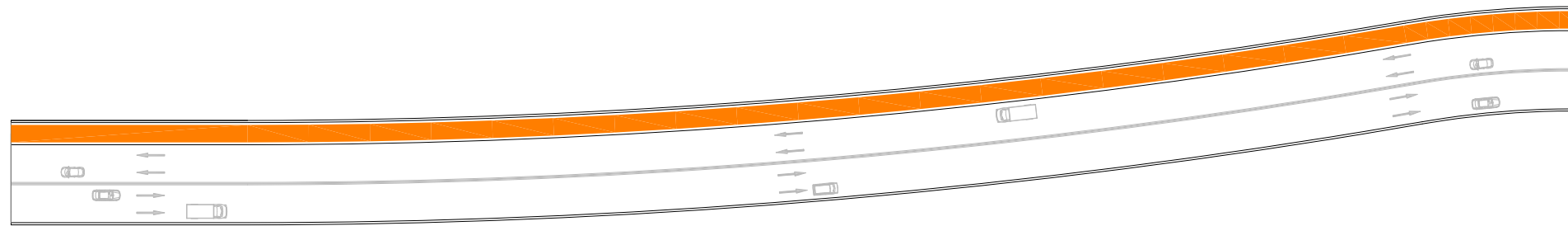
PROPUESTA 5
SECCIÓN CONSTRUCTIVA
Y PLANTA

INÉS ARAGÜEZ DEL CORRAL
MÁSTER DE INGENIERÍA ACÚSTICA
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

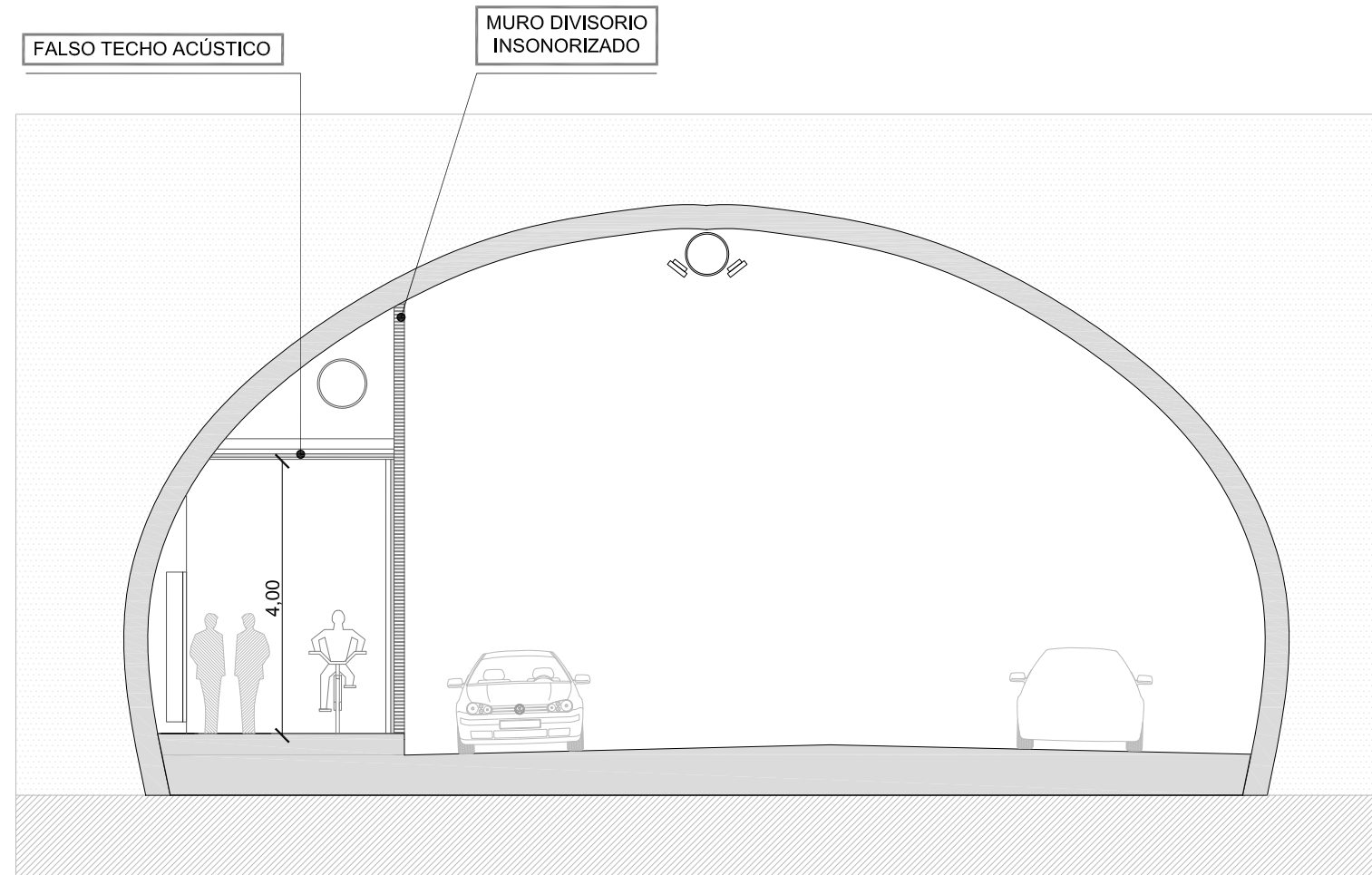
FECHA:
SEPTIEMBRE / 15

ESCALA:
VARIAS

PLANO Nº:
3.3



PLANTA - ESC. 1:1.000



SECCIÓN A - B / ESC. 1:100

OBSERVACIONES:

PLANO DE DETALLE DEL PASILLO INSONORIZADO FORMADO POR LA UNIÓN DE LAS DOS ACERAS EXISTENTES.
USO COMO GALERÍA DE ARTE Y CARRIL BICI DE BAJA VELOCIDAD.

PROYECTO DE :

ESTUDIO ACÚSTICO DE ACONDICIONAMIENTO DEL TÚNEL DE LA ALCAZABA

TITULAR:

AYUNTAMIENTO DE MÁLAGA

PLANO:

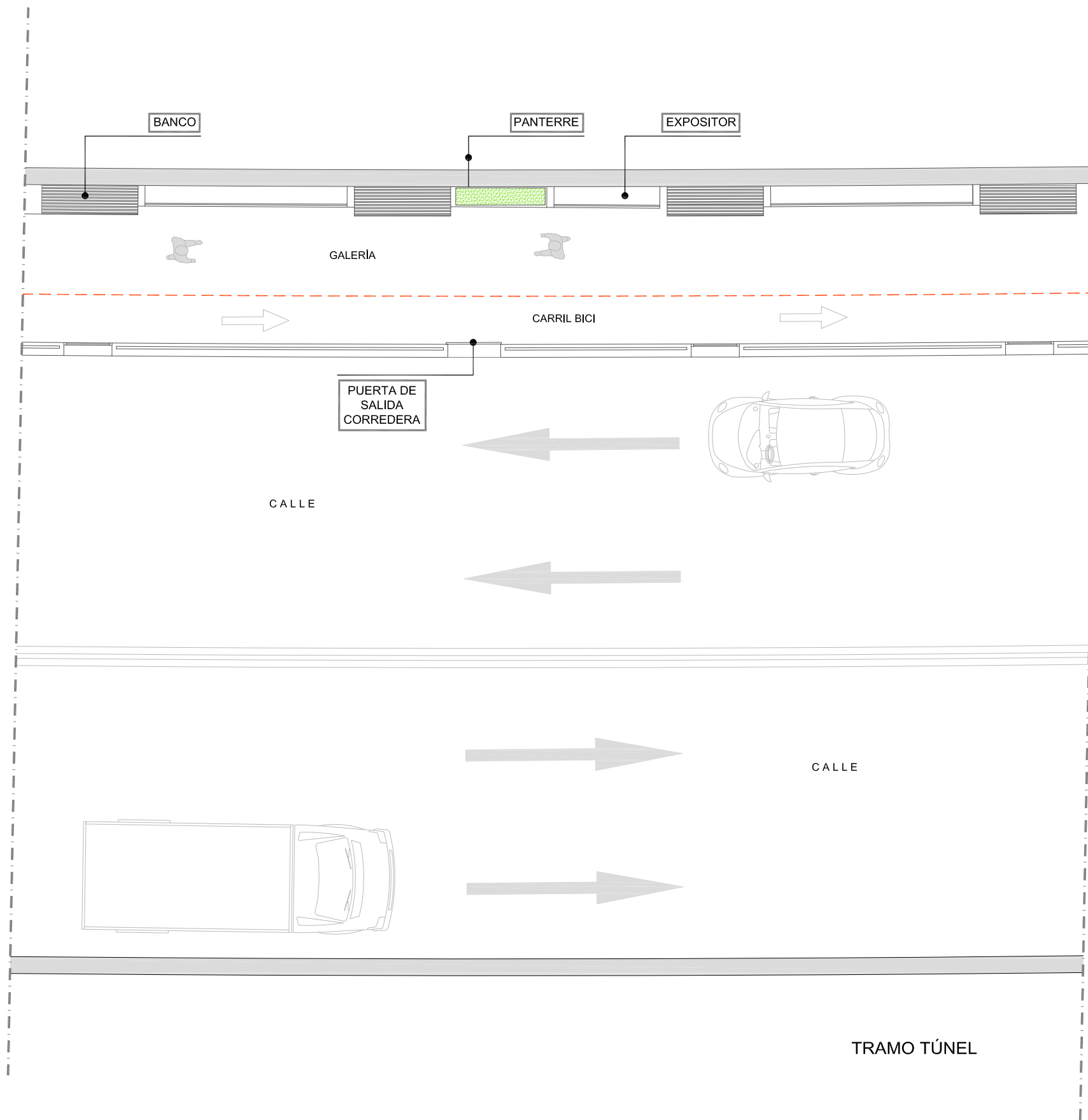
PROPUESTA 6
SECCIÓN CONSTRUCTIVA
Y PLANTA

INÉS ARAGÜEZ DEL CORRAL
MÁSTER DE INGENIERÍA ACÚSTICA
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

FECHA:
SEPTIEMBRE / 15

ESCALA:
VARIAS

PLANO Nº:
3.4.1



OBSERVACIONES:
 PLANO DE DETALLE DEL PASILLO INSONORIZADO FORMADO POR LA UNIÓN DE LAS DOS ACERAS EXISTENTES.
 USO COMO GALERÍA DE ARTE Y CARRIL BICI DE BAJA VELOCIDAD

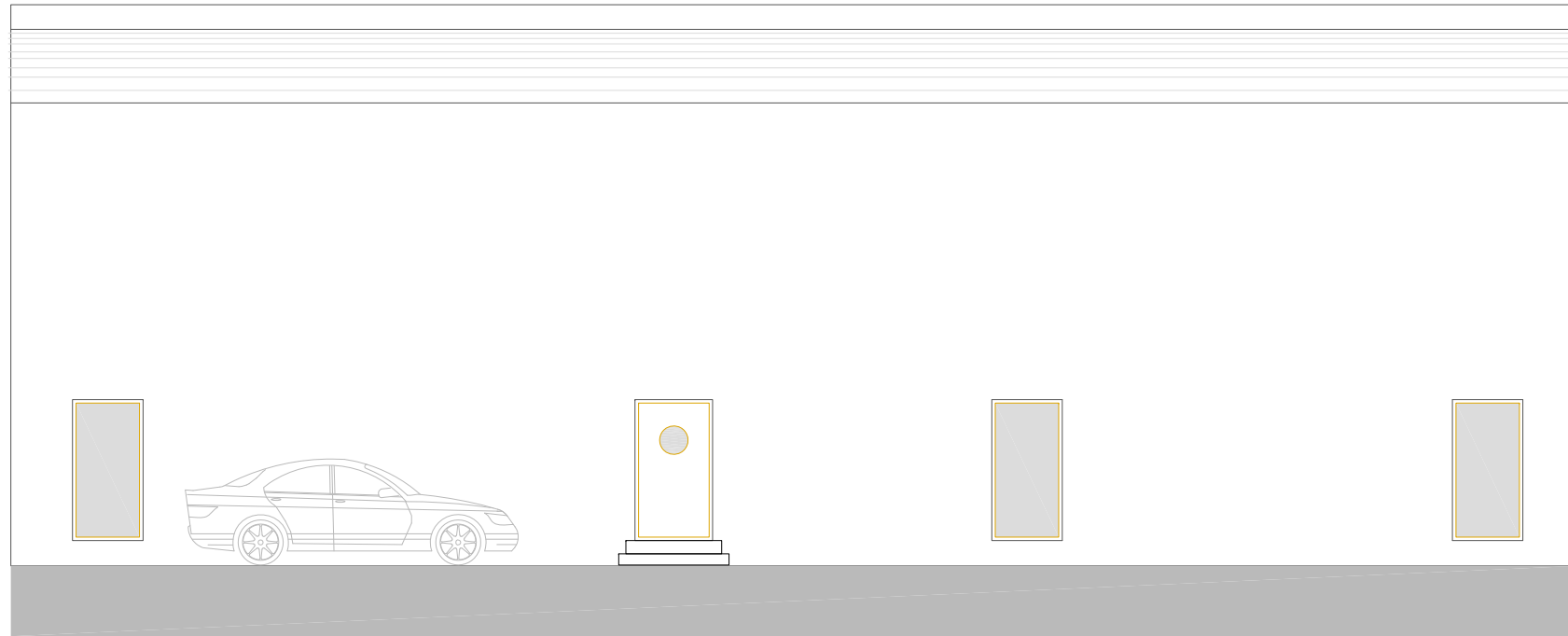
PROYECTO DE :
 ESTUDIO ACÚSTICO DE ACONDICIONAMIENTO DEL TÚNEL DE LA ALCAZABA

TITULAR:
 AYUNTAMIENTO DE MÁLAGA

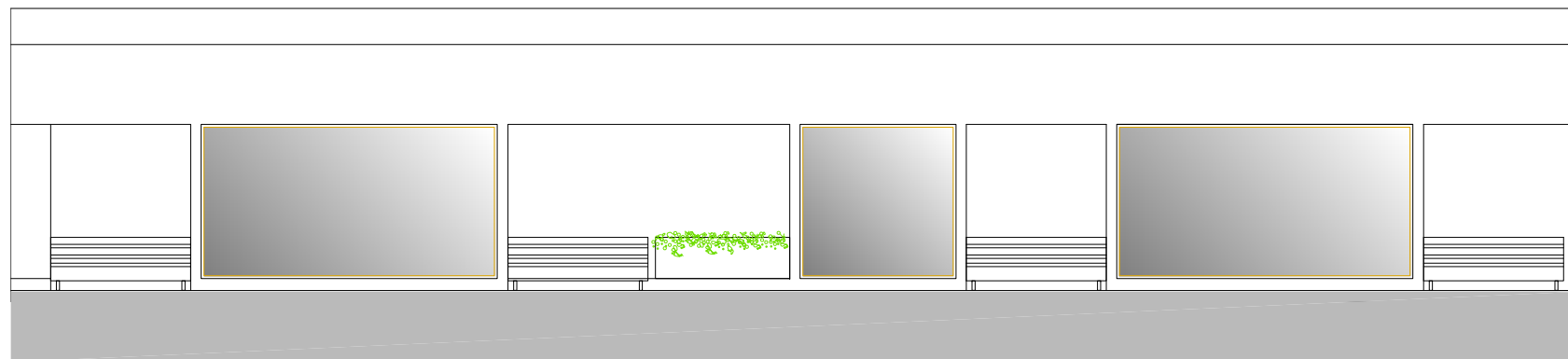
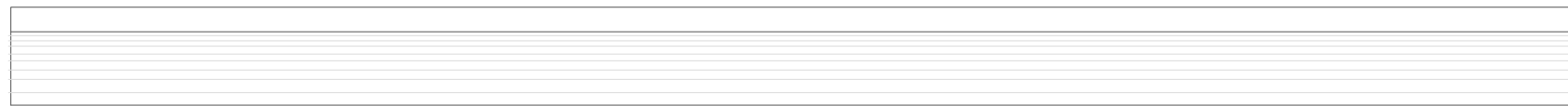
PLANO:
 PLANTA DE DISTRIBUCIÓN (DETALLE)
 PROPUESTA 6

INÉS ARAGÜEZ DEL CORRAL
 MÁSTER DE INGENIERÍA ACÚSTICA
 UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

FECHA: SEPTIEMBRE / 15	ESCALA: 1/ 100	PLANO Nº: 3.4.2
---------------------------	-------------------	--------------------



ALZADO INTERIOR DEL TÚNEL



TRAMO TÚNEL

OBSERVACIONES:
 PLANO DE DETALLE DEL PASILLO INSONORIZADO FORMADO POR LA UNIÓN DE LAS DOS ACERAS EXISTENTES.
 USO COMO GALERÍA DE ARTE Y CARRIL BICI DE BAJA VELOCIDAD

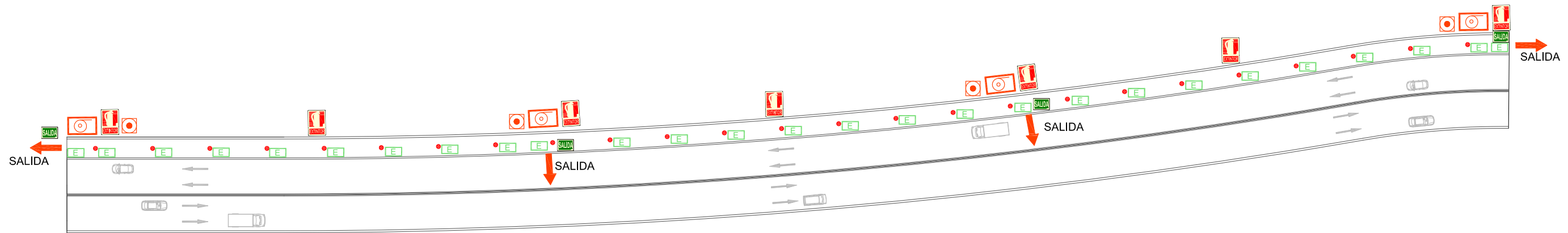
PROYECTO DE :
 ESTUDIO ACÚSTICO DE ACONDICIONAMIENTO DEL TÚNEL DE LA ALCAZABA

TITULAR:
 AYUNTAMIENTO DE MÁLAGA

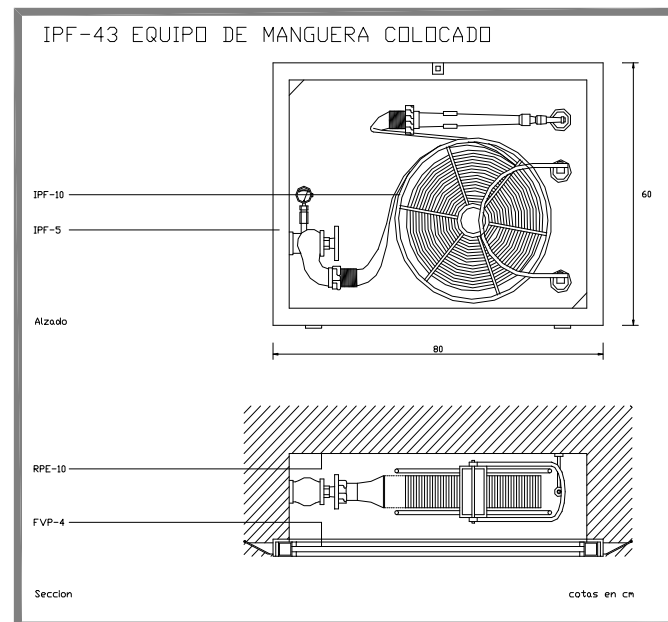
PLANO:
 ALZADOS PROPUESTA 6

INÉS ARAGÜEZ DEL CORRAL
 MÁSTER DE INGENIERÍA ACÚSTICA
 UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

FECHA: SEPTIEMBRE / 15	ESCALA: 1/ 100	PLANO Nº: 3,4.3
---------------------------	-------------------	--------------------

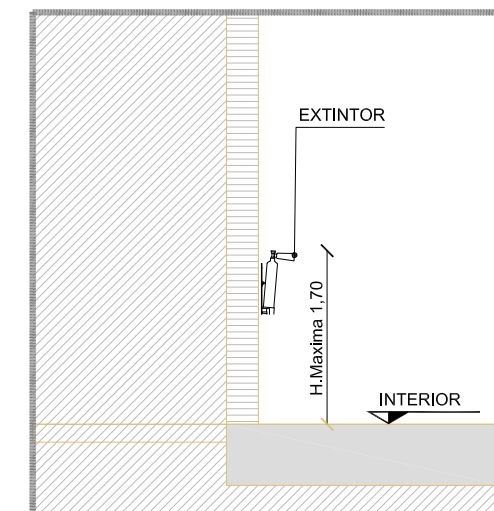


PLANTA - ESC. 1:1.000



DETALLE DE B.I.E.

LEYENDA DE CONTRAINCENDIOS	
LUZ DE EMERGENCIA	[E]
SEÑAL "SALIDA"	[SALIDA]
EXTINTOR 21A-113B CON SEÑALIZACIÓN	[EXTINTOR]
RECORRIDO DE EVACUACIÓN	[→]
LONG. RECORRIDO DE EVACUACIÓN (m)	[xx,xx m]
ORIGEN Y OCUPACION DE LA ZONA	[X]
BOTIQUIN	[+]
SEÑAL QUE INDICA LA SALIDA	[→ SALIDA]
PULSADOR DE ALARMA	[ALARMA]



SECCION TIPO

OBSERVACIONES:
PLANO EN DONDE SE ESPECIFICA LAS SALIDAS Y LAS INSTALACIONES CONTRAINCENDIOS NECESARIAS EN EL PASILLO INSONORIZADO.

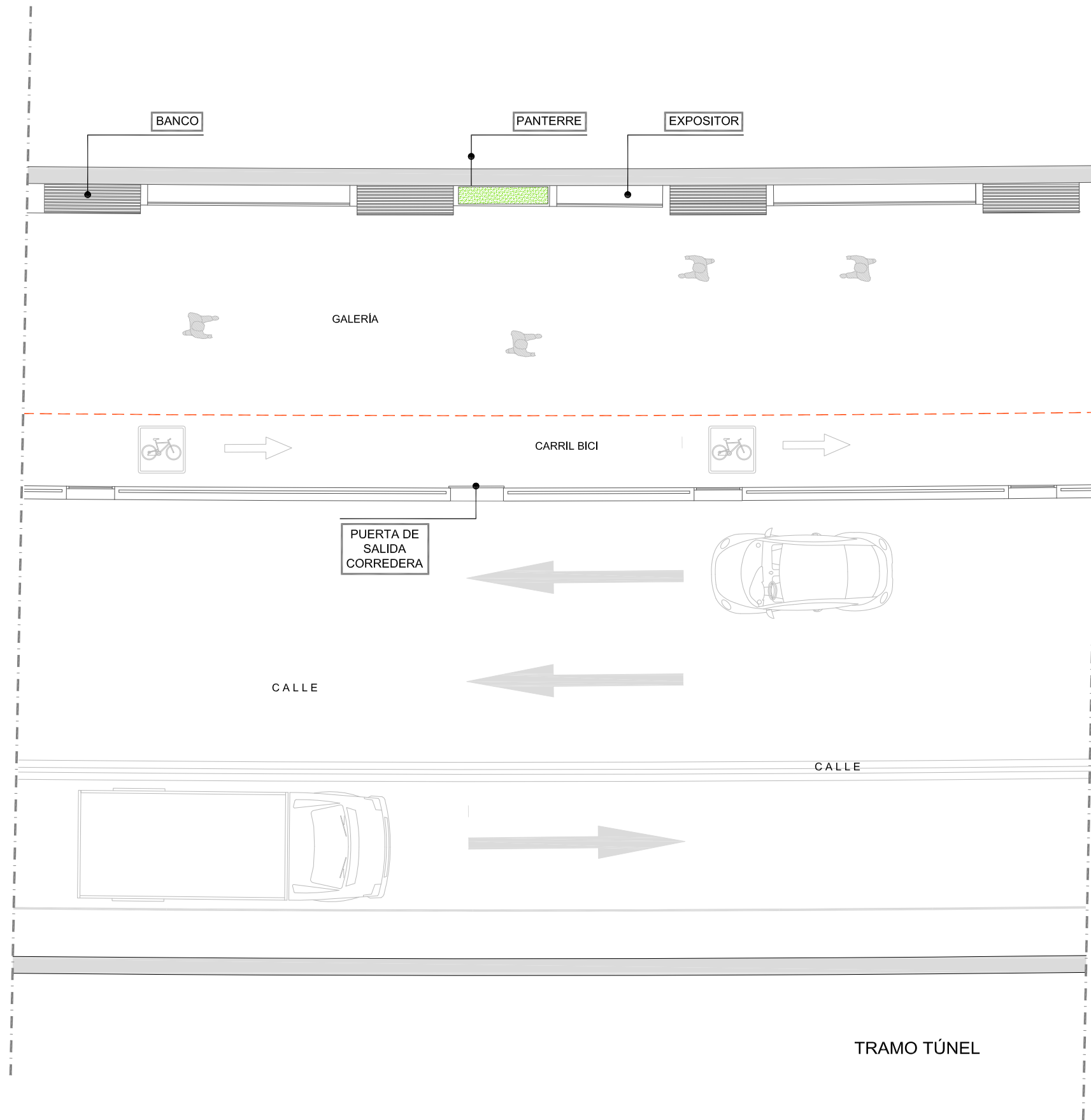
PROYECTO DE :
ESTUDIO ACÚSTICO DE ACONDICIONAMIENTO DEL TÚNEL DE LA ALCAZABA

TITULAR:
AYUNTAMIENTO DE MÁLAGA

PLANO:
PLANTA DE SEGURIDAD Y CONTRAINCENDIOS PROPUESTA 6

INÉS ARAGÜEZ DEL CORRAL
MÁSTER DE INGENIERÍA ACÚSTICA
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

FECHA: SEPTIEMBRE / 15	ESCALA: 1/ 750	PLANO Nº: 3,4,4
---------------------------	-------------------	--------------------



OBSERVACIONES:
 PLANO DE DETALLE DEL PASILLO INSONORIZADO FORMADO POR LA UNIÓN DE LAS DOS ACERAS EXISTENTES Y UNO DE LOS VIALES.
 USO COMO GALERÍA DE ARTE Y CARRIL BICI DE VELOCIDAD NORMAL.

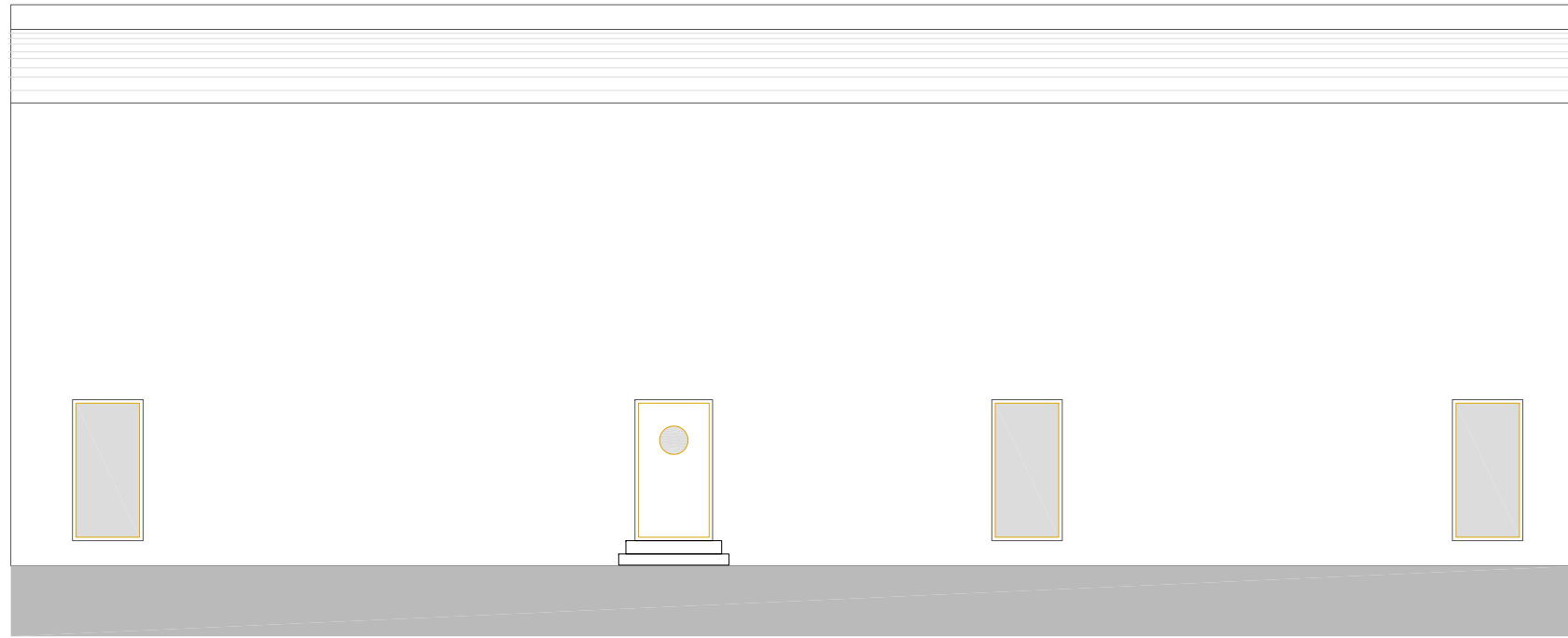
PROYECTO DE :
 ESTUDIO ACÚSTICO DE ACONDICIONAMIENTO DEL TÚNEL DE LA ALCAZABA

TITULAR:
 AYUNTAMIENTO DE MÁLAGA

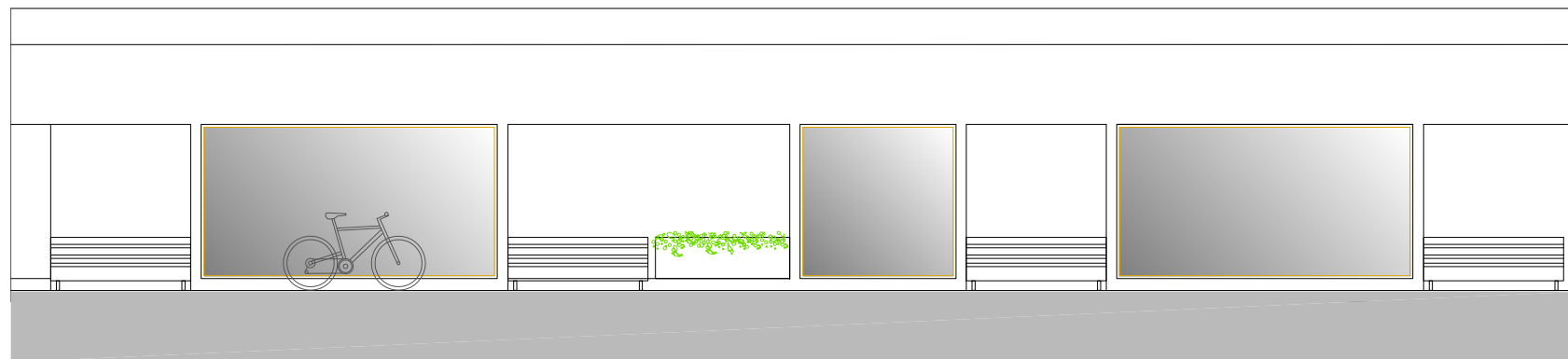
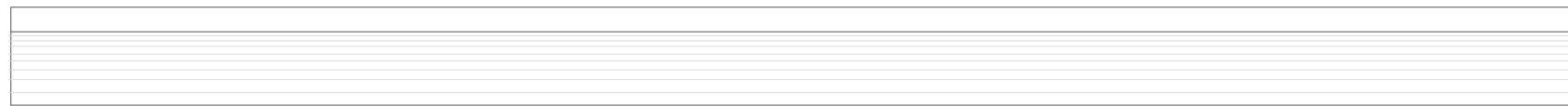
PLANO:
 PLANTA DE DISTRIBUCIÓN Y SECCIÓN PROPUESTA 6

INÉS ARAGÜEZ DEL CORRAL
 MÁSTER DE INGENIERÍA ACÚSTICA
 UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

FECHA: SEPTIEMBRE / 15	ESCALA: 1/ 100	PLANO Nº: 3,4,5
---------------------------	-------------------	--------------------



ALZADO INTERIOR DEL TÚNEL



TRAMO TÚNEL

OBSERVACIONES:
 PLANO DE DETALLE DEL PASILLO INSONORIZADO FORMADO POR LA UNIÓN DE LAS DOS ACERAS EXISTENTES Y UNO DE LOS VIALES.
 USO COMO GALERÍA DE ARTE Y CARRIL BICI DE VELOCIDAD NORMAL.

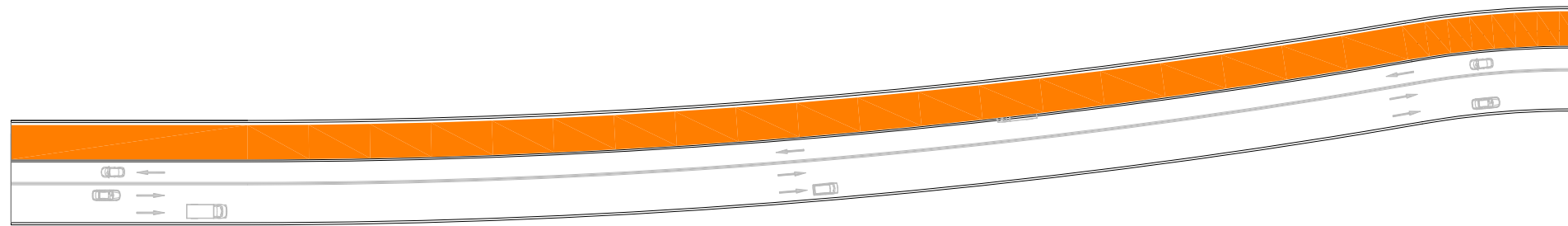
PROYECTO DE :
 ESTUDIO ACÚSTICO DE ACONDICIONAMIENTO DEL TÚNEL DE LA ALCAZABA

TITULAR:
 AYUNTAMIENTO DE MÁLAGA

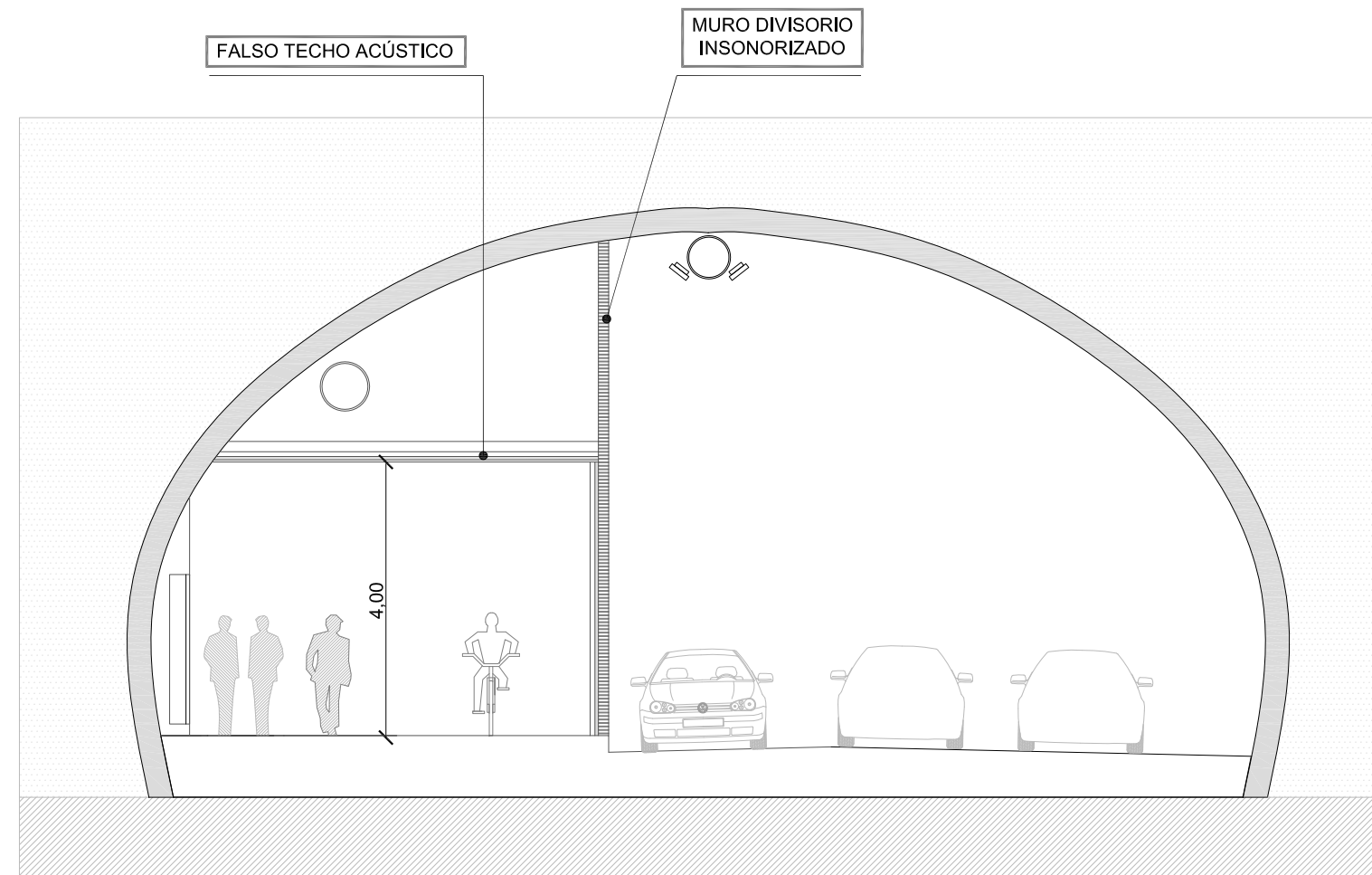
PLANO:
 ALZADOS PROPUESTA 6

INÉS ARAGÜEZ DEL CORRAL
 MÁSTER DE INGENIERÍA ACÚSTICA
 UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

FECHA: SEPTIEMBRE / 15	ESCALA: 1/ 100	PLANO Nº: 3,4,6
---------------------------	-------------------	--------------------



PLANTA - ESC. 1:1.000



SECCIÓN A - B / ESC. 1:100

OBSERVACIONES:

PLANO DE DETALLE DEL PASILLO INSONORIZADO FORMADO POR LA UNIÓN DE LAS DOS ACERAS EXISTENTES Y UNO DE LOS VIALES. USO COMO GALERÍA DE ARTE Y CARRIL BICI DE VELOCIDAD NORMAL.

PROYECTO DE :

ESTUDIO ACÚSTICO DE ACONDICIONAMIENTO DEL TÚNEL DE LA ALCAZABA

TITULAR:

AYUNTAMIENTO DE MÁLAGA

PLANO:

PROPUESTA 6
SECCIÓN CONSTRUCTIVA
Y PLANTA

INÉS ARAGÜEZ DEL CORRAL
MÁSTER DE INGENIERÍA ACÚSTICA
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

FECHA:
SEPTIEMBRE / 15

ESCALA:
VARIAS

PLANO Nº:
3.4.7



ANEXO 2: CÁLCULO DE LAS DIFERENTES PROPUESTAS



1.- SITUACIÓN INICIAL

1.1.- INTRODUCCIÓN DE DATOS

Inicialmente, lo que se debe de realizar es la introducción de datos de los puntos exteriores del recinto que se va a evaluar. Debido a la complejidad requerida para la evaluación del tramo completo de la estructura del túnel, ya que los viales tienen zonas curvas y recodos y debido a los problemas que genera el Ease al introducir superficies curvas, se ha decidido analizar un tramo recto con la sección completa de la estructura y asimilar los resultados obtenidos al resto de la construcción.

Una vez completado este arduo paso, se pasa a la descripción de los materiales existentes en cada una de las caras creadas de la estructura. En este caso se ha empleado como material para las caras superiores del túnel un hormigón de acabado liso, para las caras de la zona inferior y los acerados se ha utilizado un hormigón de acabado con pintura, y para los viales, al no existir en la biblioteca de materiales el asfalto, se ha empleado un hormigón de acabado rugoso.

#	G	Item	Image	Vis	Img	Face Material	Color	2-Fold	Rea..	Rear Clr.	Face Texture	Rear Texture	Surface [m²]	Shading	Locked	Sides
1		F1		Yes	Yes	Generic, Concrete, Rough Finish	3092271	No		16777215	WALL	WALL	376.44	No	No	4
2		F2		Yes	Yes	Generic, Concrete or Cinder Block, Painted	8421631	No		16777215	WALL	WALL	9.00	Yes	No	4
3		F3		Yes	Yes	Generic, Concrete or Cinder Block, Painted	8421631	No		16777215	WALL	WALL	52.50	Yes	No	4
4		F4		Yes	Yes	Generic, Concrete or Cinder Block, Painted	8421631	No		16777215	WALL	WALL	9.00	Yes	No	4
5		F5		Yes	Yes	Generic, Concrete or Cinder Block, Painted	8421631	No		16777215	WALL	WALL	52.50	Yes	No	4
6		F6		Yes	Yes	Generic, Concrete or Cinder Block, Painted	8421504	No		16777215	WALL	WALL	57.02	No	No	4
7		F7		Yes	Yes	Generic, Concrete or Cinder Block, Painted	8421504	No		16777215	WALL	WALL	57.02	No	No	4
8		F8		Yes	Yes	Generic, Concrete or Cinder Block, Painted	8421504	No		16777215	WALL	WALL	9.12	No	No	4
9		F9		Yes	Yes	Generic, Concrete or Cinder Block, Painted	8421504	No		16777215	WALL	WALL	37.95	No	No	4
10		F10		Yes	Yes	Generic, Concrete or Cinder Block, Painted	8421504	No		16777215	WALL	WALL	9.12	No	No	4
11		F11		Yes	Yes	Generic, Concrete or Cinder Block, Painted	8421504	No		16777215	WALL	WALL	37.95	No	No	4
12		F12		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.89	No	No	4
13		F13		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	41.38	No	No	4
14		F14		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	36.62	No	No	4
15		F15		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	34.24	No	No	4
16		F16		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	32.31	No	No	4
17		F17		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.92	No	No	4
18		F18		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.34	No	No	4
19		F19		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.76	No	No	4
20		F20		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.76	No	No	4
21		F21		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.34	No	No	4
22		F22		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.92	No	No	4
23		F23		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	32.31	No	No	4
24		F24		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	34.24	No	No	4
25		F25		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	36.62	No	No	4
26		F26		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	41.38	No	No	4
27		F27		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.89	No	No	4
28		F28		Yes	Yes	Standard, Ideal Absorber, α = 99%	8421504	No		16777215	WALL	WALL	100.26	No	No	27
29		F29		Yes	Yes	Standard, Ideal Absorber, α = 99%	8421504	No		16777215	WALL	WALL	100.26	No	No	27

Figura 51 Lista de caras y materiales correspondientes



Por último, para las dos caras que están abiertas (entrada y salida del túnel), ya que en éstas el sonido sale sin reflexiones algunas, se dispone como material uno de tipo absorbente al 99%.

Para la evaluación del ruido percibido por los viandantes, se introducen como áreas de audiencia dos planos a lo largo de los tramos de acerado a una altura de 1,55 metros que se estima como valor medio de la situación de los oídos en una persona.

1.2.- TIEMPO DE REVERBERACIÓN

Tras completar la introducción de datos se puede comprobar el nivel de reverberación existente en el recinto. Se observa que se obtiene unos valores que oscilan entorno a valores de 1,8 segundos. Si nos centramos en la frecuencia donde se concentra la potencia de emisión del espectro típico de ruido de tráfico rodado, aproximadamente 200 Hz, se obtiene un pico de reverberación de 1,95 segundos.

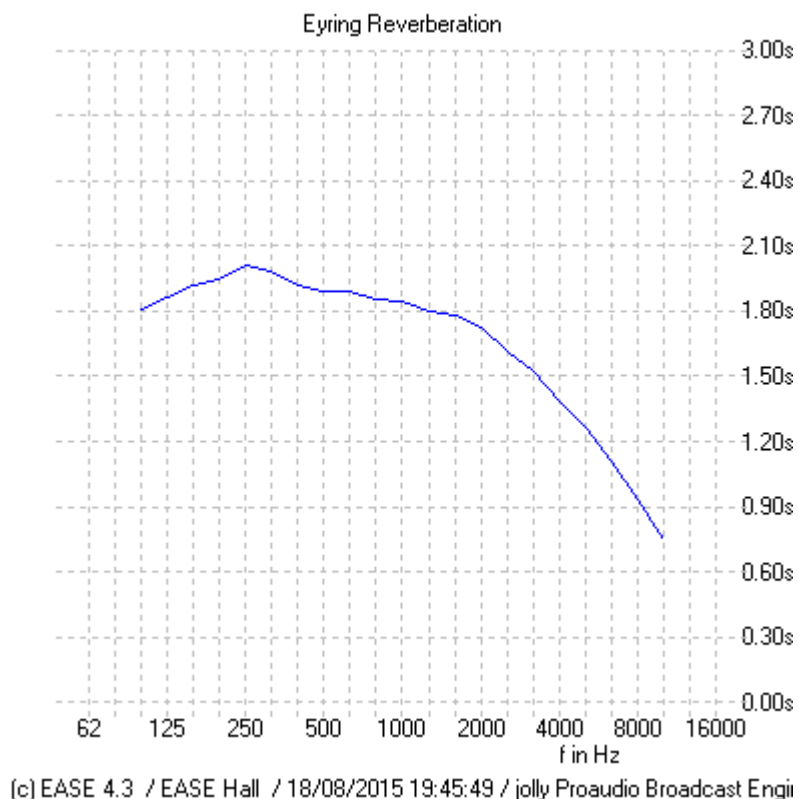


Figura 52 Tiempo de reverberación del recinto

1.3.- FUENTES DE EMISIÓN DE RUIDO DE TRÁFICO RODADO

Tras conocer el tiempo de reverberación de la sala, se introducen las fuentes de emisión de ruido que, como ya se explicó en puntos anteriores, se introducen con una disposición tresbolillo cada 5 metros, de forma uniforme en ambos sentidos. Para la simulación del ruido de tráfico se emplean fuentes omnidireccionales con un espectro de emisión acorde al de la fuente original.

La tipología del espectro para ruido de tráfico rodado se ha obtenido del Anexo II de la NBE-CA88², donde se estudia en profundidad este tipo de emisión. A continuación se adjunta el gráfico que se muestra en este documento donde se puede observar como la gran mayoría de la potencia emitida se concentra en las bajas frecuencias, en especial entorno a los 200 Hz.

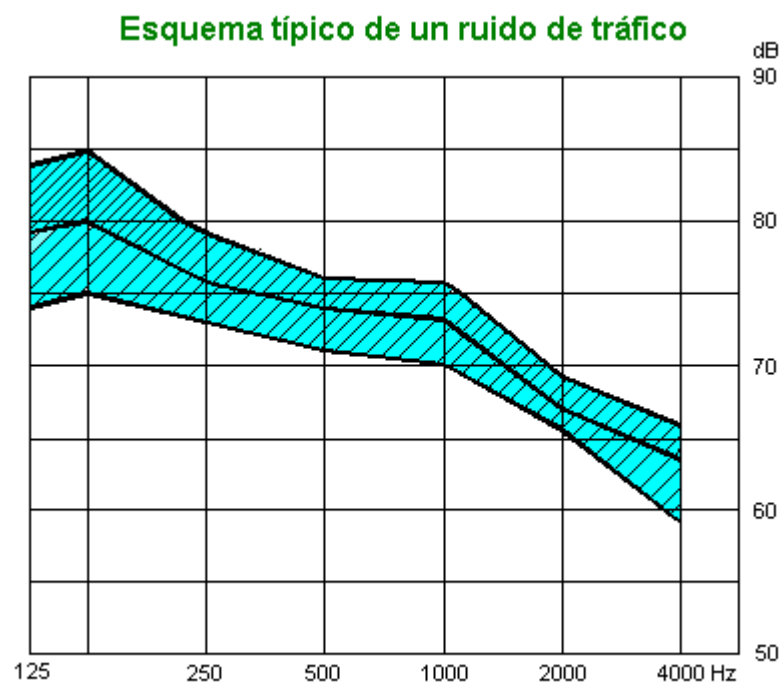


Figura 53 Esquema típico del espectro frecuencial

Este ruido se corresponde con los valores medidos al borde de la calzada a una altura de 1,20 metros, por lo que, para conocer la potencia de emisión real se aplica la

² Aunque esta normativa está actualmente derogada por el CTE DB-HR, se considera que los datos de tráfico aquí expuestos son perfectamente válidos y son muy completos y contrastados.

ecuación de evaluación de nivel de presión acústica en función de la distancia, la directividad y la absorción atmosférica. En este caso, como se trata de una distancia pequeña, se va a despreciar el término de absorción atmosférica.

$$SPL(r) = PWL - 20 \cdot \log(r) - 11 - \alpha_{atm} \cdot r$$

f (Hz)	SPL (dB)	r (m)	DI (dB)	alfa atm	PWL (dB)
125	83	1,845	3	0	96,32
200	85	1,845	3	0	98,32
250	80	1,845	3	0	93,32
500	77	1,845	3	0	90,32
1000	76	1,845	3	0	89,32
2000	68	1,845	3	0	81,32
4000	66	1,845	3	0	79,32

Tabla 2 Cálculo de la potencia de emisión de un vehículo

Tras conocer la potencia emitida por las fuentes, se introducen en los altavoces de Ease, de manera que las curvas de emisión sean lo más similares posible. Los valores intermedios de frecuencias se aproximan por interpolación. Finalmente el modelo informático queda de la siguiente manera:

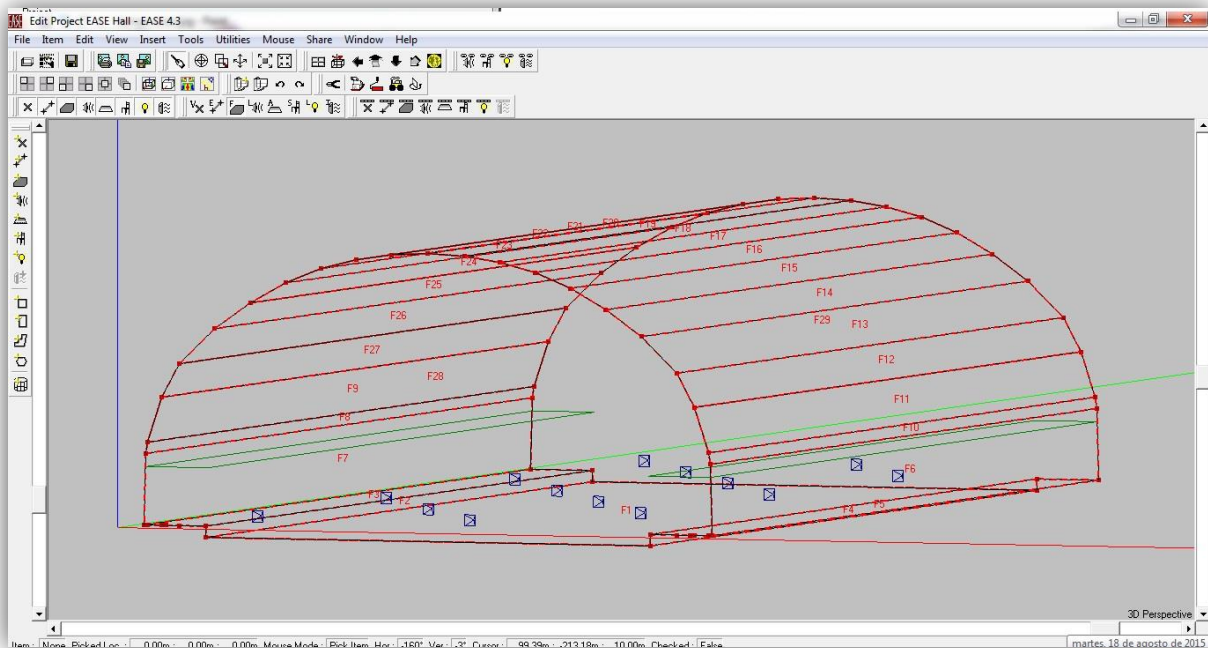


Figura 54 Modelado de vehículos en el túnel

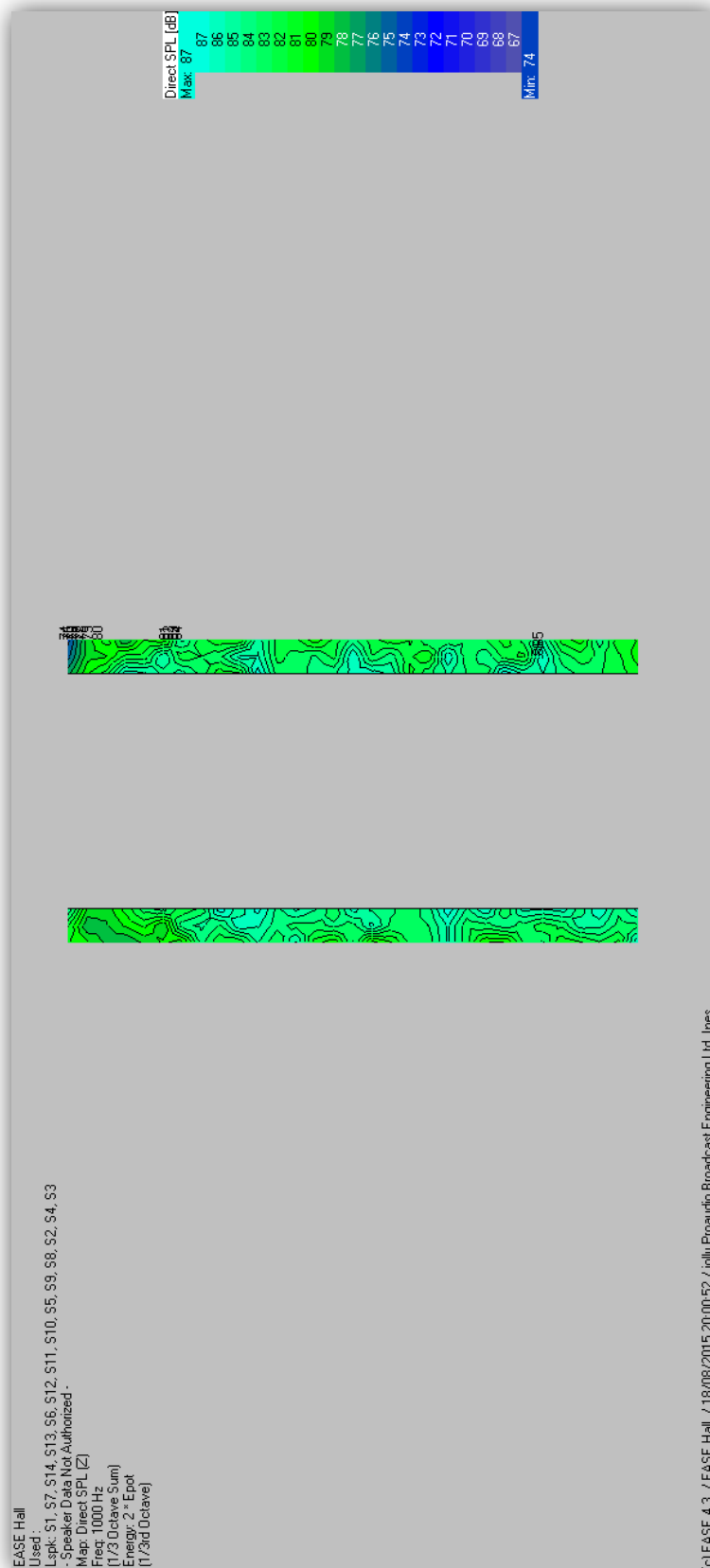


Figura 56 Sonido directo evaluado a 1000 Hz

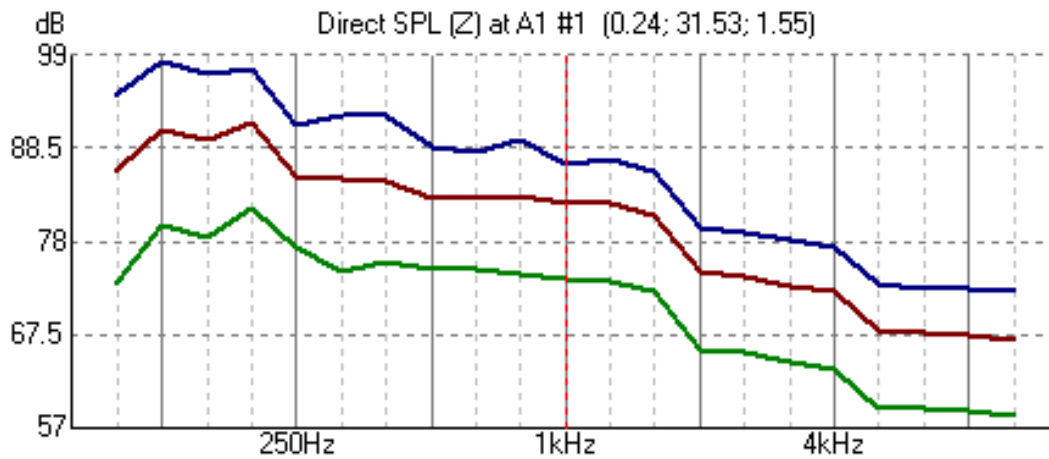


EVALUACIÓN DE NIVELES A 200 Hz

Para evaluar el nivel de ruido que se produce a la frecuencia de mayor potencia del espectro de emisión de un vehículo, se analiza la distribución del sonido mediante simulación.



Figura 57 Sonido directo evaluado a 200 Hz



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 18/08/2015 20:01:28 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. li

Figura 58 Curva de niveles de SPL directo

Se puede ver que los niveles de SPL directo por bandas fluctúan bastante, oscilando entorno a los 80 dBA, llegando a tener picos de hasta 98 dBA en bajas frecuencias. Se comprueba que la emisión a altas frecuencias es mucho más baja, teniendo valores que no son tan alarmantes como los obtenidos para las frecuencias entorno a los 200 Hz.



NIVELES DE SONIDO TOTAL

EVALUACIÓN DE NIVELES A 1000 Hz

Igualmente, se va a evaluar la distribución del ruido a 1000 Hz.

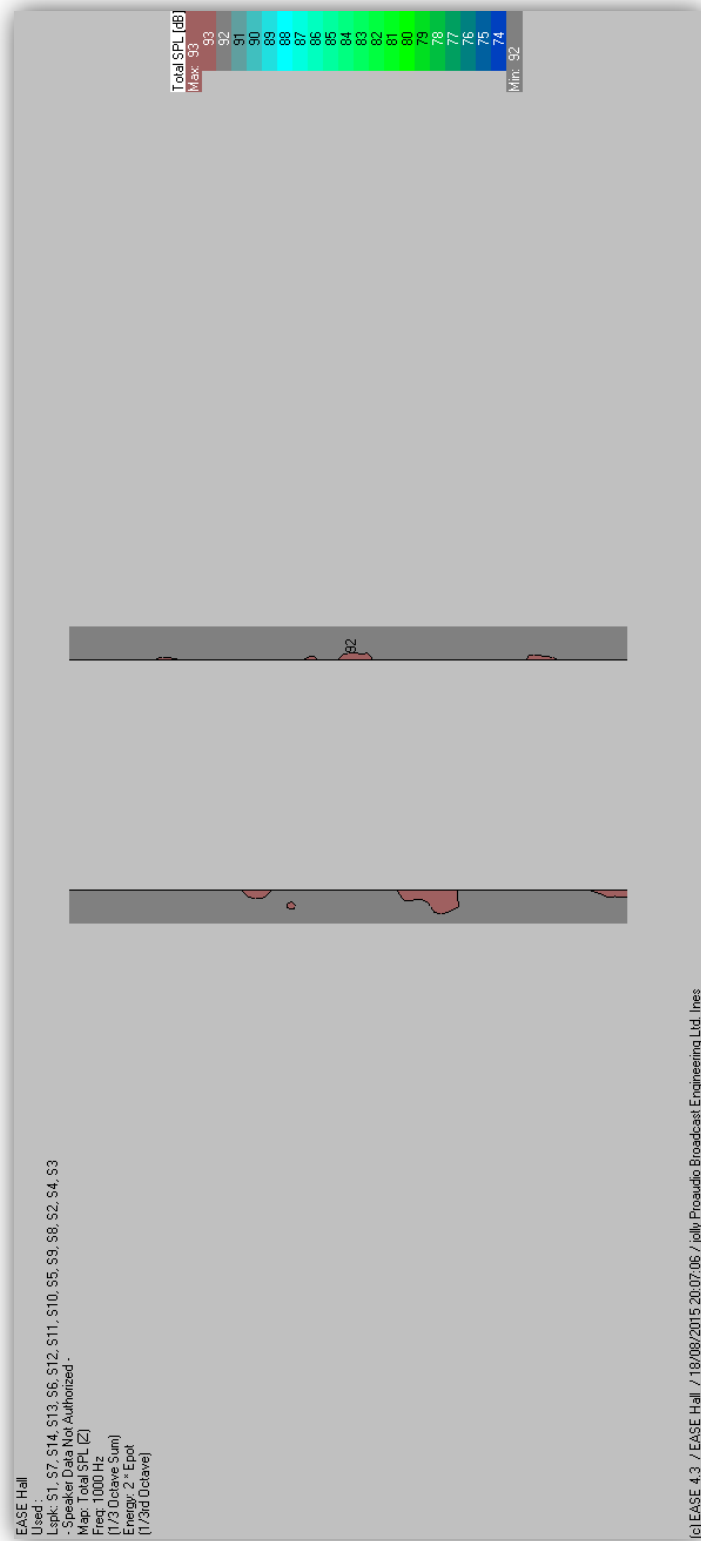


Figura 59 Sonido total evaluado a 1000 Hz



EVALUACIÓN DE NIVELES A 200 Hz

De la misma forma que en el apartado anterior, para tener en cuenta la frecuencia de máxima emisión de los vehículos de tráfico rodado, se analizan los resultados obtenidos a 200 Hz.

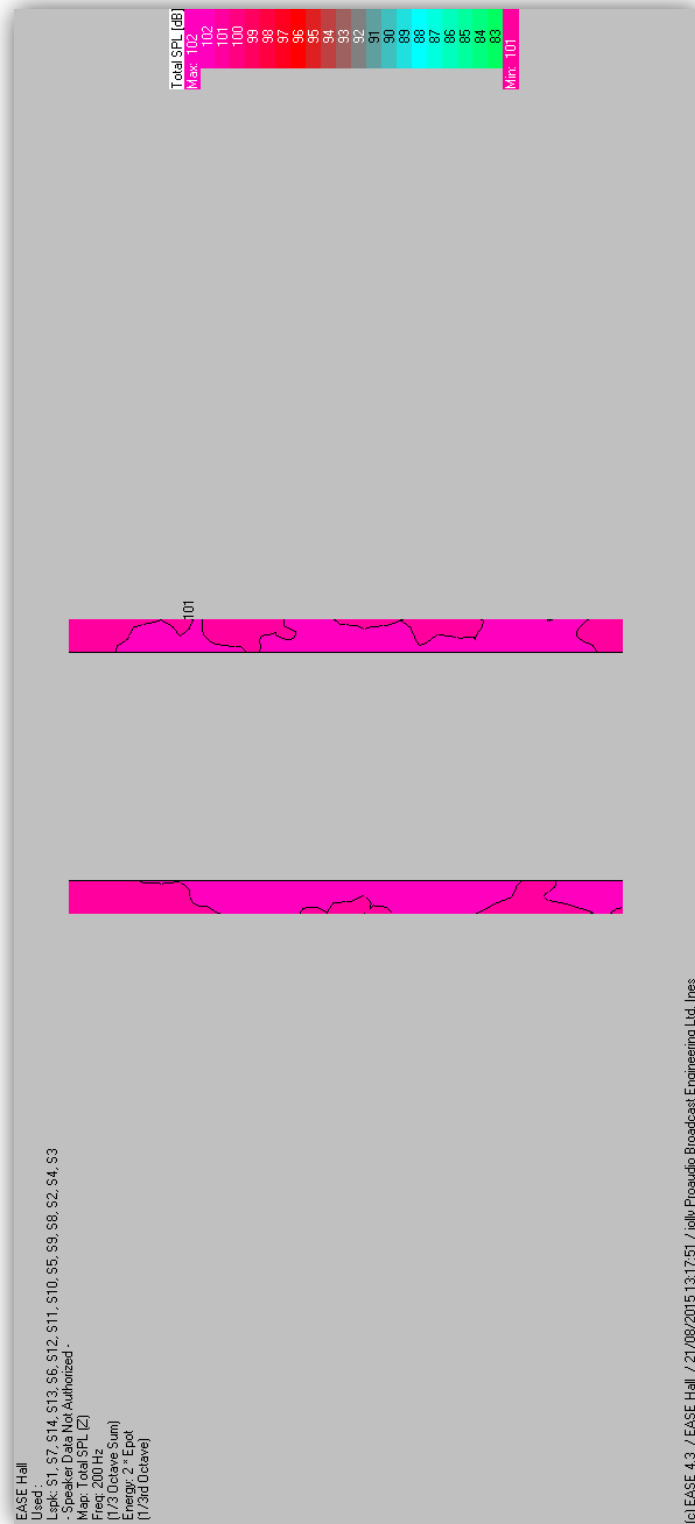
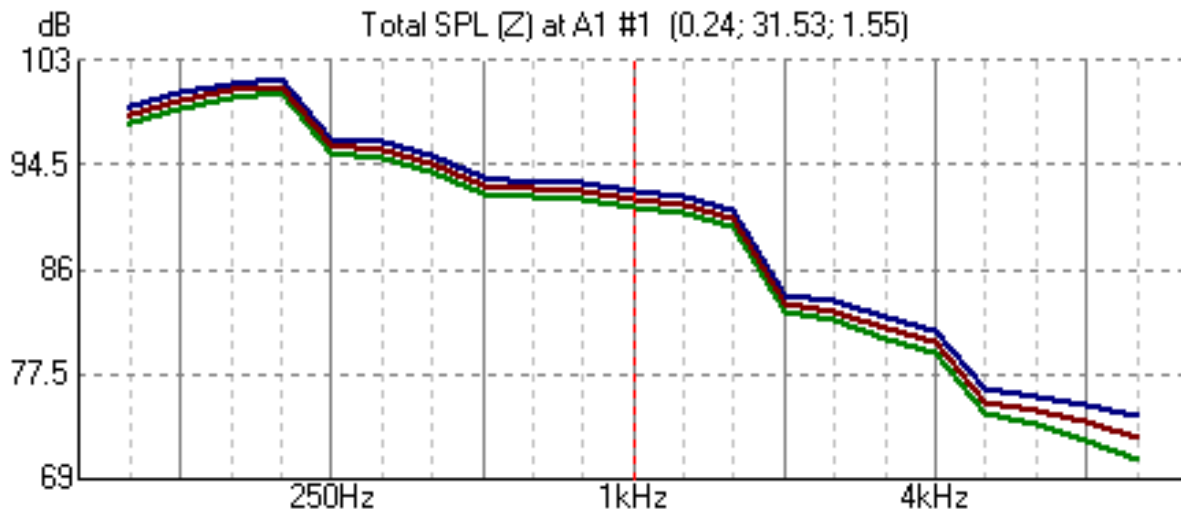


Figura 60 Sonido total evaluado a 200 Hz



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 18/08/2015 20:05:41 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. l

Figura 61 Curva de niveles de SPL total

En este caso, se observa que, al tener un alto nivel de reverberación, existe menos fluctuación entre valores mínimos y máximos. Igualmente se aprecia una alta diferencia entre los niveles calculados para las bajas y altas frecuencias, siendo notablemente mayores los obtenidos para los valores entorno a los 200 Hz. Se comprueba en este apartado que los niveles de ruido obtenidos son muy preocupantes, llegando a niveles pico máximos en bandas de 102 dB.

Si se exportan los datos a Excel, y se realiza el cálculo del nivel total medio de banda completa, tanto sin ponderar como con ponderación A, se obtiene lo siguiente:

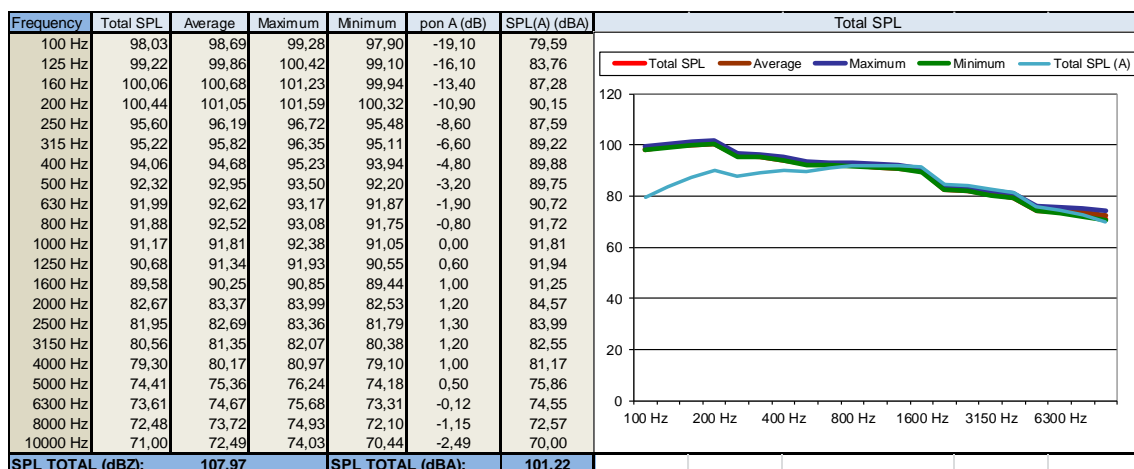


Figura 62 Niveles totales sonoros

Se observa que el nivel total de ruido con ponderación A es de 101,22 dBA.



2.- PROPUESTA 2: MORTERO ABSORBENTE

2.1.- INTRODUCCIÓN DEL MATERIAL

Para la introducción del mortero en el programa de simulación acústica, se ha buscado inicialmente la curva de absorción en frecuencia que presenta dicho material, y posteriormente se busca un elemento en EASE con una curva y características similares. En este caso, se ha empleado el siguiente material por la similitud entre las curvas de absorción

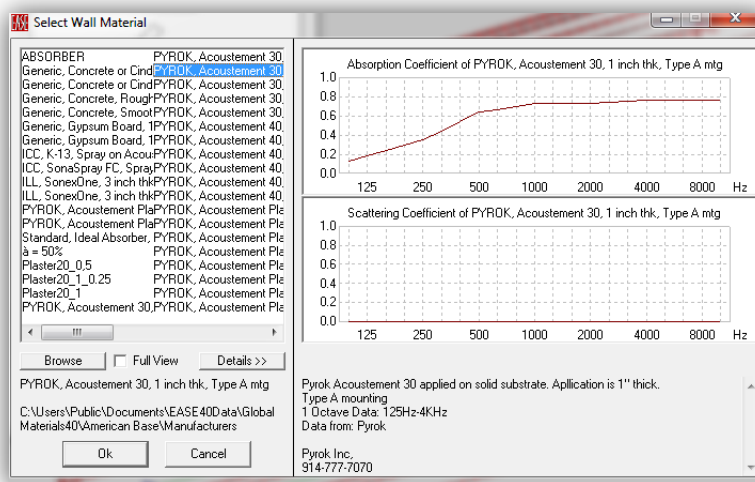


Figura 63 Curva de absorción del material escogido

Se le aplica este material a las caras interiores de la cúpula del túnel, quedando el acerado y los viales tal como estaban inicialmente.

#	G	Item	Image	Vis	Img	Face Material	Color	2-Fold	Rear Material	Rear Cl.	Face Texture	Rear Texture	Surface [m²]	U
1	F			Yes	Yes	Generic, Concrete, Rough Finish	8421631	No		16777215	WALL	WALL	376.44	N
2	F2			Yes	Yes	Generic, Concrete or Cinder Block, Painted	8421631	No		16777215	WALL	WALL	9.00	Y
3	F3			Yes	Yes	Generic, Concrete or Cinder Block, Painted	8421631	No		16777215	WALL	WALL	52.50	Y
4	F4			Yes	Yes	Generic, Concrete or Cinder Block, Painted	8421631	No		16777215	WALL	WALL	9.00	Y
5	F5			Yes	Yes	Generic, Concrete or Cinder Block, Painted	8421631	No		16777215	WALL	WALL	52.50	Y
6	F6			Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk, Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	57.02	N
7	F7			Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk, Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	57.02	N
8	F8			Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk, Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	9.12	N
9	F9			Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk, Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	37.95	N
10	F10			Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk, Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	9.12	N
11	F11			Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk, Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	37.95	N
12	F12			Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk, Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.89	N
13	F13			Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk, Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	41.38	N
14	F14			Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk, Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	36.62	N
15	F15			Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk, Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	34.24	N
16	F16			Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk, Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	32.31	N
17	F17			Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk, Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.92	N
18	F18			Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk, Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.34	N
19	F19			Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk, Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.76	N
20	F20			Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk, Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.76	N
21	F21			Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk, Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.34	N
22	F22			Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk, Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.92	N
23	F23			Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk, Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	32.31	N
24	F24			Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk, Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	34.24	N
25	F25			Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk, Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	36.62	N
26	F26			Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk, Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	41.38	N
27	F27			Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk, Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.89	N
28	F28			Yes	Yes	Standard, Ideal Absorber, à = 99%	8421504	No		16777215	WALL	WALL	100.26	N
29	F29			Yes	Yes	Standard, Ideal Absorber, à = 99%	8421504	No		16777215	WALL	WALL	100.26	N

Figura 64 Lista de caras y materiales correspondientes



2.2.- SIMULACIÓN DE NIVELES SONOROS

Una vez introducidos los materiales, se pasa a la simulación acústica.

NIVELES DE SONIDO DIRECTO

EVALUACIÓN DE NIVELES A 1000 Hz

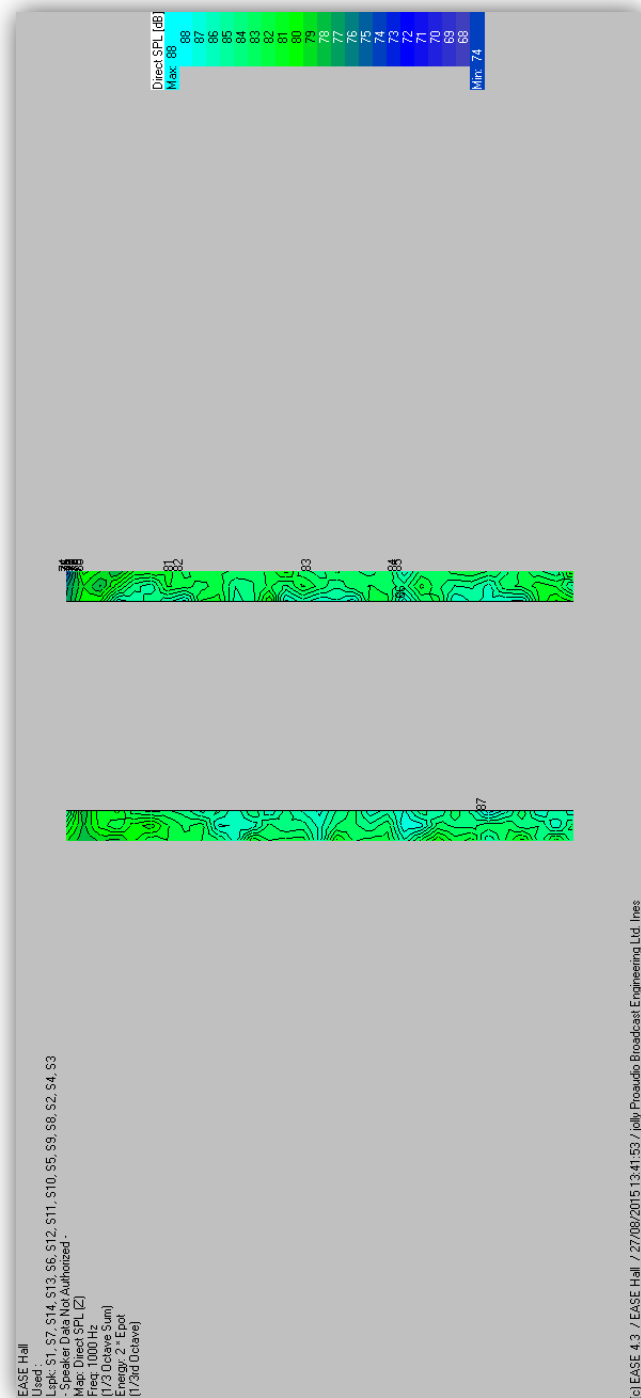


Figura 65 Sonido directo evaluado a 1000 Hz



EVALUACIÓN DE NIVELES A 200 Hz

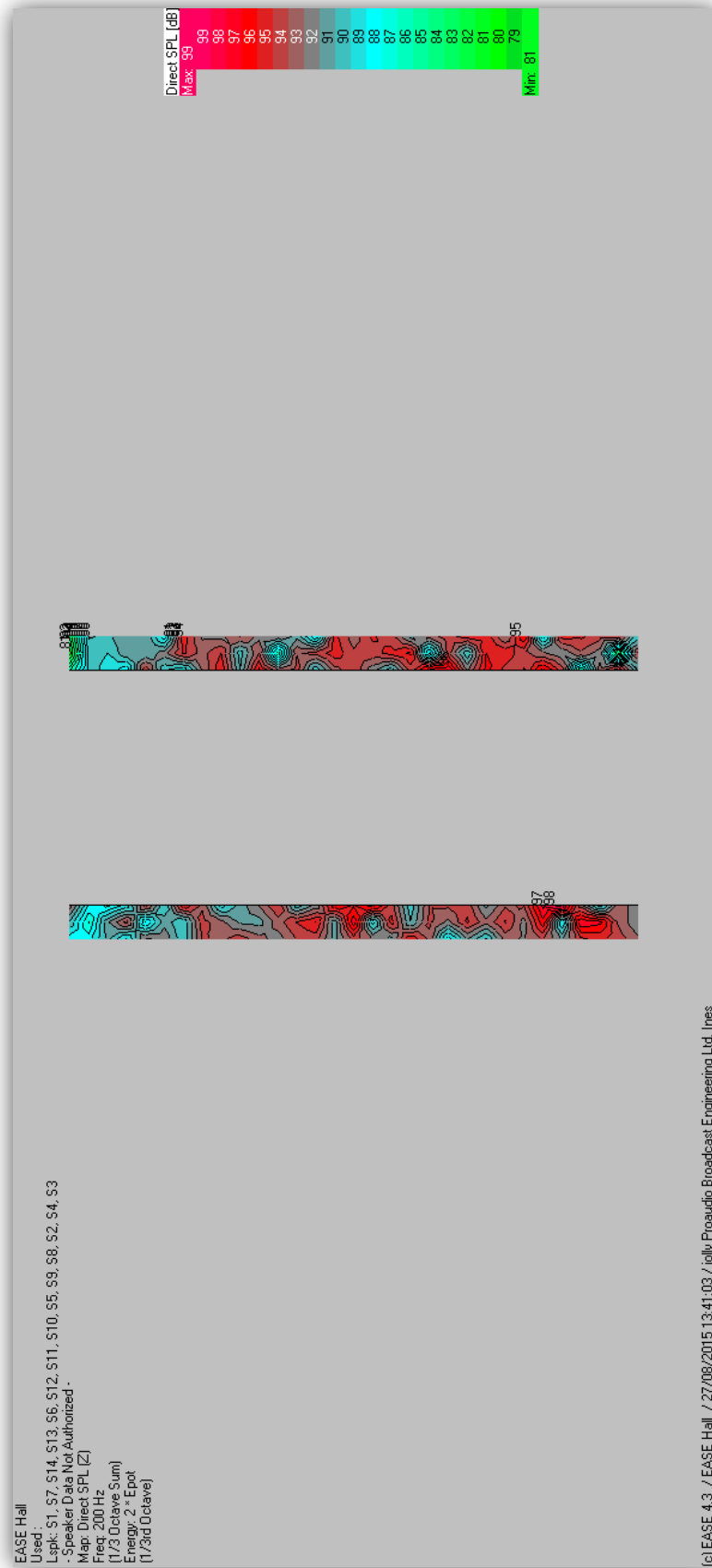
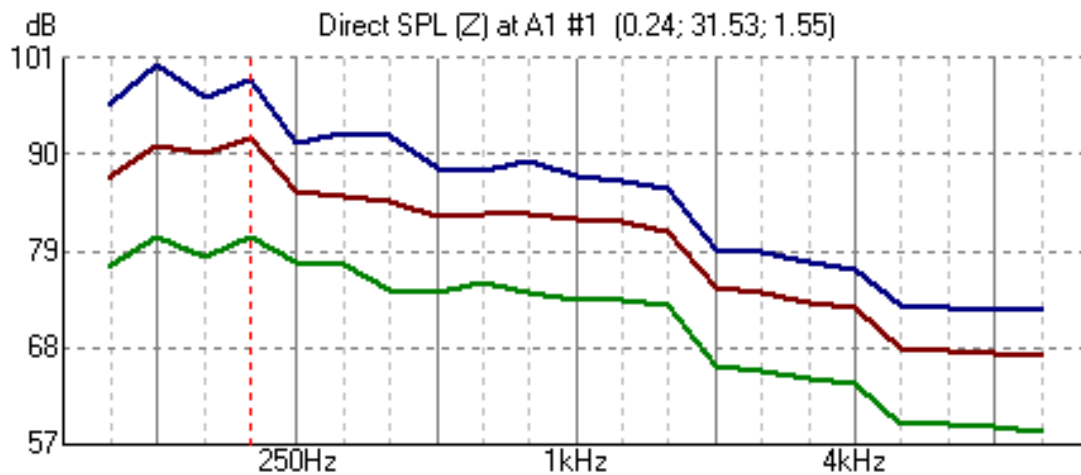


Figura 66 Sonido directo evaluado a 200 Hz



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 27/08/2015 13:40:30 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. li

Figura 67 Curvas de niveles SPL directo

Si se compara este gráfico con el inicial, se puede comprobar que los valores de niveles de ruido de campo directo son prácticamente iguales. Se da la circunstancia de que en este caso son incluso algo mayores que en el inicial. Esto puede ser debido a que, como el mortero actúa como absorbente, disminuye el nivel de interferencia entre las diferentes ondas.



NIVELES DE SONIDO TOTAL

EVALUACIÓN DE NIVELES A 1000 Hz

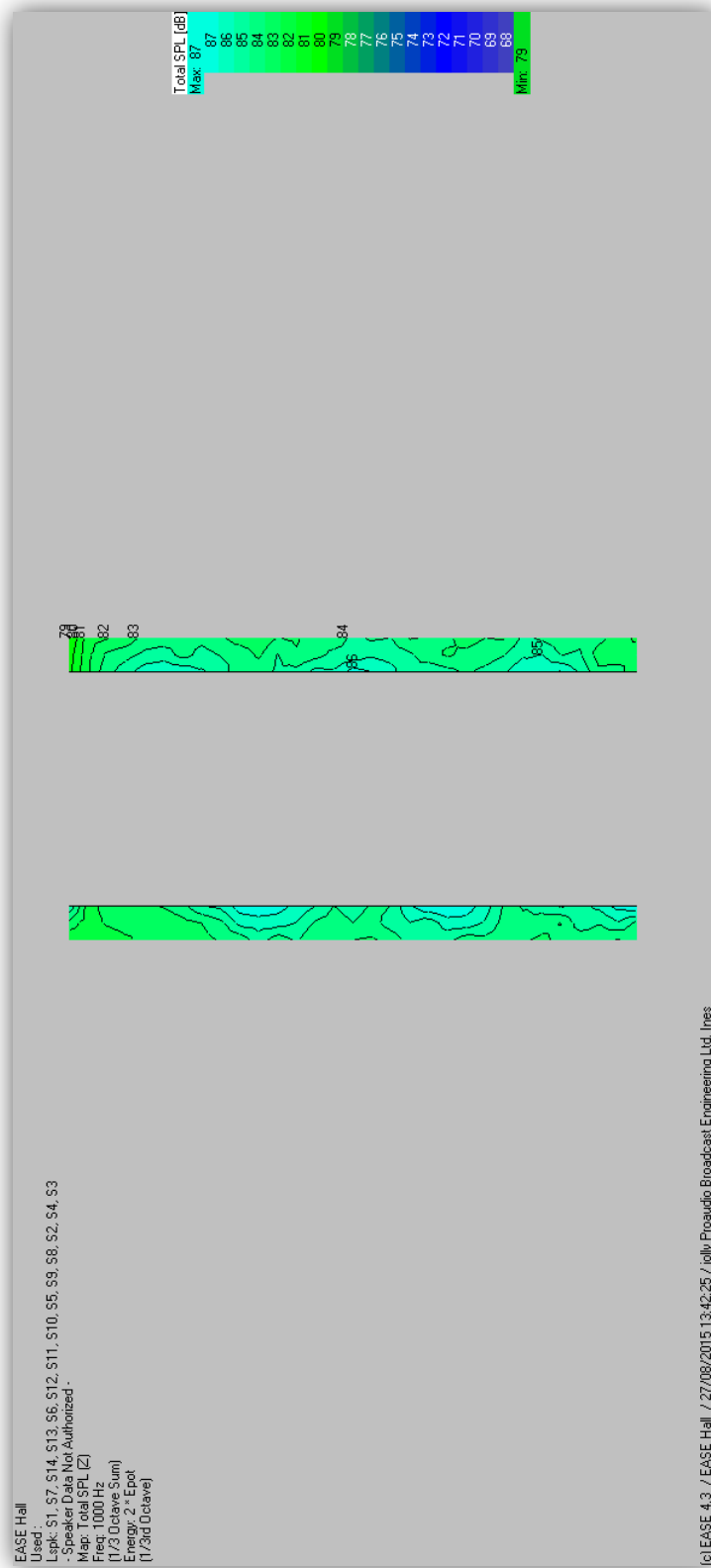


Figura 68 Sonido total evaluado a 1000 Hz



EVALUACIÓN DE NIVELES A 200 Hz

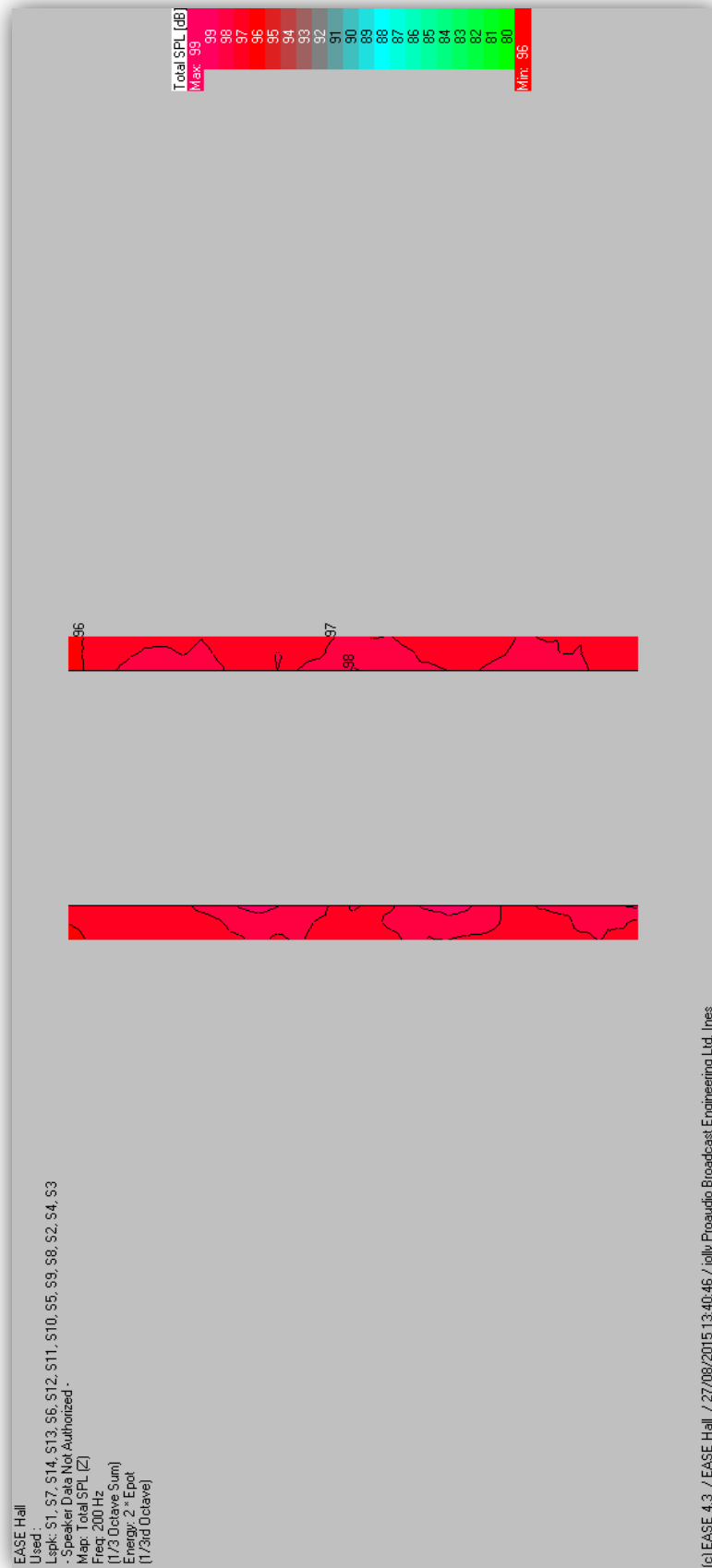
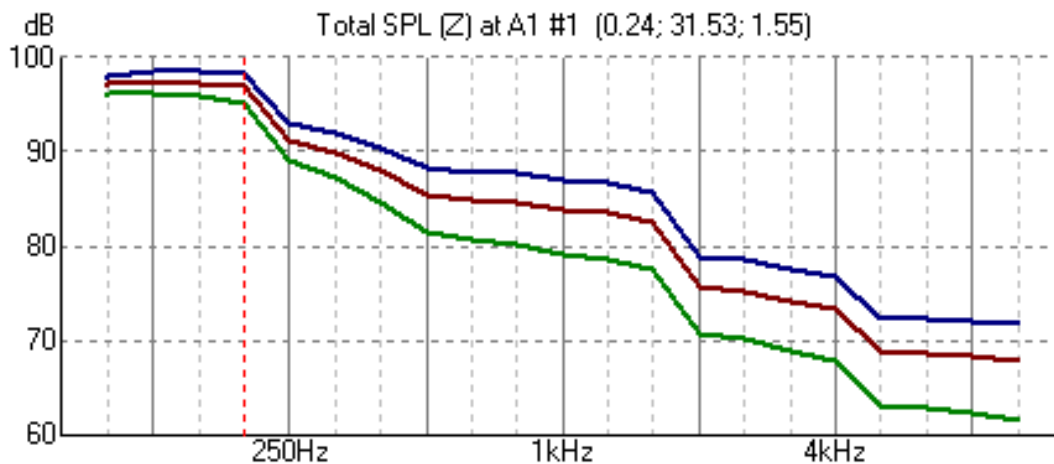


Figura 69 Sonido total evaluado a 200 Hz



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 27/08/2015 13:40:14 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. I

Figura 70 Curvas de niveles SPL total

En este caso sí que se puede apreciar una diferencia con los niveles iniciales de SPL total. Se comprueba también que la diferencia tampoco es lo suficientemente grande, existiendo aún valores muy altos de ruido.

Si se exportan los datos a Excel, y se realiza el cálculo del nivel total medio de banda completa, tanto sin ponderar como con ponderación A, se obtiene lo siguiente.

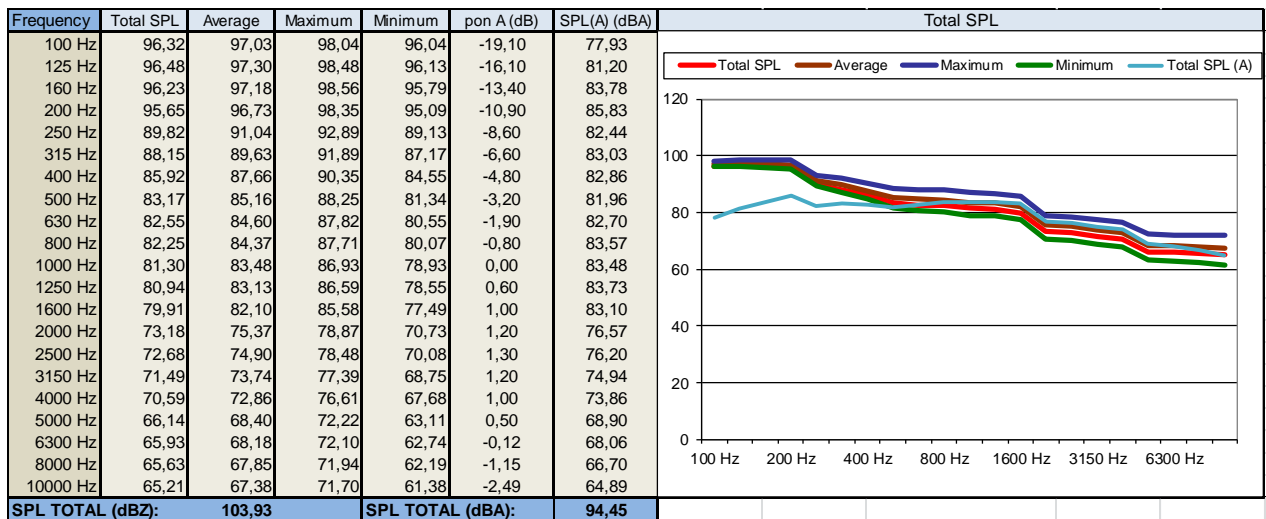


Figura 71 Niveles sonoros

Se comprueba que el nivel total en banda completa ponderado A es de 94,45 dBA. Este valor es menor que lo calculado para el caso inicial pero, como se ha mencionado anteriormente, sigue siendo demasiado elevado.



2.- PROPUESTA 3: BARRERA ACÚSTICA DE METACRILATO

2.1.- INTRODUCCIÓN DEL MATERIAL

Para la introducción de la barrera de metacrilato en el programa de simulación acústica, se ha buscado inicialmente la curva de absorción en frecuencia que presenta dicho material para poder asemejar un elemento del programa al real, pero no ha sido posible encontrarla, ya que lo único que facilitan los fabricantes es el nivel de aislamiento de una barrera conjunta. De este modo, se ha empleado como material un tipo de vidrio pesado acústico que presenta características similares al metacrilato.

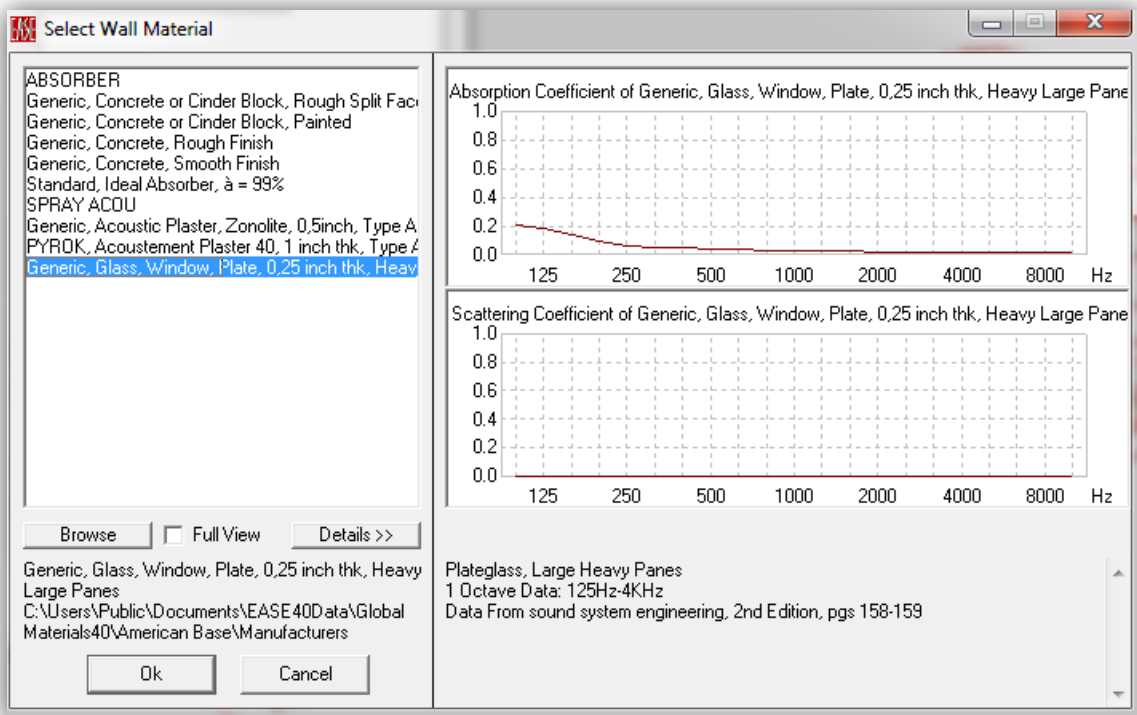


Figura 72 Curva de absorción del material escogido

En este apartado, se ha introducido unas barreras en el borde del acerado con dos metros de altura.

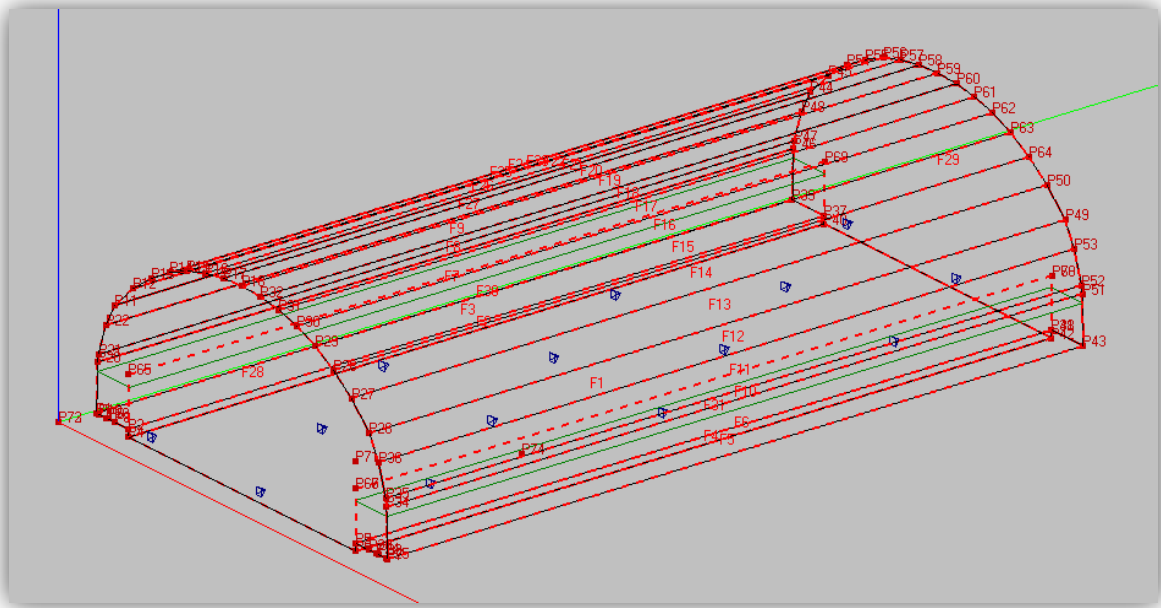


Figura 73 Modelo informático de la propuesta

Se le aplica este material tanto a las caras interiores como exteriores.

2.2.- SIMULACIÓN DE NIVELES SONOROS.OPCIÓN 1

Una vez introducidos los materiales, se pasa a la simulación acústica.

NIVELES DE SONIDO DIRECTO

EVALUACIÓN DE NIVELES A 1000 Hz

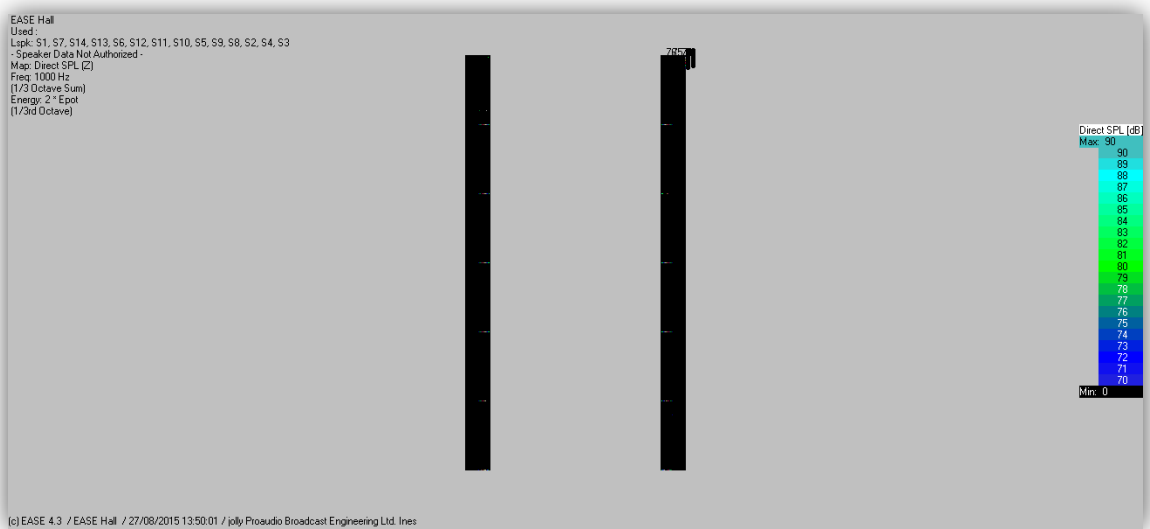


Figura 74 Sonido directo evaluado a 1000 Hz



EVALUACIÓN DE NIVELES A 200 Hz

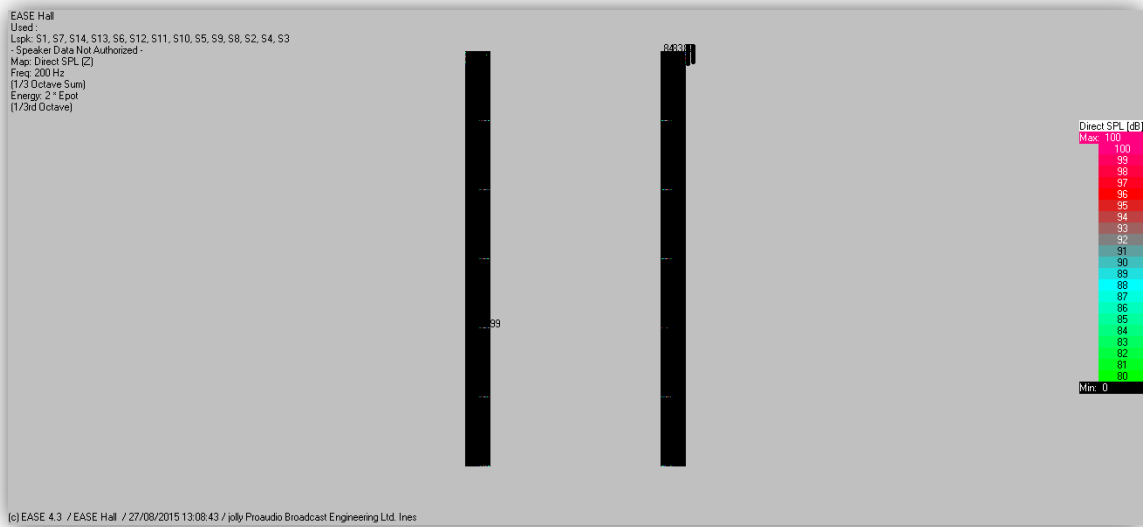
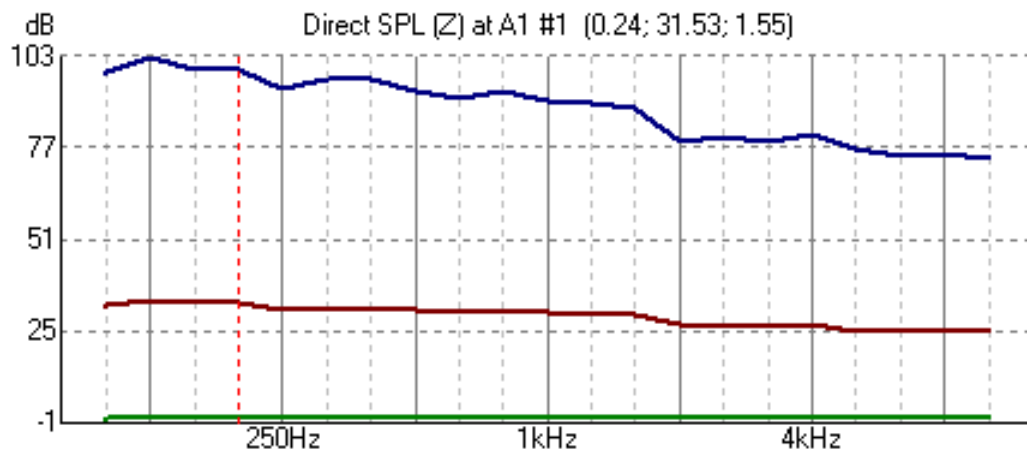


Figura 75 Sonido directo evaluado a 200 Hz



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 27/08/2015 13:08:19 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. l

Figura 76 Curva de sonido SPL directo

Se puede ver que el programa tiene mayores problemas a la hora de simular los niveles de campo directo en las zonas de audiencia, ya que al existir una barrera, es lógico pensar que los niveles de campo directo son nulos.



NIVELES DE SONIDO TOTAL

EVALUACIÓN DE NIVELES A 1000 Hz

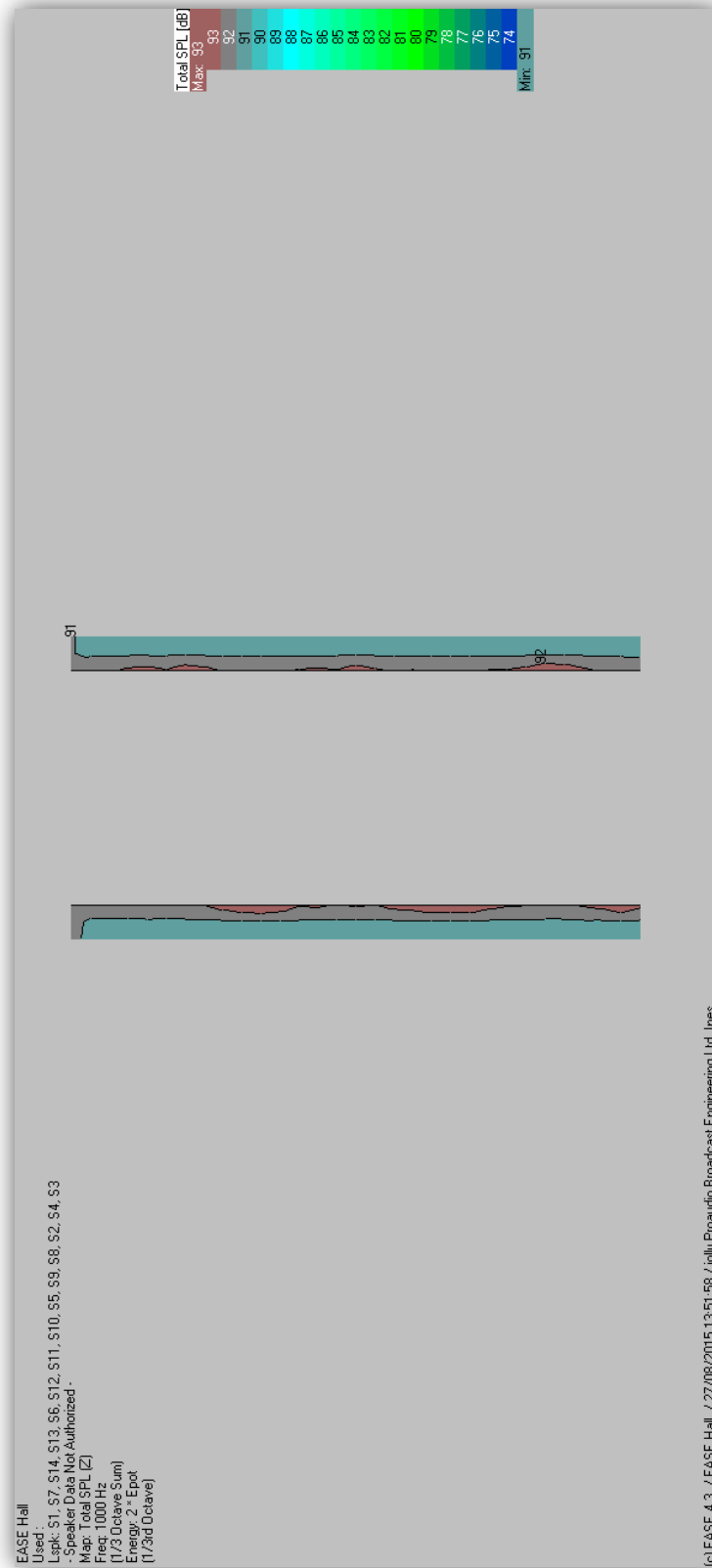


Figura 77 Sonido total evaluado a 1000 Hz



EVALUACIÓN DE NIVELES A 200 Hz

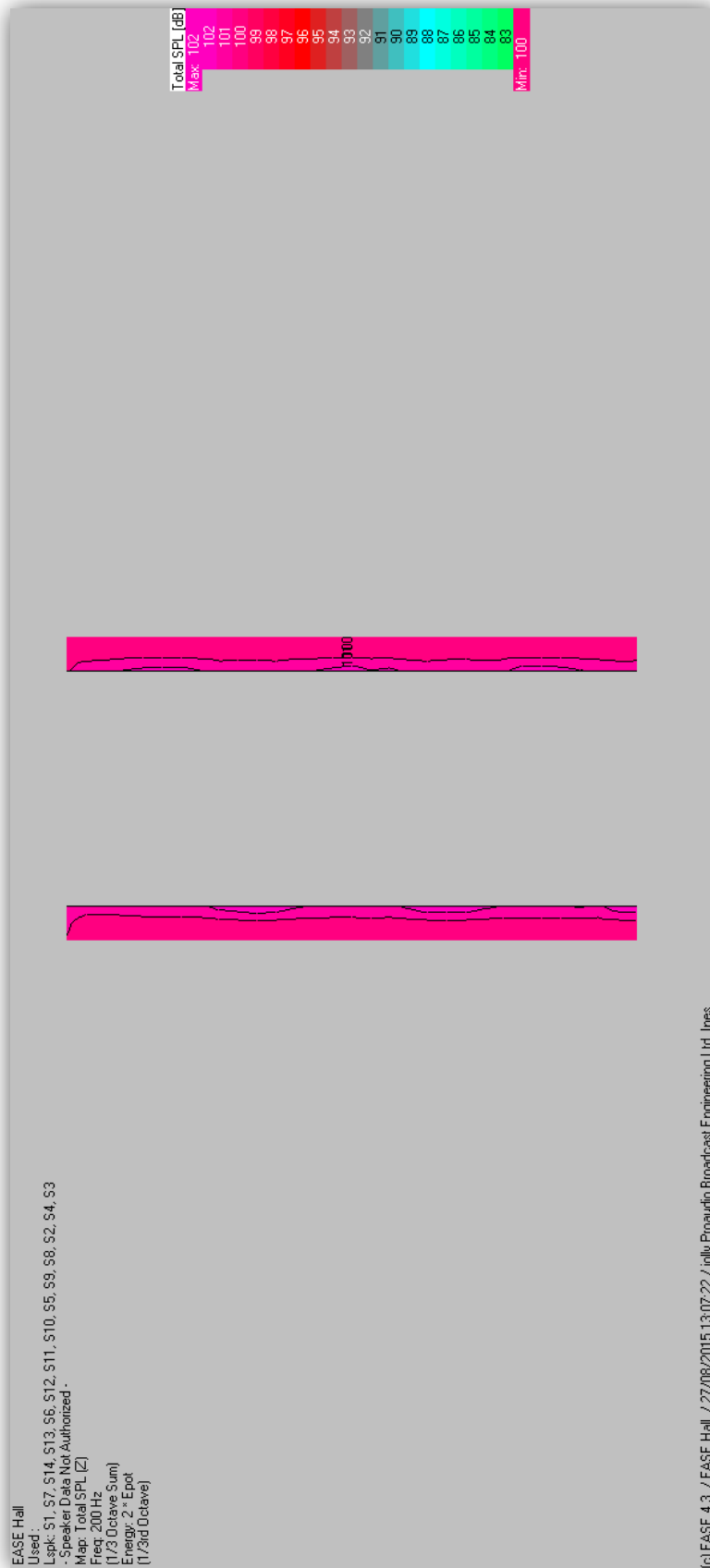
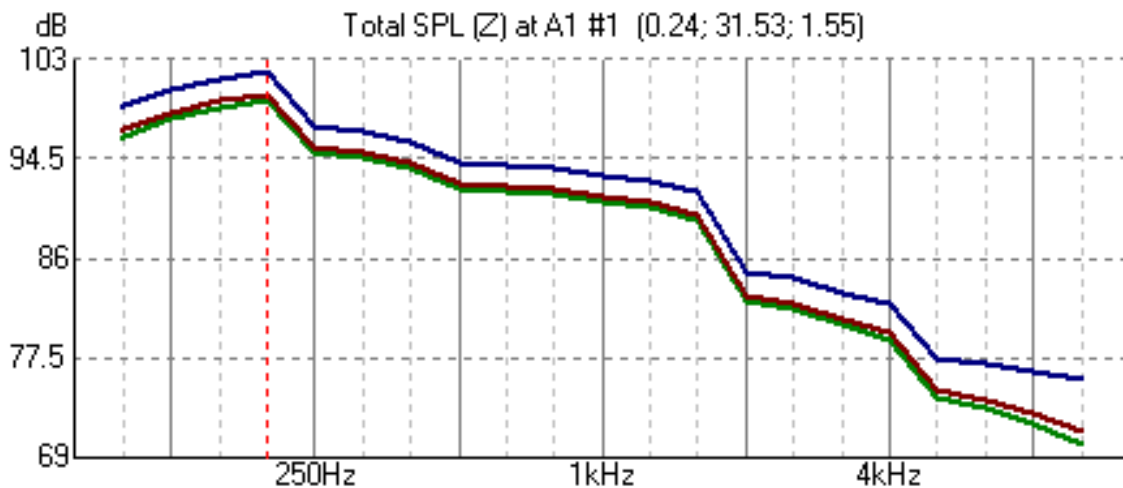


Figura 78 Sonido total evaluado a 200 Hz



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 27/08/2015 13:08:02 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. Ii

Figura 79 Curva de niveles SPL total

Se puede ver que la reducción de niveles con respecto al gráfico de valores iniciales es muy escasa, casi inapreciable. Esto se debe a que la gran mayoría del aporte de ruido se debe a reflexiones y no a componentes directas.

Si se exportan los datos a Excel, y se realiza el cálculo del nivel total medio de banda completa, tanto sin ponderar como con ponderación A, se obtiene lo siguiente

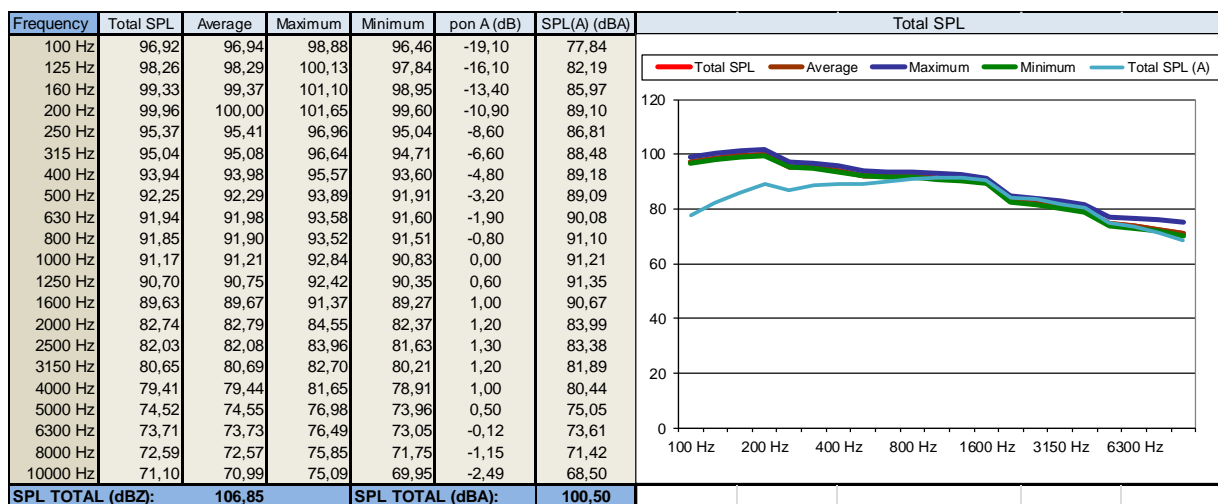


Figura 80 Niveles sonoros totales

Se comprueba que el nivel total en banda completa ponderado A es de 100,5 dBA. Este valor es menor que lo calculado para el caso inicial pero la diferencia es incluso menor a 1 dB.



2.3.- SIMULACIÓN DE NIVELES SONOROS. OPCION 2

NIVELES DE SONIDO DIRECTO

EVALUACIÓN DE NIVELES A 1000 Hz

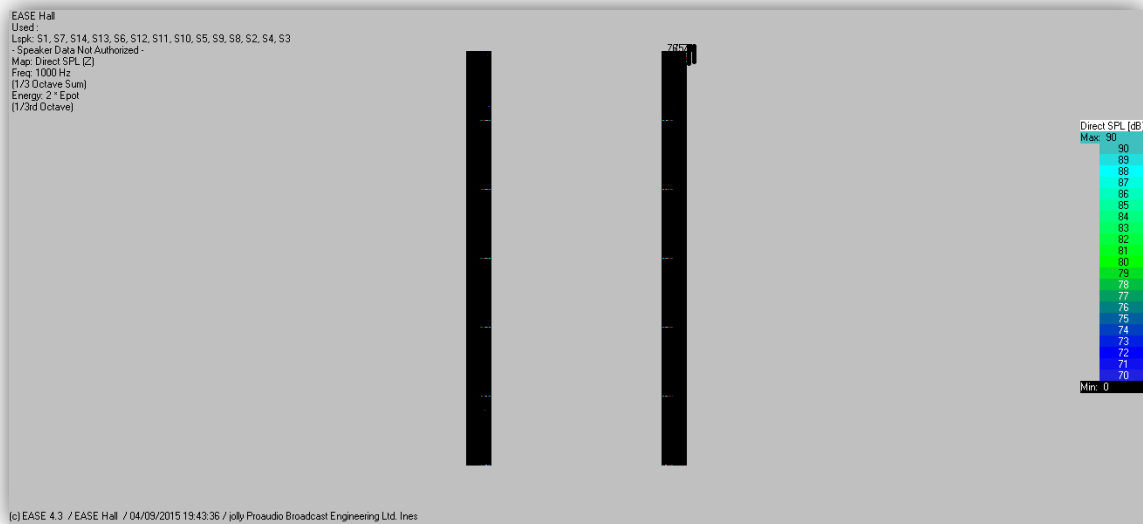


Figura 81 Sonido directo evaluado a 1000 Hz

EVALUACIÓN DE NIVELES A 1000 Hz

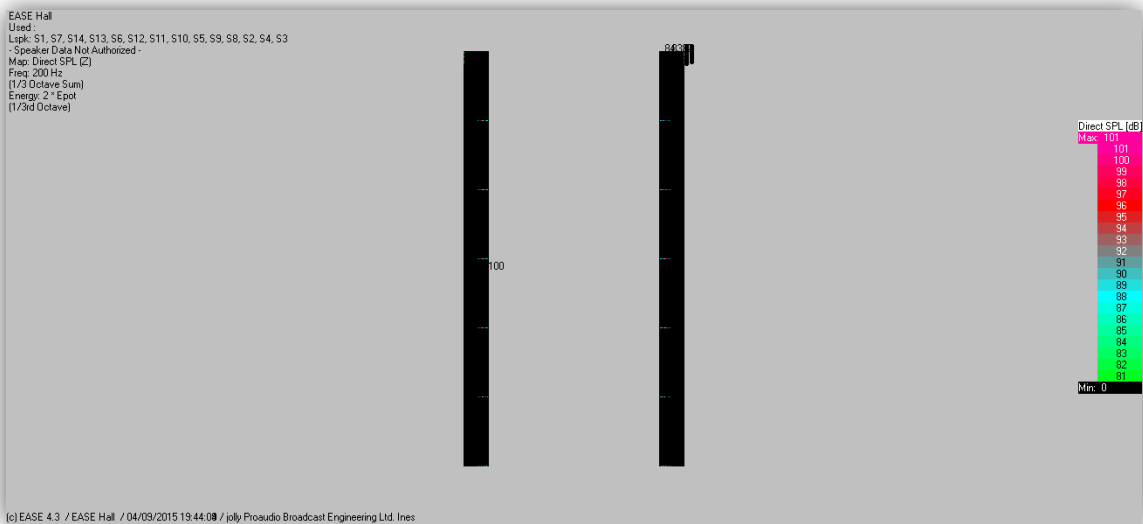
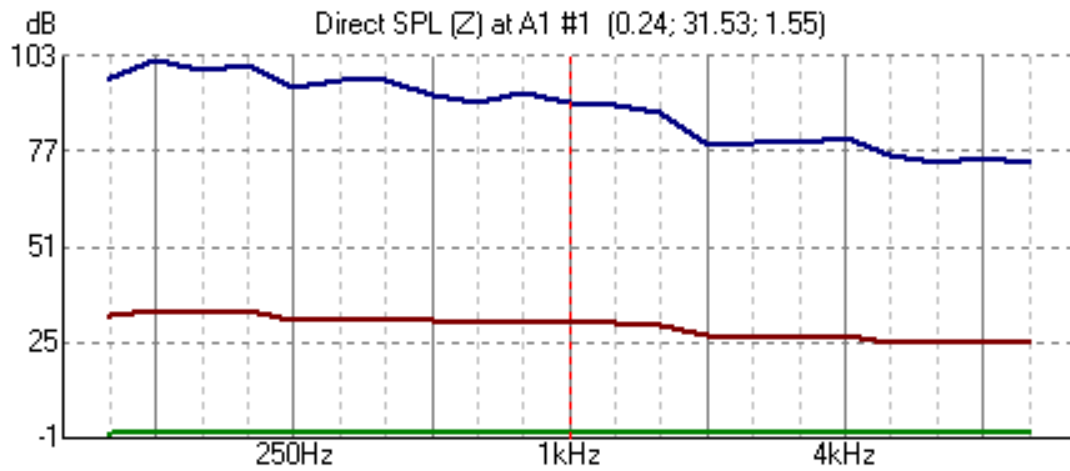


Figura 82 Sonido directo evaluado a 200 Hz



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 04/09/2015 19:42:46 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. l

Figura 83 Curva de niveles de SPL directo

Igualmente se ve que el programa tiene mayores problemas a la hora de simular los niveles de campo directo en las zonas de audiencia, ya que al existir una barrera, al igual que en el apartado anterior, es lógico pensar que los niveles de campo directo son nulos.



NIVELES DE SONIDO TOTAL

EVALUACIÓN DE NIVELES A 1000 Hz

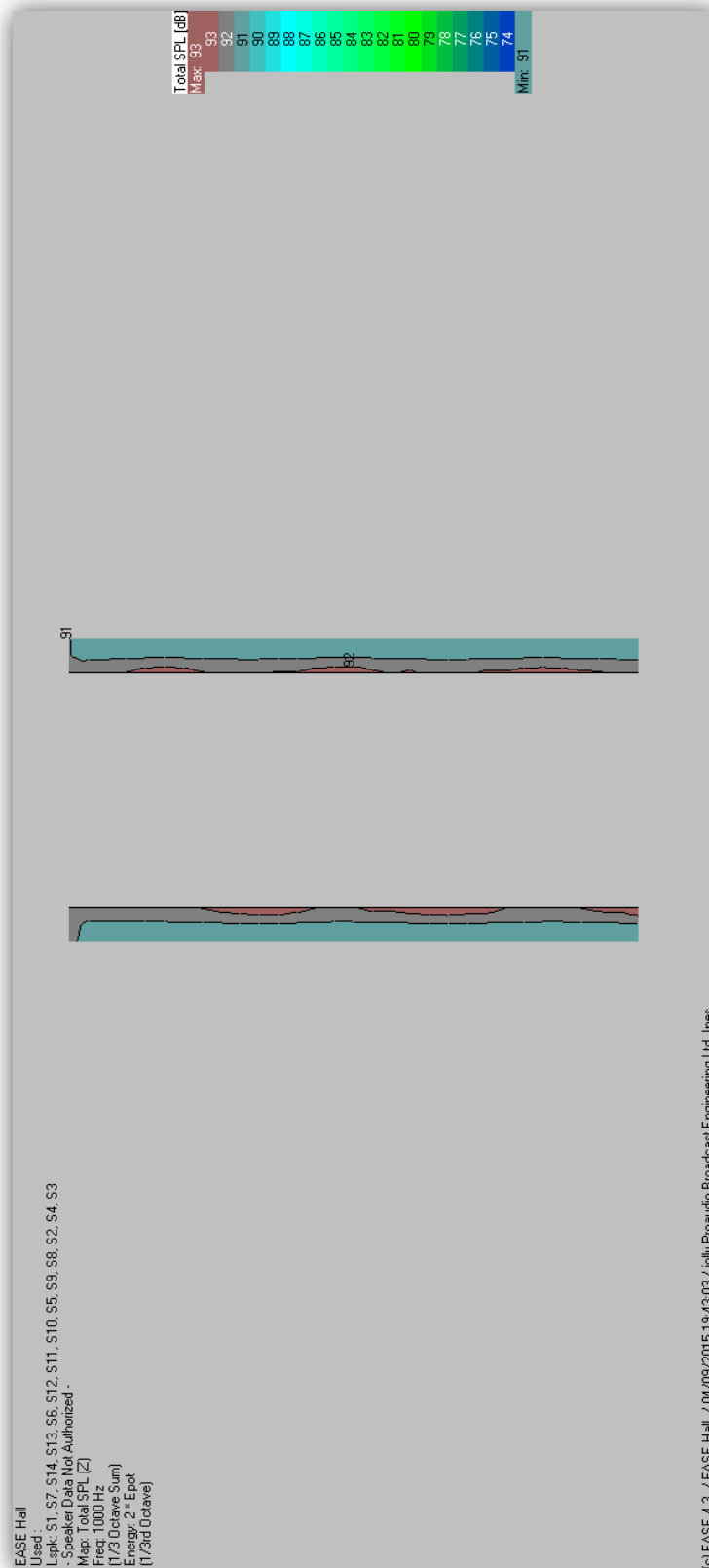


Figura 84 Sonido total evaluado a 1000 Hz



EVALUACIÓN DE NIVELES A 200 Hz

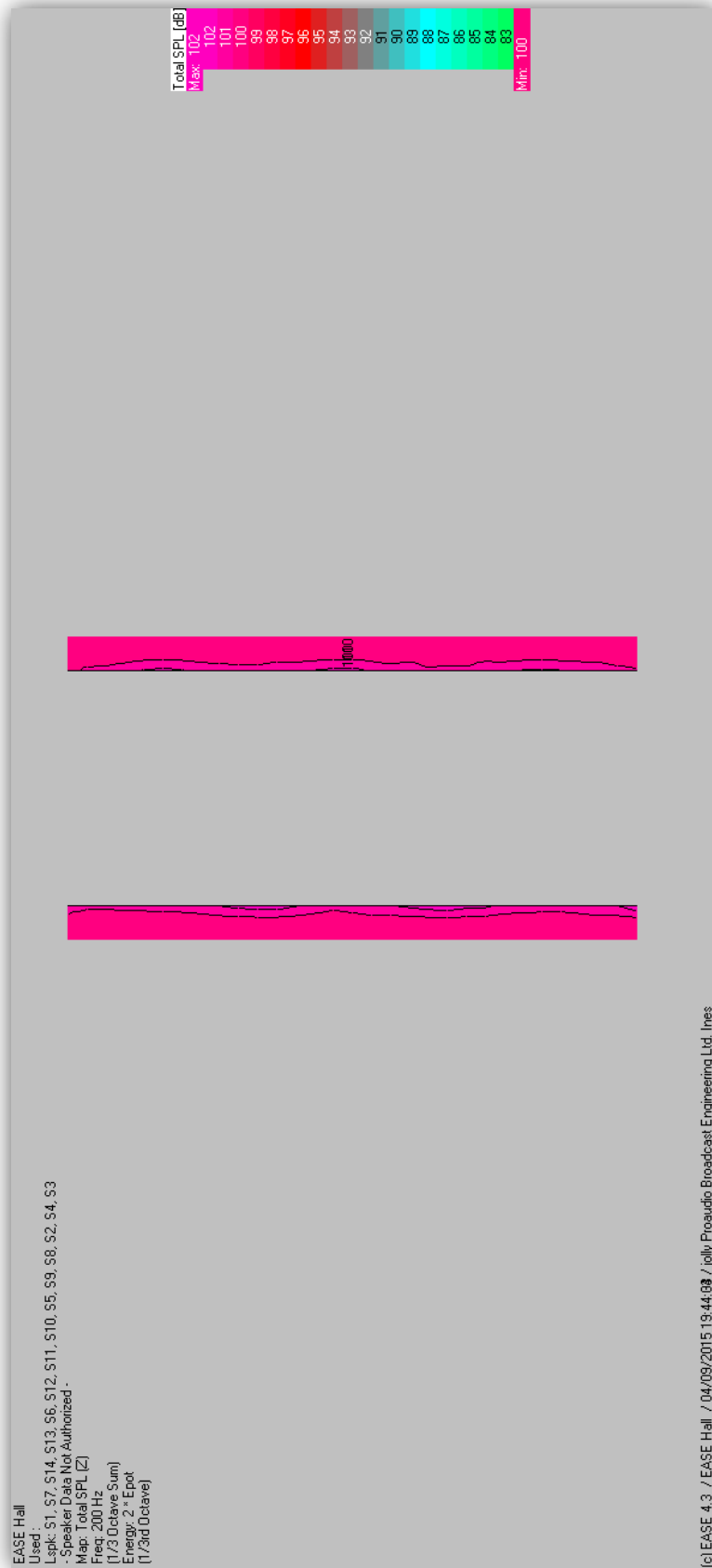
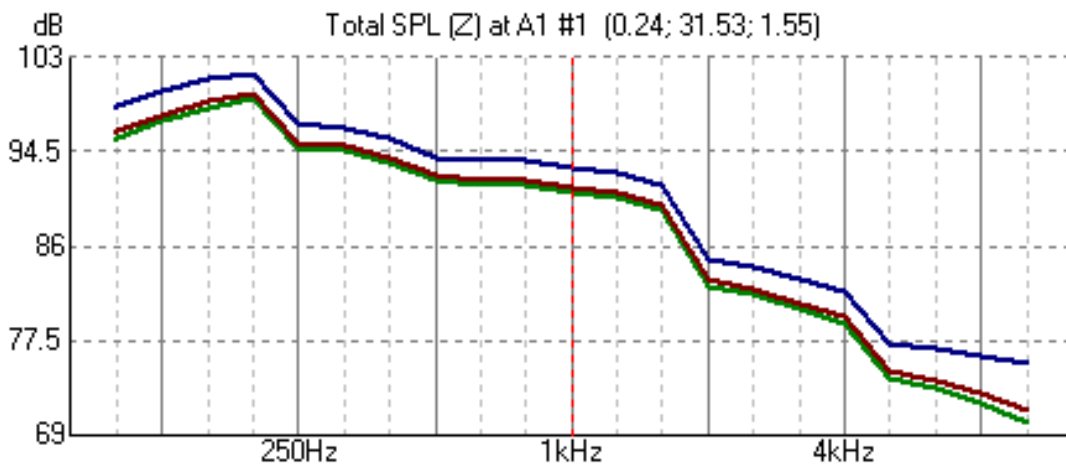


Figura 85 Sonido total evaluado a 200 Hz



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 04/09/2015 19:42:22 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. ll

Figura 86 Curvas de niveles SPL total

Se comprueba que existe una reducción del nivel de ruido total en la zona de audiencia, aunque muy ligera.

Si se exportan los datos a Excel, y se realiza el cálculo del nivel total medio de banda completa, tanto sin ponderar como con ponderación A, se obtiene lo siguiente:

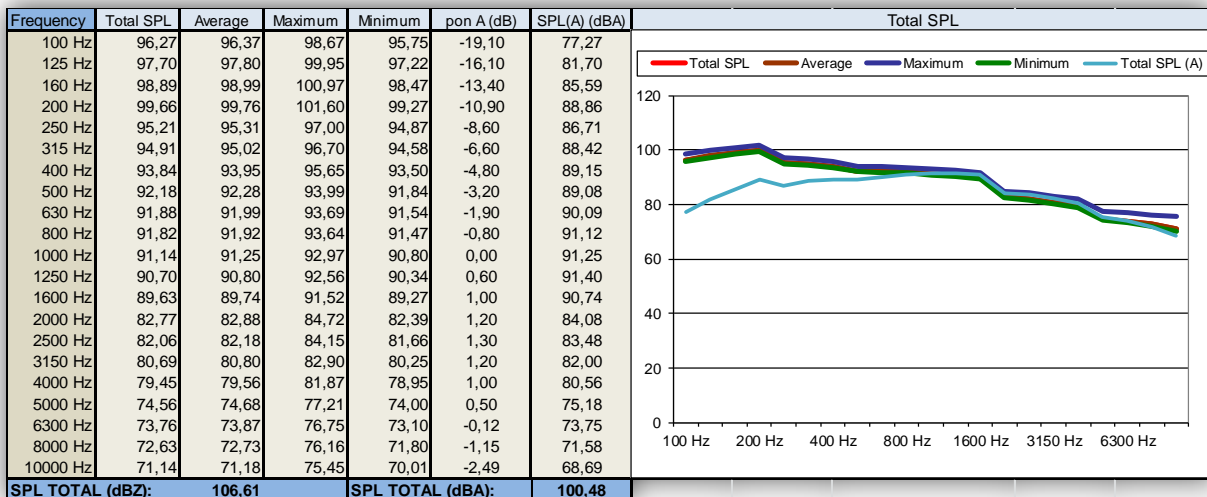


Figura 87 Niveles sonoros totales

Se comprueba que el nivel total en banda completa ponderado A es de 100,48 dBA. Este valor es casi 1 dB menor que el inicial.



3.- PROPUESTA 4: MORTERO ABSORBENTE + BARRERA ACÚSTICA DE METACRILATO + ASFALTO FONOABSORBENTE

3.1.- INTRODUCCIÓN DEL MATERIAL

Este apartado es una propuesta conjunta de las dos anteriores, por lo que, la introducción de materiales es similar a lo ya explicado en los apartado 1 y 2 de este anexo. Como se menciona en la memoria, el efecto del asfalto se va a aplicar una vez obtenidos los resultados de la simulación.

#	G	Item	Image	Vis	Img	Face Material	Color	2-Fold	Rear Material	Rear Clr.	Face Texture	Rear Texture	Surface [m²]	U
1	F1	-	Yes	Yes	Generic, Concrete, Rough Finish	3092271	No		16777215	WALL	WALL	376.44	N	
2	F2	-	Yes	Yes	Generic, Concrete or Cinder Block, Painted	8421631	No		16777215	WALL	WALL	9.00	Y	
3	F3	-	Yes	Yes	Generic, Concrete or Cinder Block, Painted	8421631	No		16777215	WALL	WALL	52.50	Y	
4	F4	-	Yes	Yes	Generic, Concrete or Cinder Block, Painted	8421631	No		16777215	WALL	WALL	9.00	Y	
5	F5	-	Yes	Yes	Generic, Concrete or Cinder Block, Painted	8421631	No		16777215	WALL	WALL	52.50	Y	
6	F6	-	Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk., Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	57.02	N	
7	F7	-	Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk., Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	57.02	N	
8	F8	-	Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk., Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	9.12	N	
9	F9	-	Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk., Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	37.95	N	
10	F10	-	Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk., Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	9.12	N	
11	F11	-	Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk., Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	37.95	N	
12	F12	-	Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk., Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.89	N	
13	F13	-	Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk., Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	41.38	N	
14	F14	-	Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk., Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	36.62	N	
15	F15	-	Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk., Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	34.24	N	
16	F16	-	Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk., Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	32.31	N	
17	F17	-	Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk., Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.92	N	
18	F18	-	Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk., Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.34	N	
19	F19	-	Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk., Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.76	N	
20	F20	-	Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk., Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.76	N	
21	F21	-	Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk., Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.34	N	
22	F22	-	Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk., Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.92	N	
23	F23	-	Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk., Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	32.31	N	
24	F24	-	Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk., Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	34.24	N	
25	F25	-	Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk., Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	36.62	N	
26	F26	-	Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk., Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	41.38	N	
27	F27	-	Yes	Yes	PYROK, Acoustement 30, 1 inch thk., Type A mtg	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.89	N	
28	F28	-	Yes	Yes	Standard, Ideal Absorber, à = 99%	8421504	No		16777215	WALL	WALL	100.26	N	
29	F29	-	Yes	Yes	Standard, Ideal Absorber, à = 99%	8421504	No		16777215	WALL	WALL	100.26	N	
30	F30	-	Yes	Yes	Generic, Glass, Window, Plate, 0.25 inch thk., Heavy Large Panes	16777215	Yes	Generic, Glass, Window, Plate, 0.25 inch thk., Heavy Large P...	16777215	WALL	WALL	60.00	Y	
31	F31	-	Yes	Yes	Generic, Glass, Window, Plate, 0.25 inch thk., Heavy Large Panes	16777215	Yes	Generic, Glass, Window, Plate, 0.25 inch thk., Heavy Large P...	16777215	WALL	WALL	60.00	Y	

Figura 88 Lista de caras del modelado y sus correspondientes materiales

3.2.- SIMULACIÓN DE NIVELES SONOROS.

Una vez introducidos los materiales, se pasa a la simulación acústica.



NIVELES DE SONIDO DIRECTO

EVALUACIÓN DE NIVELES A 1000 Hz

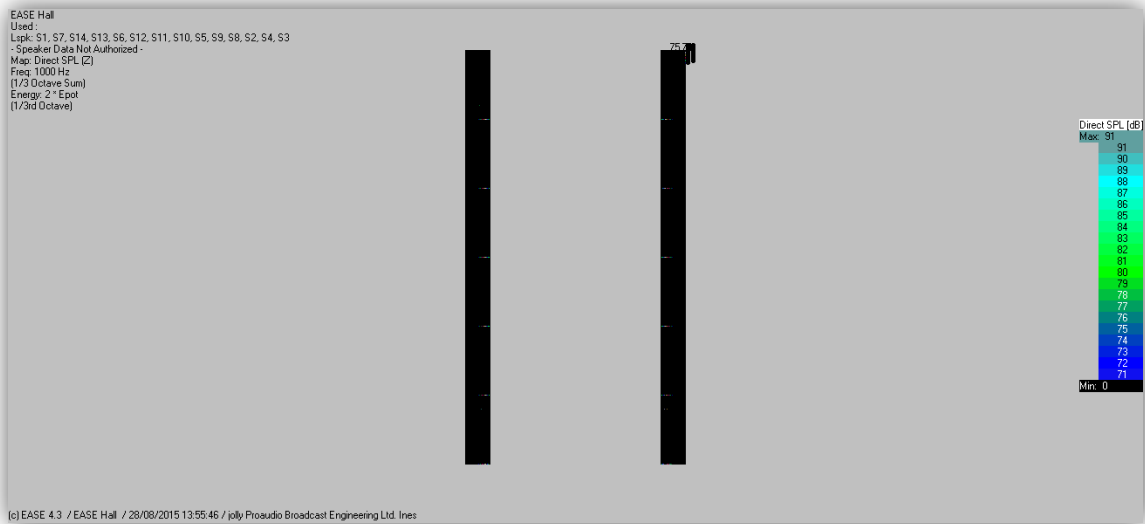


Figura 89 Niveles SPL directo evaluados a 1000 Hz

EVALUACIÓN DE NIVELES A 200 Hz

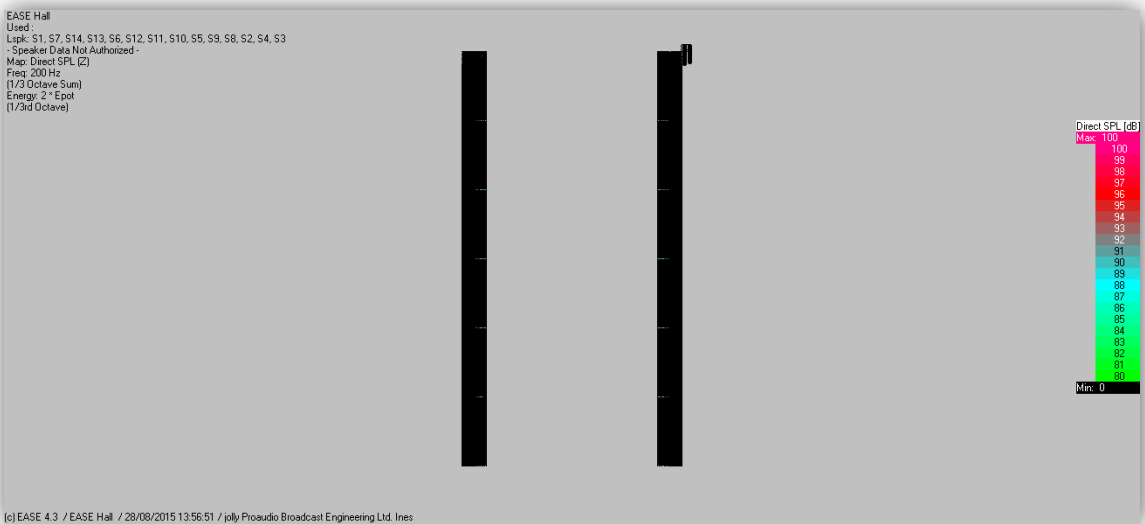
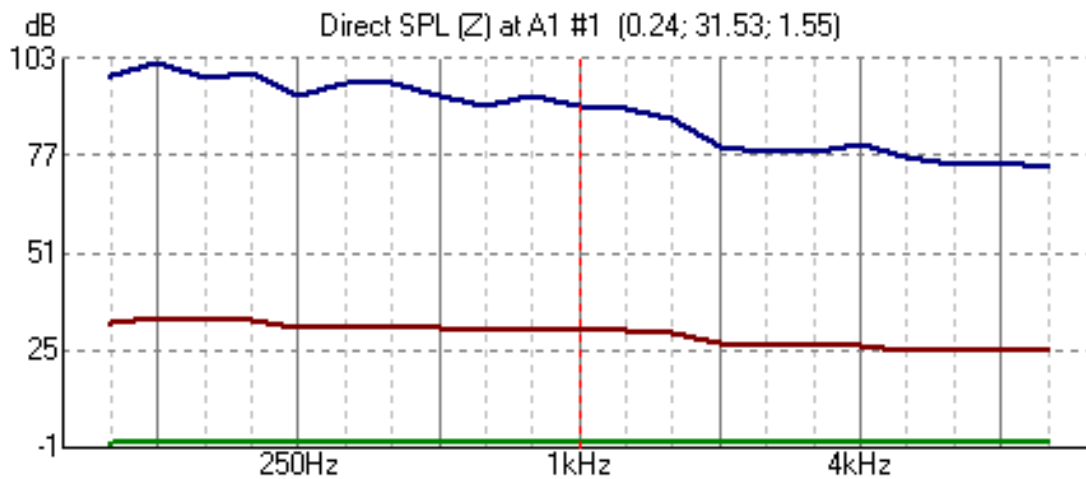


Figura 90 Niveles SPL directos evaluados a 200 Hz



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 28/08/2015 13:54:59 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. I

Figura 91 Curva de niveles SPL directo

En este caso, también se observa que el programa tiene mayores problemas a la hora de simular los niveles de campo directo en las zonas de audiencia, ya que al existir una barrera, al igual que en el apartado anterior, es lógico pensar que los niveles de campo directo son nulos.



EVALUACIÓN DE NIVELES A 200 Hz

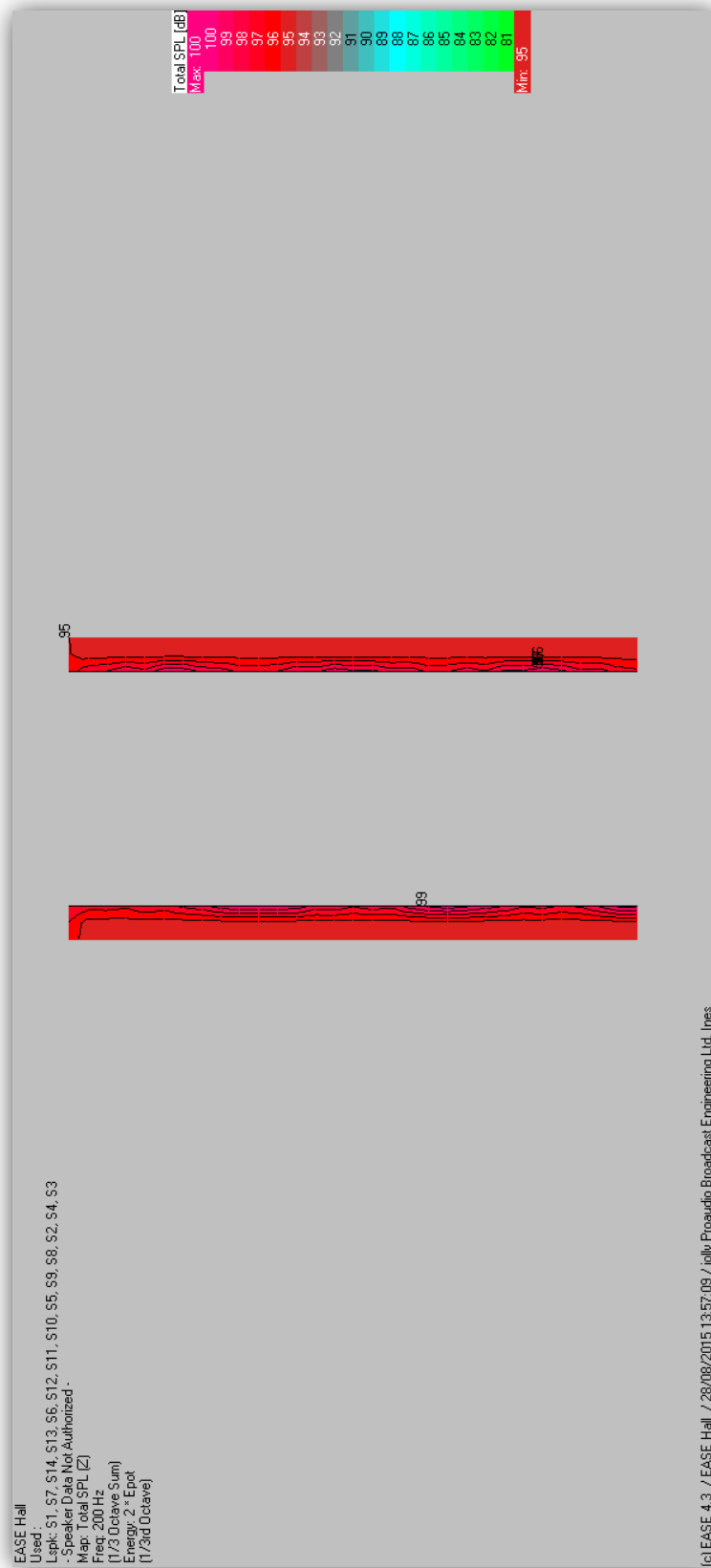
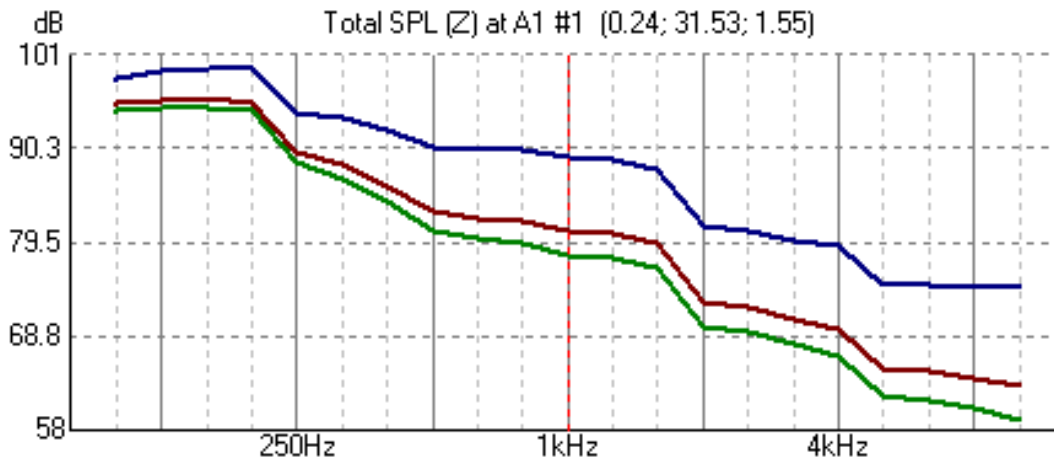


Figura 93 Niveles SPL total evaluados a 200 Hz



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 28/08/2015 13:55:30 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. I

Figura 94 Curva de niveles SPL total

Se comprueba que existe una reducción del nivel de ruido total en la zona de audiencia, aunque siguen existiendo componentes con alto nivel, especialmente en bajas frecuencias.

Si se exportan los datos a Excel, y se realiza el cálculo del nivel total medio de banda completa, tanto sin ponderar como con ponderación A, se obtiene lo siguiente:

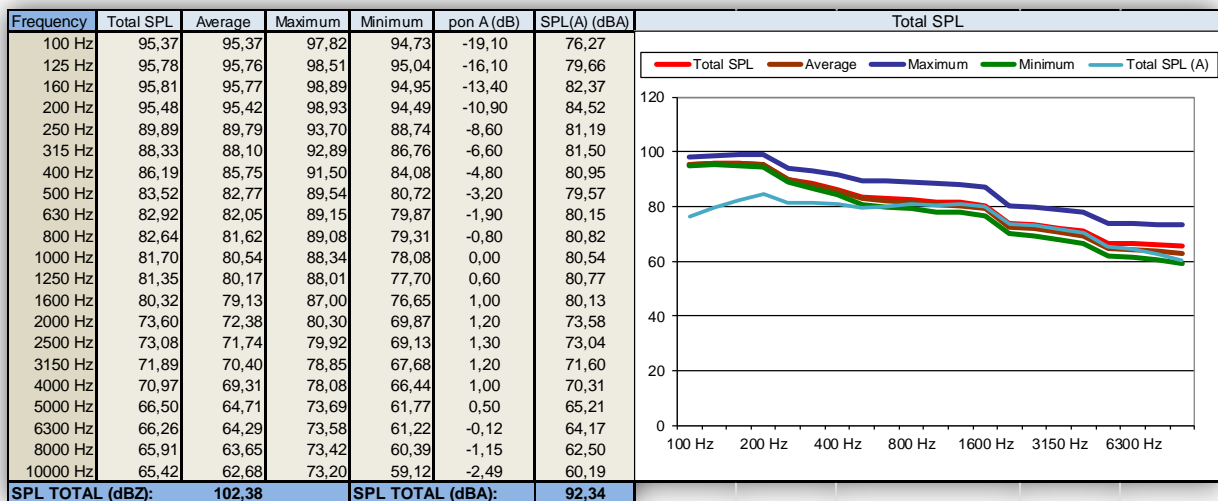


Figura 95 Niveles sonoros totales

Se comprueba que el nivel total en banda completa ponderado A es de 92,34 dBA. Este valor es casi 10 dB menor que el inicial y, tras aplicarle la reducción por el asfalto fonoabsorbente (3 dB), se queda el nivel total en 89,34 dBA, es decir, aproximadamente se produce una reducción de 12 dB.



4.- PROPUESTA 5: PANELES ABSORBENTES

4.1.- INTRODUCCIÓN DEL MATERIAL

Para comenzar, se debe introducir los paneles en el simulador acústico. Para ello se busca un material de tipo bafle de características absorbentes similares al producto comercial buscado.

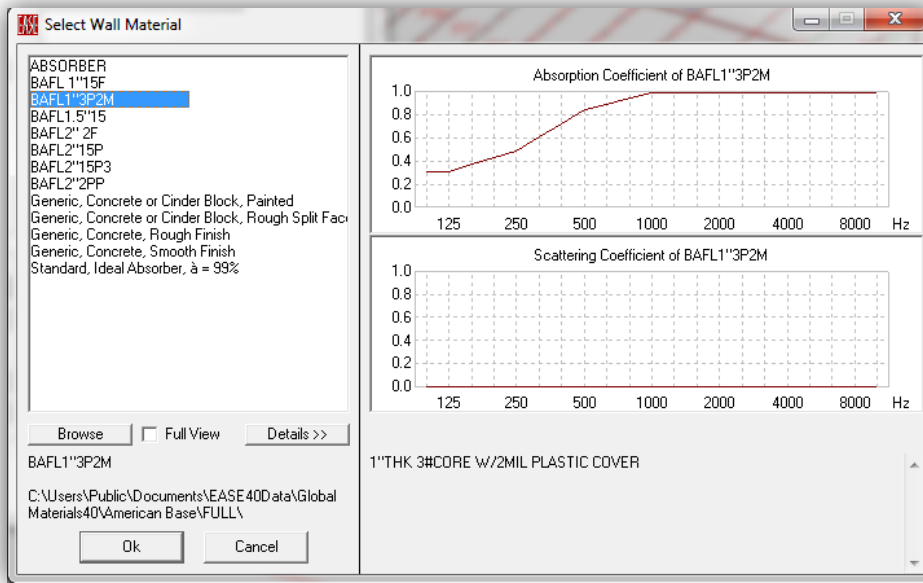


Figura 96 Curva de absorción del material escogido

Una vez encontrado el material adecuado, se introduce entre una altura de 2 metros y 4 metros.

#	G	Item	Image	Vis	Img	Face Material	Color	2-Fold	Rear Material	Rear Clr.	Face Texture	Rear Texture	Surface [m ²]	S
1		F1		Yes	Yes	Generic, Concrete, Rough Finish	8421631	No		16777215	WALL	WALL	376.44	N
2		F2		Yes	Yes	Generic, Concrete or Cinder Block, Painted	8421631	No		16777215	WALL	WALL	9.00	Y
3		F3		Yes	Yes	Generic, Concrete or Cinder Block, Painted	8421631	No		16777215	WALL	WALL	52.50	Y
4		F4		Yes	Yes	Generic, Concrete or Cinder Block, Painted	8421631	No		16777215	WALL	WALL	9.00	Y
5		F5		Yes	Yes	Generic, Concrete or Cinder Block, Painted	8421631	No		16777215	WALL	WALL	52.50	Y
6		F6		Yes	Yes	Generic, Concrete or Cinder Block, Painted	8421504	No		16777215	WALL	WALL	57.02	N
7		F7		Yes	Yes	Generic, Concrete or Cinder Block, Painted	8421504	No		16777215	WALL	WALL	57.02	N
8		F8		Yes	Yes	Generic, Concrete or Cinder Block, Painted	8421504	No		16777215	WALL	WALL	9.12	N
9		F9		Yes	Yes	BAFL1"3P2M	8421504	No		16777215	WALL	WALL	37.95	N
10		F10		Yes	Yes	Generic, Concrete or Cinder Block, Painted	8421504	No		16777215	WALL	WALL	9.12	N
11		F11		Yes	Yes	BAFL1"3P2M	8421504	No		16777215	WALL	WALL	37.95	N
12		F12		Yes	Yes	BAFL1"3P2M	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.89	N
13		F13		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	41.38	N
14		F14		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	36.62	N
15		F15		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	34.24	N
16		F16		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	32.31	N
17		F17		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.92	N
18		F18		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.34	N
19		F19		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.76	N
20		F20		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.76	N
21		F21		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.34	N
22		F22		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.92	N
23		F23		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	32.31	N
24		F24		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	34.24	N
25		F25		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	36.62	N
26		F26		Yes	Yes	Generic, Concrete, Smooth Finish	8421504	No		16777215	WALL	WALL	41.38	N
27		F27		Yes	Yes	BAFL1"3P2M	8421504	No		16777215	WALL	WALL	30.89	N
28		F28		Yes	Yes	Standard, Ideal Absorber, $\alpha = 99\%$	8421504	No		16777215	WALL	WALL	100.26	N
29		F29		Yes	Yes	Standard, Ideal Absorber, $\alpha = 99\%$	8421504	No		16777215	WALL	WALL	100.26	N

Figura 97 Lista de caras del modelado y sus materiales correspondientes



4.2.- PANELES ENTRE 2 Y 4 METROS. SIMULACIÓN DE NIVELES SONOROS

Una vez introducidos los materiales, se pasa a la simulación acústica.

NIVELES DE SONIDO DIRECTO

EVALUACIÓN DE NIVELES A 1000 Hz

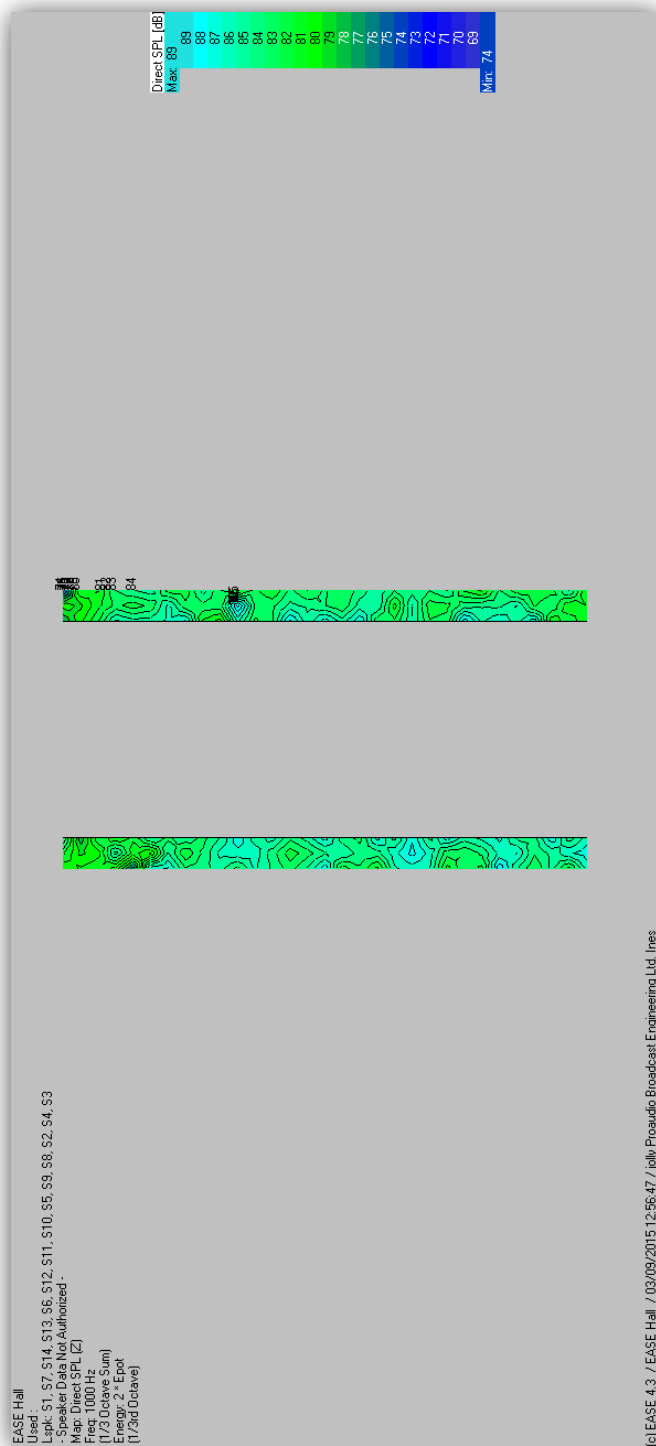


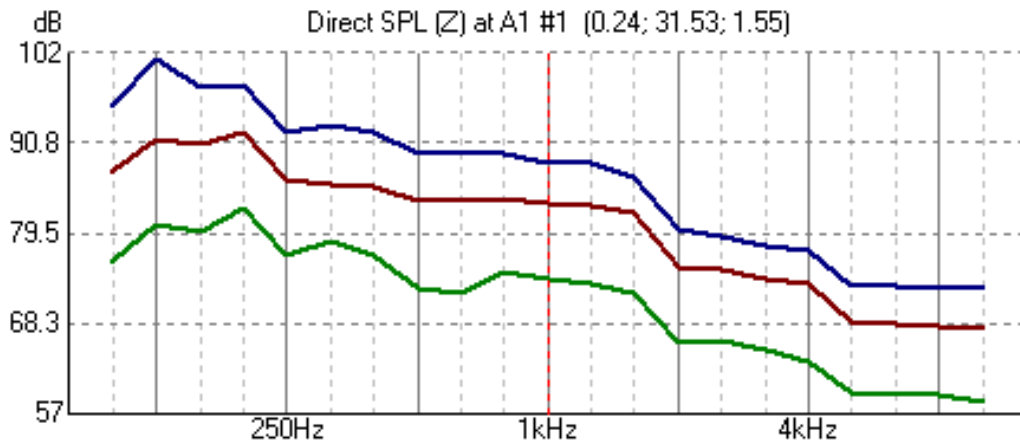
Figura 98 Niveles SPL directo evaluados a 1000 Hz



EVALUACIÓN DE NIVELES A 200 Hz



Figura 99 Niveles SPL directo evaluados a 200 Hz



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 03/09/2015 12:56:24 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. l

Figura 100 Curva de niveles SPL directo

Si se compara este gráfico con el inicial, se puede comprobar que los valores de niveles de ruido de campo directo son prácticamente iguales. Se da la circunstancia, al igual que en el apartado anterior, de que en este caso son incluso algo mayores que en el inicial.



NIVELES DE SONIDO TOTAL

EVALUACIÓN DE NIVELES A 1000 Hz

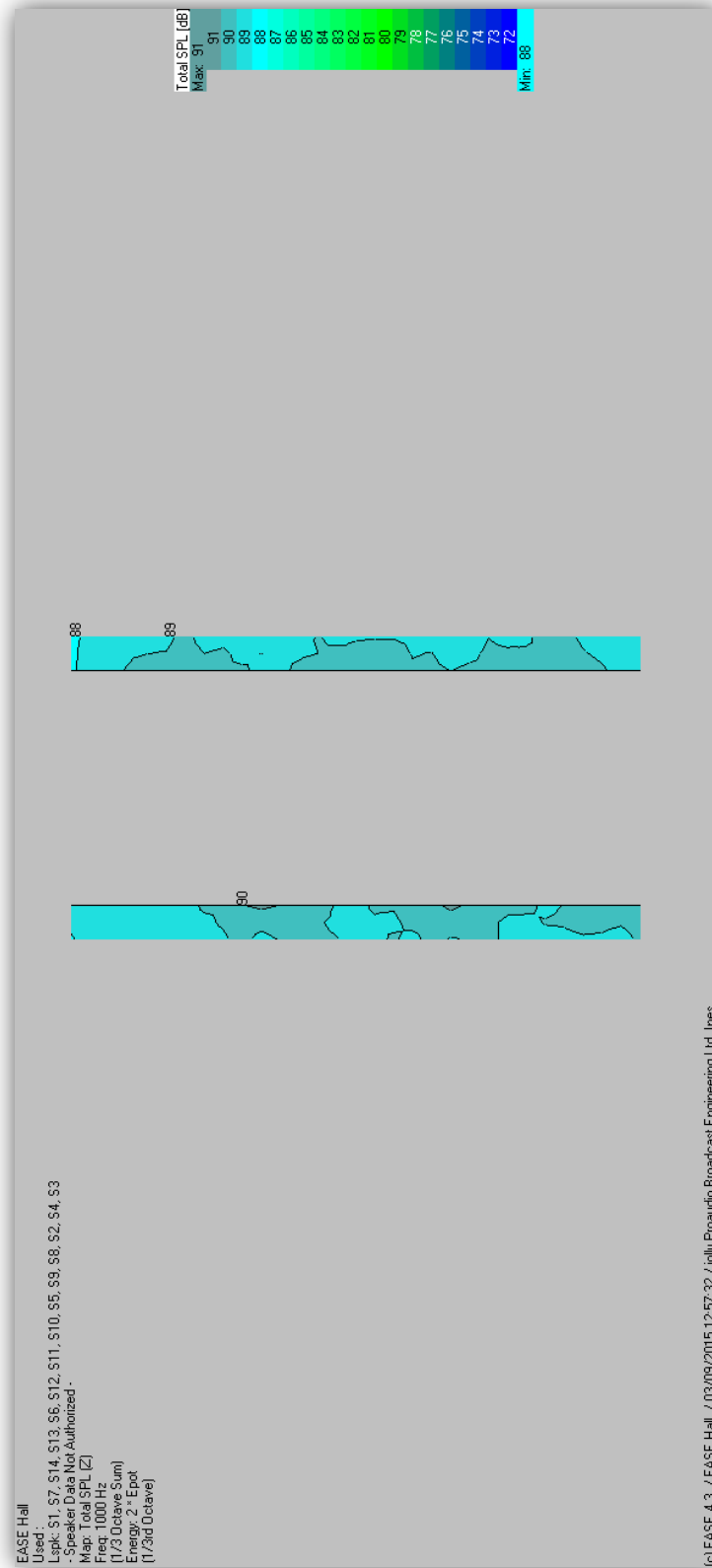


Figura 101 Niveles SPL total evaluados a 1000 Hz



EVALUACIÓN DE NIVELES A 200 Hz

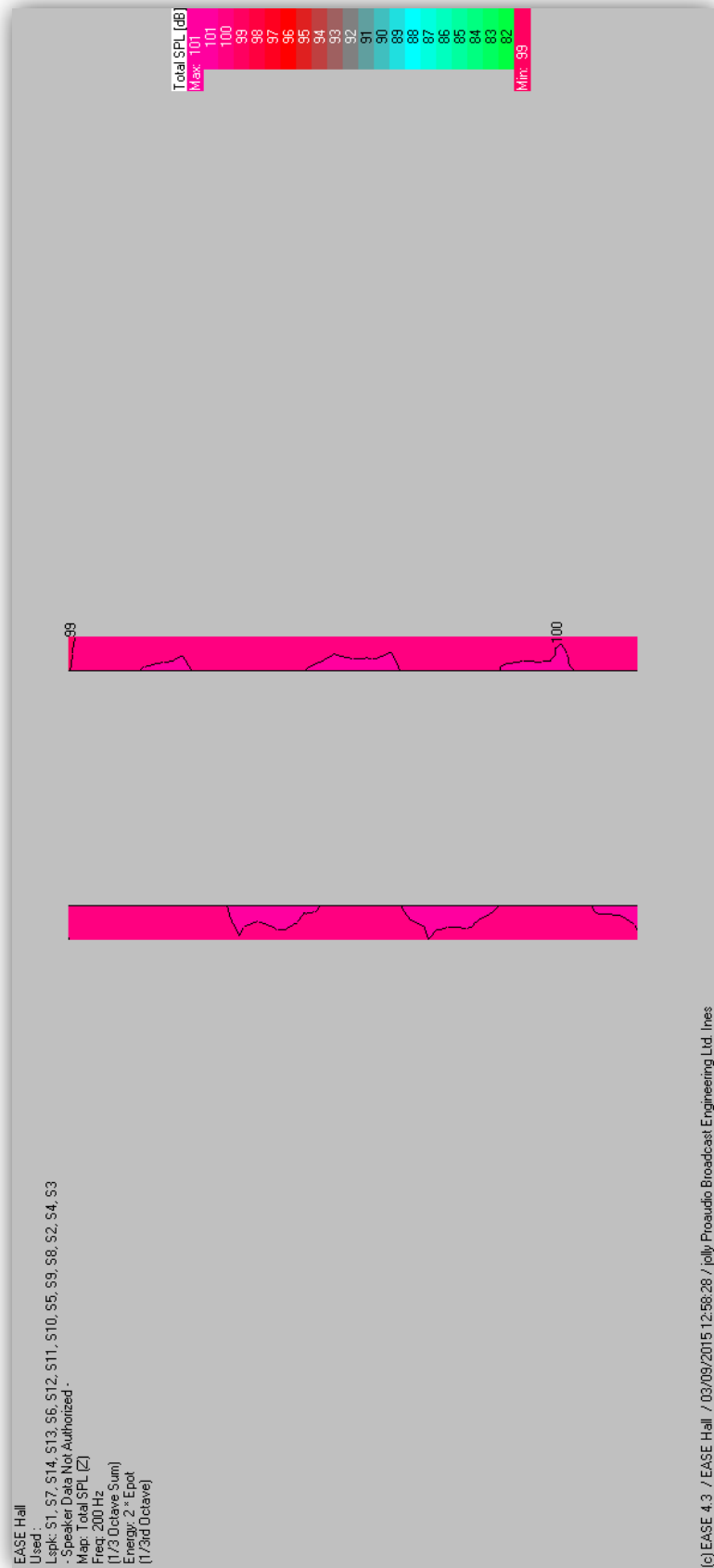
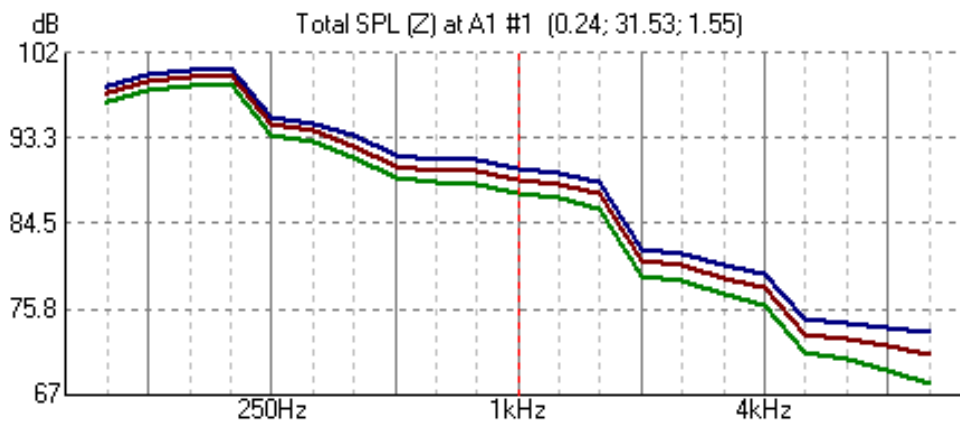


Figura 102 Niveles de SPL total evaluados a 200 Hz



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 03/09/2015 12:57:15 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. li

Figura 103 Curva de niveles SPL total

Se comprueba que existe una reducción del nivel de ruido total en la zona de audiencia, aunque siguen existiendo componentes con alto nivel, especialmente en bajas frecuencias.

Si se exportan los datos a Excel, y se realiza el cálculo del nivel total medio de banda completa, tanto sin ponderar como con ponderación A, se obtiene lo siguiente:

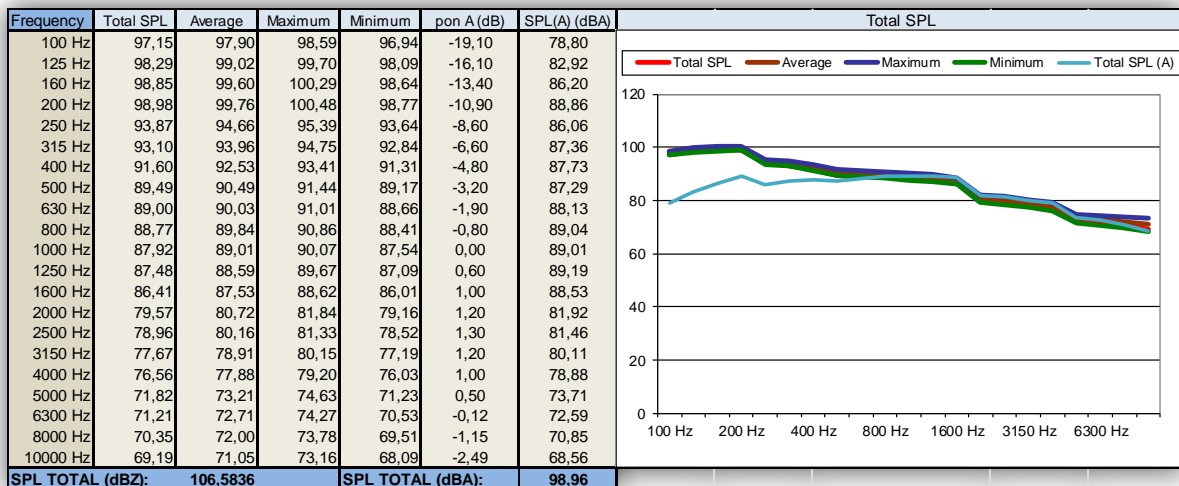


Figura 104 Niveles sonoros totales

Se comprueba que el nivel total en banda completa ponderado A es de 98,96 dBA. Se produce una reducción acústica algo mayor de 2 dB.



4.3.- PANELES ENTRE 2 Y 5 METROS. SIMULACIÓN DE NIVELES SONOROS

Una vez introducidos los materiales, se pasa a la simulación acústica.

NIVELES DE SONIDO DIRECTO

EVALUACIÓN DE NIVELES A 1000 Hz

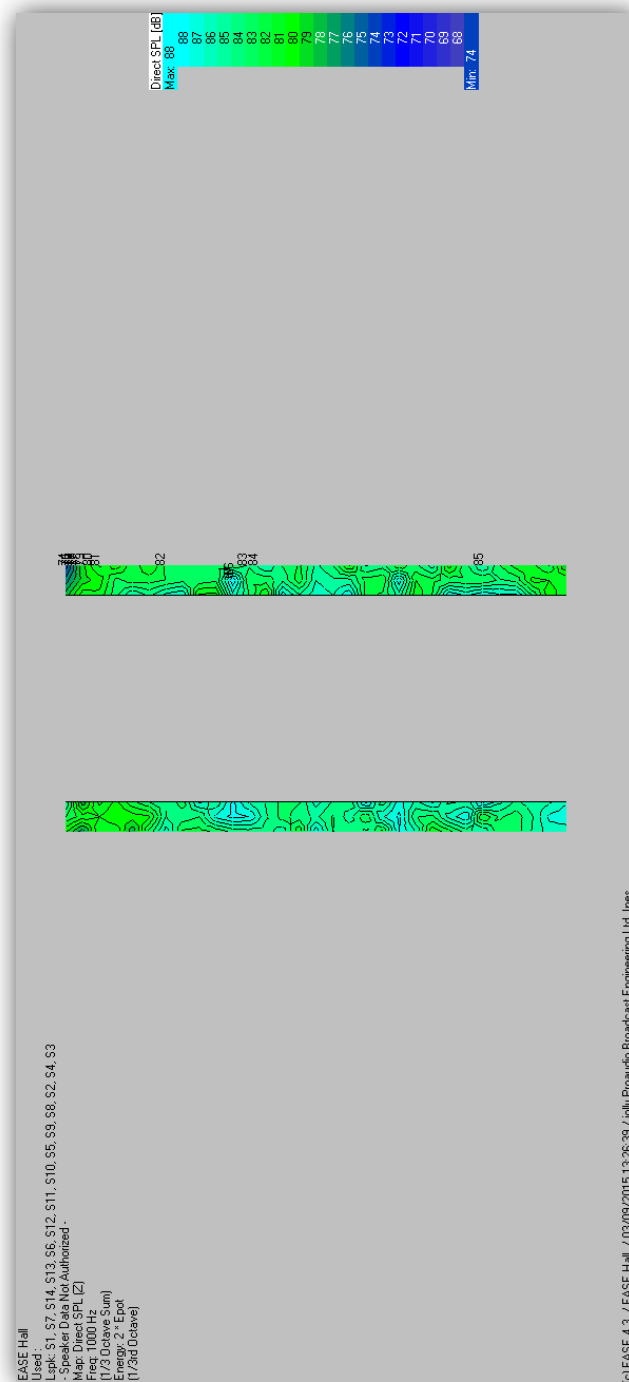


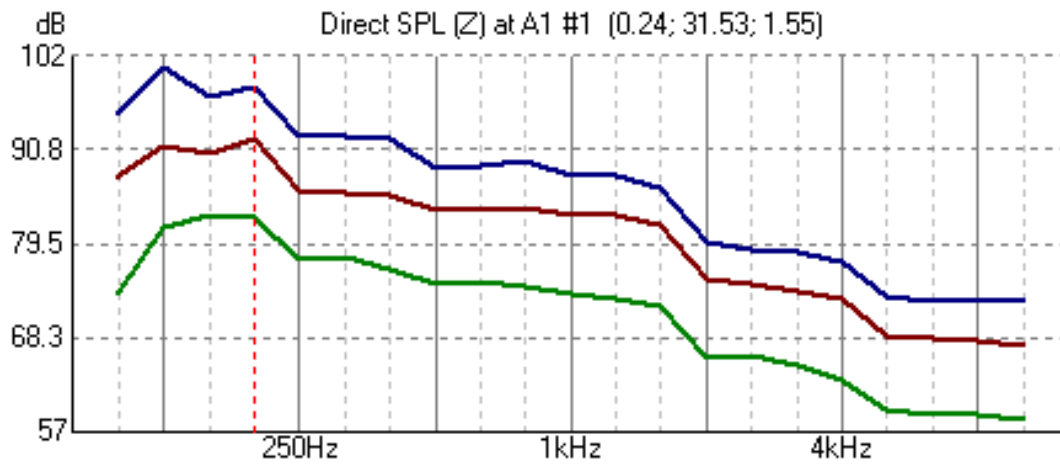
Figura 105 Niveles SPL directo evaluados a 1000 Hz



EVALUACIÓN DE NIVELES A 200 Hz



Figura 106 Niveles SPL directo evaluados a 200 Hz



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 03/09/2015 13:25:17 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. I

Figura 107 Curva de niveles SPL directo

Si se compara este gráfico con el de la propuesta anterior, se ve que los valores son prácticamente iguales. Aquí se vuelve a repetir que en este caso los valores obtenidos son mayores que en el caso inicial.



NIVELES DE SONIDO TOTAL

EVALUACIÓN DE NIVELES A 1000 Hz

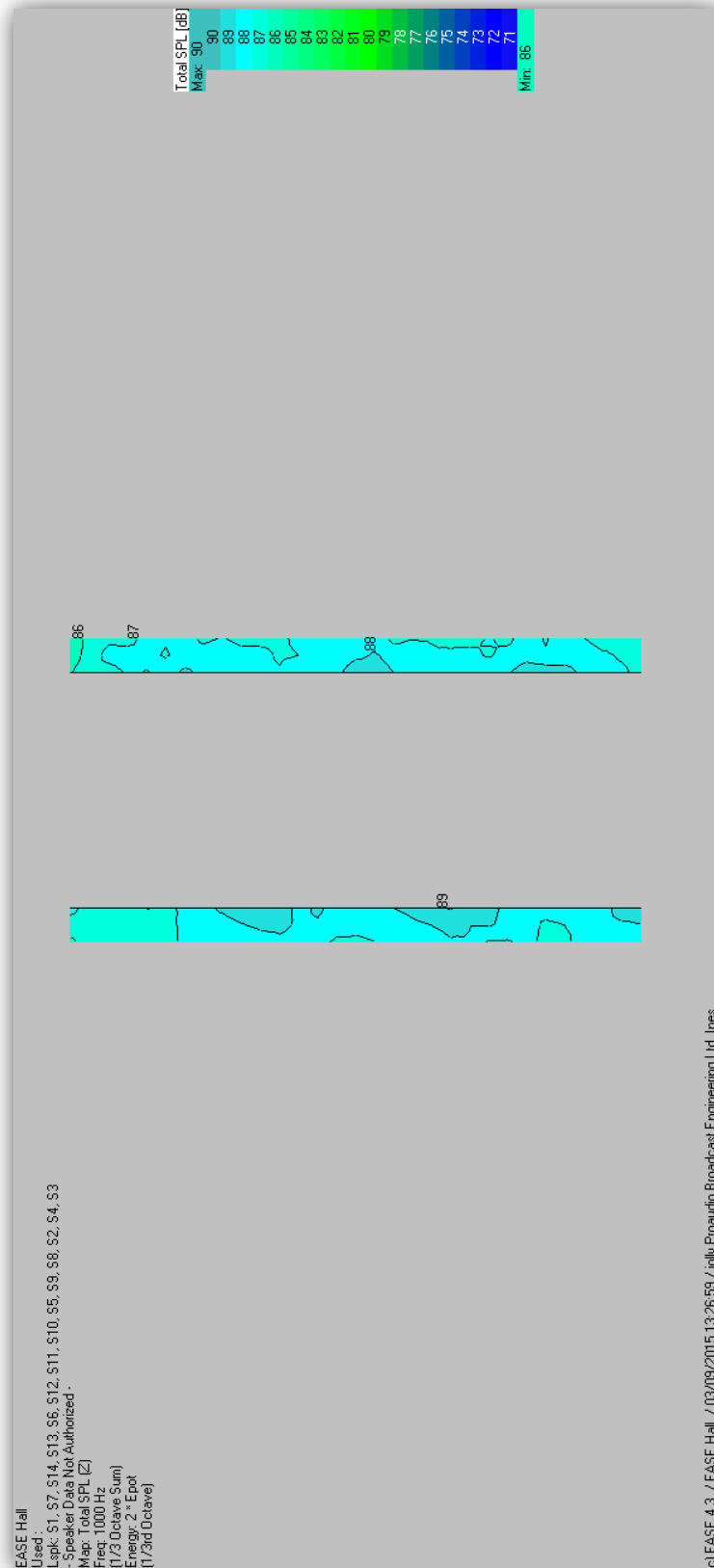


Figura 108 Niveles SPL total evaluados a 1000 Hz



EVALUACIÓN DE NIVELES A 200 Hz

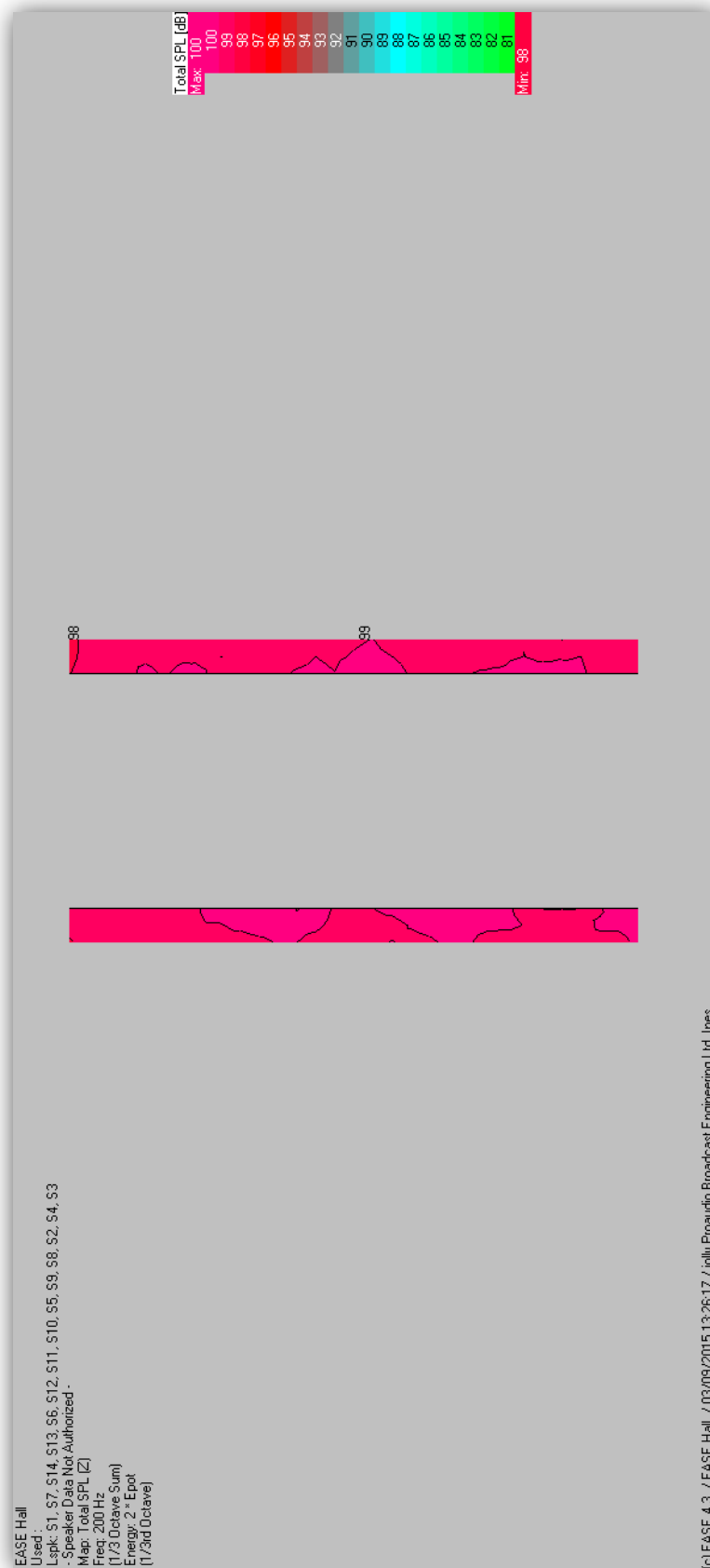
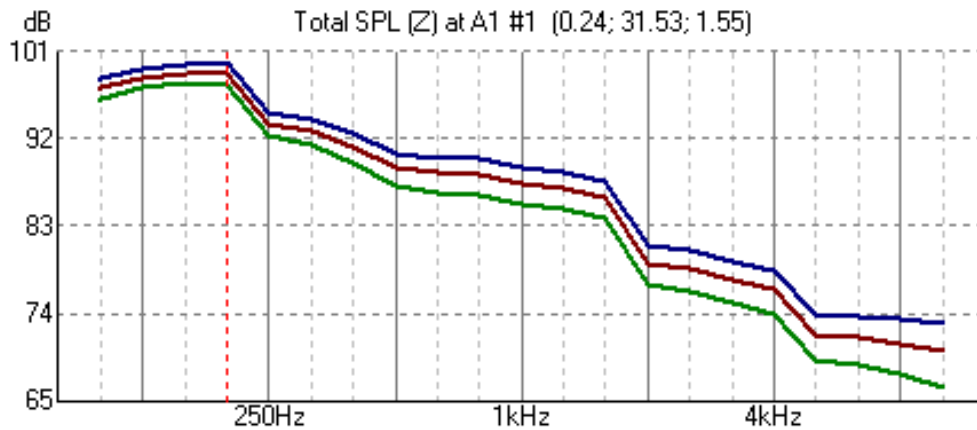


Figura 109 Niveles de SPL total evaluados a 200 Hz



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 03/09/2015 13:25:33 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. I

Figura 110 Curvas de niveles SPL total

Se comprueba que existe una reducción del nivel de ruido total en la zona de audiencia, incluso menores que en el apartado anterior.

Si se exportan los datos a Excel, y se realiza el cálculo del nivel total medio de banda completa, tanto sin ponderar como con ponderación A, se obtiene lo siguiente:

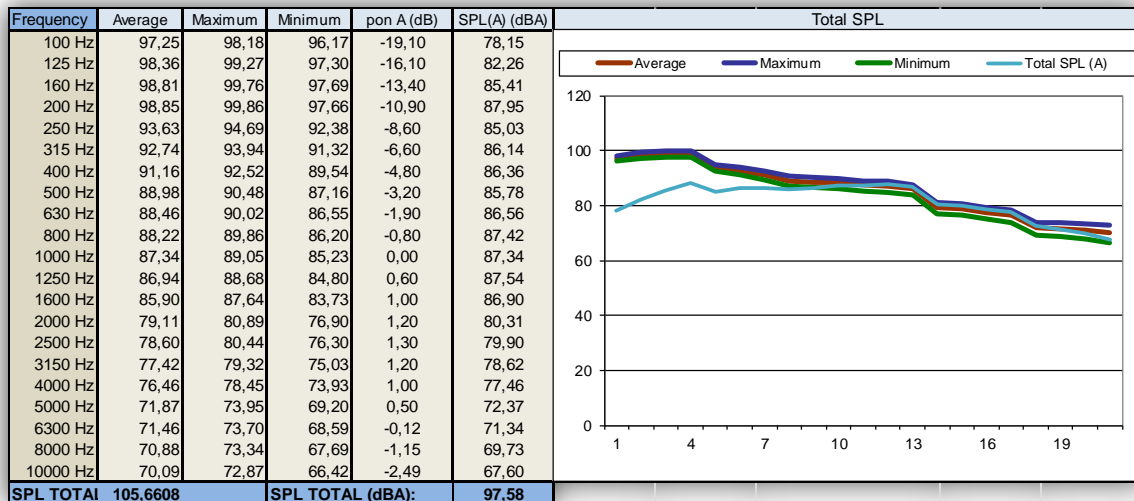


Figura 111 Niveles sonoros totales

Se comprueba que el nivel total en banda completa ponderado A es de 97,58 dBA. Se produce una reducción acústica algo mayor de 3,6 dB.



4.4.- PANELES ENTRE 0 Y 5 METROS. SIMULACIÓN DE NIVELES SONOROS

Una vez introducidos los materiales, se pasa a la simulación acústica.

NIVELES DE SONIDO DIRECTO

EVALUACIÓN DE NIVELES A 1000 Hz

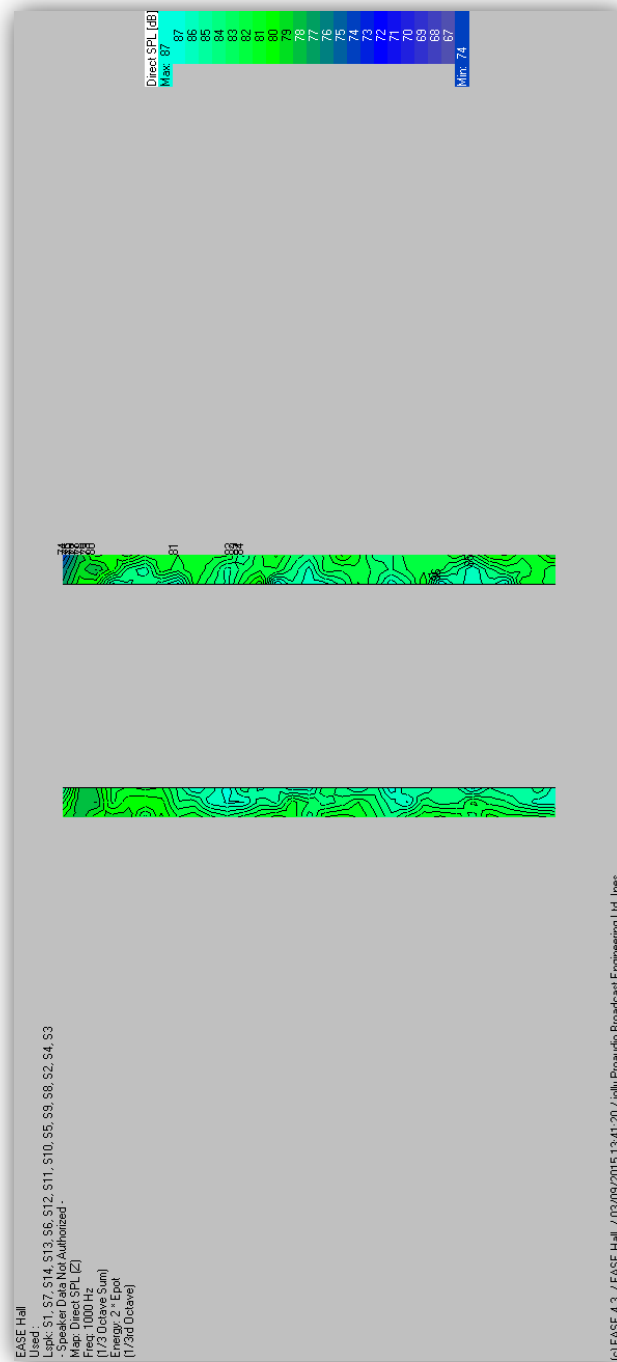


Figura 112 Niveles SPL directo evaluado a 1000 Hz



EVALUACIÓN DE NIVELES A 200 Hz

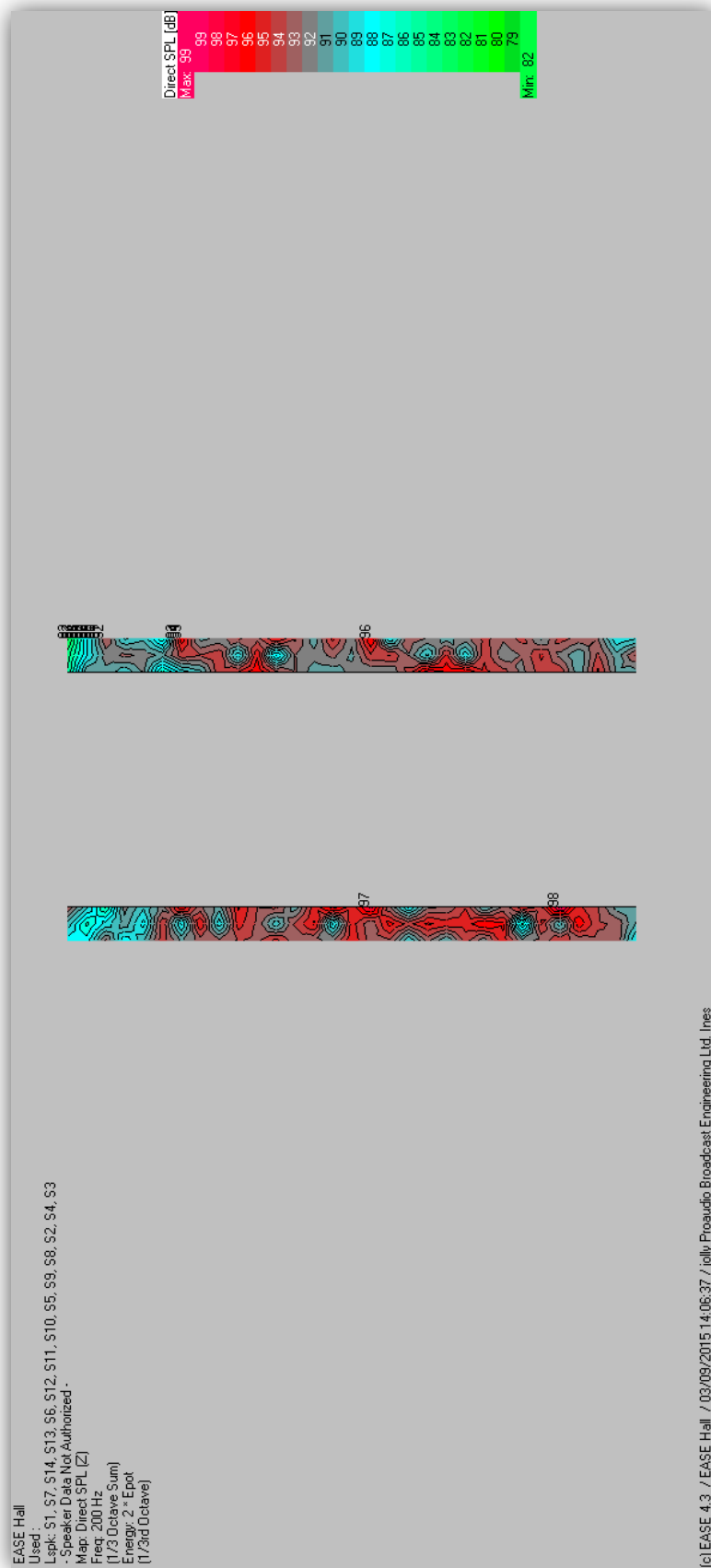
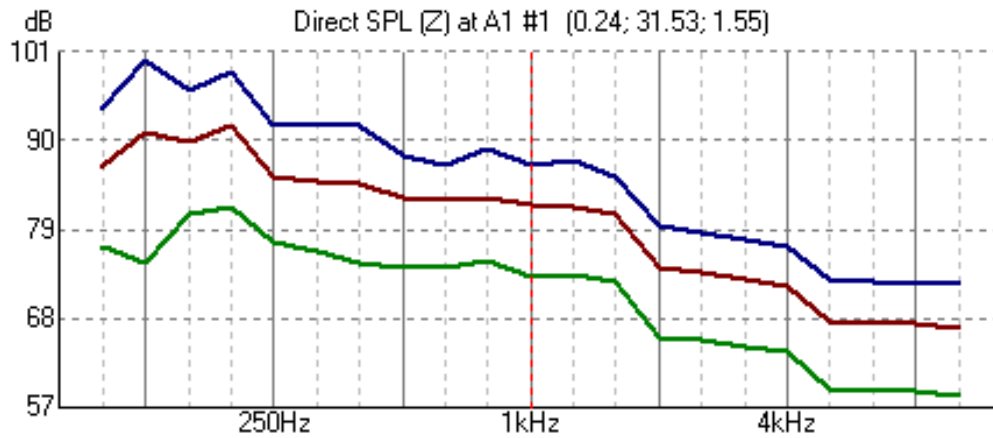


Figura 113 Niveles SPL directo evaluado a 200 Hz



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 03/09/2015 13:40:44 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. li

Figura 114 Curvas de niveles SPL directo

Si se compara este gráfico con el de la propuesta anterior, se ve que los valores son prácticamente iguales. Aquí se vuelve a repetir que en este caso los valores obtenidos son mayores que en el caso inicial.



NIVELES DE SONIDO TOTAL

EVALUACIÓN DE NIVELES A 1000 Hz

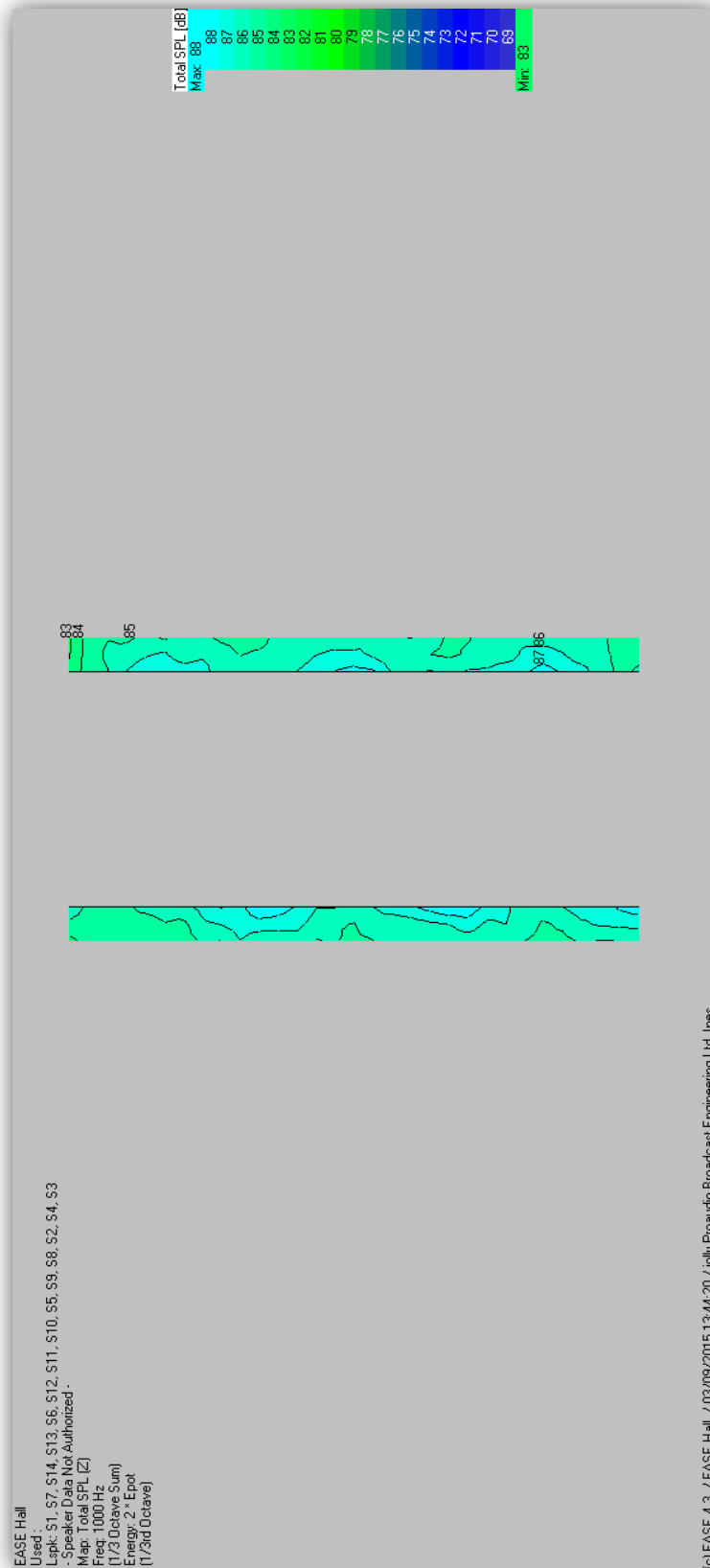


Figura 115 Niveles SPL total evaluados a 1000 Hz



EVALUACIÓN DE NIVELES A 200 Hz

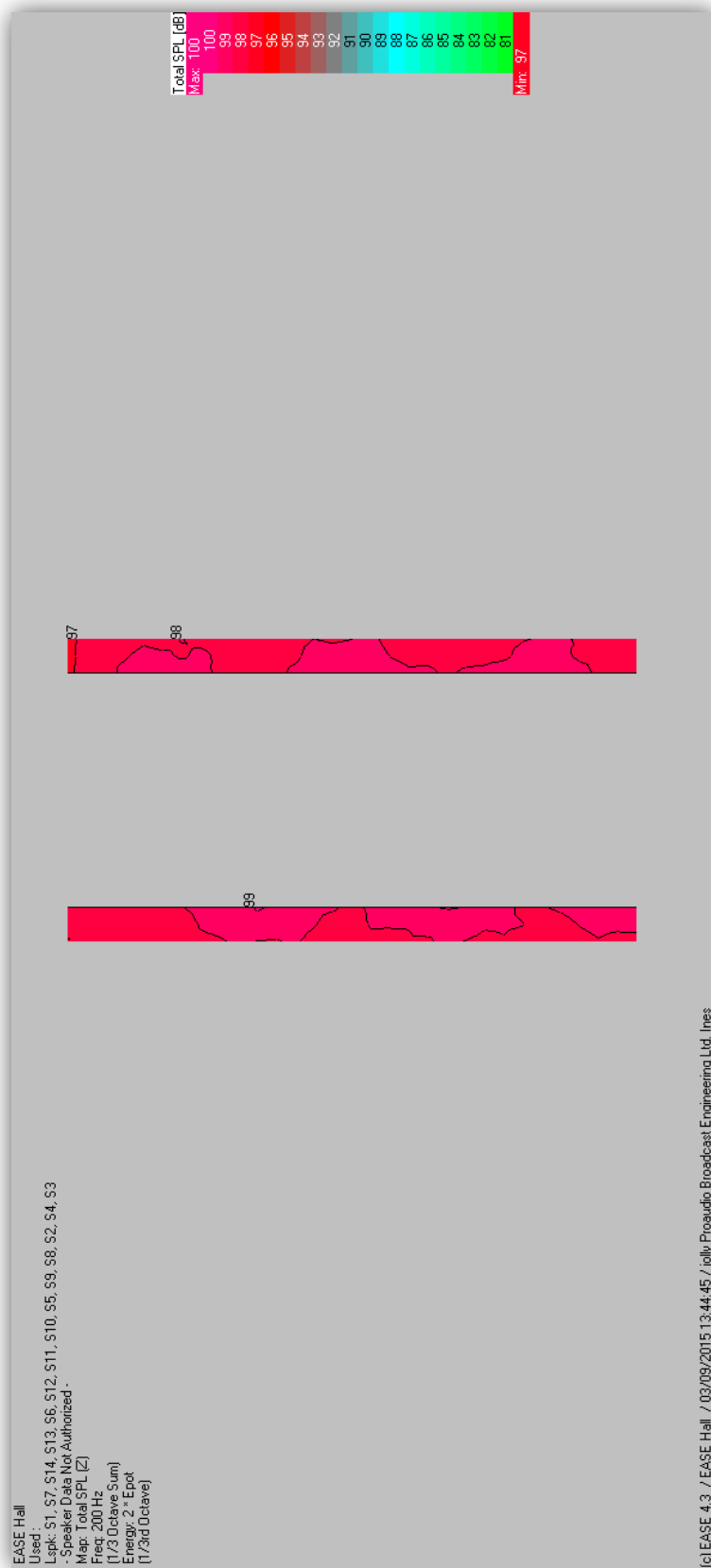
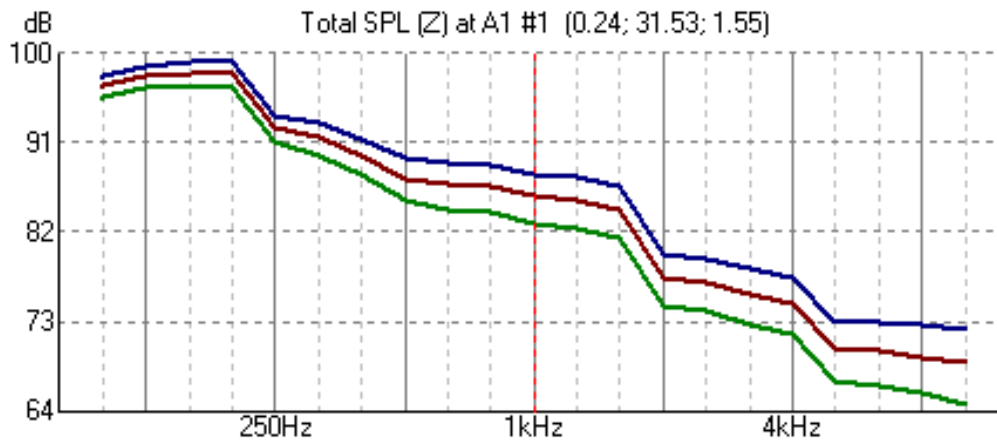


Figura 116 Niveles SPL total evaluados a 200 Hz



(c) EASE 4.3 / EASE Hall / 03/09/2015 13:41:46 / jolly Proaudio Broadcast Engineering Ltd. li

Figura 117 Curvas de SPL total

Se comprueba que existe una reducción del nivel de ruido total en la zona de audiencia respecto a los valores iniciales, incluso menores que en las dos propuestas anteriores.

Si se exportan los datos a Excel, y se realiza el cálculo del nivel total medio de banda completa, tanto sin ponderar como con ponderación A, se obtiene lo siguiente:

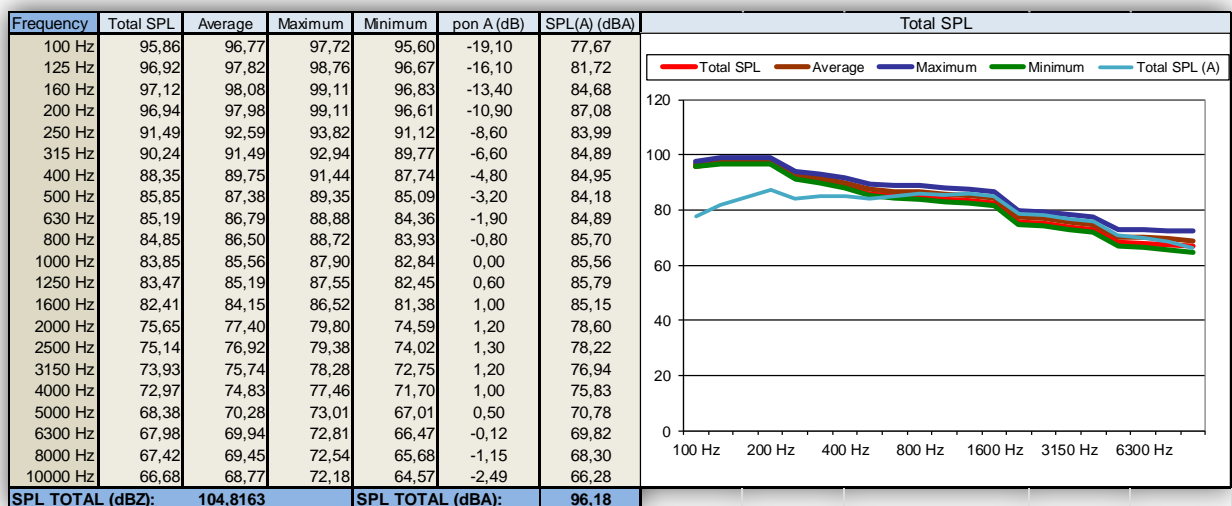


Figura 118 Niveles sonoros totales

Se comprueba que el nivel total en banda completa ponderado A es de 96,18 dBA. Se produce una reducción acústica de 5 dB.



5.- PROPUESTA 6: PASILLO AISLADO MEDIANTE PARAMENTO DIVISORIO

Para determinar el aislamiento necesario del paramento, se emplea el programa Excel. Para ello, se hace una serie de suposiciones iniciales. Se toman los niveles del recinto emisor como los niveles calculados en la simulación de la situación de partida. Para los niveles en el recinto receptor se emplean los valores en tercios de octava de la curva NC45. Como niveles de ruido de fondo se toman de una medición ajena a este proyecto, donde se medía el ruido existente en un vial urbano. Se supone un tiempo de reverberación de 1 segundo en el futuro recinto creado para la galería. A la hora de determinar la superficie de contacto y el volumen de la sala receptora, como se trata de realizar una proporción, se ha medido lo referente a un tramo de 30 metros.

5.1.- CÁLCULO DEL AISLAMIENTO NECESARIO

AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO (VALORES EN BANDAS DE FRECUENCIA)									
SUPERFICIES (m ²)	1012								
VOLUMEN V (m ³)	3643,2								
FRECUENCIA (Hz)	L1 (dB)	L2 (dB)	B2 (dB)	T2 (s)	L2 (B2)	A	D (dB)	0 LOG (T/T0)	DnT(dB)
100	98,0	58,0	27,9	1,00	58,0	582,9	40,1	3,0	43,1
125	99,2	55,8	26,7	1,00	55,8	582,9	43,5	3,0	46,5
160	100,1	53,2	27,9	1,00	53,2	582,9	46,8	3,0	49,9
200	100,4	51,0	24,6	1,00	51,0	582,9	49,4	3,0	52,4
250	95,6	49,0	21,3	1,00	49,0	582,9	46,6	3,0	49,7
315	95,2	47,1	19,0	1,00	47,1	582,9	48,1	3,0	51,1
400	94,1	45,6	15,5	1,00	45,6	582,9	48,5	3,0	51,5
500	92,3	44,4	14,9	1,00	44,4	582,9	47,9	3,0	50,9
630	92,0	43,4	12,4	1,00	43,4	582,9	48,6	3,0	51,6
800	91,9	42,5	11,1	1,00	42,5	582,9	49,4	3,0	52,4
1000	91,2	41,6	12,3	1,00	41,6	582,9	49,5	3,0	52,5
1250	90,7	40,8	12,9	1,00	40,8	582,9	49,9	3,0	52,9
1600	89,6	40,0	11,5	1,00	40,0	582,9	49,6	3,0	52,6
2000	82,7	39,3	10,4	1,00	39,3	582,9	43,4	3,0	46,4
2500	82,0	38,6	10,6	1,00	38,6	582,9	43,4	3,0	46,4
3150	80,6	38,2	9,5	1,00	38,2	582,9	42,4	3,0	45,4
FRECUENCIA (Hz)	Curva Referencia	Ref. desplaz -2	Desviación desfavorable	Espectro n°1 L ₁₁	L ₁₁ -R'	10 ^{(L₁₁-R')/10}	Espectro n°2 L ₁₂	L ₁₂ -R'	10 ^{(L₁₂-R')/10}
100	33	31,0	-12,1	-29	-72,1	6,223E-08	-20	-63,1	4,943E-07
125	36	34,0	-12,5	-26	-72,5	5,649E-08	-20	-66,5	2,249E-07
160	39	37,0	-12,9	-23	-72,9	5,188E-08	-18	-67,9	1,64E-07
200	42	40,0	-12,4	-21	-73,4	4,529E-08	-16	-68,4	1,432E-07
250	45	43,0	-6,7	-19	-68,7	1,364E-07	-15	-64,7	3,427E-07
315	48	46,0	-5,1	-17	-68,1	1,545E-07	-14	-65,1	3,083E-07
400	51	49,0	-2,5	-15	-66,5	2,233E-07	-13	-64,5	3,54E-07
500	52	50,0	-0,9	-13	-63,9	4,036E-07	-12	-62,9	5,081E-07
630	53	51,0	-0,6	-12	-63,6	4,355E-07	-11	-62,6	5,482E-07
800	54	52,0	-0,4	-11	-63,4	4,539E-07	-9	-61,4	7,194E-07
1000	55	53,0	0,5	-10	-62,5	5,571E-07	-8	-60,5	8,83E-07
1250	56	54,0	1,1	-9	-61,9	6,501E-07	-9	-61,9	6,501E-07
1600	56	54,0	1,4	-9	-61,6	6,87E-07	-10	-62,6	5,457E-07
2000	56	54,0	7,6	-9	-55,4	2,864E-06	-11	-57,4	1,807E-06
2500	56	54,0	7,6	-9	-55,4	2,911E-06	-13	-59,4	1,159E-06
3150	56	54,0	8,6	-9	-54,4	3,656E-06	-15	-60,4	9,183E-07
Suma			26,8			1,335E-05			9,77E-06
DnT,w			50			49			50
						C	-1	Ctr	
								0	

Figura 119 Cálculo de aislamiento necesario

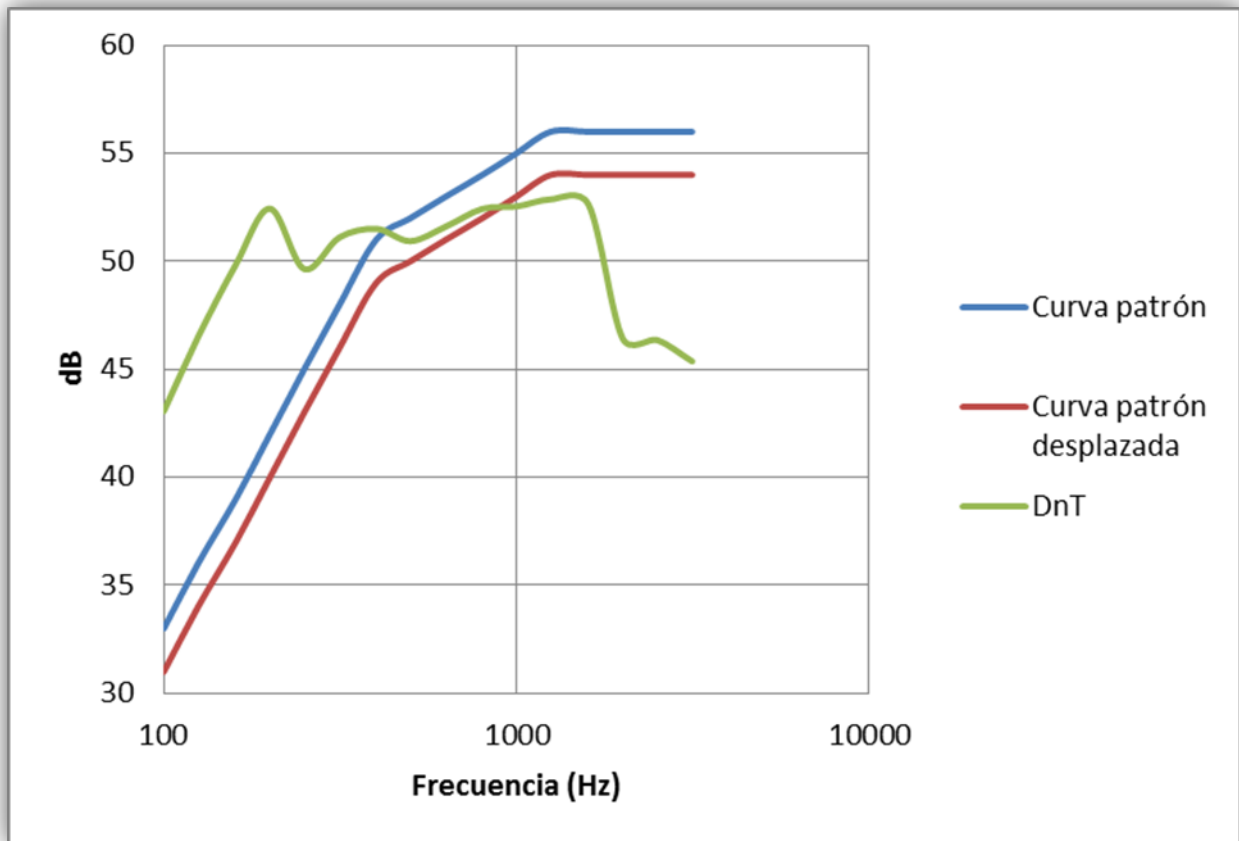


Figura 120 Curvas de aislamiento



ANEXO 3: ANEXO FOTOGRAFICO



Figura 121 Vista del interior del túnel



Figura 122 Vista del interior del túnel



Figura 123 Detalle de las barreras actuales



Figura 124 Entrada Oeste del túnel



Figura 125 Detalle de los extractores del túnel



ANEXO 4: INTENSIDADES MEDIAS DE TRÁFICO



Intensidad de Vehículos Enero - Abril 2011

PM	Ubicación	I.M.D.L	I.M.D.S.	I.M.D.D.	I.M.H.P.L.	H.P.L.M.	I.M.H.P.S.	H.P.S.M.	I.M.H.P.D.	H.P.D.M.
1	Avda. Juan Sebastián Elcano - Este	2.876	2.280	1.838	251	17:00	210	12:00	171	14:00
2	Avda. Juan Sebastián Elcano - Oeste	20.243	17.657	14.494	1.630	8:00	1.299	13:00	1.198	19:00
3	Bolivia - Este	16.791	15.220	12.789	1.522	14:00	1.411	14:00	1.211	14:00
4	P.M. Pablo Ruiz Picasso - Este	22.152	17.363	13.929	2.366	14:00	1.709	14:00	1.297	13:00
5	P.M. Pablo Ruiz Picasso - Oeste	25.170	19.968	16.179	2.290	8:00	1.501	12:00	1.361	18:00
6	Pso. Reding - Este	9.602	7.382	5.790	795	14:00	653	14:00	473	14:00
7	Pso. Reding - Oeste	7.925	6.329	5.027	692	8:00	481	12:00	395	19:00
8	Victoria - Sur *	7.133	6.474	5.266	639	7:00	575	20:00	501	20:00
9	Victoria - Norte *	6.810	6.312	5.305	571	20:00	510	13:00	411	14:00
10	Túnel Alcazaba - Este	15.599	15.662	13.379	947	21:00	971	13:00	842	19:00
11	Túnel Alcazaba - Oeste	10.909	10.211	9.033	806	14:00	698	21:00	646	20:00
12	Pasillo Sta. Isabel	14.924	12.532	9.123	1.129	14:00	1.002	14:00	705	16:00
13	Carretería					Sin datos				
14	Alameda Principal - Este	18.662	15.282	11.437	1.526	14:00	1.224	14:00	870	13:00
15	Alameda Principal - Oeste	17.516	14.253	11.406	1.468	8:00	1.003	13:00	819	19:00
16	Alameda Colón	15.310	10.699	9.304	1.178	13:00	857	13:00	725	12:00
17	Muelle Heredia - Este	23.517	18.150	15.664	1.940	14:00	1.534	14:00	1.365	14:00
18	Muelle Heredia - Oeste	16.144	11.970	11.173	1.471	8:00	889	13:00	980	19:00
19	P.M. Antonio Machado - Este	15.482	12.694	10.174	1.330	8:00	1.132	13:00	993	14:00
20	P.M. Antonio Machado - Oeste	24.550	19.911	15.546	1.939	14:00	1.694	14:00	1.342	13:00
21	Avda. Andalucía - Este					Sin datos				
22	Avda. Andalucía - Oeste	28.887	25.016	16.998	2.003	12:00	1.936	14:00	1.296	19:00
23	Avd. Herrera Oria - Este	5.408	3.085	2.191	479	14:00	299	12:00	216	19:00
24	Avd. Herrera Oria - Oeste	7.061	4.797	3.215	857	8:00	531	14:00	265	14:00
25	Avd. Carlos Haya - Este	16.477	12.879	10.788	1.207	8:00	965	12:00	886	19:00
26	Avd. Carlos Haya - Oeste	10.395	7.974	6.238	860	14:00	693	14:00	545	19:00
27	Héroes Sostoa	14.158	12.681	9.339	1.040	14:00	959	14:00	758	20:00
28	Ayala	17.772	15.777	12.588	1.194	8:00	1.060	13:00	855	16:00
29	Avda. Europa - Este	13.433	11.054	8.271	1.003	19:00	863	13:00	655	20:00
30	Avda. Europa - Oeste					Sin datos				
31	Pacífico - Este	16.218	12.896	10.458	1.005	8:00	506	13:00	667	14:00
32	Pacífico - Oeste	23.535	18.691	15.492	1.330	14:00	1.052	14:00	934	12:00
33	Hilera - Este	7.994	6.122	3.652	593	9:00	505	12:00	320	13:00
34	Hilera - Oeste	5.446	4.064	2.369	501	14:00	367	14:00	194	14:00
35	Avda. Simón Bolívar - Sur	8.049	6.441	4.280	680	8:00	584	12:00	466	19:00
36	Bias de Lezo - Norte	13.479	9.728	7.702	1.054	14:00	816	14:00	763	13:00
37	Martínez de la Rosa	11.810	9.801	7.927	819	9:00	729	13:00	634	19:00
38	Camino Suárez	17.306	15.726	12.537	1.126	20:00	1.125	13:00	988	12:00
39	Avda. Valle Inclán - Este	35.951	31.793	26.510	2.313	13:00	2.238	13:00	1.994	14:00
40	Avda. Valle Inclán - Oeste	25.859	21.390	16.833	1.846	14:00	1.584	14:00	1.370	19:00



Intensidad de vehículos Septiembre - Diciembre 2011

PM	Ubicación	I.M.D.L	I.M.D.S.	I.M.D.D.	I.M.H.P.L.	H.P.L.M.	I.M.H.P.S.	H.P.S.M.	I.M.H.P.D.	H.P.D.M.
1	Avda. Juan Sebastián Elcano - Este	2.870	2.165	1.766	248	17:00	195	12:00	159	14:00
2	Avda. Juan Sebastián Elcano - Oeste	20.011	16.901	14.269	1.561	8:00	1.291	12:00	1.222	18:00
3	Bolivia - Este	16.735	14.505	12.551	1.465	14:00	1.221	14:00	1.060	14:00
4	P.M. Pablo Ruiz Picasso - Este	22.132	16.685	13.619	2.291	14:00	1.506	14:00	1.153	14:00
5	P.M. Pablo Ruiz Picasso - Oeste	24.493	18.872	15.875	2.143	8:00	1.452	12:00	1.354	20:00
6	Pso. Reding - Este	9.282	6.916	5.546	768	14:00	594	14:00	459	14:00
7	Pso. Reding - Oeste	7.777	6.107	4.950	667	8:00	482	12:00	391	18:00
8	Victoria - Sur *	7.162	6.368	5.615	624	19:00	569	19:00	546	20:00
9	Victoria - Norte *	7.159	6.772	5.862	566	20:00	521	21:00	470	20:00
10	Túnel Alcazaba - Este	14.604	14.265	12.852	890	20:00	834	14:00	794	20:00
11	Túnel Alcazaba - Oeste	8.101	7.619	6.988	551	15:00	496	14:00	499	19:00
12	Pasillo Sta. Isabel	19.224	14.942	12.321	1.434	14:00	1.217	14:00	912	20:00
13	Carretería	5.746	5.038	3.861	402	14:00	345	12:00	272	1:00
14	Alameda Principal - Este									
15	Alameda Principal - Oeste	17.315	14.026	11.738	1.413	8:00	961	20:00	888	20:00
16	Alameda Colón	13.752	10.045	7.972	1.089	12:00	825	13:00	641	12:00
17	Muelle Heredia - Este	21.727	16.356	13.715	1.876	14:00	1.393	13:00	1.158	13:00
18	Muelle Heredia - Oeste	15.488	11.722	10.359	1.297	8:00	899	12:00	872	19:00
19	P.M. Antonio Machado - Este	14.095	11.242	9.445	1.166	8:00	917	13:00	893	14:00
20	P.M. Antonio Machado - Oeste	22.054	18.054	14.223	1.707	14:00	1.480	14:00	1.148	20:00
21	Avda. Andalucía - Este	35.606	27.254	22.100	2.433	14:00	2.070	12:00	1.908	19:00
22	Avda. Andalucía - Oeste	30.882	25.164	18.353	2.135	12:00	1.965	14:00	1.371	20:00
23	Avd. Herrera Oria - Este	4.581	2.879	1.992	374	14:00	242	12:00	184	19:00
24	Avd. Herrera Oria - Oeste	5.835	3.943	2.592	748	14:00	438	14:00	253	20:00
25	Avd. Carlos Haya - Este	16.859	12.975	11.136	1.207	8:00	986	12:00	950	20:00
26	Avd. Carlos Haya - Oeste	10.287	7.756	6.118	848	14:00	667	14:00	508	20:00
27	Héroe Sostoa	16.228	13.985	10.292	1.202	14:00	1.060	13:00	802	20:00
28	Ayala	18.347	16.286	12.749	1.206	8:00	1.101	13:00	882	19:00
29	Avda. Europa - Este	13.294	10.816	8.159	988	19:00	848	13:00	655	20:00
30	Avda. Europa - Oeste	7.286	6.065	3.068	651	8:00	563	14:00	304	12:00
31	Pacifico - Este	14.783	11.545	9.503	1.195	8:00	937	13:00	922	14:00
32	Pacifico - Oeste	22.568	17.470	14.605	1.823	14:00	1.442	14:00	1.221	12:00
33	Hilera - Este	7.409	5.556	3.377	568	11:00	468	12:00	277	19:00
34	Hilera - Oeste	4.923	3.599	2.217	458	14:00	324	14:00	188	20:00
35	Avda. Simón Bolívar - Sur	8.008	6.008	4.434	654	8:00	512	13:00	436	20:00
36	Bias de Lezo - Norte	12.233	8.528	6.600	1.017	14:00	750	14:00	576	20:00
37	Martínez de la Rosa	11.585	9.397	7.782	802	8:00	703	13:00	645	19:00
38	Camino Suárez	17.581	15.651	12.533	1.141	19:00	1.132	13:00	966	12:00
39	Avda. Valle Inclán - Este	36.131	30.828	26.432	2.306	13:00	2.229	13:00	2.078	14:00
40	Avda. Valle Inclán - Oeste	26.277	20.504	17.131	1.840	14:00	1.514	14:00	1.349	12:00

Sin datos



Intensidad de vehículos Enero - Abril 2014

PM	Ubicación	I.M.D.L	I.M.D.S.	I.M.D.D.	I.M.H.P.L.	H.P.L.M.	I.M.H.P.S.	H.P.S.M.	I.M.H.P.D.	H.P.D.M.
1	Avda. Juan Sebastián Elcano - Este	2.968	2.326	1.884	252	17:00	207	12:00	195	14:00
2	Avda. Juan Sebastián Elcano - Oeste	19.279	16.716	13.234	1.558	8:00	1.281	13:00	1.110	19:00
3	Bolivia - Este	15.820	14.252	11.510	1.383	14:00	1.294	14:00	1.119	14:00
4	P.M. Pablo Ruiz Picasso - Este	16.574	13.204	10.316	1.660	14:00	1.208	14:00	930	14:00
5	P.M. Pablo Ruiz Picasso - Oeste	27.163	22.312	17.579	2.373	8:00	1.662	13:00	1.505	17:00
6	Pso. Reding - Este	8.858	6.967	4.969	747	14:00	651	14:00	449	14:00
7	Pso. Reding - Oeste	7.505	6.275	4.721	630	9:00	492	12:00	388	14:00
8	Victoria - Sur *	6.797	6.000	4.623	605	8:00	575	20:00	408	20:00
9	Victoria - Norte *	6.134	5.817	4.650	509	20:00	488	21:00	367	20:00
10	Túnel Alcazaba - Este	12.465	11.803	9.495	818	14:00	775	14:00	586	13:00
11	Túnel Alcazaba - Oeste	825	78	651	133	21:00	147	17:00	133	13:00
12	Pasillo Sta. Isabel									
13	Carretería	5.763	5.279	3.656	413	19:00	387	12:00	248	1:00
14	Alameda Principal - Este	12.209	10.068	7.114	1.061	14:00	922	14:00	648	13:00
15	Alameda Principal - Oeste	15.816	12.695	9.542	1.433	8:00	946	19:00	754	19:00
16	Alameda Colón	13.262	10.131	8.295	1.063	13:00	872	14:00	703	13:00
17	Muelle Heredia - Este	21.458	16.984	13.933	1.851	14:00	1.459	14:00	1.278	13:00
18	Muelle Heredia - Oeste	15.245	11.957	10.208	1.271	8:00	902	13:00	909	18:00
19	P.M. Antonio Machado - Este	13.630	11.221	8.808	1.075	8:00	960	13:00	906	14:00
20	P.M. Antonio Machado - Oeste	20.334	16.367	12.598	1.689	14:00	1.445	14:00	1.142	14:00
21	Avda. Andalucía - Este	32.690	26.754	17.958	2.360	9:00	1.990	13:00	1.454	19:00
22	Avda. Andalucía - Oeste									
23	Avd. Herrera Oria - Este	8.919	5.657	3.774	757	14:00	462	13:00	315	13:00
24	Avd. Herrera Oria - Oeste	7.960	5.465	3.362	807	14:00	825	14:00	278	20:00
25	Avd. Carlos Haya - Este	14.417	10.966	9.109	1.117	8:00	833	12:00	743	19:00
26	Avd. Carlos Haya - Oeste	10.326	8.024	5.890	849	14:00	692	14:00	487	13:00
27	Héroe Sostoa	11.275	9.993	7.133	836	14:00	753	14:00	552	20:00
28	Ayala	16.061	14.575	10.849	1.060	8:00	1.005	14:00	737	18:00
29	Avda. Europa - Este	10.976	8.881	6.213	849	14:00	719	13:00	495	20:00
30	Avda. Europa - Oeste	1.865	1.650	1.307	309	10:00	194	10:00	248	10:00
31	Pacífico - Este	15.725	13.435	10.847	1.288	14:00	1.214	13:00	1.140	13:00
32	Pacífico - Oeste	20.864	16.172	13.260	1.776	14:00	1.406	14:00	1.265	13:00
33	Hilera - Este	7.451	5.642	3.152	579	9:00	464	13:00	265	13:00
34	Hilera - Oeste	4.688	3.739	2.118	428	14:00	351	14:00	171	19:00
35	Avda. Simón Bolívar - Sur	6.766	5.477	6.314	566	8:00	499	20:00	360	19:00
36	Bias de Lezo - Norte	13.176	9.850	6.656	1.035	14:00	899	13:00	560	14:00
37	Martínez de la Rosa	11.380	9.104	6.934	820	9:00	690	14:00	569	19:00
38	Camino Suárez	16.634	14.698	10.903	1.089	14:00	1.072	13:00	863	13:00
39	Avda. Valle Inclán - Este	35.193	29.703	22.763	2.322	13:00	2.206	14:00	1.832	14:00
40	Avda. Valle Inclán - Oeste	24.386	19.596	14.565	1.762	14:00	1.512	14:00	1.162	19:00

Sin datos

Sin datos



Intensidad de vehículos Enero - Abril 2015

PM	Ubicación	I.M.D.L	I.M.D.S.	I.M.D.D.	I.M.H.P.L.	H.P.L.M.	I.M.H.P.S.	H.P.S.M.	I.M.H.P.D.	H.P.D.M.
1	Avda. Juan Sebastián Elcano - Este	1.674	1.322	904	197	9:00	152	13:00	112	20:00
2	Avda. Juan Sebastián Elcano - Oeste	18.599	16.235	12.689	1.519	8:00	1.281	13:00	1.056	14:00
3	Bolivia - Este	15.629	14.055	11.240	1.371	14:00	1.303	14:00	1.088	14:00
4	P.M. Pablo Ruiz Picasso - Este	16.982	13.719	10.493	1.686	14:00	1.341	14:00	1.011	14:00
5	P.M. Pablo Ruiz Picasso - Oeste	26.960	21.958	17.410	2.366	8:00	1.689	13:00	1.474	14:00
6	Pso. Reding - Este	8.743	6.836	5.021	728	14:00	616	14:00	442	14:00
7	Pso. Reding - Oeste	6.999	5.802	4.398	605	8:00	452	12:00	370	14:00
8	Victoria - Sur *	6.327	5.667	4.438	553	20:00	521	21:00	397	20:00
9	Victoria - Norte *	6.434	5.913	4.814	546	20:00	459	21:00	391	19:00
10	Túnel Alcazaba - Este	15.877	15.309	12.460	1.019	8:00	922	13:00	745	13:00
11	Túnel Alcazaba - Oeste					Sin datos				
12	Pasillo Sta. Isabel					Sin datos				
13	Carretería	5.712	5.103	3.654	411	20:00	380	13:00	235	1:00
14	Alameda Principal - Este	12.050	9.713	6.795	1.042	14:00	884	14:00	649	13:00
15	Alameda Principal - Oeste	15.969	13.183	9.771	1.417	8:00	960	13:00	773	18:00
16	Alameda Colón	12.964	9.864	7.512	1.052	14:00	867	14:00	670	13:00
17	Muelle Heredia - Este	21.536	16.897	13.769	1.883	14:00	1.539	14:00	1.234	13:00
18	Muelle Heredia - Oeste	15.142	11.561	10.278	1.285	8:00	922	14:00	920	18:00
19	P.M. Antonio Machado - Este	14.739	12.453	10.398	1.201	8:00	1.102	13:00	953	13:00
20	P.M. Antonio Machado - Oeste	20.089	15.862	12.271	1.664	14:00	1.437	14:00	1.107	14:00
21	Avda. Andalucía - Este	33.450	27.089	18.420	2.377	9:00	2.062	13:00	1.456	14:00
22	Avda. Andalucía - Oeste					Sin datos				
23	Avd. Herrera Oria - Este	9.318	5.807	3.773	782	14:00	492	13:00	308	14:00
24	Avd. Herrera Oria - Oeste	8.160	5.514	3.474	808	14:00	526	14:00	290	13:00
25	Avd. Carlos Haya - Este					Sin datos				
26	Avd. Carlos Haya - Oeste	10.151	7.809	5.863	853	14:00	679	14:00	489	20:00
27	Héroes Sostoa	10.385	9.262	6.774	753	14:00	696	14:00	514	20:00
28	Ayala	16.185	14.385	10.752	1.075	14:00	1.015	14:00	748	14:00
29	Avda. Europa - Este	11.332	8.951	6.203	885	14:00	748	13:00	486	20:00
30	Avda. Europa - Oeste					Sin datos				
31	Pacífico - Este	14.250	11.776	9.545	1.115	9:00	1.048	13:00	889	13:00
32	Pacífico - Oeste	21.149	16.559	13.830	1.807	14:00	1.481	14:00	1.248	14:00
33	Hilera - Este					Sin datos				
34	Hilera - Oeste	4.640	3.482	2.010	431	14:00	313	14:00	161	20:00
35	Avda. Simón Bolívar - Sur	6.621	5.246	3.682	538	9:00	470	20:00	381	18:00
36	Bias de Lezo - Norte	13.154	9.805	6.556	1.030	14:00	935	14:00	587	14:00
37	Martínez de la Rosa	11.453	9.039	6.943	820	9:00	697	13:00	572	19:00
38	Camino Suárez	16.621	14.189	10.859	1.095	19:00	1.070	13:00	845	13:00
39	Avda. Valle Inclán - Este	34.947	29.906	23.068	2.282	13:00	2.201	13:00	1.847	14:00
40	Avda. Valle Inclán - Oeste	23.293	18.854	14.533	1.685	14:00	1.459	14:00	1.156	20:00