

PatvAc

PSE-380000-2008-3

Patrimonio Accesible: I+D+i para una cultura sin barreras

E2.15 – Proyecto de solución acústica



Índice

| | |
|--|-----------|
| 1. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE REFUERZO SONORO..... | 4 |
| 1.1. INTRODUCCIÓN..... | 4 |
| 1.2. ALCANCE DEL TRABAJO..... | 5 |
| 1.3. RESUMEN DE TECNOLOGÍAS. | 6 |
| 1.3.1. SISTEMAS DE REFUERZO SONORO TRADICIONAL..... | 6 |
| 1.3.2. ARRAY LINEAL DE POTENCIA. | 6 |
| 1.3.3. ARRAY DE CONTROL DIGITAL DE DIRECTIVIDAD. | 7 |
| 1.3.3.1. APLICACIONES PRÁCTICAS. | 8 |
| 1.3.3.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS COLUMNAS. | 8 |
| 1.3.3.3. SOFTWARE DE SIMULACIÓN. | 9 |
| 2. MODELIZACIONES POR COMPUTADOR. | 11 |
| 2.1. MODELO DE RECINTO..... | 11 |
| 2.2. TIEMPOS DE REVERBERACIÓN..... | 11 |
| 2.3. RESULTADOS OBTENIDOS..... | 13 |
| 2.3.1. DS115..... | 13 |
| 2.3.2. DS180..... | 15 |
| 2.3.3. DS280..... | 17 |
| 2.3.4. DS430..... | 19 |
| 2.3.5. DS500..... | 21 |

| | |
|---|----|
| 2.4. GUÍA DE APLICACIÓN..... | 23 |
| 3. CASOS PRÁCTICOS..... | 25 |
| 3.1. CAPILLA MADRES CARMELITAS DESCALZAS (HONDARRIBIA)..... | 26 |
| 3.2. AUDITORIO EUSKALDUNA (BILBAO)..... | 28 |
| 3.3. FRONTÓN ATANO III (SAN SEBASTIÁN)..... | 30 |
| 4. CONCLUSIONES..... | 31 |
| 5..... | 32 |
| ANEXO – DATASHEET DE LOS ARRAYS..... | 33 |

1. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE REFUERZO SONORO.

1.1. INTRODUCCIÓN.

La presente guía pretende ser ilustrativa para aplicaciones de megafonía en recintos donde la inteligibilidad de la palabra y la claridad de la difusión musical es condición exigible, como bibliotecas e instalación de archivos, auditorios, museos, templos de culto religioso, centros educativos, centros administrativos, edificios públicos, etc. y dejando de lado la parte propiamente electrónica de generación, tratamiento y amplificación de las señales-fuente acústicas originales, trata de fijar la atención sobre los sistemas de difusores acústicos más adecuados para cada situación.

| | |
|--------------------------------|--|
| Descripción breve | |
| Duración | |
| Líder | |
| Participa | |
| Descripción | |
| Entregables Subproyecto | |

1.2. ALCANCE DEL TRABAJO.

Ninguna sugerencia es razonable sin el conocimiento adecuado de las condiciones estructurales del recinto, además de las circunstancias de uso regular o coyuntural para el que está o estará previsto. Por esa razón será preceptivo en principio un análisis sobre las condiciones volumétricas internas de cada espacio y las ubicaciones en él de la audiencia, así como de la procedencia de la fuente sonora y el posicionamiento de los difusores. Las condiciones geométricas del recinto así como los índices de absorción o reflexión de las superficies interiores condicionan la física de la propagación del sonido en él. Los resultados del análisis de los condicionantes de la difusión acústica reales o previstos que afectan o afectarían en los planos de audiencia pueden sintetizarse en los parámetros de tiempos de reverberación existentes o previstos en cada punto con estudio específico de todo espectro de frecuencias. Esos parámetros serán los máximos indicativos en los que basarse para determinar las actuaciones más convenientes. Como término indicativo, podríamos decir que con un tiempo de reverberación alrededor de 2 segundos en todo el espectro de frecuencias, cualquiera de los sistemas y materiales funcionarán mejor, pero superando los 3 o 4 segundos, sobre todo en las frecuencias bajas y medias, será imprescindible recurrir a tecnologías muy avanzadas de control de la directividad del sonido. Después de un análisis práctico en el espacio o teórico en un proyecto, procederá cuestionar si es posible el acondicionamiento acústico del espacio, tanto si se trata de un proyecto, como si de un recinto cuyas condiciones de difusión acústica no son las convenientes, o se tiene que proceder respetando unas condiciones determinadas o partir de las existentes o proyectadas por la imposibilidad de modificarlas por razones cualesquiera, como el respeto a la estética histórica o la relativamente desproporcionada inversión de las intervenciones necesarias.

1.3. RESUMEN DE TECNOLOGÍAS.

Dependiendo de las condiciones volumétricas y funcionales del espacio a considerar y tomando en cuenta las características de difusión resultantes cuyo cálculo se sintetiza en los parámetros de tiempos de reverberación, describiremos tres niveles de solución, pasando rápida y someramente sobre los ya muy conocidos y haciendo hincapié en los que las últimas investigaciones tecnológicas presentan como mejor y más efectiva para casi todas las situaciones, sobre todo las que suponen intervención en espacios no acondicionados.

Nos referimos siempre exclusivamente a la transducción acústica mediante los difusores adecuados para cada caso.

1.3.1. Sistemas de refuerzo sonoro tradicional.

Se basan en la multiplicidad de puntos de emisión alimentados por un mismo amplificador de potencia. Puede ser suficiente para pequeños espacios con separaciones entre sí y situados en cadena. En espacios que obligan a ubicaciones distantes de los difusores, resulta muy difícil evitar la interferencia de entre ellos que el oyente recibe como redundancias que enturbian la inteligibilidad de la palabra o la limpieza del sonido.

1.3.2. Array lineal de potencia.

Consiste la emisión desde puntos únicos por difusores colocados en línea (array) tratando de que no interfieran unos en otros y suministrando a cada uno la potencia proporcional a la distancia a la que debe "lanzar" la energía. La resultante de relación física entre difusores es inevitablemente una línea curva con el objeto de equilibrar los índices SPL (nivel de presión sonora) para espacios cercanos con respecto a los más lejanos. Estos sistemas están dando buenos resultados como equipos itinerantes en espacios abiertos y en algunos grandes auditorios cuando son bien ubicados y controlados pero conllevan el problema de su gran volumen, su peso, su forma etc.

que los hacen impresentables para la gran mayoría de los espacios más o menos cerrados.

1.3.3. Array de control digital de directividad.

Estos sistemas de la más moderna implantación se basan justamente en el conocimiento y control de la interferencia inevitable entre difusores contiguos situados en línea vertical, horizontal o en ambas. Es sabido que la fase de emisión de un difusor afecta en la potencia y la directividad del contiguo en el sentido de su colocación (vertical si su posición respectiva es vertical) y en proporción inversa a su distancia.

Eso, tan simplemente expresado porque no están a nuestro alcance todos los demás detalles, y que podrían expresarse en un algoritmo básico, permite influir sobre un "array" lineal vertical de difusores acústicos con objeto de conseguir un control de directividad vertical y un lanzamiento equilibrado de presión en sentido horizontal.

Sin embargo, el cálculo de parámetros a aplicar al sistema para tales objetivos en cuanto a las distancias entre difusores, las modificaciones de fase entre ellos y todos los demás detalles, resulta tan complejo, que muy pocas ingenierías dedicadas a la electroacústica han conseguido dar con los algoritmos definitivos fiables que ofrezcan garantías de comportamiento estrictamente obediente de las columnas acústicas resultantes ante las exigencias de aplicaciones en espacios de dimensiones importantes y sobre todo sin acondicionamiento acústico.

Si añadimos a esa dificultad de cálculos complejos la necesidad de configuración diferente en cada caso según el recinto a sonorizar, se hace evidente la necesidad de una aplicación de software de comunicación con el sistema capaz de convertir los códigos simples de órdenes dadas por un técnico en los correspondientes parámetros de aplicación del algoritmo que harán "funcionar" el sistema.

Algoritmos y software específicos son, evidentemente, patentados. El dominio sobre las materias bajo patentes pertenece exclusivamente a la empresa investigadora y fabricante Duran Audio, en este caso a cuyos productos nos vamos a referir, y las

licencias sobre las aplicaciones de software de simulación, configuración etc. son dadas a la red de empresas acreditadas para la implantación de los sistemas.

Para el desarrollo del presente trabajo, se ha contado con la colaboración oficial de Duran Audio en representación de una de sus filiales españolas.

1.3.3.1. Aplicaciones prácticas.

Vamos a soslayar voluntariamente las explicaciones referentes a la megafonía tradicional y la de array de potencia, que tienen un campo específico de aplicación y ya cuentan con profesionales idóneos, aunque también se observan instalaciones efectuadas sin demasiado cuidado, y vamos a referirnos a los sistemas de **array de control digital de directividad** que resuelven problemas importantes de difusión acústica sobre todo en aquellos recintos carentes de acondicionamiento, y no son muy divulgados a causa de la especificidad del conocimiento y el trabajo y que suponen, además de las intermediaciones a que obligan.

Se ha centrado el esfuerzo en la línea **Intellivox** de **Duran Audio** de cuya respuesta para las diversas situaciones y características de espacios comienza a existir ya cierta experiencia.

1.3.3.2. Características de las columnas.

Los productos utilizados en las simulaciones del presente trabajo, así como en las instalaciones de los ejemplos reales documentados, son columnas autoamplificadas de Control Digital de Directividad colocadas normalmente de manera frontal con respecto al auditorio con el siguiente cálculo básico:

El número de columnas es dependiente de la extensión del espacio y de los pilares o estructuras verticales de soporte intermediados.

La longitud de la o las columnas, derivada del número de transductores acústicos necesarios y su interdistancia, depende de la longitud de ese espacio, pudiendo llegar a abarcar espacios longitudinales de hasta 100 metros.

La altura de emplazamiento de columna o columnas se estudia según el plano o

E2.15 - Proyecto de solución acústica

planos de situación de la audiencia, respetando siempre la lógica de propagación que de modo natural debería poseer la experiencia acústica del recinto.

Dependiendo de la fuente de sonido (palabra, música o ambas) se decide sobre las características de los difusores que afectan en la relativa anchura de banda del espectro de emisión y consecuentemente anchura de las columnas, de forma que estén optimizadas para las características acústicas de la señal que se desea propagar, y no se introduzcan posibilidades adicionales de distorsionar la misma con componentes en frecuencias no deseadas.

En el caso de que la directividad deba ser controlada con mayor precisión en sentido horizontal tanto como vertical se dispone de un modelo de caja acústica en forma de disco que propicia ese control.

Como regla general, el sistema concentra la emisión en un único plano y evita la redundancia de puntos de emisión sonora a lo largo y ancho de los espacios.

1.3.3.3. *Software de simulación.*

Para el trabajo se ha utilizado un software de simulación específico patentado DDC que permite una previsión muy fiable de resultados a medir en los espacios de audiencia según medidas:

SPL (nivel de presión sonora) cuya uniformidad a partir de la proximidad de la columna hasta el punto más lejano de su emisión debe ser uniforme.

STI (índice de inteligibilidad) cuya media en los espacios de audiencia debe cumplir con los parámetros establecidos como buenos ($\geq 0,45$ STI).

Para estas previsiones, se parte de las condiciones acústicas estimadas según las características de absorción/reflexión de las superficies previstas, o según medidas efectuadas en el propio espacio. En este trabajo no se ha profundizado en las características absorbentes y/o reflexivas de los recintos de forma directa, pero sí de forma indirecta a través de la valoración de distintos tiempos de reverberación de hasta incluso 10 sg de duración, problemática totalmente inabordable por tecnología

E2.15 - Proyecto de solución acústica

de refuerzo sonoro tradicional.

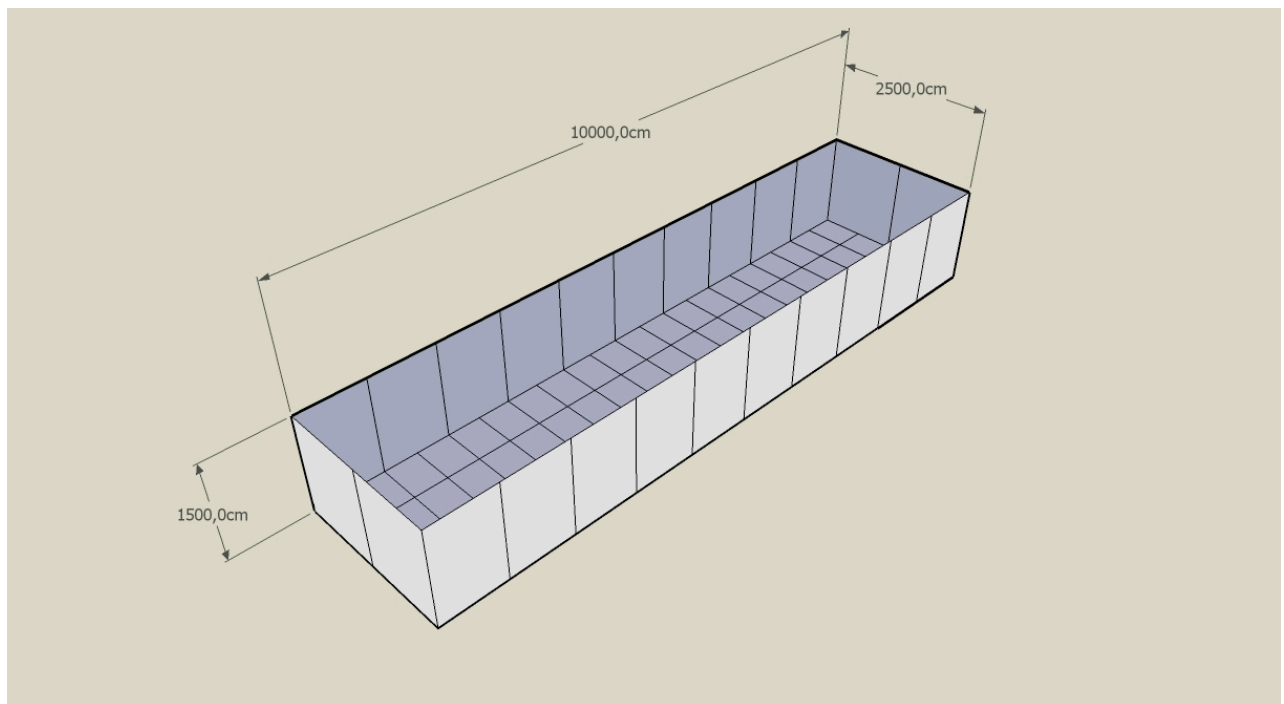
Un software específico también (WinControl) permite dialogar con las columnas para su configuración según los parámetros establecidos en las previsiones o las últimas circunstancias de situación acústica en el espacio real.

Una vez configurado el sistema para el espacio específico, la aplicación queda en manos del usuario sin más complicaciones que el encendido/apagado.

2. MODELIZACIONES POR COMPUTADOR.

2.1. Modelo de recinto.

Para los cálculos se ha utilizado un modelo de recinto paralelepípedo de **25 metros de ancho, 15 metros de alto y 100 metros de profundidad**, tal y como se muestra en la siguiente figura:



2.2. Tiempos de reverberación.

En un proceso acústico intervienen tres partes: el emisor, el medio y el receptor. El proceso de emisión y transmisión de un sonido a través de un recinto puede estudiarse, en modo simplificado, de manera similar a como lo hace la luz. Pueden aplicarse por lo tanto métodos geométricos al igual que en la óptica para comprender los fenómenos de propagación sonora en interiores.

Cuando se emite un sonido, la primera señal en llegar al receptor es el denominado sonido directo. Esta energía se considera que llega recorriendo el camino más corto entre emisor y receptor, la línea recta que los une.

Otros rayos sonoros son emitidos en todas direcciones desde donde está situado el

E2.15 - Proyecto de solución acústica

emisor, rebotando en las paredes del recinto y llegando estadísticamente al receptor. A estos rayos se les denomina reflexiones, y son las que producen el efecto de eco. Si el recinto no es muy grande, el proceso de rebote y llegada al receptor suele suceder muy rápido, de modo que el cerebro no interpreta que se trata de señales distintas, formando todas esas reflexiones lo que se denomina campo reverberante.

Cuanto más reflectantes sean los materiales del recinto, más capacidad tiene el mismo de contener la energía acústica en su interior, haciendo que los rayos sonoros reboten constantemente entre las paredes.

El tiempo de reverberación mide el tiempo que tarda en extinguirse una determinada cantidad de energía acústica en un recinto a partir de su excitación a un impulso sonoro. Un tiempo de reverberación mayor implica que las reflexiones sonoras sobreviven más tiempo, de forma que cuanto mayor sea este tiempo, más afectará a la inteligibilidad de la palabra, ya que mensajes de instantes anteriores se mezclan con los futuros haciendo que se pierda dicha inteligibilidad.

Este trabajo ha sido desarrollado para lograr resultados eficaces en recintos con tiempos de reverberación elevados, muy característicos de edificios con revestimientos de propiedades reflectantes, como catedrales, iglesias, museos antiguos, etc. El modelo se ha revestido de forma homogénea, con materiales reflectantes editados para lograr tiempos de reverberación referencia de 4 sg, 7 sg y 10 sg.

Los componentes en frecuencia de los tiempos estudiados han sido:

Tiempo de reverberación A = 4 sg

| f | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|------|------|------|------|------|------|----|------|
| RT60 | 4,36 | 3,96 | 4,28 | 4,04 | 3,78 | 3 | 1,81 |

Tiempo de reverberación B = 7 sg

E2.15 - Proyecto de solución acústica

| f | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| RT60 | 4,67 | 5,31 | 6,17 | 7,12 | 6,35 | 3,83 | 1,93 |

Tiempo de reverberación C = 10 sq

| f | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|------|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|
| RT60 | 6,3 | 8,2 | 9,1 | 10 | 9,3 | 6,7 | 4,8 |

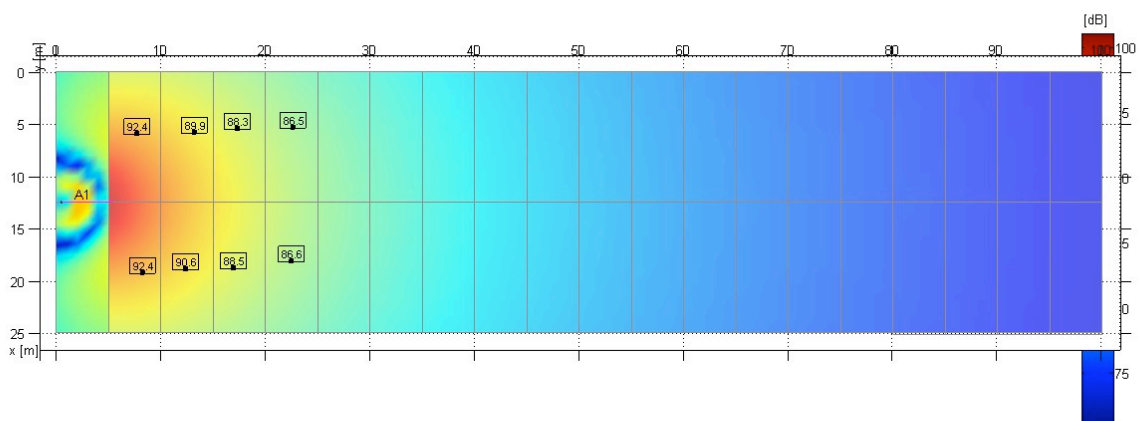
2.3. Resultados obtenidos.

2.3.1. DS115.

A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos para este producto.

Nivel de Presión Sonora - SP

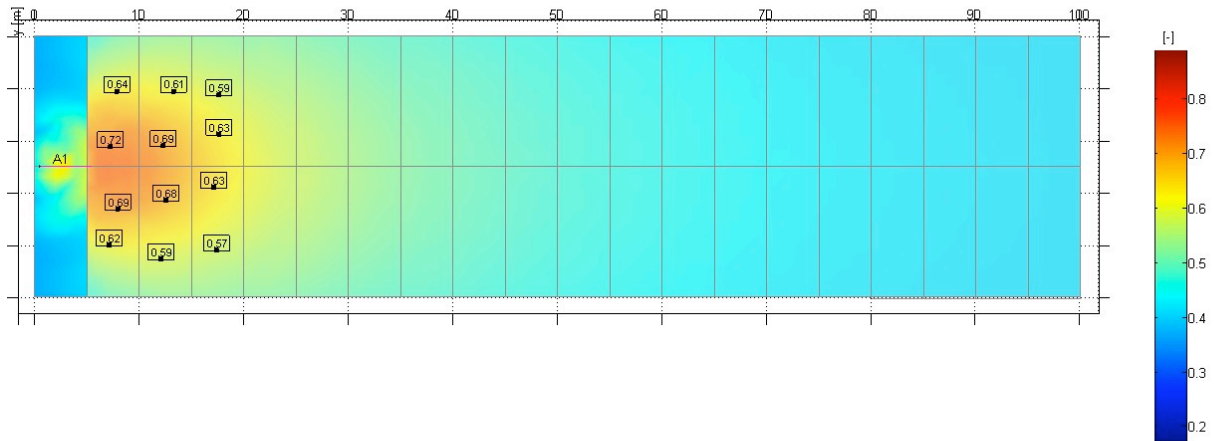
Group A: Direct SPL (1000 Hz, 1/3-octave)



Índice de Inteligibilidad - STI para Tiempo de Reverberación A = 4 sq

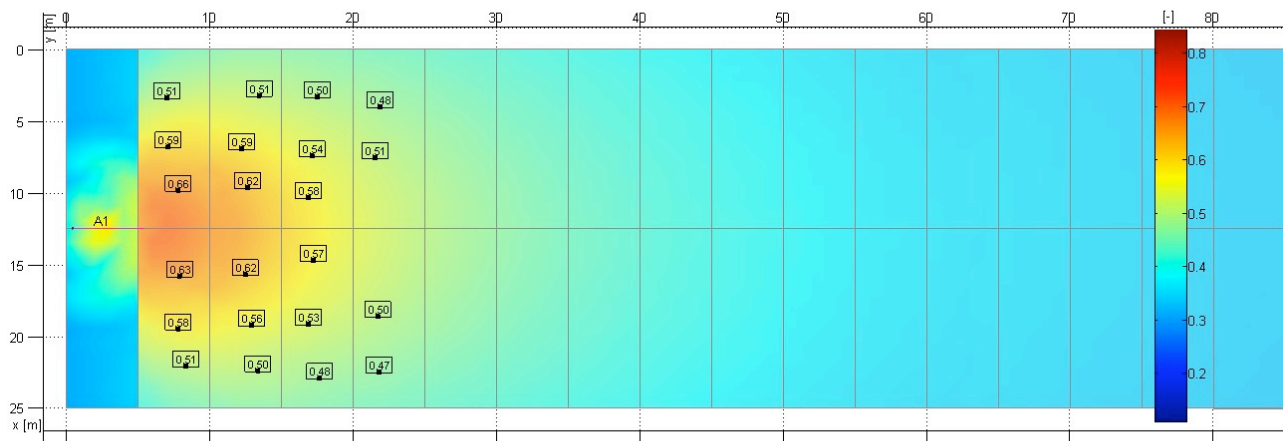
E2.15 - Proyecto de solución acústica

Group A: STI (Male speech, IEC 60268-16:2003)



Índice de Inteligibilidad - STI para Tiempo de Reverberación B = 7 sq

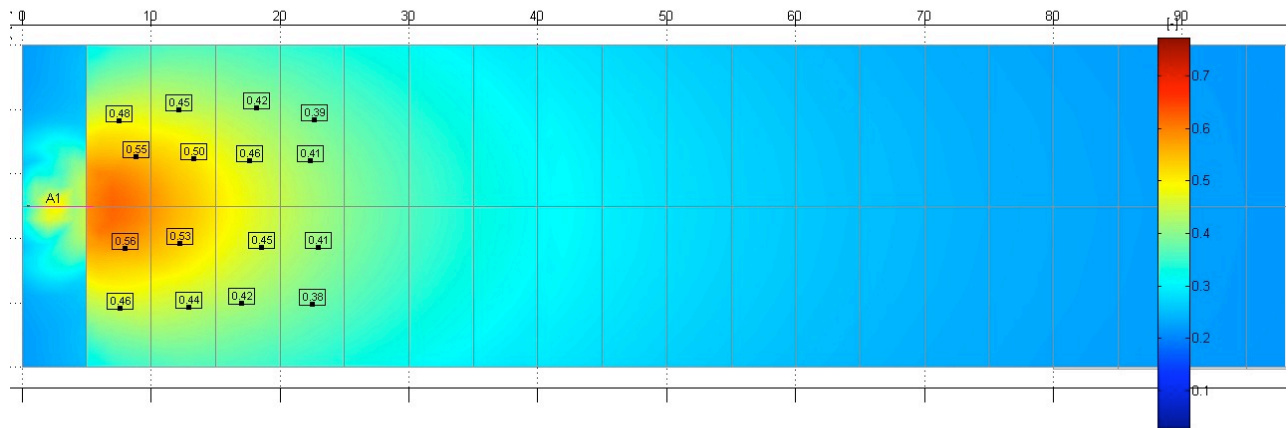
Group A: STI (Male speech, IEC 60268-16:2003)



Índice de Inteligibilidad - STI para Tiempo de Reverberación C = 10 sq

E2.15 - Proyecto de solución acústica

Group A: STI (Male speech, IEC 60268-16:2003)

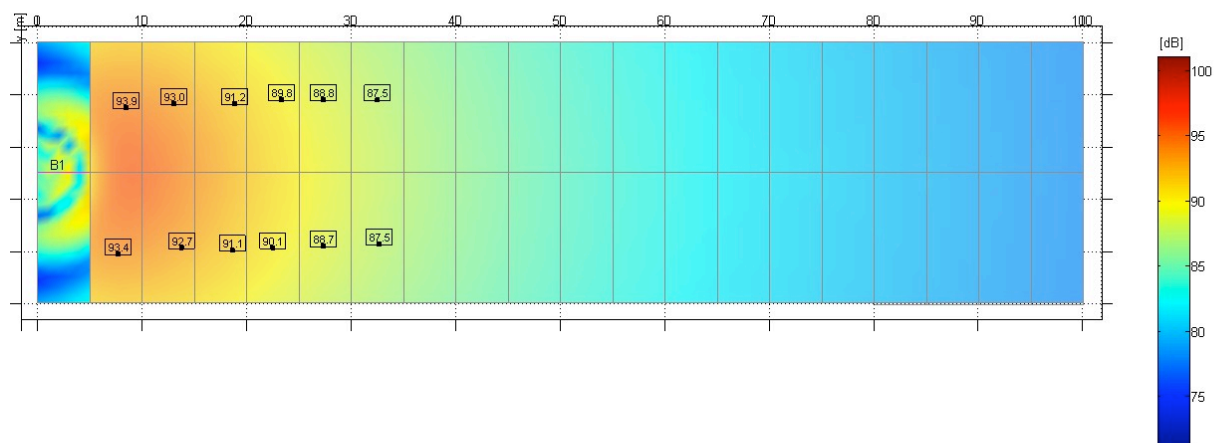


2.3.2. DS180

A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos para este producto.

Nivel de Presión Sonora - SP

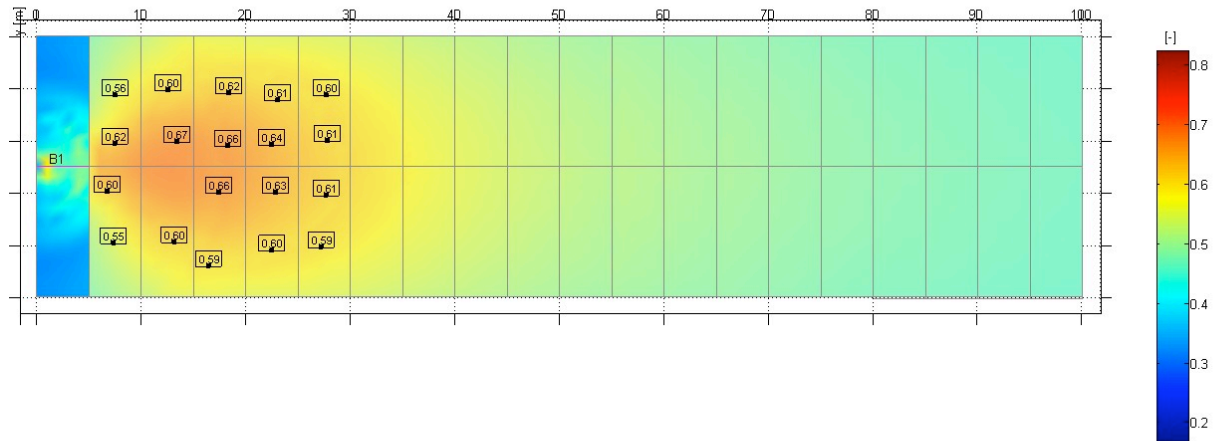
Group B: Direct SPL (1000 Hz, 1/3-octave)



Índice de Inteligibilidad - STI para Tiempo de Reverberación A = 4 sg

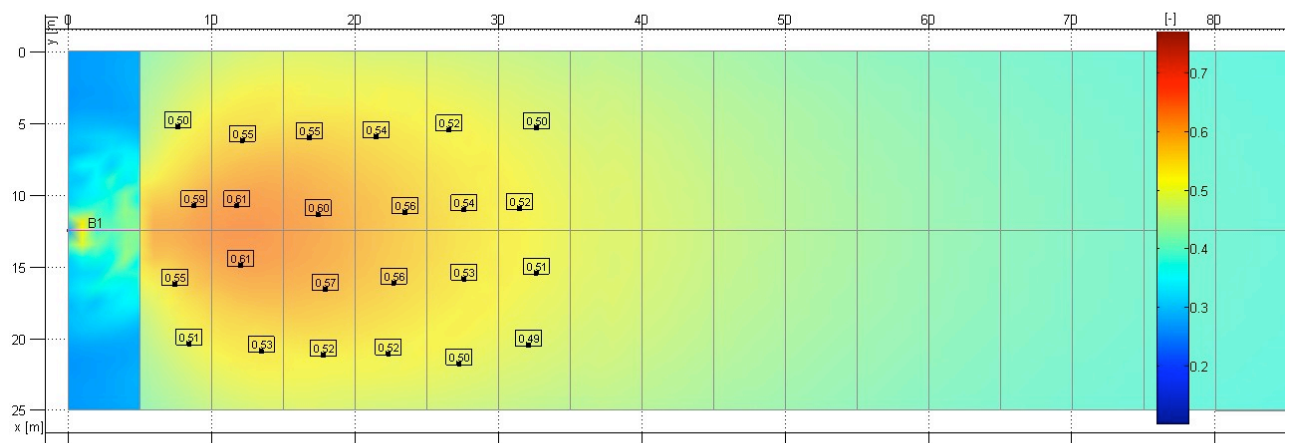
E2.15 - Proyecto de solución acústica

Group B: STI (Male speech, IEC 60268-16:2003)



Índice de Inteligibilidad - STI para Tiempo de Reverberación B = 7 sq

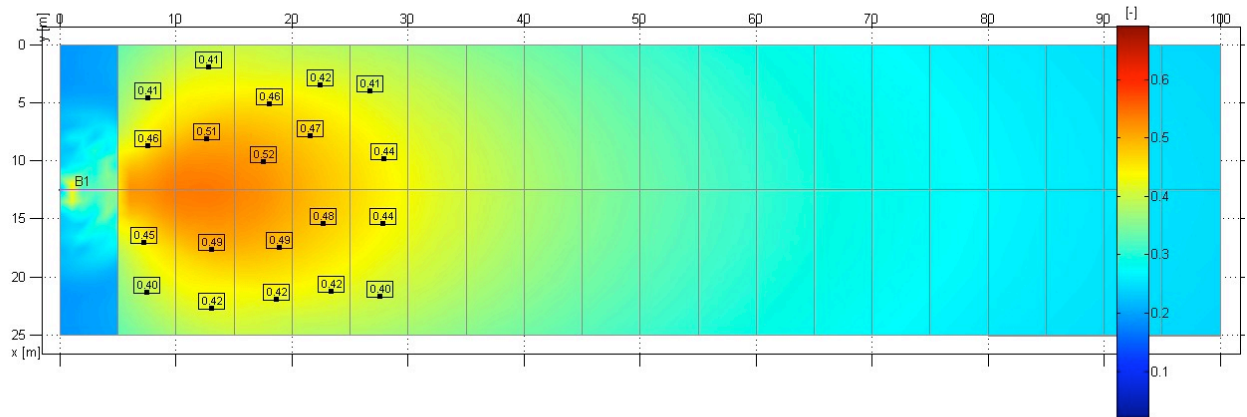
Group B: STI (Male speech, IEC 60268-16:2003)



Índice de Inteligibilidad - STI para Tiempo de Reverberación C = 10 sq

E2.15 - Proyecto de solución acústica

Group B: STI (Male speech, IEC 60268-16:2003)

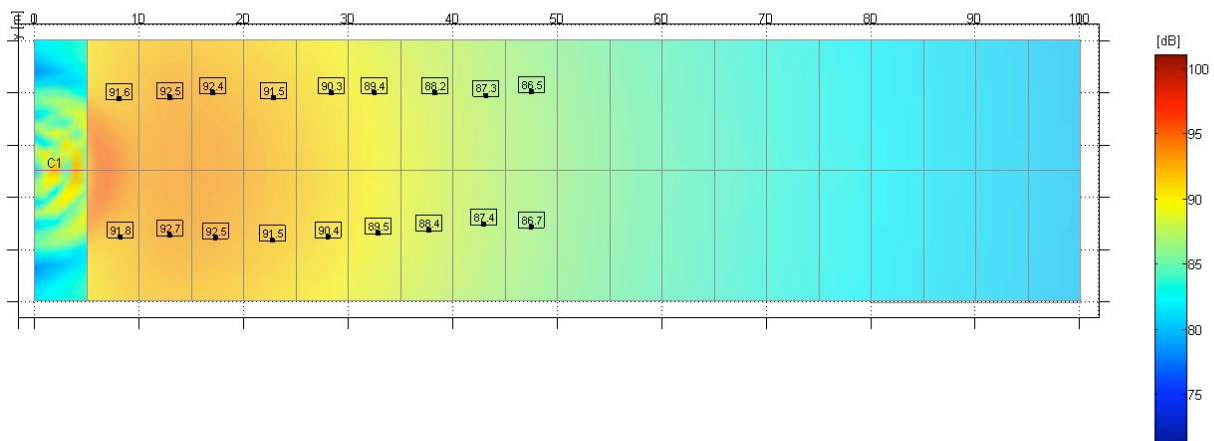


2.3.3. DS280

A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos para este producto.

Nivel de Presión Sonora - SP

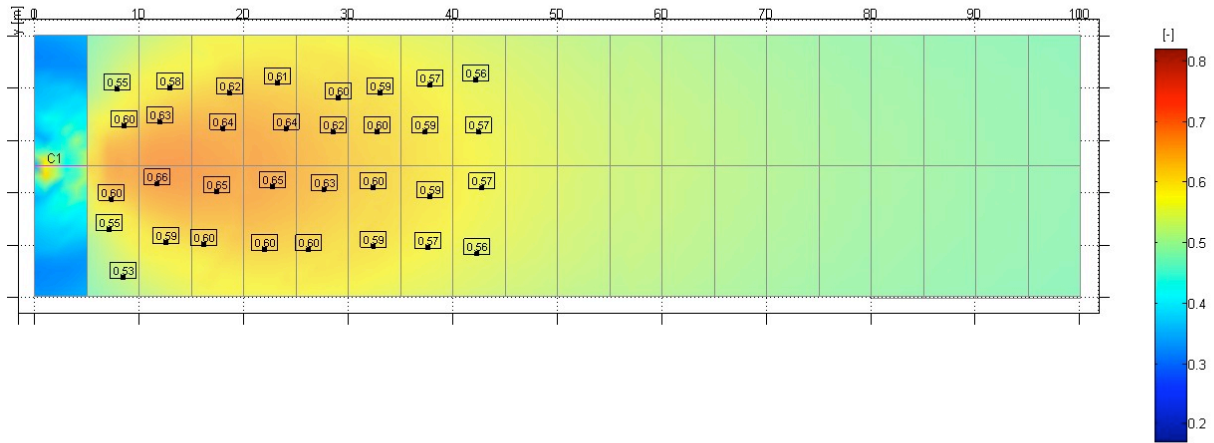
Group C: Direct SPL (1000 Hz, 1/3-octave)



Índice de Inteligibilidad - STI para Tiempo de Reverberación A = 4 sg

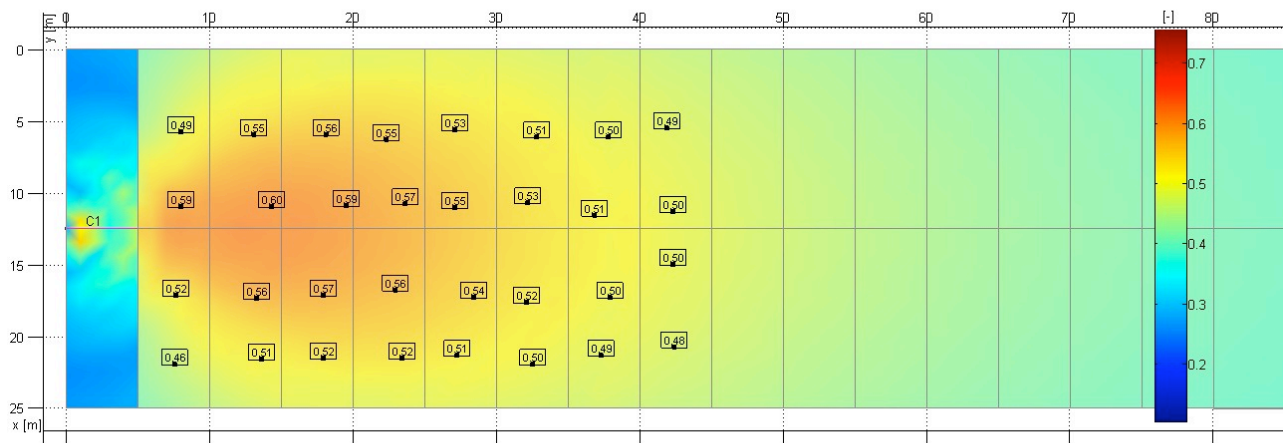
E2.15 - Proyecto de solución acústica

Group C: STI (Male speech, IEC 60268-16:2003)



Índice de Inteligibilidad - STI para Tiempo de Reverberación B = 7 sg

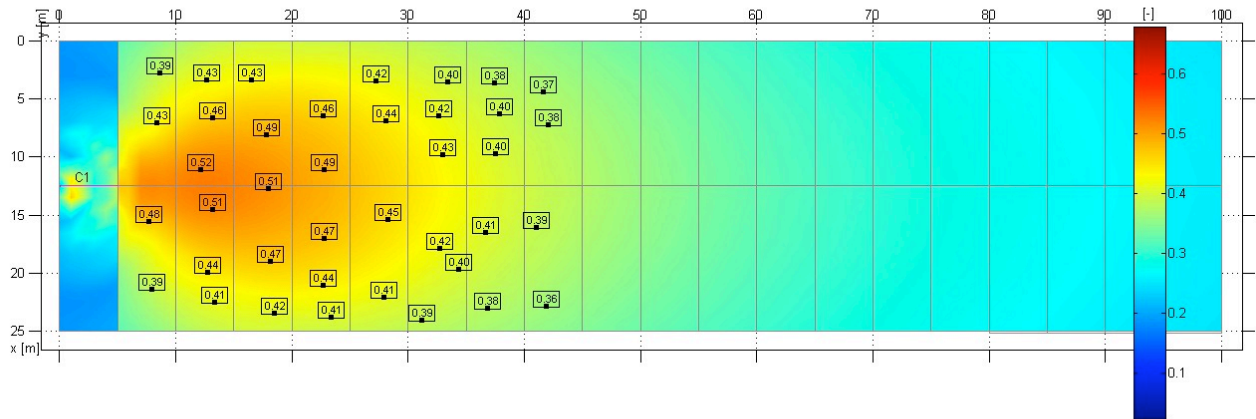
Group C: STI (Male speech, IEC 60268-16:2003)



Índice de Inteligibilidad - STI para Tiempo de Reverberación C = 10 sg

E2.15 - Proyecto de solución acústica

Group C: STI (Male speech, IEC 60268-16:2003)

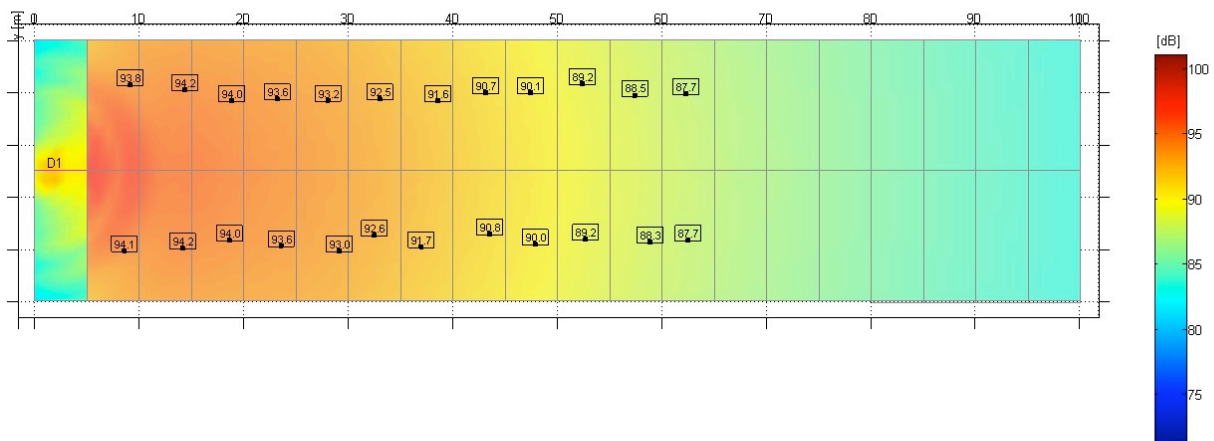


2.3.4. DS430

A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos para este producto.

Nivel de Presión Sonora - SP

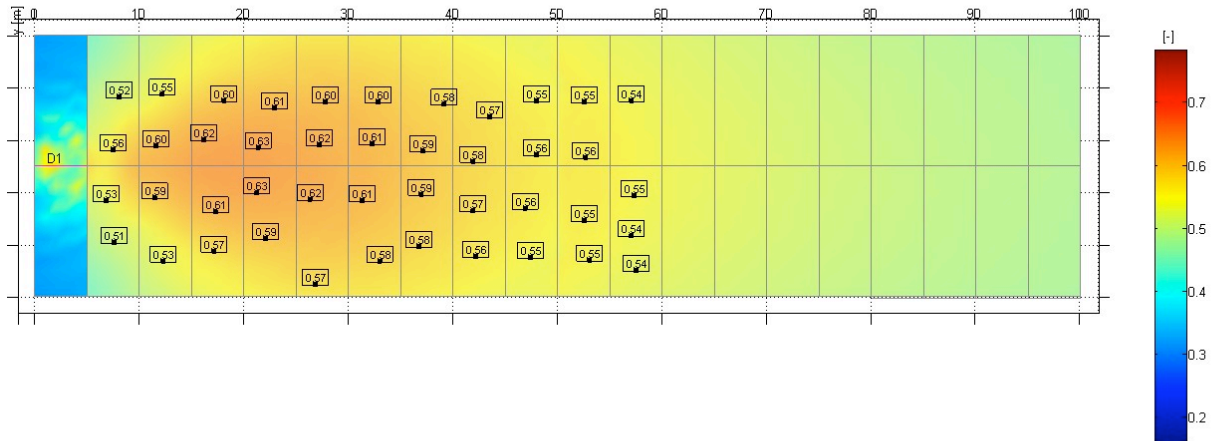
Group D: Direct SPL (1000 Hz, 1/3-octave)



Índice de Inteligibilidad - STI para Tiempo de Reverberación A = 4 sg

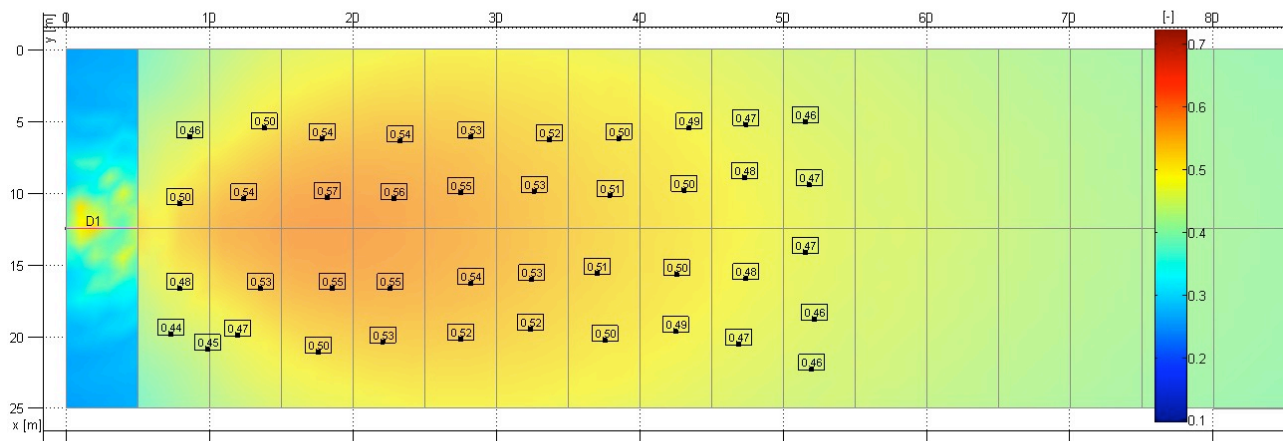
E2.15 - Proyecto de solución acústica

Group D: STI (Male speech, IEC 60268-16:2003)



Índice de Inteligibilidad - STI para Tiempo de Reverberación B = 7 sg

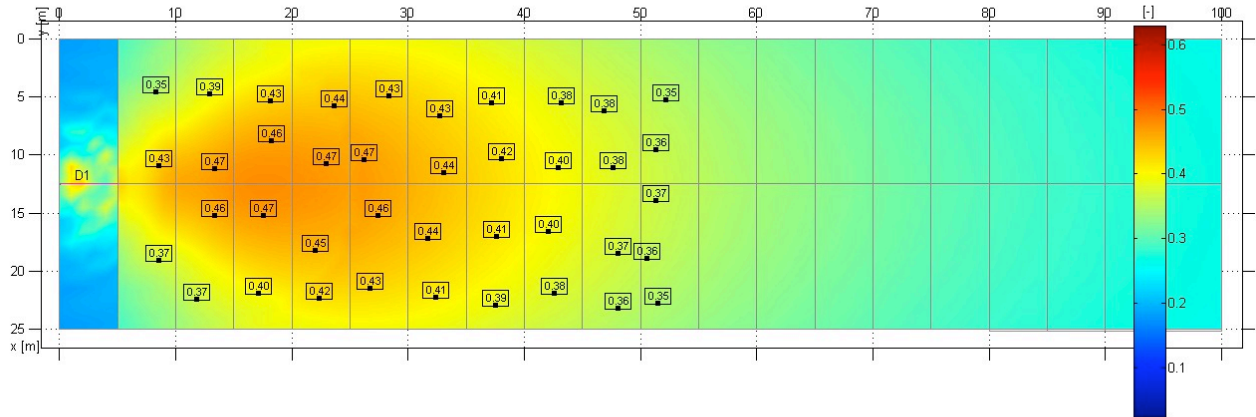
Group D: STI (Male speech, IEC 60268-16:2003)



Índice de Inteligibilidad - STI para Tiempo de Reverberación C = 10 sg

E2.15 - Proyecto de solución acústica

Group D: STI (Male speech, IEC 60268-16:2003)

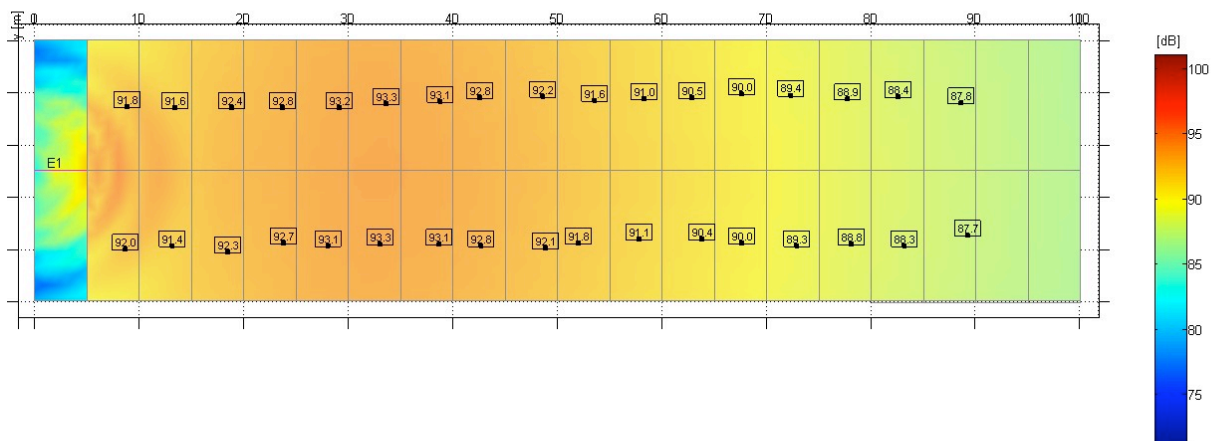


2.3.5. DS500

A continuación se muestran los resultados gráficos obtenidos para este producto.

Nivel de Presión Sonora - SP

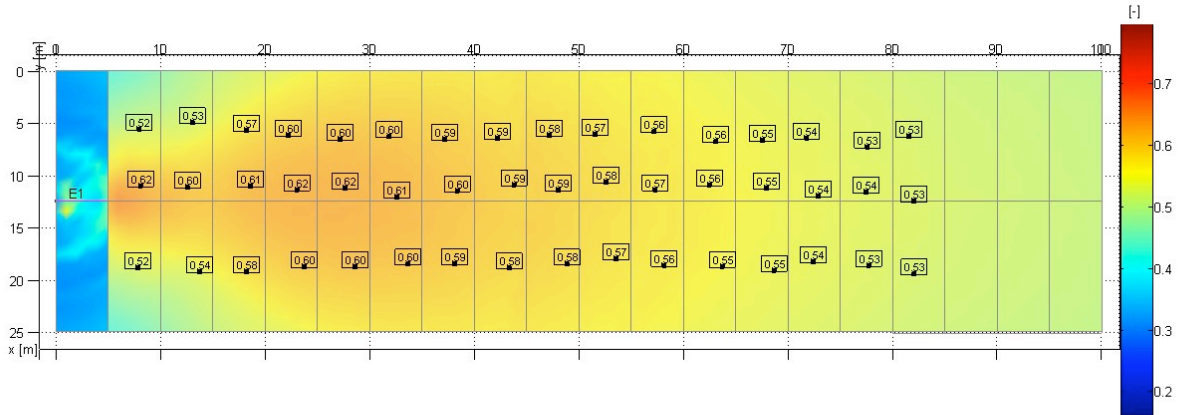
Group E: Direct SPL (1000 Hz, 1/3-octave)



Índice de Inteligibilidad - STI para Tiempo de Reverberación A = 4 sg

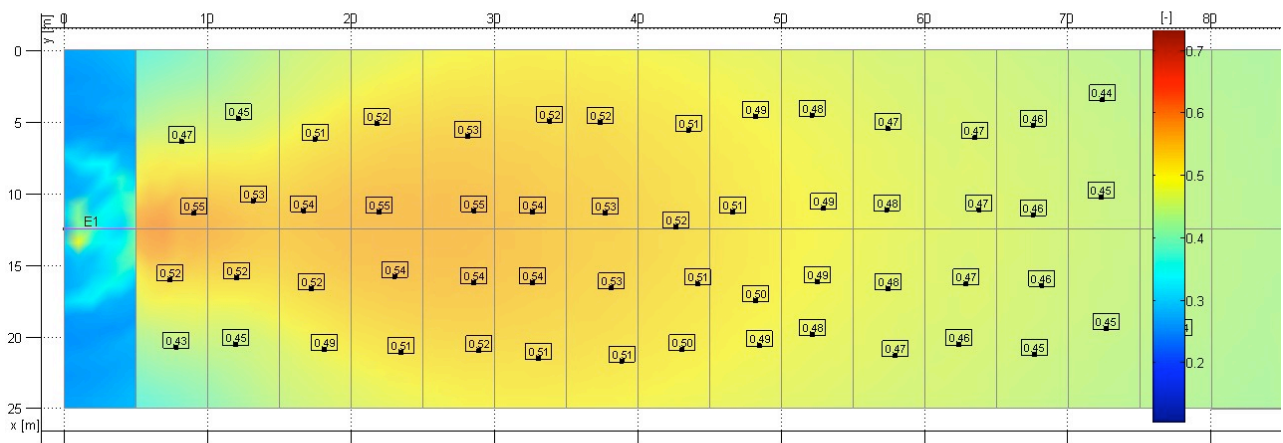
E2.15 - Proyecto de solución acústica

Group E: STI (Male speech, IEC 60268-16:2003)



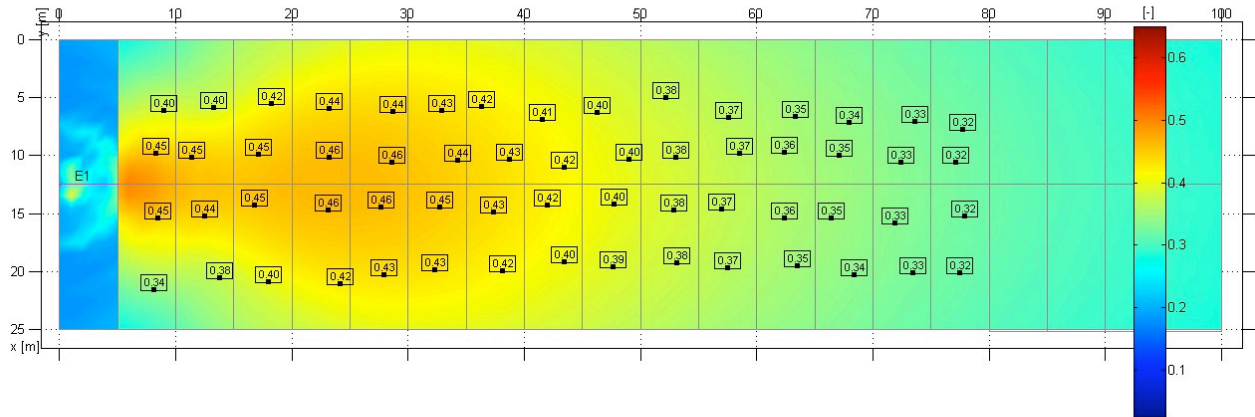
Índice de Inteligibilidad - STI para Tiempo de Reverberación B = 7 sg

Group E: STI (Male speech, IEC 60268-16:2003)



Índice de Inteligibilidad - STI para Tiempo de Reverberación C = 10 sg

Group E: STI (Male speech, IEC 60268-16:2003)



2.4. Guía de aplicación.

De cara a hacer la guía lo más práctica posible, se han seleccionado dos criterios de catalogación básicos por la influencia en la problemática que con esta tecnología se desea solventar: las dimensiones de los espacios y el tiempo de reverberación.

Se han definido varios espacios pensando en que puedan ser utilizados de forma modular, siendo posible aplicarlos combinados para lograr soluciones que se ajusten a geometrías de mayor complejidad, como una catedral de varias estancias interconectadas por ejemplo.

Asimismo, todo el trabajo se ha desarrollado bajo el criterio de calidad de lograr en el peor punto de cada espacio, un índice de inteligibilidad STI de al menos 0,45, umbral mínimo de lo considerado suficiente, tal y como indica la siguiente tabla:

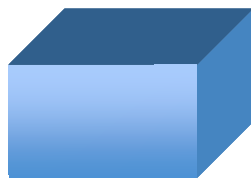
| Calidad | Mala | Pobre | Suficiente | Buena | Excelente |
|---------|---------|------------|------------|------------|-----------|
| STI | 0 - 0,3 | 0,3 - 0,45 | 0,45 - 0,6 | 0,6 - 0,75 | 0,75 - 1 |

E2.15 - Proyecto de solución acústica

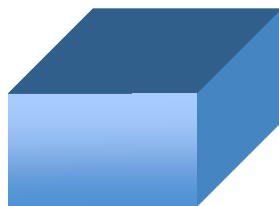
Tras el estudio realizado, se ha observado que los line arrays de control digital de directividad son bastante insensibles a las reflexiones generadas en el recinto, debido a que la tecnología que utilizan permite proyectar la mayor parte de la energía acústica a través del sonido directo de los transductores. El resultado permite lograr cambios mínimos en el nivel de presión sonora, con instalaciones mínimas en el recinto y de invasividad casi inexistente en comparación a cualquier técnica de megafonía tradicional o refuerzo sonoro.

La conclusión directa de esto es que la instalación se convierte en lo suficientemente independiente de las características mecánicas del recinto como para poder diseñar de forma modular, al igual que si de un puzzle se tratara.

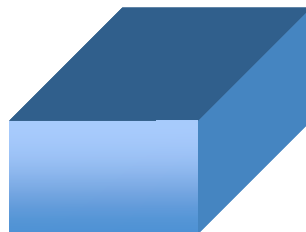
Basándose en los resultados obtenidos de las simulaciones, se ha realizado una modularización de espacios que permitan adaptarse a geometrías complejas y ayuden al diseñador a conseguir una solución eficiente de manera rápida.



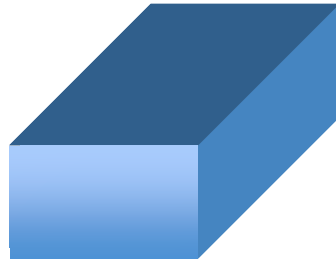
Profundidad: 20 m.



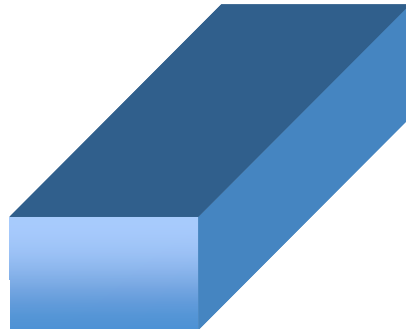
Profundidad: 30 m.



Profundidad: 40 m.



Profundidad: 50 m.



Profundidad: 75 m.

Con todo ello, la tabla de soluciones a aplicar sería la siguiente:

| Módulo | STI mínimo <i>TR60 = 4 sg</i> | STI mínimo <i>TR60 = 7 sg</i> | STI mínimo <i>TR60 = 10 sg</i> | Modelo Óptimo |
|--------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------|
| 20 m | 0,57 | 0,48 | 0,42 | DS115 |
| 30 m | 0,59 | 0,50 | 0,40 | DS180 |
| 40 m | 0,57 | 0,49 | 0,39 | DS280 |
| 50 m | 0,55 | 0,47 | 0,36 | DS430 |
| 75 m | 0,54 | 0,44 | 0,33 | DS500 |

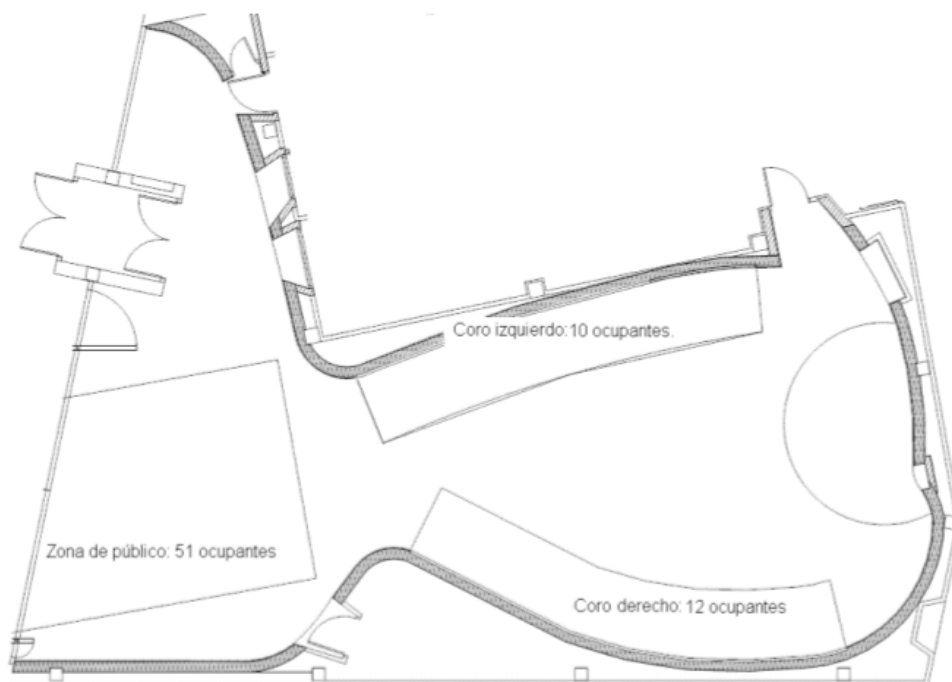
3. CASOS PRÁCTICOS.

E2.15 - Proyecto de solución acústica

En este apartado se incluyen tres ejemplos reales dimensionados acústicamente utilizando la tecnología presentada en este trabajo.

3.1. Capilla Madres Carmelitas Descalzas (Hondarribia).

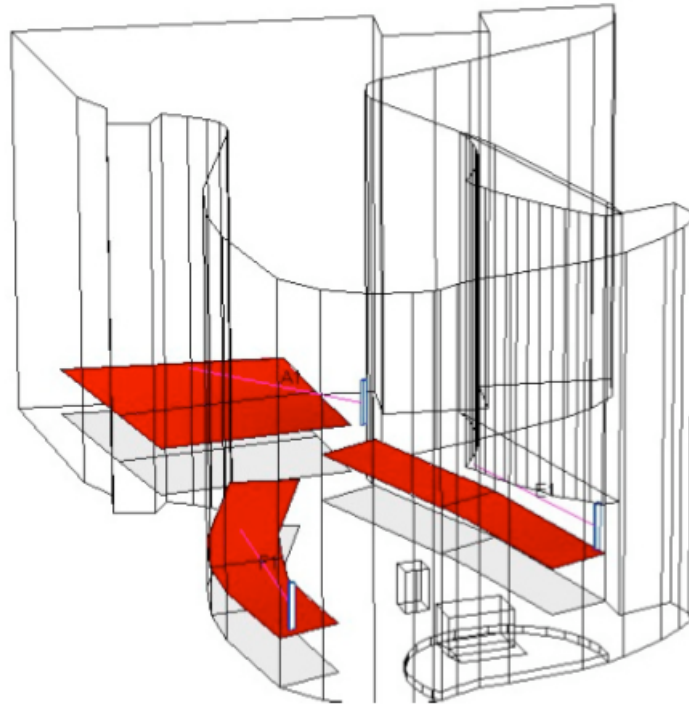
Se trata de un recinto moderno, con formas circulares como se muestra en el siguiente plano:



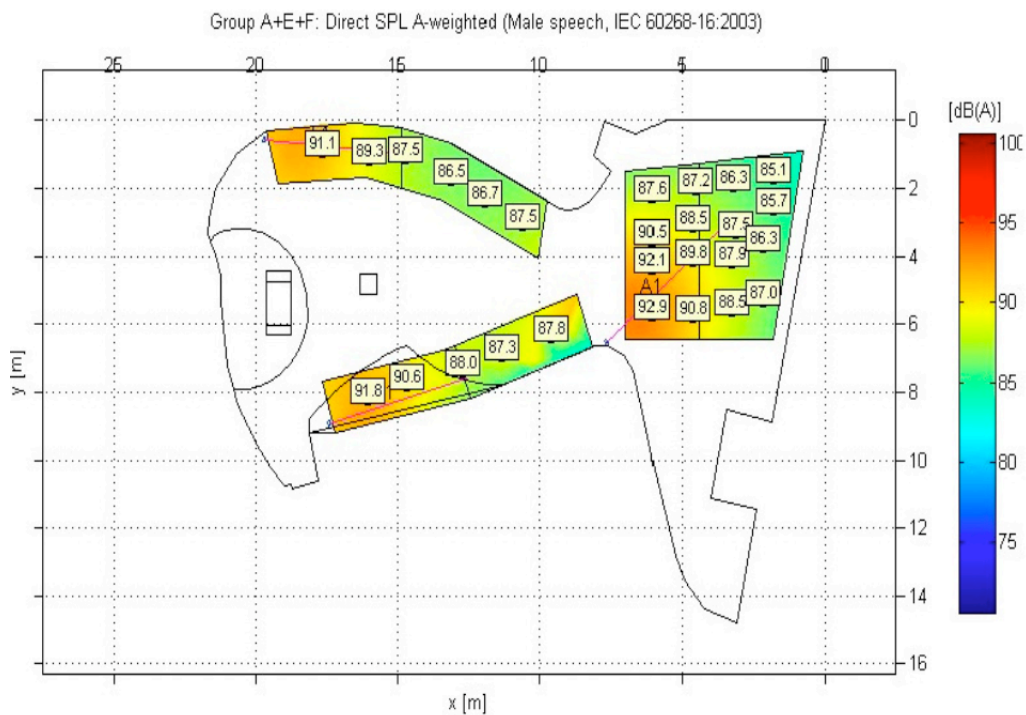
Cuenta con suelo de mármol, paredes y techo de cemento pintado y diversos elementos en madera. Posee dos coros laterales y la zona de ocupantes se encuentra a cierta distancia del altar. El tiempo de reverberación del recinto supera los 4 segundos.

Inicialmente el local contaba con 8 columnas de megafonía tradicional, amplificador, reproductor de CD y mezclador de 6 canales conectado a 3 micrófonos.

Debido a la existencia de micrófonos entre las dos zonas corales, para evitar fenómenos de realimentación (acople), se decide instalar un total de 3 DC115, tratando de cubrir de este modo las dos zonas corales y el plano de audiencia.



A continuación se muestran los datos de distribución de energía sonora obtenidos en la simulación:



La siguiente tabla muestra las medidas del STI realizadas en 16 puntos del recinto,

E2.15 - Proyecto de solución acústica

antes y después de la instalación de los line arrays:

| | ANTES | DESPUÉS |
|-----|-------|---------|
| P1 | 0,36 | 0,52 |
| P2 | 0,35 | 0,47 |
| P3 | 0,34 | 0,51 |
| P4 | 0,41 | 0,47 |
| P5 | 0,3 | 0,53 |
| P6 | 0,32 | 0,46 |
| P7 | 0,38 | 0,46 |
| P8 | 0,43 | 0,51 |
| P9 | 0,44 | 0,54 |
| P10 | 0,44 | 0,48 |
| P11 | 0,46 | 0,46 |
| P12 | 0,45 | 0,47 |
| P13 | 0,46 | 0,51 |
| P14 | 0,45 | 0,5 |
| P15 | 0,45 | 0,53 |
| P16 | 0,48 | 0,5 |

3.2. Auditorio Euskalduna (Bilbao).

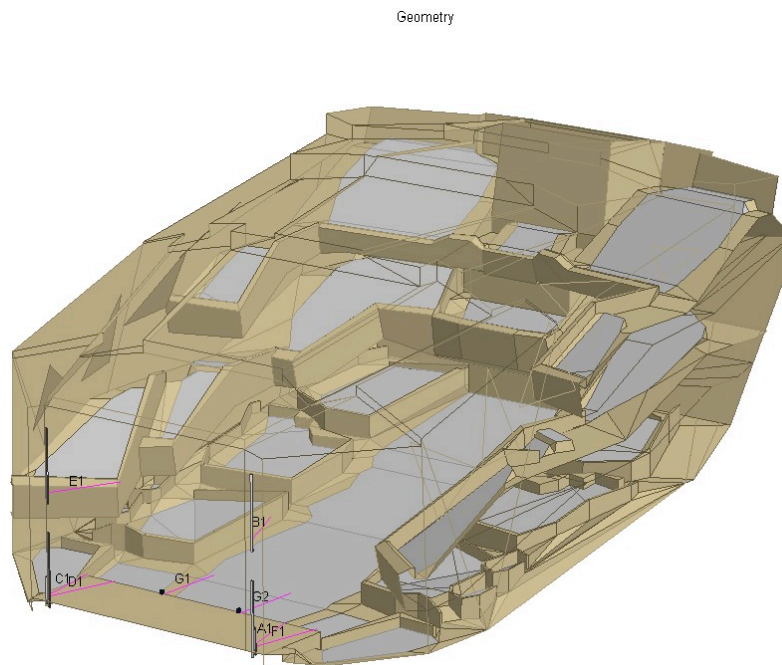
El palacio Euskalduna es un auditorio moderno polivalente, que se utiliza tanto para aplicaciones de música como palabra. El recinto cuenta con una buena respuesta al sonido natural, que le dota de buena acústica para aplicaciones musicales de no excesiva amplificación; sin embargo esto le hace incompatible para otro tipo de aplicaciones típicas de auditorios modernos. Debido a su peculiar forma y tamaño, un refuerzo sonoro multipunto resulta inviable. El objetivo en este recinto es lograr una versatilidad suficiente en las aplicaciones para las que ha sido diseñado, refuerzo

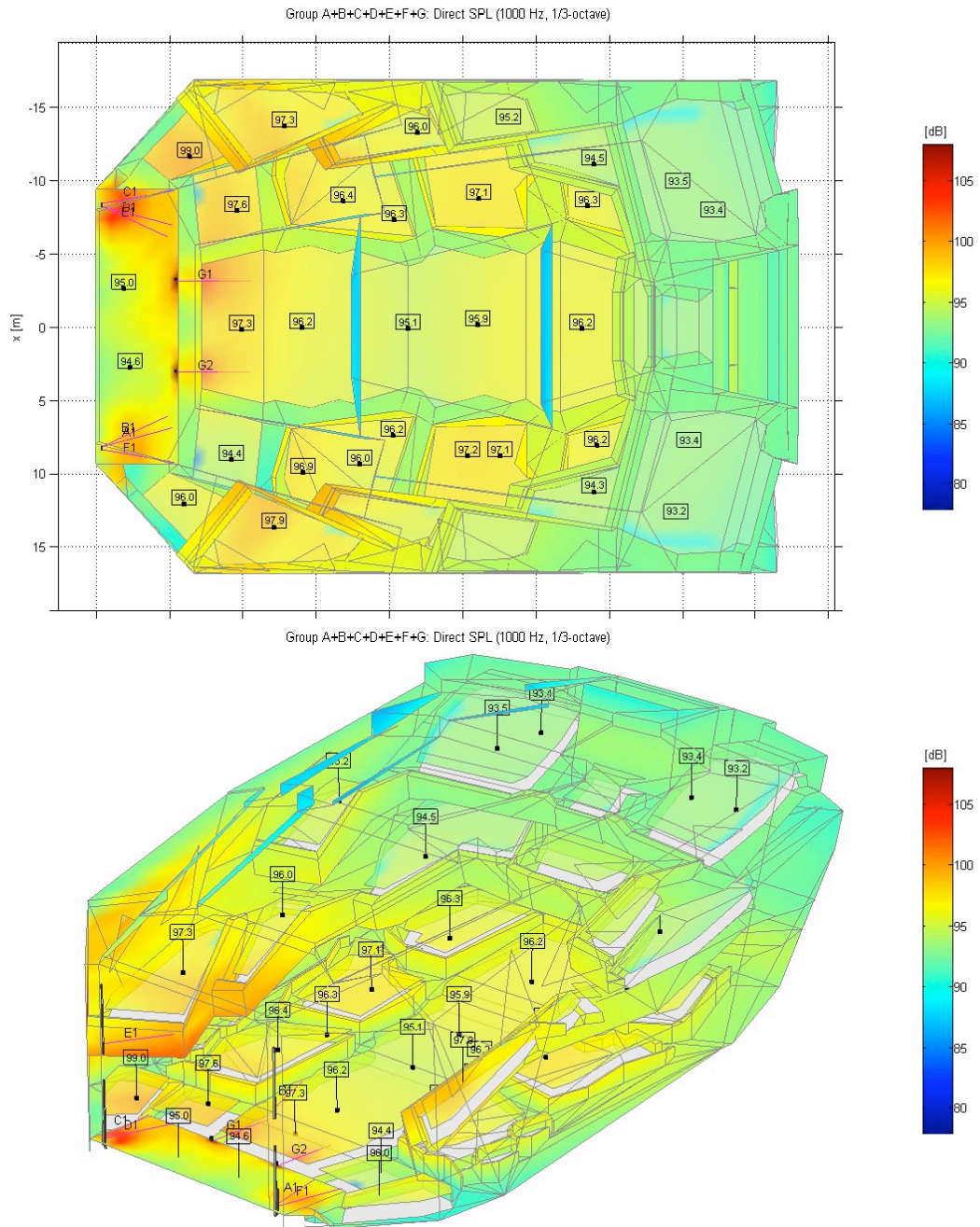
E2.15 - Proyecto de solución acústica

musical e inteligibilidad de palabra.

Para la resolución del sistema, se utilizarían **2 módulos de 75 m** (DS500) para cubrir los planos de audiencia de distancia más larga; y **2 módulos de 30 m** (DS180) para cubrir los planos de audiencia más cercanos. Como se puede observar, el diseño es simétrico y modular tal y como se ha comentado.

A continuación se muestran los resultados SPL obtenidos con esta técnica. La distribución de energía, teniendo en cuenta las características del recinto, es extraordinariamente uniforme.



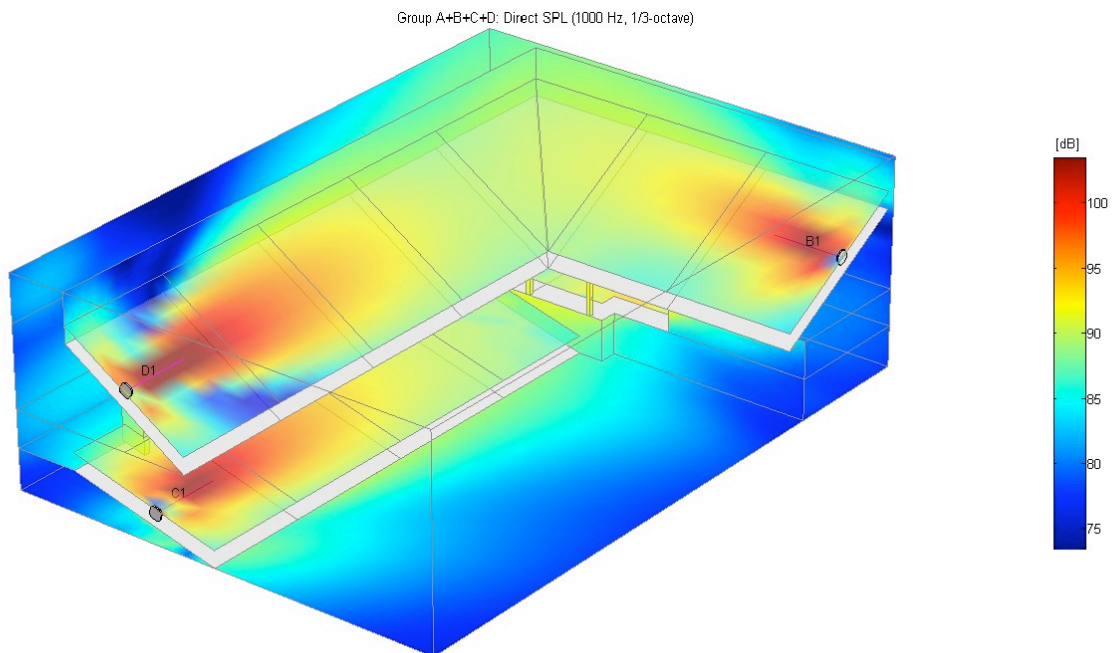


3.3. Frontón Atano III (San Sebastián).

En este caso se trata de un frontón de pelota con un tiempo de reverberación de 6,5 sg y una gran complejidad a nivel reflexivo. Su uso se reduce prácticamente a la práctica de este deporte, siendo incluso durante el mismo molesto el uso de palabra amplificada debido a la acústica compleja del recinto. Por ello el objetivo en este caso es lograr claridad de palabra en los planos de audiencia.

E2.15 - Proyecto de solución acústica

Para sonorizar los planos de audiencia con una mínima invasividad, la solución pasaría por **3 módulos de 20 m (DS115)**, que permiten lograr un índice de inteligibilidad superior a 0,48 para el citado tiempo de reverberación.



4. CONCLUSIONES.

La mayoría de edificios patrimoniales cuentan con condiciones acústicas desfavorables, debido esencialmente al uso de materiales con coeficientes de absorción bajos, como piedras, mármoles, madera, etc.

A esto debe unírsele la sensibilidad de los recintos a la invasividad, que impiden en la gran mayoría de los casos que puedan adoptarse medidas de modificación mecánica de los recintos, como añadir revestimientos absorbentes, fijos o móviles.

Incluso en aquellos casos en los que medidas de este tipo sean posibles, la utilización de señal acústica amplificada, bien en forma de palabra o de música, exige por las características complejas de los recintos, un control sobre las variables acústicas de la misma mucho más intensivo que lo que el refuerzo sonoro permite.

Especialmente en el uso de la palabra es donde la tecnología de control digital de

E2.15 - Proyecto de solución acústica

directividad muestra sus mayores virtudes, logrando mejoras sustanciales respecto a los sistemas tradicionales. Se considera de gran interés por lo tanto esta tecnología para la aplicación presentada, donde cada vez más este tipo de recintos ofertan servicios versátiles que combinan señales acústicas de diferente naturaleza, así como la necesidad de contar con señalética acústica de emergencia que debe garantizarse sea correctamente escuchada y comprendida.

ANEXO – Datasheet de los arrays