

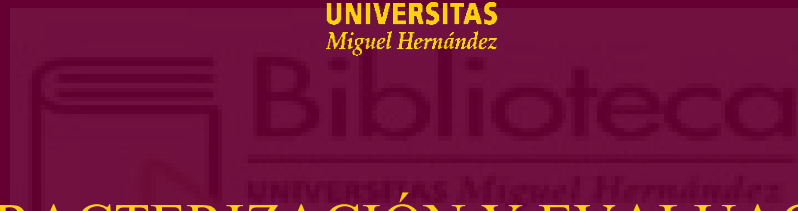
UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA



UNIVERSITAS  
Miguel Hernández



"CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN  
ACÚSTICA DEL IMPACTO DE FOCOS  
SONOROS EN ENTORNOS DE TRABAJO  
UNIVERSITARIOS"

TRABAJO FIN DE GRADO

Febrero -2026

AUTOR: Iván Herrero Satorre

DIRECTORES: Nuria Campillo Davó  
Ramón Peral Orts



## ÍNDICE:

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1. ANTECEDENTES	2
1.2. ESTADO DEL ARTE	10
1.3. NORMATIVA APLICABLE	12
1.4. ÍNDICES ACÚSTICOS	15
1.4.1 TIEMPO DE REVERBERACIÓN, T20	15
1.4.2 TIEMPO DE REVERBERACIÓN, T30	15
1.4.3 EARLY DECAY TIME, EDT	15
1.4.4 ÁREA DE ABSORCIÓN ACÚSTICA EQUIVALENTE, A	15
1.4.5 DIFERENCIA DE NIVELES ENTRE RECINTOS, D	15
1.4.6 DIFERENCIA DE NIVELES NORMALIZADA, D <sub>n</sub>	15
1.4.7 DIFERENCIA DE NIVELES ESTANDARIZADA, D <sub>nT</sub>	16
1.4.8 DIFERENCIA DE NIVELES ESTANDARIZADA EN FACHADAS EN CONTACTO CON EL AIRE EXTERIOR, D <sub>2m,nT</sub>	16
1.4.9 ÍNDICE DE REDUCCIÓN ACÚSTICA, R	16
1.4.10 ÍNDICE DE REDUCCIÓN ACÚSTICA, R45°	16
1.4.11 ÍNDICE DE RUIDO DIA, L <sub>d</sub>	16
1.4.12 ESPECTRO SONORO Y TERMINOS DE ADAPTACIÓN ESPECTRAL	16
1.5. VALORES LÍMITE ESTABLECIDOS POR EL DBHR	17
1.5.1 VALORES LÍMITE DE AISLAMIENTO	18
1.5.2 VALORES LÍMITE DE REVERBERACIÓN	20
1.5.3 VALORES LIMITE PARA EL CONFORT ACÚSTICO	20
1.6. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO	22
<b>2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL</b>	<b>24</b>
2.1. CRITERIOS NORMATIVOS APLICADOS A LAS MEDICIONES	24
2.1.1 NORMATIVA APLICADA EN LAS MEDICIONES IN SITU ENTRE RECINTOS INTERIORES PARA LA DETERMINACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO	25
2.1.2 NORMATIVA APLICADA EN LAS MEDICIONES IN SITU ENTRE EL EXTERIOR Y RECINTOS INTERIORES PARA LA DETERMINACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO	27
2.1.3 NORMATIVA APLICADA PARA LAS MEDICIONES IN SITU DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN	28
2.1.4 CÁLCULOS SEGÚN NORMATIVA	30
2.1.5 CÁLCULOS PARA EL ANÁLISIS DEL RUIDO DE LA MAQUINARIA	37
2.2. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN	38
2.3. DESCRIPCIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN	40
2.3.1 FUENTE SONORA	40
2.3.2 AMPLIFICADOR	40
2.3.3 ELEMENTO DE MEDICIÓN	41
2.3.4 ELEMENTO DE PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO	42
2.3.5 CALIBRADOR ACÚSTICO	42
2.4. USO Y CONFIGURACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN	43
2.4.1 PREPARACIÓN DE LA FUENTE SONORA	43
2.4.2 PREPARACIÓN DEL SONÓMETRO	45
2.4.3 EXTRACCIÓN DE DATOS DEL SONÓMETRO	47

<b>3.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>50</b>
3.1.	LABORATORIO IME 1	50
3.1.1	ANÁLISIS DE LA MAQUINARIA	65
3.2.	LABORATORIO IME 5	72
3.3.	SALA COMÚN	88
<b>4.</b>	<b>SIMULACIÓN ACÚSTICA</b>	<b>98</b>
4.1.	SOFTWARE	98
4.1.1	BARRA DE HERRAMIENTAS	99
4.1.2	FUNCIONAMIENTO DEL PLUGIN	104
4.2.	SIMULACIÓN DEL LABORATORIO IME 1	110
4.3.	SIMULACIÓN DEL LABORATORIO IME 5	117
4.4.	SIMULACIÓN DE LA SALA COMÚN	124
<b>5.</b>	<b>VALIDACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN</b>	<b>132</b>
5.1.	VALIDACIÓN – LABORATORIO IME 1	132
5.1.1	COMPARATIVA	134
5.2.	VALIDACIÓN – LABORATORIO IME 5	135
5.2.1	COMPARATIVA	137
5.3.	VALIDACIÓN – SALA COMÚN	138
5.3.1	COMPARATIVA	140
<b>6.</b>	<b>MEDIDAS CORRECToras</b>	<b>142</b>
6.1.	ELECCIÓN DE LOS MATERIALES	142
6.2.	RECREACIÓN DE LOS PRODUCTOS ACÚSTICOS	146
6.3.	SIMULACIÓN DEL LABORATORIO IME 1 CON SOLUCIÓN ADOPTADA	149
6.3.1	COMPARATIVA	156
6.3.1	ANÁLISIS DE LA MAQUINARIA.	157
6.4.	SIMULACIÓN DEL LABORATORIO IME 5 CON LA SOLUCIÓN ADOPTADA	160
6.4.1	COMPARATIVA	168
6.5.	SIMULACIÓN DE LA SALA COMÚN CON LA SOLUCIÓN ADOPTADA	169
6.5.1	COMPARATIVA	176
6.6.	PRESUPUESTOS	176
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>178</b>
<b>8.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>182</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>184</b>
9.1.	DETERMINACIÓN DE LA POSICIÓN DE LA FUENTE EN FACHADA EXTERIOR	184
9.1.1	LABORATORIO IME 1 - EXTERIOR PATIO	187
9.1.2	LABORATORIO IME 1 - EXTERIOR PORTÓN	188
9.1.3	LABORATORIO IME 5 GRANDE - EXTERIOR PATIO	189
9.1.4	LABORATORIO IME 5 GRANDE - EXTERIOR DESNIVEL	190

<b>9.2. CÁLCULOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE AISLAMIENTO GLOBALES</b>	<b>191</b>
<b>9.3. LEYENDAS DE PARÁMETROS Y SU DISTRIBUCIÓN ESPACIAL EN FUNCIÓN DE LA MAGNITUD EN LOS RECINTOS</b>	<b>212</b>
<b>9.4. FICHAS TÉCNICAS</b>	<b>248</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1: Edificio Valverde en el campus de la Universidad Miguel Hernández de Elche. _____	2
Figura 2: Ubicación del edificio Valverde en el plano del campus de la UMH de Elche. _____	3
Figura 3: Máquina 1 - Ineltec INECC-30/150. _____	4
Figura 4: Máquina 2 - Zwick Roell Retroline 20 KN. _____	5
Figura 5: Puesto de trabajo. _____	5
Figura 6: Ubicación de la Sala Común. _____	8
Figura 7: Ubicación del Laboratorio IME 1 e IME 5. _____	9
Figura 8: Mapa estratégico de ruido elaborado por la UMH. [19] _____	18
Figura 9: Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo entre un recinto habitable y el exterior en función del índice ruido día. [14] _____	19
Figura 10: Curvas de criterio de ruido (NC) en función de la frecuencia. [1] _____	21
Figura 11: Criterios de ruido de fondo recomendados (NC) para diferentes tipos de recintos. [1] _____	21
Figura 12: Croquis para la posición de la fuente frente a fachadas. [11] _____	28
Figura 13: Número de posiciones de micrófono necesarias según el propósito. [12] _____	29
Figura 14: Valores de referencia para aislamiento a ruido aéreo. [13] _____	34
Figura 15: Espectros de nivel sonoro para calcular los términos de adaptación. [13] _____	36
Figura 16: Dodecaedro. _____	40
Figura 17: Dodecaedro sobre el trípode. _____	40
Figura 18: Amplificador. _____	41
Figura 19: Modelos micrófono y amplificador. _____	41
Figura 20: Sonómetro. _____	41
Figura 21: Cascos insonorizados. _____	42
Figura 22: Calibrador. _____	42
Figura 23: Conexión dodecaedro. _____	43
Figura 24: Conexión amplificador (output). _____	43
Figura 25: Conexión a PC (input). _____	44
Figura 26: Conexión de alimentación del amplificador. _____	44
Figura 27: Sonómetro montado sobre el trípode. _____	45
Figura 28: Creación de proyecto dentro del sonómetro. _____	46
Figura 29: Configuración espectral del sonómetro. _____	46
Figura 30: Configuración del tiempo de promediado del sonómetro. _____	46
Figura 31: Icono del software del sonómetro. _____	47
Figura 32: Selección de archivo donde se ubica el proyecto. _____	47
Figura 33: Interfaz del software. Carpeta de mediciones del usuario. _____	48
Figura 34: Posiciones de la fuente y sonómetro en el Laboratorio IME 1 y sus recintos colindantes para la obtención de los valores de aislamiento. _____	50
Figura 35: Laboratorio IME 1. _____	51
Figura 36: Sala pequeña junto a Laboratorio IME 1. _____	51
Figura 37: Pasillo junto a Laboratorio IME 1. _____	52
Figura 38: Posiciones de la fuente y sonómetro en Laboratorio IME 1 y el patio exterior para la obtención de los valores de aislamiento. _____	54
Figura 39: Posiciones de la fuente y sonómetro en Laboratorio IME 1 y la zona exterior del edificio para la obtención de los niveles de aislamiento. _____	55
Figura 40: Fachada del Laboratorio IME 1 colindante al patio exterior. _____	56
Figura 41: Fachada con portón del Laboratorio IME 1 colindante a la zona exterior del edificio. _____	56
Figura 42: Posiciones de la fuente y sonómetro en el Laboratorio IME 1 para la obtención del tiempo medio de reverberación. _____	58
Figura 43: Posiciones de la fuente y sonómetro en el pasillo junto al Laboratorio IME 1 para la obtención del tiempo medio de reverberación. _____	59
Figura 44: Posiciones de la fuente y sonómetro en la sala pequeña junto al Laboratorio IME 1 para la obtención del tiempo medio de reverberación. _____	59

Figura 45: Disposición de la fuente y el sonómetro en la sala pequeña junto a Laboratorio IME 1.	61
Figura 46: Disposición de la fuente y el sonómetro en el exterior del edificio frente a fachada con portón colindante al Laboratorio IME 1.	61
Figura 47: Disposición de la fuente y el sonómetro en el pasillo junto a Laboratorio IME 1.	61
Figura 48: Disposición de la fuente y el sonómetro en el Laboratorio IME 1.	61
Figura 49: Disposición de la fuente y el sonómetro en el patio exterior del edificio frente a fachada colindante al Laboratorio IME 1.	62
Figura 50: Posiciones de las máquinas, el sonómetro y el puesto de trabajo en el Laboratorio IME 1.	66
Figura 51: Comparativa de las curvas NC con la curva de niveles de emisión de la Máquina 1.	69
Figura 52: Comparativa de las curvas NC con la curva de niveles de emisión de la Máquina 2.	70
Figura 53: Disposición del sonómetro frente a la Máquina 1 en el Laboratorio IME 1.	71
Figura 54: Disposición del sonómetro frente a la Máquina 2 en el Laboratorio IME 1.	71
Figura 55: Posiciones de la fuente y sonómetro en el Laboratorio IME 5 grande y sus recintos colindantes para la obtención de los valores de aislamiento.	72
Figura 56: Laboratorio IME 5 grande.	73
Figura 57: Laboratorio IME 5 pequeño.	73
Figura 58: Pasillo junto al Laboratorio IME 5 grande.	74
Figura 59: Posiciones de la fuente y sonómetro en Laboratorio IME 5 grande y el patio exterior para la obtención del nivel medio de presión acústica.	76
Figura 60: Posiciones de la fuente y sonómetro en Laboratorio IME 5 grande y la zona exterior del edificio para la obtención del nivel medio de presión acústica.	77
Figura 61: Fachada con desnivel del Laboratorio IME 5 grande colindante a la zona exterior del edificio.	78
Figura 62: Fachada del Laboratorio IME 5 grande colindante al patio exterior.	78
Figura 63: Posiciones de la fuente y sonómetro en el Laboratorio IME 5 grande para la obtención del tiempo medio de reverberación.	80
Figura 64: Posiciones de la fuente y sonómetro en el pasillo junto a Laboratorio IME 5 grande para la obtención del tiempo medio de reverberación.	81
Figura 65: Posiciones de la fuente y sonómetro en el Laboratorio IME 5 pequeño para la obtención del tiempo medio de reverberación.	81
Figura 66: Disposición de la fuente y el sonómetro en el exterior del edificio frente a fachada con desnivel colindante al Laboratorio IME 5 grande.	83
Figura 67: Disposición de la fuente y el sonómetro en el pasillo junto el Laboratorio IME 5 grande.	83
Figura 68: Disposición de la fuente y el sonómetro en el Laboratorio IME 5 pequeño.	83
Figura 69: Disposición de la fuente y el sonómetro en el Laboratorio IME 5 grande.	83
Figura 70: Disposición de la fuente y el sonómetro en el patio exterior del edificio frente a fachada colindante al Laboratorio IME 5 grande.	84
Figura 71: Posiciones de la fuente y sonómetro en la Sala común y sus recintos colindantes para la obtención del nivel medio de presión acústica.	88
Figura 72: Sala común.	89
Figura 73: Sala I+D	89
Figura 74: Posiciones de la fuente y sonómetro en la Sala común para la obtención del tiempo medio de reverberación.	91
Figura 75: Posiciones de la fuente y sonómetro en la Sala I+D para la obtención del tiempo medio de reverberación.	92
Figura 76: Detalle de la posición de la fuente en la Sala común.	93
Figura 77: Disposición de la fuente y sonómetro en la Sala común.	93
Figura 78: Detalle de la posición del sonómetro en la Sala I+D.	94
Figura 79: Disposición de la fuente y el sonómetro en la Sala I+D.	94
Figura 80: Logotipo RAVEN.	98
Figura 81: Logotipo de la universidad alemana creadora del software de simulación acústica.	98
Figura 82: Icono del software SketchUp.	98
Figura 83: Interfaz del Software Sketchup con el plugin de simulación acústica.	99
Figura 84: Tramo 1 de la barra de herramientas.	100

Figura 85: Editor de las características acústicas de un material.	100
Figura 86: Tramo 2 de la barra de herramientas.	100
Figura 87: Tramo 3 de la barra de herramientas.	101
Figura 88: Editor de las características ambientales.	102
Figura 89: Ajustes de visualización de los rayos acústicos.	102
Figura 90: Leyenda de escala de colores para la representación de parámetros acústicos.	102
Figura 91: Mapa de distribución espacial de parámetros acústicos en el interior de un recinto.	103
Figura 92: Tramo 4 de la barra de herramientas.	103
Figura 93: Representación del trazado de rayos acústicos en el interior de un recinto.	104
Figura 94: Tramo 5 de la barra de herramientas.	104
Figura 95: Materiales usados para la simulación.	105
Figura 96: Posicionamiento de la fuente sonora y delimitación del área de recepción acústica en un recinto.	106
Figura 97: Creación de un área de recepción.	106
Figura 98: Emplazamiento de una fuente sonora.	107
Figura 99: Configuración de la directividad de la fuente sonora.	107
Figura 100: Configuración del sonido a emitir por la fuente sonora.	108
Figura 101: Grabación del ruido rosa utilizado en las mediciones in situ.	108
Figura 102: Activación del motor de simulación del plugin.	109
Figura 103: Ventanal situado en lo alto del Laboratorio IME 1.	110
Figura 104: Portón ubicado en una de las paredes del Laboratorio IME 1.	111
Figura 105: Recreación del Laboratorio IME 1 en condiciones normales.	111
Figura 106: Vista de detalle de la recreación del Laboratorio IME 1.	112
Figura 107: Representación del trazado de los rayos acústicos en el Laboratorio IME 1.	112
Figura 108: Mapa de distribución espacial de parámetros acústicos en el interior del Laboratorio IME 1.	113
Figura 109: Curva Schroeder para banda frecuencia 125 Hz y 1ª posición de la fuente en Lab. IME 1.	114
Figura 110: Curva Schroeder para banda frecuencia 250 Hz y 1ª posición de la fuente en Lab. IME 1.	114
Figura 111: Curva Schroeder para banda frecuencia 500 Hz y 1ª posición de la fuente en Lab. IME 1.	114
Figura 112: Curva Schroeder para banda frecuencia 1000 Hz y 1ª posición de la fuente en Lab. IME 1.	114
Figura 113: Curva Schroeder para banda frecuencia 2000 Hz y 1ª posición de la fuente en Lab. IME 1.	114
Figura 114: Curva Schroeder para banda frecuencia 125 Hz y 2ª posición de la fuente en Lab. IME 1.	115
Figura 115: Curva Schroeder para banda frecuencia 250 Hz y 2ª posición de la fuente en Lab. IME 1.	115
Figura 116: Curva Schroeder para banda frecuencia 500 Hz y 2ª posición de la fuente en Lab. IME 1.	115
Figura 117: Curva Schroeder para banda frecuencia 1000 Hz y 2ª posición de la fuente en Lab. IME 1.	115
Figura 118: Curva Schroeder para banda frecuencia 2000 Hz y 2ª posición de la fuente en Lab. IME 1.	115
Figura 119: Hueco superior con ventanal en el Laboratorio IME 5 grande.	117
Figura 120: Recreación del Laboratorio IME 5 grande en condiciones normales.	118
Figura 121: Hueco superior con aparatos de aire en el Laboratorio IME 5 grande.	118
Figura 122: Vista de detalle de la recreación del Laboratorio IME 5 grande.	119
Figura 123: Mapa de distribución espacial de parámetros acústicos en el interior del Laboratorio IME 5 grande.	119
Figura 124: Representación del trazado de los rayos acústicos en el Laboratorio IME 5 grande.	120
Figura 125: Curva Schroeder para banda frecuencia 125 Hz y 1ª posición de la fuente en Lab. IME 5 grande.	121
Figura 126: Curva Schroeder para banda frecuencia 250 Hz y 1ª posición de la fuente en Lab. IME 5 grande.	121
Figura 127: Curva Schroeder para banda frecuencia 500 Hz y 1ª posición de la fuente en Lab. IME 1.	121
Figura 128: Curva Schroeder para banda frecuencia 1000 Hz y 1ª posición de la fuente en Lab. IME 5 grande.	121
Figura 129: Curva Schroeder para banda frecuencia 2000 Hz y 1ª posición de la fuente en Lab. IME 5 grande.	121

Figura 130: Curva Schroeder para banda frecuencia 125 Hz y 2ª posición de la fuente en Lab. IME 5 grande.	122
Figura 131: Curva Schroeder para banda frecuencia 250 Hz y 2ª posición de la fuente en Lab. IME 5 grande.	122
Figura 132: Curva Schroeder para banda frecuencia 500 Hz y 2ª posición de la fuente en Lab. IME 5 grande.	122
Figura 133: Curva Schroeder para banda frecuencia 1000 Hz y 2ª posición de la fuente en Lab. IME 5 grande.	122
Figura 134: Curva Schroeder para banda frecuencia 2000 Hz y 2ª posición de la fuente en Lab. IME 5 grande.	122
Figura 135: Interior de la Sala común.	124
Figura 136: Exterior de la Sala común.	125
Figura 137: Recreación de la Sala común en condiciones normales.	125
Figura 138: Representación del trazado de los rayos acústicos en la Sala común.	126
Figura 139: Vista de detalle de la recreación de la Sala común.	126
Figura 140 : Mapa de distribución espacial de parámetros acústicos en el interior de la Sala común.	127
Figura 141: Curva Schroeder para banda frecuencia 125 Hz y 1ª posición de la fuente en la Sala común.	128
Figura 142: Curva Schroeder para banda frecuencia 250 Hz y 1ª posición de la fuente en la Sala común.	128
Figura 143: Curva Schroeder para banda frecuencia 500 Hz y 1ª posición de la fuente en la Sala común.	128
Figura 144: Curva Schroeder para banda frecuencia 1000 Hz y 1ª posición de la fuente en la Sala común.	128
Figura 145: Curva Schroeder para banda frecuencia 2000 Hz y 1ª posición de la fuente en la Sala común.	128
Figura 146: Curva Schroeder para banda frecuencia 125 Hz y 2ª posición de la fuente en la Sala común.	129
Figura 147: Curva Schroeder para banda frecuencia 250 Hz y 2ª posición de la fuente en la Sala común.	129
Figura 148: Curva Schroeder para banda frecuencia 500 Hz y 2ª posición de la fuente en la Sala común.	129
Figura 149: Curva Schroeder para banda frecuencia 1000 Hz y 2ª posición de la fuente en la Sala común.	129
Figura 150: Curva Schroeder para banda frecuencia 2000 Hz y 2ª posición de la fuente en la Sala común.	129
Figura 151: Curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de las mediciones in situ. - Lab. IME 1.	132
Figura 152: Curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de la simulación en condiciones normales. - Lab. IME 1.	133
Figura 153: Comparativa entre las curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de las mediciones in situ y de la simulación en condiciones normales. - Lab. IME 1.	134
Figura 154: Curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de las mediciones in situ. - Lab. IME 5 grande.	135
Figura 155: Curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de la simulación en condiciones normales. - Lab. IME 5 grande.	136
Figura 156: Comparativa entre las curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de las mediciones in situ y de la simulación en condiciones normales. - Lab. IME 5 grande.	137
Figura 157: Curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de las mediciones in situ. - Sala común.	138
Figura 158: Curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de la simulación en condiciones normales. - Sala común.	139

<i>Figura 159: Comparativa entre las curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de las mediciones in situ y de la simulación en condiciones normales. – Sala común.</i>	140
<i>Figura 160: Logo de la empresa de acondicionamiento acústico. [20]</i>	142
<i>Figura 161: Representación de los valores de absorción de los diferentes tipos de materiales de los paneles acústicos.</i>	143
<i>Figura 162: Representación de los valores de absorción de los diferentes tipos de materiales de los baffles acústicos.</i>	143
<i>Figura 163: Paneles acústicos seleccionados. Regular Foam.</i>	144
<i>Figura 164: Baffles acústicos seleccionados. Baffle Foam.</i>	144
<i>Figura 165: Material seleccionado: FOAM (referencia).</i>	145
<i>Figura 166: Recreación de panel acústico 1190x595x40mm.</i>	146
<i>Figura 167: Recreación de baffle acústico 595x1190x40mm.</i>	147
<i>Figura 168: Recreación de baffle acústico 198x1190x40mm.</i>	147
<i>Figura 169: Valores de absorción del material y acabado seleccionado para los baffles en el editor de materiales del plugin.</i>	148
<i>Figura 170: Valores de absorción del material y acabado seleccionado para los paneles en el editor de materiales del plugin.</i>	148
<i>Figura 171: Vista lateral 1 del Laboratorio IME 1 con la solución adoptada.</i>	149
<i>Figura 172: Vista lateral 2 del Laboratorio IME 1 con la solución adoptada.</i>	149
<i>Figura 173: Vista frontal del Laboratorio IME 1 con la solución adoptada.</i>	150
<i>Figura 174: Vista posterior del Laboratorio IME 1 con la solución adoptada.</i>	150
<i>Figura 175: Representación del trazado de los rayos acústicos en el Laboratorio IME 1 con la solución adoptada.</i>	151
<i>Figura 176: Mapa de distribución espacial de parámetros acústicos en el interior del Laboratorio IME 1 con la solución adoptada.</i>	151
<i>Figura 177: Curva Schroeder para banda frecuencia 125 Hz y 1ª posición de la fuente en el Lab. IME 1 con solución.</i>	152
<i>Figura 178: Curva Schroeder para banda frecuencia 250 Hz y 1ª posición de la fuente en el Lab. IME 1 con solución.</i>	152
<i>Figura 179: Curva Schroeder para banda frecuencia 500 Hz y 1ª posición de la fuente en el Lab. IME 1 con solución.</i>	152
<i>Figura 180: Curva Schroeder para banda frecuencia 1000 Hz y 1ª posición de la fuente en el Lab. IME 1 con solución.</i>	152
<i>Figura 181: Curva Schroeder para banda frecuencia 2000 Hz y 1ª posición de la fuente en el Lab. IME 1 con solución.</i>	152
<i>Figura 182: Curva Schroeder para banda frecuencia 125 Hz y 2ª posición de la fuente en el Lab. IME 1 con solución.</i>	153
<i>Figura 183: Curva Schroeder para banda frecuencia 250 Hz y 2ª posición de la fuente en el Lab. IME 1 con solución.</i>	153
<i>Figura 184: Curva Schroeder para banda frecuencia 500 Hz y 2ª posición de la fuente en el Lab. IME 1 con solución.</i>	153
<i>Figura 185: Curva Schroeder para banda frecuencia 1000 Hz y 2ª posición de la fuente en el Lab. IME 1 con solución.</i>	153
<i>Figura 186: Curva Schroeder para banda frecuencia 2000 Hz y 2ª posición de la fuente en el Lab. IME 1 con solución.</i>	153
<i>Figura 187: Curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de la simulación con la solución adoptada. - Lab. IME 1.</i>	155
<i>Figura 188: Comparativa entre las curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de la simulación en condiciones normales y de la simulación con la solución adoptada. – Lab. IME 1.</i>	156
<i>Figura 189: Comparativa de las curvas NC con la curva de niveles de emisión de la Máquina 1 con la solución adoptada.</i>	158

Figura 190: Comparativa de las curvas NC con la curva de niveles de emisión de la Máquina 2 con la solución adoptada.	158
Figura 191: Vista lateral 1 del Laboratorio IME 5 grande con la solución adoptada.	160
Figura 192: Vista lateral 2 del Laboratorio IME 5 grande con la solución adoptada.	160
Figura 193: Vista posterior del Laboratorio IME 5 grande con la solución adoptada.	161
Figura 194: Vista frontal del Laboratorio IME 5 grande con la solución adoptada.	161
Figura 195: Vista superior del Laboratorio IME 5 grande con la solución adoptada.	162
Figura 196: Vista en detalle de la colocación de los baffles en el techo del Laboratorio IME 5 grande.	162
Figura 197: Representación del trazado de los rayos acústicos en el Laboratorio IME 5 grande con la solución adoptada.	163
Figura 198: Curva Schroeder para banda frecuencia 125 Hz y 1ª posición de la fuente en el Lab. IME 5 grande con solución.	164
Figura 199: Curva Schroeder para banda frecuencia 250 Hz y 1ª posición de la fuente en el Lab. IME 5 grande con solución.	164
Figura 200: Curva Schroeder para banda frecuencia 500 Hz y 1ª posición de la fuente en el Lab. IME 5 grande con solución.	164
Figura 201: Curva Schroeder para banda frecuencia 1000 Hz y 1ª posición de la fuente en el Lab. IME 5 grande con solución.	164
Figura 202: Curva Schroeder para banda frecuencia 2000 Hz y 1ª posición de la fuente en el Lab. IME 5 grande con solución.	164
Figura 203: Curva Schroeder para banda frecuencia 125 Hz y 2ª posición de la fuente en el Lab. IME 5 grande con solución.	165
Figura 204: Curva Schroeder para banda frecuencia 250 Hz y 2ª posición de la fuente en el Lab. IME 5 grande con solución.	165
Figura 205: Curva Schroeder para banda frecuencia 500 Hz y 2ª posición de la fuente en el Lab. IME 5 grande con solución.	165
Figura 206: Curva Schroeder para banda frecuencia 1000 Hz y 2ª posición de la fuente en el Lab. IME 5 grande con solución.	165
Figura 207: Curva Schroeder para banda frecuencia 2000 Hz y 2ª posición de la fuente en el Lab. IME 5 grande con solución.	165
Figura 208: Curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de la simulación con la solución adoptada. - Lab. IME 5 grande.	167
Figura 209: Comparativa entre las curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de la simulación en condiciones normales y de la simulación con la solución adoptada. - Lab. IME 1.	168
Figura 210: Vista frontal de la Sala común con la solución adoptada.	169
Figura 211: Vista lateral de la Sala común con la solución adoptada.	169
Figura 212: Vista general 1 de la Sala común con la solución adoptada.	170
Figura 213: Vista general 2 de la Sala común con la solución adoptada.	170
Figura 214: Representación del trazado de los rayos acústicos en la Sala común con la solución adoptada.	171
Figura 215: Curva Schroeder para banda frecuencia 125 Hz y 1ª posición de la fuente en la Sala común con solución.	172
Figura 216: Curva Schroeder para banda frecuencia 250 Hz y 1ª posición de la fuente en la Sala común con solución.	172
Figura 217: Curva Schroeder para banda frecuencia 500 Hz y 1ª posición de la fuente en la Sala común con solución.	172
Figura 218: Curva Schroeder para banda frecuencia 1000 Hz y 1ª posición de la fuente en la Sala común con solución.	172
Figura 219: Curva Schroeder para banda frecuencia 2000 Hz y 1ª posición de la fuente en la Sala común con solución.	172
Figura 220: Curva Schroeder para banda frecuencia 125 Hz y 2ª posición de la fuente en la Sala común con solución.	173

Figura 221: Curva Schroeder para banda frecuencia 250 Hz y 2ª posición de la fuente en la Sala común con solución.	173
Figura 222: Curva Schroeder para banda frecuencia 500 Hz y 2ª posición de la fuente en la Sala común con solución.	173
Figura 223: Curva Schroeder para banda frecuencia 1000 Hz y 2ª posición de la fuente en la Sala común con solución.	173
Figura 224: Curva Schroeder para banda frecuencia 2000 Hz y 2ª posición de la fuente en la Sala común con solución.	173
Figura 225: Curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de la simulación con la solución adoptada. – Sala común.	175
Figura 226: Comparativa entre las curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de la simulación en condiciones normales y de la simulación con la solución adoptada. – Sala común.	176
Figura 227: Configuración geométrica de la fuente sonora respecto a una fachada durante el ensayo. [11]	184
Figura 228: Resolución trigonométrica para la determinación de la posición de la fuente frente a fachada.	185
Figura 229: Posición de la fuente frente a la fachada del patio exterior del Laboratorio IME 1.	187
Figura 230: Posición de la fuente frente a la fachada con portón del Laboratorio IME 1.	188
Figura 231: Posición de la fuente frente a la fachada del patio exterior del Laboratorio IME 5 grande.	189
Figura 232: Posición de la fuente frente a la fachada con desnivel del Laboratorio IME 5 grande.	190
Figura 233: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el Lab. IME 1 y la Sala pequeña.	191
Figura 234: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el Lab. IME 1 y la Sala pequeña.	192
Figura 235: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para el Lab. IME 1 y la Sala pequeña.	192
Figura 236: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica, para el Lab. IME 1 y la Sala pequeña.	193
Figura 237: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el Lab. IME 1 y el pasillo.	193
Figura 238: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el Lab. IME 1 y el pasillo.	194
Figura 239: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para el Lab. IME 1 y el pasillo.	194
Figura 240: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica, para el Lab. IME 1 y el pasillo.	195
Figura 241: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el Lab. IME 1 y el patio exterior.	195
Figura 242: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el Lab. IME 1 y el patio exterior.	196
Figura 243: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para el Lab. IME 1 y el patio exterior.	196
Figura 244: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica, para el Lab. IME 1 y el patio exterior.	197
Figura 245: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica 45º, para el Lab. IME 1 y el patio exterior.	197
Figura 246: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el Lab. IME 1 y el exterior del edificio (portón).	198
Figura 247: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el Lab. IME 1 y el exterior del edificio (portón).	198
Figura 248: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para el Lab. IME 1 y el exterior del edificio (portón).	199

Figura 249: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica, para el Lab. IME 1 y el exterior del edificio (portón).	199
Figura 250: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica 45º, para el Lab. IME 1 y el exterior del edificio (portón).	200
Figura 251: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el Lab. IME 5 grande y Lab. IME 5 pequeño.	200
Figura 252: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el Lab. IME 5 grande y Lab. IME 5 pequeño.	201
Figura 253: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para el Lab. IME 5 grande y Lab. IME 5 pequeño.	201
Figura 254 :Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica, para el Lab. IME 5 grande y Lab. IME 5 pequeño.	202
Figura 255: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el Lab. IME 5 grande y pasillo.	202
Figura 256: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el Lab. IME 5 grande y pasillo.	203
Figura 257: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para el Lab. IME 5 grande y pasillo.	203
Figura 258: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica, para el Lab. IME 5 grande y pasillo.	204
Figura 259: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el Lab. IME 5 grande y el patio exterior.	204
Figura 260: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el Lab. IME 5 grande y el patio exterior.	205
Figura 261: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para el Lab. IME 5 grande y el patio exterior.	205
Figura 262: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica, para el Lab. IME 5 grande y el patio exterior.	206
Figura 263: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica 45º, para el Lab. IME 5 grande y el patio exterior.	206
Figura 264: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el Lab. IME 5 grande y el exterior del edificio (desnivel).	207
Figura 265: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el Lab. IME 5 grande y el exterior del edificio (desnivel).	207
Figura 266: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para el Lab. IME 5 grande y el exterior del edificio (desnivel).	208
Figura 267: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica, para el Lab. IME 5 grande y el exterior del edificio (desnivel).	208
Figura 268: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica 45º, para el Lab. IME 5 grande y el exterior del edificio (desnivel).	209
Figura 269: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para la Sala común y la Sala I+D.	209
Figura 270: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para la Sala común y la Sala I+D.	210
Figura 271: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para la Sala común y la Sala I+D.	210
Figura 272: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica, para la Sala común y la Sala I+D.	211
Figura 273: Conjunto de leyendas del parámetro T20 para la 1ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 1 en condiciones normales. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz. _	212
Figura 274: Conjunto de leyendas del parámetro T30 para la 1ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 1 en condiciones normales. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz. _	213



<i>Figura 298: Conjunto de leyendas del parámetro T30 para la 1ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 5 grande con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.</i>	237
<i>Figura 299: Conjunto de leyendas del parámetro EDT para la 1ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 5 grande con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.</i>	238
<i>Figura 300: Conjunto de leyendas del parámetro T20 para la 2ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 5 grande con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.</i>	239
<i>Figura 301: Conjunto de leyendas del parámetro T30 para la 2ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 5 grande con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.</i>	240
<i>Figura 302: Conjunto de leyendas del parámetro EDT para la 2ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 5 grande con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.</i>	241
<i>Figura 303: Conjunto de leyendas del parámetro T20 para la 1ª posición de la fuente en la simulación acústica de la Sala común con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.</i>	242
<i>Figura 304: Conjunto de leyendas del parámetro T30 para la 1ª posición de la fuente en la simulación acústica de la Sala común con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.</i>	243
<i>Figura 305: Conjunto de leyendas del parámetro EDT para la 1ª posición de la fuente en la simulación acústica de la Sala común con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.</i>	244
<i>Figura 306: Conjunto de leyendas del parámetro T20 para la 2ª posición de la fuente en la simulación acústica de la Sala común con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.</i>	245
<i>Figura 307: Conjunto de leyendas del parámetro T30 para la 2ª posición de la fuente en la simulación acústica de la Sala común con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.</i>	246
<i>Figura 308: Conjunto de leyendas del parámetro EDT para la 2ª posición de la fuente en la simulación acústica de la Sala común con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.</i>	247

## ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1: Valores del área de separación común entre recintos y zonas exteriores.	7
Tabla 2: Niveles de emisión del Laboratorio IME 1.	52
Tabla 3: Niveles de recepción obtenidos en la Sala pequeña junto a Lab. IME 1.	52
Tabla 4: Niveles de ruido de fondo en la Sala pequeña junto a Lab. IME 1.	53
Tabla 5: Niveles de recepción obtenidos en la Pasillo junto a Lab. IME 1.	53
Tabla 6: Niveles de ruido de fondo en el Pasillo junto a Lab. IME 1.	53
Tabla 7: Niveles de emisión en el Patio exterior junto al Lab. IME 1.	57
Tabla 8: Niveles de recepción en el Laboratorio IME 1 (provenientes del patio).	57
Tabla 9: Niveles de emisión en la zona exterior del edificio junto al Lab. IME 1.	57
Tabla 10: Niveles de recepción en el Laboratorio IME 1 (provenientes de la zona exterior).	57
Tabla 11: Niveles de ruido de fondo en el Laboratorio IME 1.	57
Tabla 12: Valores del tiempo de reverberación en el Lab. IME 1.	59
Tabla 13: Valores del área de absorción equivalente del Laboratorio IME 1.	59
Tabla 14: Valores del tiempo de reverberación de la Sala pequeña.	60
Tabla 15: Valores del área de absorción equivalente de la Sala pequeña.	60
Tabla 16: Valores del tiempo de reverberación del Pasillo.	60
Tabla 17: Valores del área de absorción equivalente del Pasillo junto a Lab. IME 1.	60
Tabla 18: Índices acústicos de aislamiento en función de la frecuencia según normativa entre el Lab. IME 1 y la Sala pequeña.	62
Tabla 19: Índices acústicos de aislamiento en función de la frecuencia según normativa entre el Lab. IME 1 y el pasillo.	62
Tabla 20: Índices acústicos de aislamiento en función de la frecuencia según normativa entre el Lab. IME 1 y el patio exterior.	62
Tabla 21: Índices acústicos de aislamiento en función de la frecuencia según normativa entre el Lab. IME 1 y la zona exterior (portón).	63
Tabla 22: Parámetros acústicos de aislamiento globales según normativa entre el Lab. IME 1 y la Sala pequeña.	63
Tabla 23: Parámetros acústicos de aislamiento globales según normativa entre el Lab. IME 1 y el pasillo.	63
Tabla 24: Parámetros acústicos de aislamiento globales según normativa entre el Lab. IME 1 y el patio exterior.	63
Tabla 25: Parámetros acústicos de aislamiento globales según normativa entre el Lab. IME 1 y la zona exterior (portón).	64
Tabla 26: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ para la 1ª posición de la fuente en el Laboratorio IME 1. Valores en 1/3 de octava.	64
Tabla 27: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ para la 2ª posición de la fuente en el Laboratorio IME 1. Valores en 1/3 de octava.	64
Tabla 28: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ en el Laboratorio IME 1 (media de las dos posiciones). Valores en 1/3 de octava.	64
Tabla 29: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ para la 1ª posición de la fuente en el Laboratorio IME 1. Valores en octava.	64
Tabla 30: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ para la 2ª posición de la fuente en el Laboratorio IME 1. Valores en octava.	65
Tabla 31: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ (media de las dos posiciones) en el Laboratorio IME 1. Valores en octava.	65
Tabla 32: Niveles de emisión de la Máquina 1.	67
Tabla 33: Niveles de emisión de la Máquina 2.	67
Tabla 34: Niveles de emisión de la Máquina 1 y 2 en 1/3 de octava y dBA	67
Tabla 35: Niveles de emisión de la Máquina 1 y 2 en octava y dBA.	68
Tabla 36: Niveles de emisión de la Máquina 1 y 2 en 1/3 de octava y dB.	68
Tabla 37: Niveles de emisión de la Máquina 1 y 2 en octava y dB.	68

Tabla 38: Area de absorción equivalente del Laboratorio 1 para análisis de maquinaria.	68
Tabla 39: Niveles de potencia emitidos por la Máquina 1 y 2.	69
Tabla 40: Niveles de presión acústica percibidos por el usuario en el puesto de trabajo.	69
Tabla 41: Niveles de emisión en el Laboratorio IME 5 grande.	74
Tabla 42: Niveles de recepción en el Laboratorio IME 5 pequeño.	74
Tabla 43: Niveles de ruido de fondo en el Laboratorio IME 5 pequeño.	75
Tabla 44: Niveles de recepción obtenidos en la Pasillo junto al Lab. IME 5 grande.	75
Tabla 45: Niveles de ruido de fondo en el Laboratorio IME 5 grande.	75
Tabla 46: Niveles de emisión en el patio exterior junto al Lab. IME 5 grande.	79
Tabla 47: Niveles de recepción en el Laboratorio IME 5 grande (provenientes del patio).	79
Tabla 48: Niveles de emisión en la zona exterior del edificio junto al Lab. IME 5 grande.	79
Tabla 49: Niveles de recepción en el Laboratorio IME 5 grande (provenientes de la zona exterior).	79
Tabla 50: Niveles de ruido de fondo en el Laboratorio IME 5 grande.	79
Tabla 51: Valores del tiempo de reverberación en el Lab. IME 5 grande.	81
Tabla 52: Valores del área de absorción equivalente del Laboratorio IME 5 grande.	81
Tabla 53: Valores del tiempo de reverberación en el Lab. IME 5 pequeño.	82
Tabla 54: Valores del área de absorción equivalente del Laboratorio IME 5 pequeño.	82
Tabla 55: Valores del tiempo de reverberación del Pasillo junto al Lab. IME 5 grande.	82
Tabla 56: Valores del área de absorción equivalente del Pasillo junto al Lab. IME 5 grande.	82
Tabla 57: Índices acústicos de aislamiento en función de la frecuencia según normativa entre el Lab. IME 5 grande y el pequeño.	84
Tabla 58: Índices acústicos de aislamiento en función de la frecuencia según normativa entre el Lab. IME 5 grande y el pasillo.	84
Tabla 59: Índices acústicos de aislamiento en función de la frecuencia según normativa entre el Lab. IME 5 grande y el patio exterior.	84
Tabla 60: Índices acústicos de aislamiento en función de la frecuencia según normativa entre el Lab. IME 5 grande y la zona exterior (desnivel).	85
Tabla 61: Parámetros acústicos de aislamiento globales según normativa entre el Lab. IME 5 grande y el Lab. IME 5 pequeño.	85
Tabla 62: Parámetros acústicos de aislamiento globales según normativa entre el Lab. IME 5 grande y el pasillo.	85
Tabla 63: Parámetros acústicos de aislamiento globales según normativa entre el Lab. IME 5 grande y el patio exterior.	85
Tabla 64: Parámetros acústicos de aislamiento globales según normativa entre el Lab. IME 5 grande y la zona exterior (desnivel).	86
Tabla 65: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ para la 1ª posición de la fuente en el Laboratorio IME 5 grande. Valores en 1/3 de octava.	86
Tabla 66: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ para la 2ª posición de la fuente en el Laboratorio IME 5 grande. Valores en 1/3 de octava.	86
Tabla 67: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ en el Laboratorio IME 5 grande (media de las dos posiciones). Valores en 1/3 de octava.	86
Tabla 68: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ para la 1ª posición de la fuente en el Laboratorio IME 5 grande. Valores en octava.	86
Tabla 69: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ para la 2ª posición de la fuente en el Laboratorio IME 5 grande. Valores en octava.	87
Tabla 70: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ en el Laboratorio IME 5 grande (media de las dos posiciones). Valores en octava.	87
Tabla 71: Niveles de emisión en la Sala común.	90
Tabla 72: Niveles de recepción en la Sala I+D.	90
Tabla 73: Niveles de ruido de fondo en la Sala I+D.	90
Tabla 74: Valores del tiempo de reverberación en la Sala común.	92
Tabla 75: Valores del área de absorción equivalente de la Sala común.	92
Tabla 76: Valores del tiempo de reverberación en la Sala I+D.	93

Tabla 77: Valores del área de absorción equivalente de la Sala I+D.	93
Tabla 78: Parámetros acústicos de aislamiento en función de la frecuencia según normativa entre la Sala común y la Sala I+D.	94
Tabla 79: Parámetros acústicos de aislamiento globales según normativa entre la Sala común y la Sala I+D.	94
Tabla 80: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ para la 1ª posición de la fuente en la Sala común. Valores en 1/3 de octava.	95
Tabla 81: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ para la 2ª posición de la fuente en la Sala común. Valores en 1/3 de octava.	95
Tabla 82: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ en la Sala común (media de las dos posiciones). Valores en 1/3 de octava.	95
Tabla 83: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ para la 1ª posición de la fuente en la Sala común. Valores en octava.	95
Tabla 84: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ para la 2ª posición de la fuente en la Sala común. Valores en octava.	95
Tabla 85: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ en la Sala común (media de las dos posiciones). Valores en octava.	96
Tabla 86: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación en condiciones normales para la 1ª posición de la fuente en el Laboratorio IME 1. Valores en octava.	116
Tabla 87: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación con la solución adoptada para la 2ª posición de la fuente en el Laboratorio IME 1. Valores en octava.	116
Tabla 88: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación en condiciones normales en el Laboratorio IME 1 (media de las dos posiciones). Valores en octava.	116
Tabla 89: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación en condiciones normales para la 1ª posición de la fuente en el Laboratorio IME 5 grande. Valores en octava.	123
Tabla 90: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación en condiciones normales para la 2ª posición de la fuente en el Laboratorio IME 5 grande. Valores en octava.	123
Tabla 91: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación en condiciones normales en el Laboratorio IME 5 grande (media de las dos posiciones). Valores en octava.	123
Tabla 92: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación en condiciones normales para la 1ª posición de la fuente en la Sala Común. Valores en octava.	130
Tabla 93: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación en condiciones normales para la 2ª posición de la fuente en la Sala Común. Valores en octava.	130
Tabla 94: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación en condiciones normales en la Sala común (media de las dos posiciones). Valores en octava.	130
Tabla 95: Valores de los parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ en el Lab. IME 1 para validación del modelo.	132
Tabla 96: Valores de los parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación en condiciones normales en el Lab. IME 1 para validación del modelo.	133
Tabla 97: Desviación en % entre los valores in situ y de simulación en Lab. IME 1.	134
Tabla 98: Desviación en segundos entre los valores in situ y de simulación en Lab. IME 1.	134
Tabla 99: Valores de los parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ en el Lab. IME 5 grande para validación del modelo.	135
Tabla 100: Valores de los parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación en condiciones normales en el Lab. IME 5 grande para validación del modelo.	136
Tabla 101: Desviación en % entre los valores in situ y de simulación en Lab. IME 5 grande.	137
Tabla 102: Desviación en segundos entre los valores in situ y de simulación en Lab. IME 5 grande.	137
Tabla 103: Valores de los parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ en la Sala común para validación del modelo.	138
Tabla 104: Valores de los parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación en condiciones normales en la Sala común para validación del modelo.	139
Tabla 105: Desviación en % entre los valores in situ y de simulación en la Sala común.	140
Tabla 106: Desviación en % entre los valores in situ y de simulación en la Sala común.	140

Tabla 107: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación con la solución adoptada para la 1ª posición de la fuente en el Laboratorio IME 1. Valores en octava.	154
Tabla 108: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación con la solución adoptada para la 2ª posición de la fuente en el Laboratorio IME 1. Valores en octava.	154
Tabla 109: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación con la solución adoptada en el Laboratorio IME 1 (media de las dos posiciones). Valores en octava.	154
Tabla 110: Valores de los parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación con la solución adoptada en el Laboratorio IME 1 para validación del modelo.	155
Tabla 111: Reducción de la reverberación en % en el Laboratorio IME 1.	156
Tabla 112: Valores del área de absorción equivalente del Laboratorio IME 1 con la solución adoptada para el análisis de maquinaria.	157
Tabla 113: Niveles de presión acústica percibidos por el usuario en el puesto de trabajo con la solución adoptada.	157
Tabla 114: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación con la solución adoptada para la 1ª posición de la fuente en el Laboratorio IME 5 grande. Valores en octava.	166
Tabla 115: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación con la solución adoptada para la 2ª posición de la fuente en el Laboratorio IME 5 grande. Valores en octava.	166
Tabla 116: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación con la solución adoptada en el Laboratorio IME 5 grande (media de las dos posiciones). Valores en octava.	166
Tabla 117: Valores de los parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación con la solución adoptada en el Laboratorio IME 5 grande para validación del modelo.	167
Tabla 118: Reducción de la reverberación en % en el Laboratorio IME 5 grande.	168
Tabla 119: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación con la solución adoptada para la 1ª posición de la fuente en la Sala común. Valores en octava.	174
Tabla 120: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación con la solución adoptada para la 2ª posición de la fuente en la Sala común. Valores en octava.	174
Tabla 121: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación con la solución adoptada en la Sala común (media de las dos posiciones). Valores en octava.	174
Tabla 122: Valores de los parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación con la solución adoptada en la Sala común para validación del modelo.	175
Tabla 123: Reducción de la reverberación en % en la Sala común.	176
Tabla 124: Presupuesto de la implementación de medidas correctoras.	177
Tabla 125: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles entre el Lab. IME 1 y la Sala pequeña.	191
Tabla 126: Términos de adaptación espectral en D entre Lab. IME 1 y la Sala pequeña.	191
Tabla 127: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles normalizada entre el Lab. IME 1 y la Sala pequeña.	192
Tabla 128: Términos de adaptación espectral en D <sub>n</sub> entre Lab. IME 1 y la Sala pequeña.	192
Tabla 129: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles estandarizada entre el Lab. IME 1 y la Sala pequeña.	192
Tabla 130: Términos de adaptación espectral en D <sub>nt</sub> entre Lab. IME 1 y la Sala pequeña.	192
Tabla 131: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global del índice de reducción acústica entre el Lab. IME 1 y la Sala pequeña.	193
Tabla 132: Términos de adaptación espectral en R entre Lab. IME 1 y la Sala pequeña.	193
Tabla 133: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles entre el Lab. IME 1 y el Pasillo.	193
Tabla 134: Términos de adaptación espectral en D entre Lab. IME 1 y el Pasillo.	193
Tabla 135: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles normalizada entre el Lab. IME 1 y el Pasillo.	194
Tabla 136: Términos de adaptación espectral en D <sub>n</sub> entre Lab. IME 1 y el Pasillo.	194
Tabla 137: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de nivel estandarizada entre el Lab. IME 1 y el Pasillo.	194
Tabla 138: Términos de adaptación espectral en D <sub>nt</sub> entre Lab. IME 1 y el Pasillo.	194

Tabla 139: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia del índice de reducción acústica entre el Lab. IME 1 y el Pasillo. _____	195
Tabla 140: Términos de adaptación espectral en R entre Lab. IME 1 y el Pasillo. _____	195
Tabla 141: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles entre el Lab. IME 1 y el Patio exterior. _____	195
Tabla 142: Términos de adaptación espectral en D entre Lab. IME 1 y el Patio exterior. _____	195
Tabla 143: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles normalizada entre el Lab. IME 1 y el Patio exterior. _____	196
Tabla 144: Términos de adaptación espectral en Dn entre Lab. IME 1 y el Patio exterior exterior. _____	196
Tabla 145: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles estandarizada entre el Lab. IME 1 y el Patio exterior. _____	196
Tabla 146: Términos de adaptación espectral en Dnt entre Lab. IME 1 y el Patio exterior. _____	196
Tabla 147: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global del índice de reducción acústica entre el Lab. IME 1 y el Patio exterior. _____	197
Tabla 148: Términos de adaptación espectral en R entre Lab. IME 1 y el Patio exterior. _____	197
Tabla 149: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global del índice de reducción acústica 45º entre el Lab. IME 1 y el Patio exterior. _____	197
Tabla 150: Términos de adaptación espectral en R45 entre Lab. IME 1 y el Patio exterior. _____	197
Tabla 151: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles normalizada entre el Lab. IME 1 y la Zona exterior (portón). _____	198
Tabla 152: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles entre el Lab. IME 1 y la Zona exterior (portón). _____	198
Tabla 153: Términos de adaptación espectral en D entre Lab. IME 1 y la Zona exterior (portón). _____	198
Tabla 154: Términos de adaptación espectral en Dn entre Lab. IME 1 y la Zona exterior (portón). _____	198
Tabla 155: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles estandarizada entre el Lab. IME 1 y la Zona exterior (portón). _____	199
Tabla 156: Términos de adaptación espectral en Dnt entre Lab. IME 1 y la Zona exterior (portón). _____	199
Tabla 157: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global del índice de reducción acústica entre el Lab. IME 1 y la Zona exterior (portón). _____	199
Tabla 158: Términos de adaptación espectral en R entre Lab. IME 1 y la Zona exterior (portón). _____	199
Tabla 159: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global del índice de reducción acústica 45º entre el Lab. IME 1 y la Zona exterior (portón). _____	200
Tabla 160: Términos de adaptación espectral en R entre Lab. IME 1 y la Zona exterior (portón). _____	200
Tabla 161: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles entre el Lab. IME 5 grande y el Lab. IME 5 pequeño. _____	200
Tabla 162: Términos de adaptación espectral en D entre Lab. IME 5 grande y Lab. IME 5 pequeño. _____	200
Tabla 163: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles estandarizada entre el Lab. IME 5 grande y el Lab. IME 5 pequeño. _____	201
Tabla 164: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles normalizada entre el Lab. IME 5 grande y el Lab. IME 5 pequeño. _____	201
Tabla 165: Términos de adaptación espectral en Dn entre Lab. IME 5 grande y Lab. IME 5 pequeño. _____	201
Tabla 166: Términos de adaptación espectral en Dnt entre Lab. IME 5 grande y Lab. IME 5 pequeño. _____	201
Tabla 167: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global del índice de reducción acústica entre el Lab. IME 5 grande y el Lab. IME 5 pequeño. _____	202
Tabla 168: Términos de adaptación espectral en R entre Lab. IME 5 grande y Lab. IME 5 pequeño. _____	202
Tabla 169: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles entre el Lab. IME 5 grande y el Pasillo. _____	202
Tabla 170: Términos de adaptación espectral en D entre Lab. IME 5 grande y el Pasillo. _____	202
Tabla 171: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles estandarizada entre el Lab. IME 5 grande y el Pasillo. _____	203
Tabla 172: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles normalizada entre el Lab. IME 5 grande y el Pasillo. _____	203
Tabla 173: Términos de adaptación espectral en Dn entre Lab. IME 5 grande y el Pasillo. _____	203

Tabla 174: Términos de adaptación espectral en $D_{nt}$ entre Lab. IME 5 grande y el Pasillo. _____	203
Tabla 175: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles entre el Lab. IME 5 grande y el Patio exterior. _____	204
Tabla 176: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global del índice de reducción acústica entre el Lab. IME 5 grande y el Pasillo. _____	204
Tabla 177: Términos de adaptación espectral en $R$ entre Lab. IME 5 grande y el Pasillo. _____	204
Tabla 178: Términos de adaptación espectral en $D$ entre Lab. IME 5 grande y el Patio exterior. _____	204
Tabla 179: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles estandarizada entre el Lab. IME 5 grande y el Patio exterior. _____	205
Tabla 180: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles normalizada entre el Lab. IME 5 grande y el Patio exterior. _____	205
Tabla 181: Términos de adaptación espectral en $D_n$ entre Lab. IME 5 grande y el Patio exterior. _____	205
Tabla 182: Términos de adaptación espectral en $D_{nt}$ entre Lab. IME 5 grande y el Patio exterior. _____	205
Tabla 183: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global del índice de reducción acústica 45º entre el Lab. IME 5 grande y el Patio exterior _____	206
Tabla 184: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global del índice de reducción acústica entre el Lab. IME 5 grande y el Patio exterior. _____	206
Tabla 185: Términos de adaptación espectral en $R$ entre Lab. IME 5 grande y el Patio exterior. _____	206
Tabla 186: Términos de adaptación espectral en $R_{45}$ entre Lab. IME 5 grande y el Patio exterior. _____	206
Tabla 187: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles normalizada entre el Lab. IME 5 grande y la Zona exterior (desnivel). _____	207
Tabla 188: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles entre el Lab. IME 5 grande y la Zona exterior (desnivel). _____	207
Tabla 189: Términos de adaptación espectral en $D$ entre Lab. IME 5 grande y la Zona exterior (desnivel). _____	207
Tabla 190: Términos de adaptación espectral en $D_n$ entre Lab. IME 5 grande y la Zona exterior (desnivel). _____	207
Tabla 191: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global del índice de reducción acústica entre el Lab. IME 5 grande y la Zona exterior (desnivel). _____	208
Tabla 192: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles estandarizada entre el Lab. IME 5 grande y la Zona exterior (desnivel). _____	208
Tabla 193: Términos de adaptación espectral en $D_{nt}$ entre Lab. IME 5 grande y la Zona exterior (desnivel). _____	208
Tabla 194: Términos de adaptación espectral en $R$ entre Lab. IME 5 grande y la Zona exterior (desnivel). _____	208
Tabla 195: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global del índice de reducción acústica 45º entre el Lab. IME 5 grande y la Zona exterior (desnivel). _____	209
Tabla 196: Términos de adaptación espectral en $R_{45}$ entre Lab. IME 5 grande y la Zona exterior (desnivel). _____	209
Tabla 197: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles entre la Sala común y la Sala I+D. _____	209
Tabla 198: Términos de adaptación espectral en $D$ entre la Sala común y la Sala I+D. _____	209
Tabla 199: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles estandarizada entre la Sala común y la Sala I+D. _____	210
Tabla 200: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles normalizada entre la Sala común y la Sala I+D. _____	210
Tabla 201: Términos de adaptación espectral en $D_n$ entre la Sala común y la Sala I+D. _____	210
Tabla 202: Términos de adaptación espectral en $D_n T$ entre la Sala común y la Sala I+D _____	210
Tabla 203: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global del índice de reducción acústica entre la Sala común y la Sala I+D. _____	211
Tabla 204: Términos de adaptación espectral en $R$ entre la Sala común y la Sala I+D _____	211



## 1. INTRODUCCIÓN

La calidad acústica de los espacios interiores [1] constituye un aspecto fundamental en el diseño y uso de recintos destinados a actividades docentes y técnicas. En entornos como laboratorios, talleres o salas de trabajo, la presencia de maquinaria, equipos técnicos y actividad humana puede generar niveles sonoros que influyen directamente en el confort, y la percepción del espacio por parte de los usuarios. Por este motivo, el análisis acústico de este tipo de recintos resulta de gran importancia desde el punto de vista de la ingeniería acústica.

El sonido [2] puede definirse como una variación de presión que se propaga en forma de onda a través de un medio elástico y que es percibida por el oído humano. Cuando este sonido alcanza niveles elevados o resulta molesto para el receptor, se denomina ruido. La exposición continuada a niveles elevados de ruido [3] puede generar efectos negativos sobre la salud y el rendimiento, lo que justifica la necesidad de evaluar y controlar las condiciones acústicas de los espacios interiores.

El comportamiento del sonido en un recinto cerrado depende de la interacción entre tres elementos principales: la fuente sonora, el propio recinto y el receptor. La fuente sonora puede ser una persona, una máquina o cualquier equipo que emita energía acústica. El recinto actúa como medio de propagación, condicionado por su geometría y por las propiedades acústicas de las superficies que lo delimitan y el receptor es el usuario que percibe el sonido en una determinada posición del espacio [4]. La combinación de estos factores determina los niveles de ruido percibidos y la calidad acústica global del recinto.

Otro concepto clave en la evaluación acústica de espacios interiores es el aislamiento acústico [1], que describe la capacidad de un recinto para reducir la transmisión del ruido procedente del exterior o de espacios colindantes. El aislamiento se evalúa inicialmente para cada banda de frecuencia y, posteriormente, se obtienen índices globales que permiten valorar de forma más representativa el comportamiento acústico del recinto y facilitar su comparación con los requisitos normativos aplicables. En espacios destinados a actividades docentes y de trabajo, además del aislamiento acústico, resulta especialmente relevante el nivel de ruido percibido por el usuario en su puesto de trabajo.

Finalmente, la simulación acústica se presenta como una herramienta complementaria a las mediciones experimentales, ya que permite reproducir el comportamiento sonoro de un recinto a partir de su geometría y de las características acústicas de sus superficies. La comparación entre los resultados obtenidos mediante simulación y las mediciones realizadas *in situ* permite contrastar ambos enfoques y proporciona una base sólida para el análisis y la mejora de las condiciones acústicas de los espacios estudiados.

### 1.1. ANTECEDENTES

El presente Trabajo de Fin de Grado se desarrolla en el Edificio Valverde, el cual es un edificio de nueva construcción, ubicado en el campus de Elche de la Universidad Miguel Hernández. Este edificio alberga espacios docentes y laboratorios destinados a la investigación o prácticas, donde las condiciones acústicas influyen de manera directa en la inteligibilidad de la palabra y el confort acústico de los usuarios. Por tanto, la motivación del presente TFG surge de la necesidad de analizar y mejorar las condiciones acústicas de los espacios de trabajo y uso docente.



*Figura 1: Edificio Valverde en el campus de la Universidad Miguel Hernández de Elche.*



Figura 2: Ubicación del edificio Valverde en el plano del campus de la UMH de Elche.

El estudio se lleva a cabo en tres recintos, todos ellos situados en la planta baja del edificio:

- Laboratorio IME 1
- Laboratorio IME 5
- Sala común

El Laboratorio IME 1 está destinado a actividades de investigación, donde se emplea maquinaria durante el desarrollo de ensayos. En este caso, el estudio se centra principalmente en analizar el ruido generado por dichas máquinas y cómo afecta a los usuarios dentro del propio recinto. Por otro lado, es interesante estudiar la posible transmisión acústica hacia la sala pequeña colindante, que puede utilizarse como despacho de otro laboratorio y la posible transmisión acústica del pasillo hacia el laboratorio.

En el Laboratorio IME 1 existen dos máquinas, las cuales son objeto de estudio. La primera corresponde a una cámara climática de la marca Ineltec, destinada a la reproducción controlada de condiciones ambientales. La segunda es una máquina de ensayo de tracción perteneciente a la marca Zwick Roell, utilizada para la realización de ensayos mecánicos sobre materiales. Es interesante estudiar el posible impacto de dicha maquinaria sobre los usuarios que trabajen en el laboratorio.



*Figura 3: Máquina 1 - Ineltec INECC-30/150.*



*Figura 4: Máquina 2 - Zwick Roell Retroline 20 KN.*



*Figura 5: Puesto de trabajo.*

El tamaño del Laboratorio IME 1 es de 14,65x7,15x6,8 m y tiene un volumen de 712,2 m<sup>3</sup>, el tamaño de la Sala pequeña es de 3,1x3,4x2,8 m y tiene un volumen de 29,5 m<sup>3</sup>, por último, el tamaño del pasillo es de 14,65x1,8x2,8 m y tiene un volumen de 78,9 m<sup>3</sup>.

El Laboratorio IME 5, también orientado a tareas de investigación, se divide en una zona grande y otra pequeña en las que se desarrollan actividades diferenciadas. En este caso, el interés del estudio se centra en evaluar la transmisión acústica entre ambos espacios y entre el pasillo y el laboratorio.

El tamaño del Laboratorio IME 5 grande es de 13,1x7,5x2,6 m y tiene un volumen de 279,9 m<sup>3</sup>, el tamaño del Laboratorio IME pequeño es de 10x7,15x2,6 m y tiene un volumen de 213,6 m<sup>3</sup>, por último, el tamaño del pasillo es de 13,1x1,8x2,8 m y tiene un volumen de 66 m<sup>3</sup>.

Por último, la sala común, utilizada como comedor y espacio de uso social, situada junto a una sala de I+D destinada a reuniones. El estudio se centra en analizar su comportamiento acústico, especialmente en términos de inteligibilidad de la palabra y el confort acústico. Por otro lado, es interesante estudiar la posible transmisión acústica hacia la Sala de I+D.

El tamaño de la Sala común es de 13,1x6,8x2,8 m y tiene un volumen de 254 m<sup>3</sup>, por otro lado, el tamaño de la Sala I+D es de 5,8x4,8x2,8 m y tiene un volumen de 78 m<sup>3</sup>.

Las dimensiones de los recintos se han definido según el formato largo × ancho × alto, todas ellas expresadas en metros.

Además, se incluyen el área de los elementos de separación de cada recinto:

Recintos	Area de separación comun (m2)
Lab IME 1 - Sala pequeña	9,5
Lab IME 1 - Pasillo	41
Lab IME 1 - Exterior Patio	99,6
Lab IME 1 - Exterior Portón	48,6
LAB IME 5 grande - LAB IME 5 pequeño	15,5
LAB IME 5 grande - Pasillo	36,7
LAB IME 5 grande - Exterior Patio	34
LAB IME 5 grande - Exterior desnivel	18,5
Sala común - Sala I+d	13,5

Tabla 1: Valores del área de separación común entre recintos y zonas exteriores.

A continuación, se sitúan estos recintos dentro del edificio Valverde:



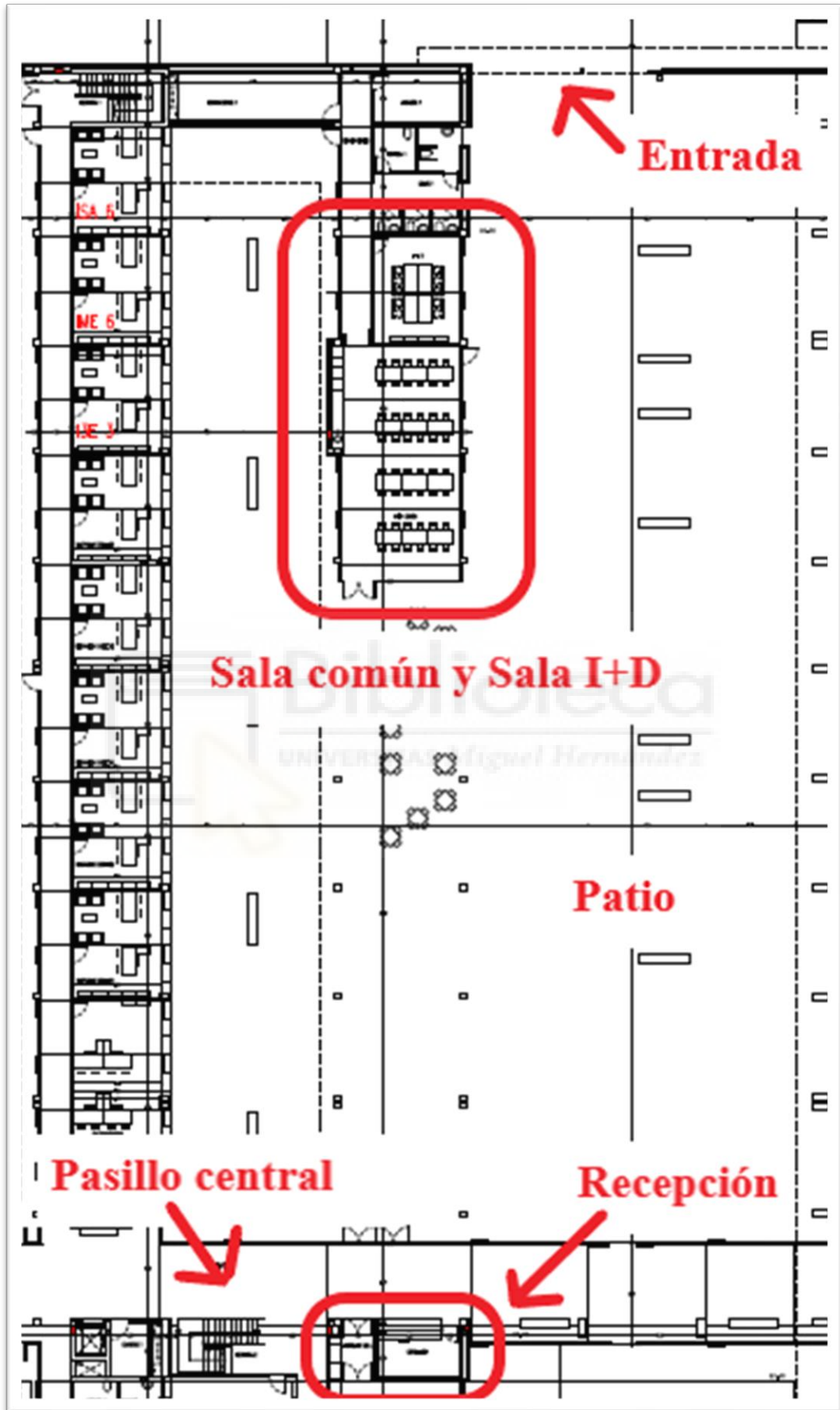


Figura 6: Ubicación de la Sala Común.

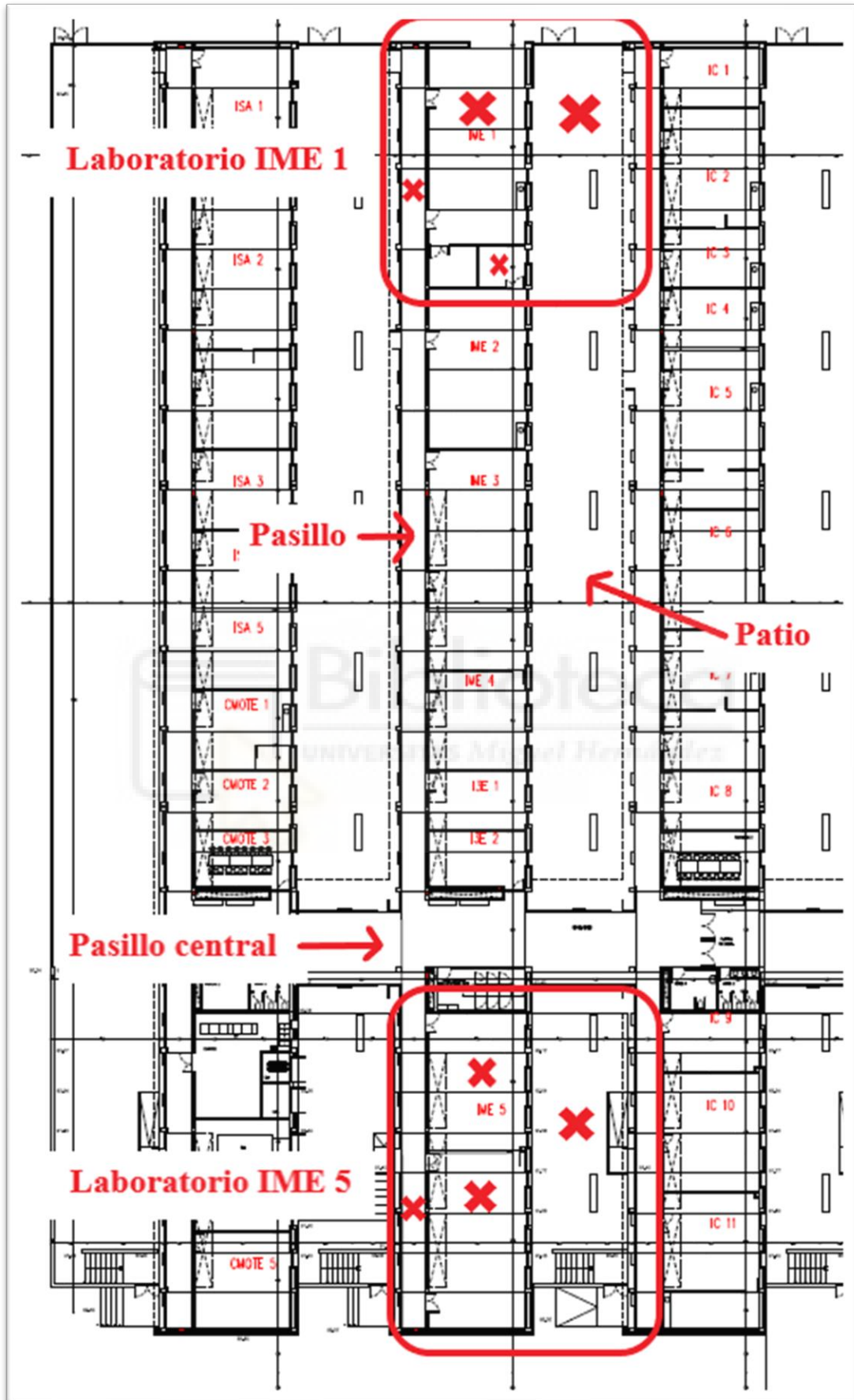


Figura 7: Ubicación del Laboratorio IME 1 e IME 5.

La Sala común es un recinto acristalado que se encuentra en la zona central del edificio frente a la recepción, para acceder hay que cruzar el patio interior. En el caso del Laboratorio IME 1 y el Laboratorio IME 5, ambos se encuentran en uno de los laterales del edificio. Para acceder a estos dos laboratorios se puede entrar por cualquiera de las dos entradas laterales hasta llegar al pasillo central, una vez superada la zona de recepción se continúa hasta el penúltimo pasillo. En ese punto el Laboratorio IME 5 se encuentra a mano izquierda y el Laboratorio IME 1 a mano derecha, siendo las últimas dos puertas situadas al final del pasillo.

El laboratorio IME 1 cuenta con recintos colindantes exteriores, concretamente un patio ajardinado y una zona exterior perteneciente al campus, situada entre los edificios Altet y Altabix. Por otro lado, el Laboratorio IME 5 también cuenta con recintos colindantes exteriores, concretamente un patio ajardinado y una zona exterior perteneciente al campus, en este caso es el propio parking del edificio Valverde.

En este contexto, se revisan los antecedentes, se expone la normativa aplicable al estudio acústico desarrollado, así como los índices acústicos relevantes y por último se presentan los objetivos del Trabajo Fin de Grado.

## 1.2. ESTADO DEL ARTE

En este apartado se va a ver una revisión de trabajos de fin de grado anteriores relacionados con el campo de la ingeniería acústica. Los trabajos seleccionados se han elegido por su relación con las mediciones acústicas y el análisis del comportamiento acústico de recintos. Algunos de ellos se centran en la forma de realizar las medidas y en el uso del equipo, mientras que otros estudian el aislamiento y el acondicionamiento acústico de distintos espacios. Estos trabajos sirven como base y referencia para el desarrollo de este proyecto, que se centra en la caracterización acústica de varios recintos a partir de mediciones in situ.

-Caracterización de entorno acústico y adecuación de equipo de ensayos para la realización de mediciones sonoras en máquinas. TFG de Guillermo Rodríguez Salvador, Universidad Miguel Hernández de Elche, 2025. [6]

Este Trabajo Fin de Grado se centra en el estudio experimental del sonido y la contaminación acústica, abordando la medición y análisis de parámetros acústicos en un

entorno controlado. El objetivo principal del proyecto es definir y aplicar una metodología de trabajo para el uso adecuado de un sistema de adquisición de datos en mediciones acústicas, garantizando la fiabilidad y utilidad de los resultados obtenidos.

Para ello, se caracteriza previamente una sala acústica con el fin de comprobar su aislamiento frente al ruido exterior y asegurar condiciones adecuadas de medida. Posteriormente, se realizan mediciones acústicas *in situ* empleando una fuente sonora omnidireccional y distintos puntos de captación mediante micrófonos conectados al sistema de adquisición de datos. Los resultados obtenidos se comparan con mediciones realizadas mediante un sonómetro, permitiendo evaluar la precisión del sistema y validar su aplicación en estudios acústicos.

-Estudio preliminar para la puesta en marcha de un sistema de fuente sonora artificial para la medida de ruido de rodadura en banco de neumáticos. TFG de Jorge Rocamora Martínez, Universidad Miguel Hernández de Elche, año 2020. [7]

Este Trabajo Fin de Grado se centra en el estudio experimental del ruido de rodadura generado por neumáticos mediante ensayos en banco. El objetivo principal es analizar de forma preliminar la emisión sonora de un neumático rodando en banco de ensayos, a partir de la medición de niveles sonoros en posiciones equivalentes al método CPX, con el fin de aportar una base experimental para futuros estudios sobre la influencia de la curvatura del tambor en la emisión y propagación del ruido de rodadura.

-Análisis de las características acústicas de un aula para docencia semipresencial de José Antonio Puche Hernández. Universidad de Cartagena, 2022. [8]

Este Trabajo Fin de Grado se centra en el análisis del comportamiento acústico del aula 302 del Cuartel de Instrucción de Marinería, edificio que alberga la Escuela Técnica Superior de Arquitectura y Edificación de la Universidad Politécnica de Cartagena, mediante el estudio de sus condiciones de acústica arquitectónica a partir de mediciones realizadas *in situ* y su análisis mediante simulación acústica.

El objetivo del trabajo es evaluar si el aula presenta una calidad acústica adecuada para el desarrollo de la actividad docente, garantizando una correcta inteligibilidad de la palabra y determinando su idoneidad para su uso en modalidades de enseñanza presencial, semipresencial u online.

-Estudio de sala de control y estudio de grabación en la Escuela Politécnica. TFG Pablo Barrantes Pérez, Universidad de Extremadura, 2022. [9]

Este Trabajo Fin de Grado se centra en el estudio del diseño y el comportamiento acústico de un estudio de grabación, abordando su análisis desde el punto de vista de la ingeniería acústica ante la escasez de bibliografía técnica en español sobre este tipo de recintos.

El objetivo principal del trabajo es recopilar y estructurar la información necesaria para definir un método acústico adecuado que permita la correcta valoración y diseño de estudios de sonido. Para ello, se evalúa el comportamiento acústico del estudio de grabación mediante el uso de equipos de medida, la aplicación de normativa y el empleo de software acústico, con el fin de proponer mejoras acústicas. Adicionalmente, el trabajo incluye la instalación y conexión de los equipos, con el objetivo de adquirir conocimientos prácticos de ingeniería de sonido y facilitar una correcta implementación técnica en este tipo de espacios.

### 1.3. NORMATIVA APLICABLE

Para la caracterización acústica, la evaluación del acondicionamiento y aislamiento de los recintos, además del estudio de la influencia del ruido procedente de maquinaria en el entorno de trabajo se debe cumplir con la normativa vigente en materia de seguridad laboral, medioambiental y acústica que se muestra a continuación:

-Norma UNE-EN ISO 16283-1:2015 [10]: Medición *in situ* del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.

Esta norma define la metodología y los ensayos necesarios para evaluar el comportamiento del aislamiento acústico entre recintos interiores de un edificio, estableciendo los criterios y procedimientos que deben seguirse durante su análisis.

-Norma UNE-EN ISO 16283-3:2016 [11]: Medición *in situ* del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 3: Aislamiento a ruido de fachada.

Orientada a la determinación y valoración del aislamiento acústico de las fachadas en edificios.

-Norma UNE-EN ISO 3382-2:2008 [12]: Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios.

Establece la metodología que debe aplicarse para medir y analizar el tiempo de reverberación en el interior de un recinto, definiendo el procedimiento de evaluación correspondiente.

-Norma UNE-EN ISO 717-1:2021 [13]: Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.

Define los índices globales utilizados para caracterizar el aislamiento acústico frente al ruido aéreo en edificios y en distintos elementos constructivos, como cerramientos verticales, forjados, puertas y ventanas.

-CTE-DBHR: Código técnico de la edificación. Documento básico de protección frente al ruido [14].

Este documento servirá como referencia para comprobar si los recintos estudiados cumplen con los valores mínimos exigidos en materia de aislamiento acústico y acondicionamiento acústico.

El Documento Básico DB-HR, referente a la protección frente al ruido, se desarrolla mediante el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, dentro del marco del Código Técnico de la Edificación aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y modificado posteriormente por el Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre.

- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido. BOE. [15]

Se utiliza como referencia general para el control del ruido y para la protección de las personas frente a sus efectos, con el objetivo de garantizar unas condiciones acústicas adecuadas.

Se desarrolla mediante el Real Decreto 1513/2005, relativo a la evaluación y gestión del ruido ambiental, el Real Decreto 1367/2007, que establece la zonificación acústica, los objetivos de calidad acústica y las emisiones acústicas, y el Real Decreto 1371/2007, por el que se aprueba el Documento Básico DB-HR del Código Técnico de la Edificación, relativo a la protección frente al ruido en los edificios.

Las normas UNE-EN ISO empleadas en este estudio establecen los métodos de medición acústica utilizados para la caracterización de los recintos. El CTE-DBHR define los requisitos y valores mínimos que se deben cumplir.

-Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de protección contra la contaminación acústica. [16]

Esta ley establece el marco de actuación para el control del ruido en el territorio autonómico y define los criterios generales de planificación, evaluación y gestión de la contaminación acústica.

En el ámbito autonómico, la Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat, de protección contra la contaminación acústica, se desarrolla mediante el Decreto 104/2006, del Consell, en el que se regulan los instrumentos de planificación, evaluación y control del ruido en la Comunidad Valenciana, así como las condiciones aplicables a las actividades potencialmente generadoras de contaminación acústica. Asimismo, en relación con la protección de los usuarios y trabajadores frente a la exposición al ruido, se tendrá en consideración lo establecido en el Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido.

-DTIE 2.04: Documento Técnico de Instalaciones en la Edificación. Acústica en instalaciones de climatización: casos prácticos. [17]

Este documento indica el procedimiento de cálculo a emplear para la estimación del nivel de presión sonora, proveniente de maquinaria, percibido por un usuario en el puesto de trabajo. Cabe destacar que este documento no es de obligado cumplimiento, sin embargo, se ha utilizado como referencia de metodología a seguir.

-NORMA UNE-EN ISO 3747:2010 [18]: Determinación de los niveles de potencia acústica y de los niveles de energía acústica de las fuentes de ruido utilizando la presión acústica. Métodos de ingeniería/peritaje para la utilización *in situ* en un entorno reverberante.

Para la evaluación del ruido de la maquinaria, se sigue la norma indicada únicamente como guía metodológica para la medición *in situ* de los niveles de presión acústica en condiciones de funcionamiento.

## 1.4. ÍNDICES ACÚSTICOS

En este apartado se describen los principales índices acústicos utilizados para la caracterización acústica de los recintos. Estos parámetros permiten evaluar el comportamiento de los espacios en términos de acondicionamiento y aislamiento acústico.

### 1.4.1 TIEMPO DE REVERBERACIÓN, $T_{20}$

Es el tiempo, en s, necesario para que el nivel de presión sonora disminuya 20 dB después del cese de la fuente, generalmente este valor se expresa en función de la frecuencia. [2]

### 1.4.2 TIEMPO DE REVERBERACIÓN, $T_{30}$

Es el tiempo, en s, necesario para que el nivel de presión sonora disminuya 30 dB después del cese de la fuente, generalmente este valor se expresa en función de la frecuencia. [2]

### 1.4.3 EARLY DECAY TIME, EDT

Es el tiempo, en s, necesario para que el nivel de presión sonora disminuya 10 dB después del cese de la fuente, generalmente este valor se expresa en función de la frecuencia. Describe la sensación inicial de reverberación que percibe el oído humano. [2]

### 1.4.4 ÁREA DE ABSORCIÓN ACÚSTICA EQUIVALENTE, $A$

Es la cantidad de energía acústica, en  $m^2$ , absorbida por un recinto, generalmente este valor se expresa en función de la frecuencia. Depende del tiempo de reverberación. [10]

### 1.4.5 DIFERENCIA DE NIVELES ENTRE RECINTOS, $D$

Es la diferencia, en dB, entre los niveles medios de presión sonora producidos en dos recintos por la acción de una o varias fuentes de ruido emitiendo en uno de ellos, generalmente este valor se expresa en función de la frecuencia. Se conoce también como el aislamiento acústico bruto entre recintos. [10]

### 1.4.6 DIFERENCIA DE NIVELES NORMALIZADA, $D_n$

Es la diferencia, en dB, entre los niveles medios de presión sonora producidos en dos recintos por la acción de una o varias fuentes de ruido emitiendo en uno de ellos, generalmente este valor se expresa en función de la frecuencia. Además, este índice tiene en cuenta el área de absorción acústica equivalente del recinto receptor y un área de absorción acústica equivalente de referencia. [10]

#### *1.4.7 DIFERENCIA DE NIVELES ESTANDARIZADA, $D_{nT}$*

Es la diferencia, en dB, entre los niveles medios de presión sonora producidos en dos recintos por la acción de una o varias fuentes de ruido emitiendo en uno de ellos, generalmente este valor se expresa en función de la frecuencia. Además, este índice tiene en cuenta el tiempo de reverberación del recinto receptor y un tiempo de reverberación de referencia. [10]

#### *1.4.8 DIFERENCIA DE NIVELES ESTANDARIZADA EN FACHADAS EN CONTACTO CON EL AIRE EXTERIOR, $D, 2m, nT$*

Es la diferencia, en dB, entre los niveles medios de presión sonora producidos en un recinto y el exterior por la acción de una o varias fuentes de ruido emitiendo en el exterior, generalmente este valor se expresa en función de la frecuencia. Además, este índice tiene en cuenta el tiempo de reverberación del recinto receptor y un tiempo de reverberación de referencia. [11]

#### *1.4.9 ÍNDICE DE REDUCCIÓN ACÚSTICA, $R$*

Es el aislamiento acústico, en dB, de un elemento constructivo entre recintos interiores, generalmente este valor se expresa en función de la frecuencia. Este índice depende del área de absorción acústica equivalente del recinto receptor y de el área del elemento constructivo. [10]

#### *1.4.10 ÍNDICE DE REDUCCIÓN ACÚSTICA, $R_{45^\circ}$*

Es el aislamiento acústico, en dB, de un elemento constructivo entre un recinto interior y el exterior cuando la fuente se encuentra a  $45^\circ$  de la fachada, generalmente este valor se expresa en función de la frecuencia. Este índice depende del área de absorción acústica equivalente del recinto receptor y del área del elemento constructivo. [11]

#### *1.4.11 ÍNDICE DE RUIDO DÍA, $L_d$*

Es el índice de ruido asociado a la molestia durante el periodo día y definido como el nivel sonoro medio a largo plazo, determinado a lo largo de todos los periodos día de un año, se expresa en dB. [14]

#### *1.4.12 ESPECTRO SONORO Y TERMINOS DE ADAPTACIÓN ESPECTRAL*

El espectro sonoro es la representación de la distribución de energía de un sonido en función de sus frecuencias componentes. Por otro lado, los términos de adaptación espectral, C y Ctr son correcciones que se aplican a los espectros sonoros y permiten tener en cuenta el tipo de ruido según su contenido en frecuencias, ya que el aislamiento es

menos eficaz frente a bajas frecuencias. El término C representa ruidos de voz o actividad interior, mientras que Ctr se asocia a ruidos con mayor presencia de graves, como el tráfico o la maquinaria. [13]

Los valores obtenidos durante el estudio se analizan en función de la frecuencia, lo que permite representar su comportamiento a lo largo del espectro de frecuencias. El espectro de frecuencias describe cómo se distribuye la energía acústica en las diferentes frecuencias. Para facilitar su análisis, los resultados se expresan en bandas de frecuencia normalizadas, empleando bandas de octava o de tercio de octava según el nivel de detalle requerido.

Las bandas de octava utilizadas habitualmente presentan frecuencias centrales de 125, 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz, proporcionando una visión general del comportamiento acústico. Por otra parte, las bandas de tercio de octava subdividen cada banda de octava en tres intervalos más estrechos, con frecuencias centrales como 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500 y 3150 Hz, lo que permite un análisis más detallado del comportamiento acústico.

### *1.5 VALORES LÍMITE ESTABLECIDOS POR EL DBHR*

En este apartado se incluyen los valores límite establecidos en el CTE-DBHR que se emplean como referencia para comprobar el grado de cumplimiento de las exigencias acústicas. Cabe destacar que los límites establecidos se compararán con los valores globales obtenidos, que se calculan a partir de los resultados por bandas de frecuencia y representan el comportamiento acústico del recinto mediante un único valor.

Los laboratorios IME1 e IME5 presentan un uso mixto, al combinar la presencia de maquinaria con actividades docentes y de trabajo que implican la permanencia habitual de personas. Al poder asociarse a distintos tipos de recinto y dado que, cuando un mismo espacio puede tener varios usos, debe adoptarse el criterio más exigente, ambos laboratorios se consideran recintos habitables.

La sala común se utiliza como zona de estancia y comedor de carácter social, con permanencia habitual de personas y sin presencia de maquinaria ni fuentes de ruido significativas, por lo que también se clasifica como un recinto habitable.

En este tipo de edificios, cada aula, laboratorio o despacho constituye una unidad de uso independiente, mientras que los pasillos se consideran zonas comunes al dar servicio a varios recintos. En el caso del laboratorio IME 1, este colinda con un despacho, con un pasillo y con el exterior. El laboratorio IME 5 limita con otro laboratorio, además de con un pasillo y con el exterior, mientras que la sala común colinda con un despacho de reuniones. De este modo, las situaciones analizadas corresponden a separaciones entre recintos de distinta unidad de uso, así como a recintos en contacto con zonas comunes y con el exterior.

### 1.5.1 VALORES LÍMITE DE AISLAMIENTO

Se exponen los valores mínimos de aislamiento acústico exigidos por el DBHR.

Cabe destacar que, para determinar los límites de aislamiento entre los recintos habitables y el exterior, es necesario conocer el índice de ruido día,  $L_d$ , de la zona donde se ubica el edificio. Para ello, se ha consultado el mapa estratégico de ruido elaborado por la Universidad Miguel Hernández en el año 2021. En dicho mapa se observa que la zona del campus donde se encuentra el edificio presenta niveles de ruido día inferiores a 55 dB.

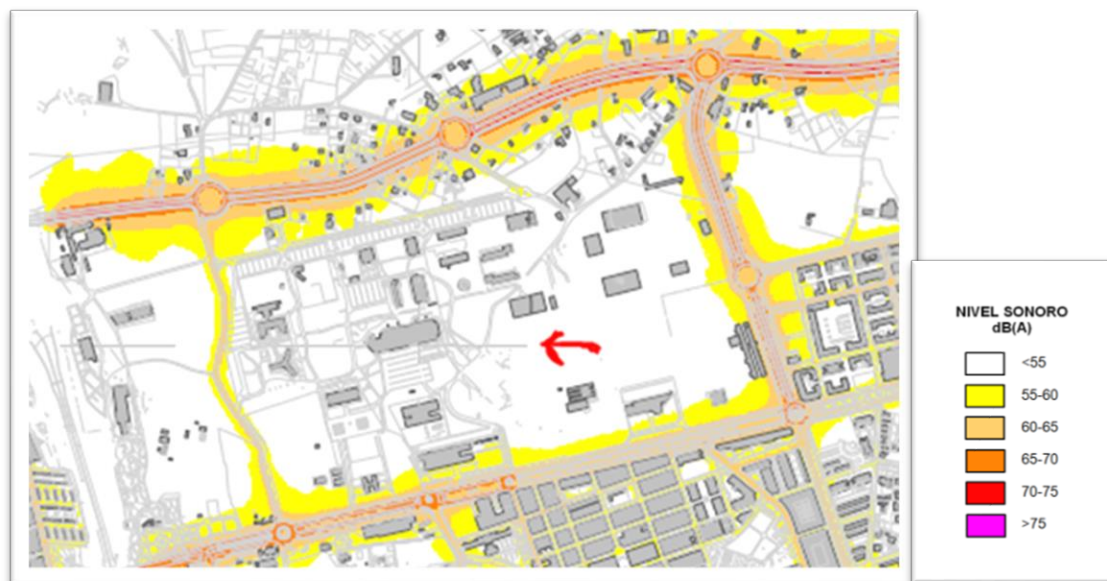


Figura 8: Mapa estratégico de ruido elaborado por la UMH. [20]

Dicho índice ruido día se utiliza para poder escoger un valor mínimo a cumplir de Diferencia de niveles estandarizada en fachadas en contacto con el aire exterior,  $D_{2m,nT}$  en la figura proporcionada por el código técnico.

$L_d$ dBA	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario <sup>(1)</sup> , docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

<sup>1)</sup> En edificios de uso no hospitalario, es decir, edificios de asistencia sanitaria de carácter ambulatorio, como despachos médicos, consultas, áreas destinadas al diagnóstico y tratamiento, etc.

Figura 9: Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo entre un recinto habitable y el exterior en función del índice ruido día. [14]

Para el Laboratorio IME 1, sus recintos colindantes y el exterior se establecen los siguientes límites:

- Entre el laboratorio y la sala pequeña, la cual es posible que se use como despacho, la diferencia de niveles estandarizada,  $D_{nT}$ , no será menor que 45 dB.
- Entre el laboratorio y el pasillo, dado que comparten dos puertas, el índice de reducción acústica,  $R$ , del cerramiento no será menor que 50 dB.
- Entre el laboratorio y el exterior la diferencia de niveles estandarizada,  $D_{2m,nT}$ , no será menor que 30 dB, ya que el uso del edificio es docente.

Para el laboratorio IME 5, el cual está dividido en dos salas, sus recintos colindantes y el exterior se establecen los siguientes límites:

- Entre el laboratorio grande y el laboratorio pequeño, dado que comparten una puerta que comunica ambos, el índice de reducción acústica,  $R$ , del cerramiento no será menor que 50 dB.
- Entre el laboratorio y el pasillo, dado que comparten dos puertas, el índice de reducción acústica,  $R$ , del cerramiento no será menor que 50 dB.
- Entre el laboratorio y el exterior la diferencia de niveles estandarizada,  $D_{2m,nT}$ , no será menor que 30 dB, ya que el uso del edificio es docente.

Para la Sala común y su único recinto colindante se establecen el siguiente límite:

- Entre la Sala común y la Sala I+D, la cual se utiliza para reuniones, la diferencia de niveles estandarizada, DnT, no será menor que 45 dB.

### *1.5.2 VALORES LÍMITE DE REVERBERACIÓN*

Se exponen los valores mínimos de acondicionamiento acústico exigidos por el DBHR.

Cabe destacar que, los dos laboratorios son de investigación en un entorno universitario, en el código técnico no se especifica nada acerca de esto ya que es un caso específico. En el libro de Diseño acústico de espacios arquitectónicos de Carrion Isbert [3] se exponen valores recomendados de tiempo de reverberación, en este caso se escoge el de una Sala polivalente, cuyos valores deben estar entre 1,2 y 1,5 segundos. Se establecen los siguientes límites:

- Para el Laboratorio IME 1 y Laboratorio IME 5, considerados como salas polivalentes, el tiempo de reverberación no debe superar los 1,5 segundos.
- Para la Sala común, considerada como un comedor, el tiempo de reverberación no debe superar los 0,9 segundos.

### *1.5.3 VALORES LIMITE PARA EL CONFORT ACÚSTICO*

Con el objetivo de valorar los resultados obtenidos de los niveles de recepción del usuario situado en el espacio de trabajo del Laboratorio IME 1, correspondientes al sonido percibido procedente de la maquinaria, se recurre a la comparación de dichos niveles con las curvas NC, “Noise criterio” y NR, “Noise Rating”.

Las curvas NC [1] son un conjunto de curvas de referencia, utilizadas de forma generalizada para establecer los niveles de ruido máximos recomendables para diferentes tipos de recintos en función de su aplicación. Se dice que un recinto cumple una determinada especificación NC cuando los niveles de ruido medidos en cada una de las bandas de octava están por debajo de la curva NC correspondiente. Estas curvas son de origen americano y están enfocadas al confort general en recintos ocupados.

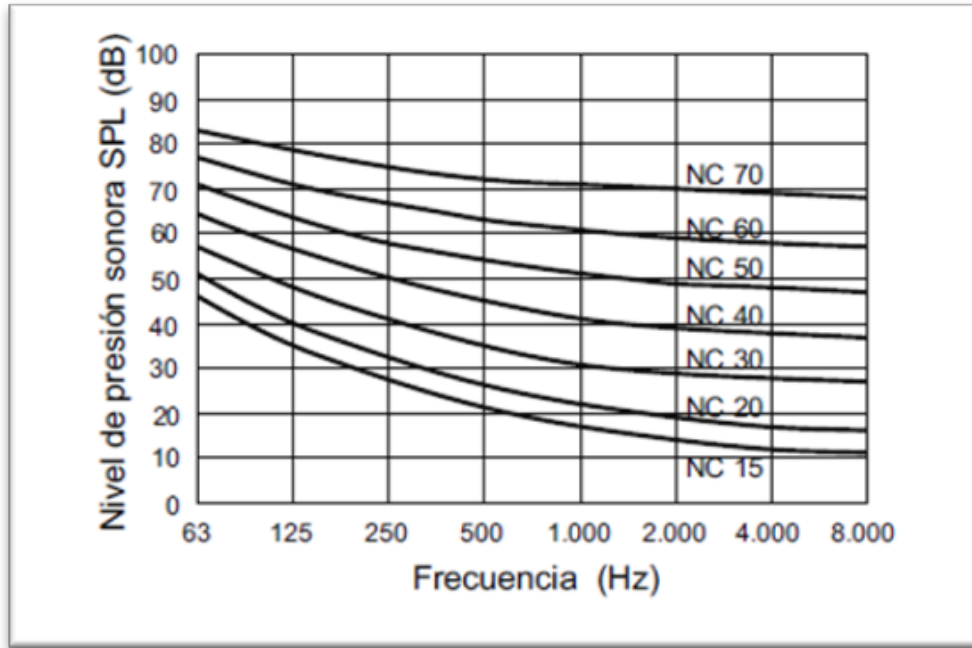


Figura 10: Curvas de criterio de ruido (NC) en función de la frecuencia. [1]

TIPOS DE RECINTOS	CURVA NC RECOMENDADA	EQUITVALENCIA EN dBA
Estudios de grabación	15	28
Salas de conciertos y teatros	15-25	28-38
Hoteles (habitaciones individuales)	20-30	33-42
Salas de conferencias / Aulas	20-30	33-42
Despachos de oficinas / Bibliotecas	30-35	42-46
Hoteles (vestibulos y pasillos)	35-40	46-50
Restaurantes	35-40	46-50
Salas de ordenadores	35-45	46-55
Cafeterías	40-45	50-55
Polideportivos	40-50	50-60
Talleres (maquinaria ligera)	45-55	55-65
Talleres (maquinaria pesada)	50-65	60-75

Figura 11: Criterios de ruido de fondo recomendados (NC) para diferentes tipos de recintos. [1]

Siguiendo los criterios de ruido recomendados, se establecen los siguientes límites:

- La curva de nivel de presión sonora que percibe el usuario no debe superar la curva NC 30, cuya equivalencia son 42 dBA.

Se ha seleccionado dicha curva debido a que se trata de un entorno de investigación en el que los usuarios permanecen durante periodos prolongados. Asimismo, es necesario

garantizar unas condiciones acústicas adecuadas que permitan una correcta inteligibilidad de la palabra, facilitando la comunicación entre los usuarios y, en caso de uso docente, la transmisión de la información por parte del profesor.

## 1.6 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO

El objetivo principal de este Trabajo Fin de Grado es caracterizar acústicamente distintos espacios interiores destinados a usos docentes y de trabajo, así como los focos sonoros que se encuentran en el interior mediante la realización de mediciones experimentales *in situ*. En concreto, se desea analizar tres salas con características y usos diferentes, para evaluar cómo influyen la geometría, los materiales y la actividad desarrollada en cada recinto sobre las condiciones acústicas existentes.

A partir de las mediciones realizadas, se desea estudiar los índices acústicos en cada recinto en bandas de frecuencia de octava y tercio de octava, los cuales se utilizan con el propósito del cálculo de los valores de aislamiento acústico correspondientes a cada frecuencia. Posteriormente, estos valores se pueden emplear para realizar los cálculos necesarios que permiten obtener los índices globales de aislamiento, que son los que resultan más representativos para la evaluación acústica del recinto. En el caso de la sala en la que existe presencia de maquinaria, se debe prestar especial atención al nivel de ruido percibido por el usuario en la zona de trabajo, con el propósito de evaluar su impacto mediante la comparación con curvas de referencia de ruido NC.

De forma complementaria, se desea desarrollar una simulación acústica de las tres salas estudiadas, con el objetivo de reproducir su comportamiento sonoro en condiciones normales y poder contrastar los resultados obtenidos mediante simulación con las mediciones realizadas *in situ*. Esta comparación sirve para validar el modelo virtual, comprobando su capacidad para representar de manera adecuada el comportamiento acústico real de los recintos analizados. De este modo, la simulación se convierte en una herramienta útil para el estudio de escenarios alternativos y para el análisis del efecto de distintas soluciones de acondicionamiento acústico.

Finalmente, es de gran interés analizar la aplicación de una solución de acondicionamiento acústico en las tres salas, estudiando su efecto mediante la comparación entre la simulación en condiciones normales y la simulación con la solución adoptada. Esta comparación permite evaluar la eficacia de la solución propuesta y su

influencia en la mejora de las condiciones acústicas de los recintos analizados. Asimismo, es conveniente indicar los materiales necesarios para la aplicación de dicha solución, así como la empresa de la que proceden, con el fin de que, en caso de resultar de interés, sea posible estimar su viabilidad y solicitar un presupuesto basado en los elementos y cantidades definidos.



## 2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Con el objetivo de obtener los datos necesarios para la posterior caracterización acústica de las salas objeto de estudio, se realizan una serie de ensayos acústicos diferenciados en dos partes. En primer lugar, se llevan a cabo ensayos destinados a la determinación del aislamiento acústico de las salas y en segundo lugar se realizan ensayos específicos de medición del tiempo de reverberación en los recintos de mayor volumen seleccionados por su interés acústico de cara al ámbito laboral y social.

Por último, se realizan ensayos destinados a evaluar el impacto acústico de la maquinaria en el entorno de trabajo, mediante la medición de los niveles de ruido generados durante su funcionamiento.

Las mediciones se deben llevar a cabo conforme las directrices establecidas en las normas UNE-EN ISO 16283-1, UNE EN ISO 16283-3 para los niveles de presión acústica, la UNE-EN ISO 3382-2 para los tiempos de reverberación.

Los ensayos se llevaron a cabo los días 12,14,18 y 25 de noviembre de 2025, además del día 28 de enero desde las 10:00h hasta las 14:00h en las inmediaciones del edificio Valverde.

### 2.1 CRITERIOS NORMATIVOS APLICADOS A LAS MEDICIONES

Es imperativo calibrar el sonómetro, conforme establece el apartado 4.2 de la norma, mediante un calibrador acústico el cual produce un nivel de presión sonora nominal estable de 93,7 dB a una frecuencia de 1000Hz, esto se debe llevar a cada antes de cada jornada de ensayos.

En ambas normas, UNE-EN ISO 16283 partes 1 y 3, el apartado 5 establece que, *“Todas las magnitudes se deben medir utilizando filtros en bandas de tercio de octava conteniendo al menos las siguientes frecuencias centrales, en hercios:*

*“100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150”.*

En el caso de que un recinto sea inferior a 25 m<sup>3</sup> se deben utilizar las bandas de tercio de octava, en hercios:

*“50, 63, 80”.*

### 2.1.1 *NORMATIVA APLICADA EN LAS MEDICIONES IN SITU ENTRE RECINTOS INTERIORES PARA LA DETERMINACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO*

Esta normativa es la correspondiente a la primera parte de la UNE-EN ISO 16283.

Según el apartado 6 de la norma, *“Las mediciones requeridas incluyen los niveles de presión acústica en ambos recintos con la(s) fuente(s) funcionando, el ruido de fondo en el recinto receptor cuando todas las fuentes están apagadas y los tiempos de reverberación en el recinto receptor”*.

Es imprescindible definir el recinto emisor y receptor, para ello el anexo C.2.1 establece que: *“Se debería escoger el recinto de mayor volumen como el recinto emisor”*, por tanto, el recinto receptor debe ser el de menor volumen.

Se debe utilizar un ruido rosa como señal de ruido de banda ancha tal y como se indica en el apartado 7.2.1 de la norma.

Según el apartado 7.2.2 de la norma, *“La distancia entre los límites del recinto y el altavoz debe ser al menos de 0,5 m y debería ser de al menos 1,0 m cuando el límite es el elemento de separación. Las diferentes posiciones del altavoz no se deben colocar dentro de los planos paralelos a los límites del recinto que estén a menos de 0,7 m el uno del otro. La distancia entre las diferentes posiciones debe ser de al menos 0,7 m. Al menos dos posiciones deben estar al menos a 1,4 m la una de la otra. A la hora de medir el aislamiento a ruido aéreo de un suelo con el(los) altavoz(es) en el recinto superior, la base del (de los) altavoz(es) debe estar al menos a 1,0 m por encima del suelo”*.

Por otro lado, el apartado 7.3.2 b) de la norma dice, *“Cuando se utiliza un único altavoz, se deben utilizar un mínimo de cinco posiciones de micrófono en cada recinto para cada posición del altavoz (los conjuntos adicionales de posiciones de micrófono pueden ser diferentes del primer conjunto de posiciones). Cada conjunto de posiciones de micrófono se debe distribuir dentro del espacio máximo permitido a lo largo de cada recinto. No debe haber dos posiciones de micrófono en el mismo plano con respecto a los límites del recinto y las posiciones no deben estar en una retícula rectangular”*.

En lo referente a posiciones del micrófono, el apartado 7.6 de la norma dice, *“Para el procedimiento por defecto, las siguientes distancias de separación son los valores mínimos y deben sobrepasarse siempre que sea posible:*

- a) *0,7 m entre las posiciones de micrófono fijas;*

- b) 0,5 m entre cualquier posición de micrófono y los límites del recinto;
- c) 1,0 m entre cualquier posición de micrófono y el altavoz.

Para el tiempo de promediado, es decir, el intervalo temporal el cual registra y promedia energéticamente el nivel de presión sonora en una determinada posición de medida, la norma dice, “El tiempo de promediado en cada posición de micrófono individual debe ser al menos 6 s en el rango de frecuencias de 100 Hz a 400 Hz. Para 500 Hz a 5000 Hz, está permitido reducir el tiempo a no menos de 4 s”.

El apartado 9.2 de la norma establece que, “Para los procedimientos por defecto y de baja frecuencia, el nivel de ruido de fondo debe ser al menos de 6 dB (y preferiblemente más de 10 dB) por debajo del nivel de señal y el ruido de fondo combinado a cada banda de frecuencia. Si la diferencia de niveles es inferior a 10 dB pero superior a 6 dB, se calculan las correcciones del nivel de presión acústica promediado energéticamente y el nivel de presión acústica de la esquina haciendo uso de la fórmula:

$$L = 10 \lg (10^{L_{sb}/10} - 10^{L_b/10}) \quad (1)$$

donde:

- L es el nivel de señal corregido, en decibelios;
- $L_{sb}$  es el nivel de señal y del ruido de fondo combinados, en decibelios;
- $L_b$  es el nivel del ruido de fondo, en decibelios.

Si la diferencia en niveles es inferior o igual a 6 dB en cualquiera de las bandas de frecuencia, se utiliza la corrección de 1,3 dB”.

En cuanto al tiempo de reverberación, parámetro crucial para llevar a cabo la normalización de los niveles de presión sonora medidos, el apartado 10.1 de la norma dice, “Este capítulo describe el procedimiento por defecto que se debe utilizar en el recinto receptor para todas las mediciones del tiempo de reverberación. Los tiempos de reverberación se deben medir haciendo uso del método interrumpido o del método de respuesta de impulso integrada. El rango de evaluación preferido es de 20 dB”.

Seguidamente el apartado 10.5 de la norma indica en lo relativo a el método de ruido interrumpido, *“Para posiciones del micrófono fijas o de mano, el número mínimo de mediciones requerido para cada banda de frecuencias es seis. Se debe utilizar al menos una posición del altavoz con tres posiciones del micrófono fijas y dos mediciones en cada posición, o seis posiciones del micrófono fijas y una medición en cada posición”*.

### 2.1.2 *NORMATIVA APLICADA EN LAS MEDICIONES IN SITU ENTRE EL EXTERIOR Y RECINTOS INTERIORES PARA LA DETERMINACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO*

Esta normativa es la correspondiente a la tercera parte de la UNE-EN ISO 16283.

Presenta una estructura y metodología igual a la UNE-EN ISO 16283-1 en cuanto a las frecuencias, tiempos de promediados y a las posiciones de los micrófonos en el recinto interior, no obstante, introduce diferencias específicas adaptando el procedimiento de ensayo a las condiciones particulares de la medición frente al ruido exterior. Cabe destacar que la fuente es colocada en el exterior ya que este es considerado el área emisora.

En lo referente a las posiciones del altavoz y el micrófono en exteriores, el apartado 9.2 de la norma dice, *“El altavoz se coloca en una o más posiciones fuera del edificio a una distancia  $D$  de la fachada, con el ángulo de incidencia del sonido a  $45^\circ \pm 5^\circ$ . El nivel de presión acústica medio se determina o bien directamente sobre la muestra de ensayo (por el método por elementos) o a 2 m delante de la fachada (por el método global), así como en el recinto receptor para poder calcular el índice de reducción acústica aparente  $R'_{45}$ , o la diferencia de nivel,  $D_{1s,2m}$ ”*.

El apartado 9.4 de la norma establece que, *“Se escoge la posición del altavoz y la distancia,  $D$ , hasta la fachada, de manera que la variación de nivel de presión acústica sobre la muestra de ensayo sea mínima. Para ello, se debería colocar el altavoz preferiblemente sobre el suelo, o lo más alto del suelo como sea posible en la práctica. La distancia,  $r$ , desde el altavoz hasta el centro de la muestra de ensayo, debe ser de al menos 5 m ( $D > 3,5m$ ) para el método por elementos con altavoz, y de al menos 7m ( $D > 5m$ ) para el método global con altavoz. El ángulo de la incidencia sonora debe ser de  $45^\circ \pm 5^\circ$ ”*.

A continuación, se muestra una figura donde se expone como debe colocarse la fuente:

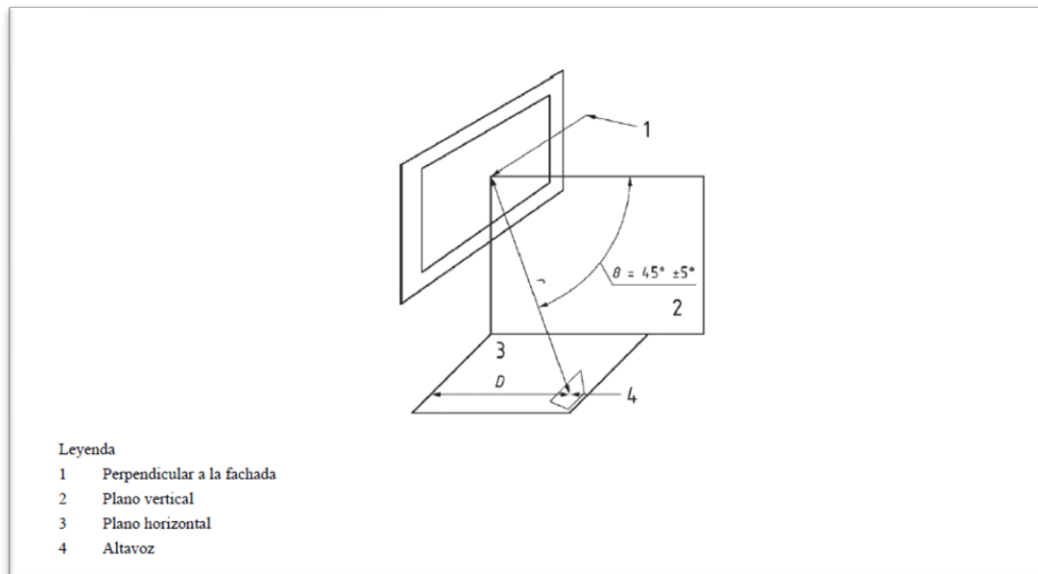


Figura 12: Croquis para la posición de la fuente frente a fachadas. [11]

En cuanto al método global con altavoz, el apartado 9.6.1 dice que, “Se determina el nivel de presión acústica medio en el exterior a una distancia de 2 m delante de la fachada,  $L_{1,2m}$ , ya sea con el micrófono en el exterior de la fachada, en el centro de la superficie de la fachada a una distancia  $(2 \pm 0,2)$  m del plano de la fachada o a 1 m de la balaustrada o de cualquier saliente similar. La altura del micrófono debe ser de 1,5 m por encima del suelo del recinto receptor”.

### 2.1.3 *NORMATIVA APLICADA PARA LAS MEDICIONES IN SITU DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN*

Esta normativa es correspondiente a la UNE-EN ISO 3382-2.

Los resultados de las mediciones obtenidas aplicando esta norma se deben usar para realizar una comparación con los requisitos del tiempo de reverberación en los recintos.

El apartado 4.1 de la norma dice, “El número de personas presentes puede influir mucho en el tiempo de reverberación. Las mediciones del tiempo de reverberación se deberían realizar en un recinto sin personas. Sin embargo, se puede permitir que un recinto con hasta dos personas presentes represente su estado vacío. En recintos grandes la atenuación por el aire puede contribuir de manera significativa a la absorción acústica

*a frecuencias elevadas. Para las mediciones de precisión, se debe medir la temperatura y la humedad relativa del aire en el recinto”.*

En lo relativo a las posiciones de la fuente y el micrófono, el apartado 4.3.1 de la norma establece que, *“Las posiciones de la fuente pueden ser las posiciones normales en función del uso del recinto. En los recintos pequeños, como los recintos de viviendas, o cuando no existen posiciones normales, conviene colocar una posición de la fuente en una esquina del recinto. Las posiciones de micrófono deben estar preferiblemente separadas al menos media longitud de onda, es decir, a una distancia mínima de 2 m para el rango de frecuencias habitual. La distancia desde cualquier posición de micrófono a la superficie reflectante más cercana, incluyendo el suelo, debería ser preferiblemente al menos en torno a 1 m. Se deberían evitar las posiciones simétricas”.*

Además, incluye una tabla para la elección del número de posiciones y mediciones en función de la exactitud que se pretenda obtener.

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

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

<sup>b</sup> Para el método del ruido interrumpido, se pueden utilizar simultáneamente fuentes no correlativas.

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

Figura 13: Número de posiciones de micrófono necesarias según el propósito. [12]

Para el método del ruido interrumpido, el apartado 5.2 de la norma dice, *“Se debe utilizar un altavoz y la señal que recibe debe proceder de un ruido eléctrico de banda ancha aleatorio”.* La fuente debe ser capaz de producir un nivel de presión acústica suficiente para garantizar una curva de decrecimiento que empiece al menos 35 dB por encima del ruido de fondo en a banda de frecuencias correspondiente. Para los métodos de ingeniería y precisión, la duración de excitación del recinto debe ser suficiente para que el campo acústico alcance un estado estacionario antes de apagar la fuente. Por lo tanto, es esencial emitir el ruido durante al menos T/2 s. En recintos grandes, la duración de la excitación debe ser de al menos 5 segundos.

En lo referente al promediado de las mediciones, el apartado 5.5.2 establece que, “Es necesario calcular el promedio a partir de un número de mediciones en cada posición para obtener una incertidumbre de medición aceptable. El promedio se puede calcular hallando los tiempos de reverberación individuales para todas las curvas de decrecimiento y tomando el valor medio”.

#### 2.1.4 CÁLCULOS SEGÚN NORMATIVA

Las medidas registradas por el sonómetro para los cálculos del aislamiento, se obtienen en forma de niveles equivalentes. Según el DBHR, el nivel equivalente,  $L_{eq}$ , se define como, “el nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación de frecuencia para un intervalo de tiempo especificado”. Esto quiere decir que el valor que se proporciona el sonómetro es el resultado de un promediado temporal de la energía acústica durante un intervalo de tiempo dado.

Siguiendo la primera y tercera parte de la norma UNE-EN ISO 16283:

Una vez obtenido el nivel equivalente para cada banda de 1/3 de octava, se realiza un promediado espacial. Dicho promediado espacial se lleva a cabo mediante una media logarítmica ya que es un promediado energético y consiste en la obtención de un valor resultante de las diferentes posiciones de micrófono para cada banda de 1/3 de octava.

$$L = 10 \lg \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \right) \quad (2)$$

En definitiva, el promediado temporal lo realiza el sonómetro y el promediado espacial es llevado a cabo posteriormente por el operador del ensayo. El valor final obtenido,  $L$ , se define como, “El nivel de presión acústica promediado energéticamente en un recinto”.

Por otro lado, los tiempos de reverberación registrados por el sonómetro se expresan en segundos y corresponden a una magnitud de carácter lineal, no energético. Por ese motivo, para obtener el tiempo de reverberación se realiza la media aritmética de los valores obtenidos de las diferentes posiciones del micrófono para cada banda de 1/3 de octava.

$$T = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i \quad (3)$$

Para la posterior normalización de los valores de presión acústica es conveniente calcular el área de absorción equivalente,  $A$ .

$$A = \frac{0,16 V}{T} \quad (4)$$

Donde

$V$  es el volumen del recinto receptor, en metros cúbicos

$T$  es el tiempo de reverberación en el recinto receptor

Se deben calcular los índices acústicos para cada banda de tercio de octava. En primer lugar, la “Diferencia de niveles”,  $D$ , es la diferencia de niveles de presión acústica promediados energéticamente entre los recintos emisor y receptor. Se calcula haciendo uso de la formula:

$$D = L_1 - L_2 \quad (5)$$

donde

$L_1$  es el nivel de presión acústica promediado energéticamente en el recinto emisor cuando su volumen es mayor o igual a  $25 \text{ m}^3$  o el nivel de presión acústica de baja frecuencia promediado energéticamente (solo bandas de 50 Hz, 63 Hz y 80 Hz) en el recinto emisor cuando su volumen es menor a  $25 \text{ m}^3$ ;

$L_2$  es el nivel de presión acústica promediado energéticamente en el recinto receptor cuando su volumen es mayor o igual a  $25 \text{ m}^3$  o el nivel de presión acústica de baja frecuencia promediado energéticamente

(solo bandas de 50 Hz, 63 Hz y 80 Hz) en el recinto receptor cuando su volumen es menor a 25 m<sup>3</sup>.

En segundo lugar, la “Diferencia de niveles normalizada”,  $D_n$ , se define como la diferencia de niveles que se normaliza a un valor de referencia del área de absorción en el recinto receptor y se calcula haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$D_n = D - 10 \lg \frac{A}{A_0} \quad (6)$$

donde

- $D$  es la diferencia de niveles de presión acústica promediados energéticamente entre los recintos emisor y receptor;
- $A$  es el área de absorción equivalente del recinto receptor en metros cuadrados;
- $A_0$  es el área de absorción de referencia,  $A_0=10 \text{ m}^2$ .

A continuación, la “Diferencia de niveles estandarizada”,  $D_{nT}$ , es la diferencia de niveles que se normaliza a un valor de referencia del tiempo de reverberación en el recinto receptor y se calcula haciendo uso de la fórmula:

$$D_{nT} = D + 10 \lg \frac{T}{T_0} \quad (7)$$

donde

- $D$  es la diferencia de niveles de presión acústica promediados energéticamente entre los recintos emisor y receptor;
- $T$  es el tiempo de reverberación en el recinto receptor;
- $T_0$  es el tiempo de reverberación de referencia; para viviendas,  $T_0=0,5 \text{ s}$ .

Por último, el “Índice de reducción acústica”,  $R$ , es el aislamiento acústico, en dB, de un elemento constructivo medido *in situ*. Cabe destacar que el elemento constructivo hace referencia a la pared que separa los dos recintos. Se calcula haciendo uso de la fórmula:

$$R = D + 10 \lg \frac{S}{A} \quad (8)$$

donde

- $D$  es la diferencia de niveles de presión acústica promediados energéticamente entre los recintos emisor y receptor;
- $S$  es el área de separación común, en metros cuadrados;
- $A$  es el área de absorción equivalente del recinto receptor en metros cuadrados.

Por otro lado, el “Índice de reducción acústica a 45°”,  $R_{45^\circ}$ , es el aislamiento acústico, en dB, de un elemento constructivo cuando la fuente sonora es un altavoz colocado a un ángulo de 45° y cuya fórmula es:

$$R_{45^\circ} = D + 10 \lg \frac{S}{A} - 1,5 \text{ dB} \quad (9)$$

Para la evaluación de los resultados se debe hacer uso de la norma UNE-EN ISO 717-1, cuyo objetivo es “normalizar un método por el cual la dependencia en frecuencia de los valores de aislamiento a ruido aéreo pueda convertirse en un solo número que caracterice el comportamiento acústico”.

Según el apartado 4.1 de la norma, “Los valores obtenidos de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 16283-1, se comparan con valores de referencia (véase 4.2) a las frecuencias de medición en el rango de 100 Hz a 3150 Hz para bandas de tercio de octava”.

Frecuencia	Valores de referencia dB	
	Bandas de tercio de octava	Bandas de octava
100	33	36
125	36	
160	39	
200	42	45
250	45	
315	48	
400	51	52
500	52	
630	53	
800	54	55
1 000	55	
1 250	56	
1 600	56	56
2 000	56	
2 500	56	
3 150	56	

Figura 14: Valores de referencia para aislamiento a ruido aéreo. [13]

El apartado 4.4 de la norma dice, “Para valorar los resultados de una medición del aislamiento acústico en bandas de un tercio de octava (o bandas de octava), los datos de la misma se deben expresar con una cifra decimal. Se desplaza la curva de referencia de interés en incrementos de 1 dB (0,1 dB para la expresión de la incertidumbre) hacia la curva de medida hasta que la suma de las desviaciones desfavorables sea lo mayor posible, pero no mayor a 32,0 dB (medición en 16 bandas de un tercio de octava), o a 10,0 dB (medición en 5 bandas de octava)”.

Al final del apartado 4.4 la norma dice, “Se produce una desviación desfavorable en una determinada frecuencia cuando el resultado de las mediciones es inferior al valor de referencia. Solo deben considerarse las desviaciones favorables.

El valor, en decibelios (o 1/10 dB para la expresión de la incertidumbre), de la curva de referencia a 500 Hz, después del desplazamiento, de acuerdo con este procedimiento es el valor de  $R_w$ ,  $R'_w$ ,  $D_{n,w}$ , o  $D_{nT,w}$ , etc.

Se deben utilizar solo los valores de referencia en bandas de octava para la comparación con los resultados de mediciones in situ en bandas de octava”.

Por otro lado, en el apartado 4.5 de la norma, se establece que “*Los términos de adaptación espectral,  $C_j$ , en decibelios, deben calcularse con los espectros sonoros dados en el apartado 4.3, mediante la fórmula siguiente:*

$$C_j = X_{Aj} - X_w \quad (10)$$

donde

- $j$  es el subíndice de los espectros sonoros N° 1 y N° 2;
- $X_w$  es el valor de la magnitud global calculado de acuerdo con el apartado 4.4 a partir de los valores de  $R$ ,  $R'$ ,  $D_n$ ,  $D_{nT}$
- $X_{Aj}$  se calcula a partir de

$$X_{Aj} = -10 \lg \sum 10^{(L_{i,j} - X_i)/10} \quad (11)$$

donde

- $i$  es el índice para las bandas de tercio de octava de 100 Hz a 3150 Hz, o para las bandas de octava de 125 Hz a 2000 Hz;
- $L_{ij}$  Son los niveles a la frecuencia,  $i$ , para el espectro,  $j$ , tal como se indican en el apartado 4.3;
- $X_i$  Es el índice de reducción sonora,  $R_i$ , o la diferencia normalizada de nivel sonoro,  $D_{n,i}$ , o la diferencia estandarizada de nivel sonoro,  $D_{nT,i}$ , a la frecuencia de medición  $i$ , expresado con una cifra decimal.

*Se calcula la magnitud,  $X_{Aj}$ , con suficiente precisión y se redondea el resultado a un valor entero (a un dígito decimal para la expresión de la incertidumbre). El término de adaptación espectral resultante es un valor entero por definición y se debe identificar de acuerdo con el espectro utilizado como sigue:”*

- $C$  cuando se calcule con el espectro nº1 (ruido rosa ponderado A);
- $C_{tr}$  cuando se calcule con el espectro nº2 (ruido de tráfico urbano ponderado A).

Los espectros de nivel sonoro proporcionados por la norma son los siguientes:

Frecuencia Hz	Niveles sonoros, $L_{ij}$ dB			
	Espectro nº1 para calcular $C$		Espectro nº 2 para calcular $C_{tr}$	
	Tercio de octava	Octava	Tercio de octava	Octava
100	-29		-20	
125	-26	-21	-20	-14
160	-23		-18	
200	-21		-16	
250	-19	-14	-15	-10
315	-17		-14	
400	-15		-13	
500	-13	-8	-12	-7
630	-12		-11	
800	-11		-9	
1 000	-10	-5	-8	-4
1 250	-9		-9	
1 600	-9		-10	
2 000	-9	-4	-11	-6
2 500	-9		-13	
3 150	-9		-15	

NOTA Todos los niveles están ponderados A y el nivel global de espectro normalizado a 0 dB.

Figura 15: Espectros de nivel sonoro para calcular los términos de adaptación. [13]

Los parámetros globales utilizados son " $D_w$ ", " $D_{nw}$ ", " $D_{nT,w}$ " y " $R_w$ ". Y se expresan conforme al apartado 5.2 de la norma:

$$D_{,w}(C; C_{tr}) \text{ dB}$$

$$D_{n,w}(C; C_{tr}) \text{ dB}$$

$$D_{nT,w}(C; C_{tr}) \text{ dB}$$

$$R_w(C; C_{tr}) \text{ dB}$$

### 2.1.5 CÁLCULOS PARA EL ANÁLISIS DEL RUIDO DE LA MAQUINARIA

Para el análisis acústico de la maquinaria se ha seguido un procedimiento de cálculo basado en el documento DTIE 2.04 [17], el cual no es un documento de carácter normativo, pero ofrece un procedimiento de cálculo fiable y contrastado. En primer lugar, el nivel de presión acústica de cada máquina se ha determinado a partir de tres mediciones realizadas, las cuales se especifican en el apartado 2.2, obteniendo el nivel medio mediante una media logarítmica.

A partir de este nivel de presión sonora medio, se ha aplicado la expresión indicada en el DTIE 2.04 para calcular el nivel de potencia acústica emitido por cada máquina. Para ello, en esta primera aplicación de la formulación se ha considerado la distancia existente entre la máquina y los puntos donde se realizaron las tres mediciones.

Posteriormente, empleando nuevamente la misma expresión, se ha estimado el nivel de presión acústica que percibe el usuario en el puesto de trabajo, considerando en este caso la distancia entre cada máquina y la posición del usuario.

A continuación, se presenta la expresión utilizada, esta permite estimar el nivel de presión sonora en un punto del recinto a partir del nivel de potencia acústica de la fuente, considerando tanto la propagación en campo directo como la contribución del campo reverberante. El término dependiente de la distancia y del factor de directividad representa el sonido que llega directamente desde la fuente al punto receptor, mientras que el término asociado a las características del local tiene en cuenta la contribución del campo difuso, generado por las reflexiones en las superficies y condicionado por la absorción del recinto:

$$Lp = Lw + 10 \lg \left[ \frac{Q}{4\pi d^2} + \frac{4}{Kl} \right] \quad (12)$$

$$Kl = \frac{\alpha_m S}{1 - \alpha_m} = \frac{A}{1 - \alpha_m} \quad (13)$$

donde:

$L_p$	es el nivel de presión acústica en el puesto de trabajo, en dB;
$L_w$	es el nivel de potencia acústica de la fuente sonora (máquina), en dB;
$Q$	es el nivel de directividad de la fuente sonora;
$d$	es la distancia entre la fuente sonora y el punto receptor, en m;
$Kl$	es la constante que representa la influencia del campo reverberante;
$\alpha_m$	es el coeficiente medio de absorción acústica del recinto;
$S$	es la superficie total del recinto, en m <sup>2</sup> ;
$A$	es el área de absorción equivalente del recinto, en m <sup>2</sup> .

## 2.2 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

En este subapartado se describen el procedimiento de medición que se ha aplicado, con el objetivo de verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos por la norma aplicable.

Para las mediciones in situ realizadas para la obtención de los valores de aislamiento se llevan a cabo los siguientes procedimientos:

Antes de cualquier ensayo se realiza una medida de calibración para comprobar que el sonómetro funciona de manera correcta.

En los ensayos entre recintos interiores, se coloca la fuente en el recinto de mayor volumen y es considerado como recinto emisor, por otro lado, el recinto de menor volumen es considerado como recinto receptor. Con la fuente emitiendo ruido rosa, se toman cinco medidas con el sonómetro en el recinto emisor y cinco medidas en el recinto receptor. A continuación, se mueve la posición de la fuente a más de 1 metro respecto de la posición anterior y se toman de nuevo cinco medidas en el emisor y cinco en el receptor. Con la fuente apagada se toma una medida del ruido de fondo del recinto receptor. Las posiciones del sonómetro se colocan aleatoriamente cumpliendo con las distancias mínimas establecidas por la norma, es decir, están separadas de los límites del recinto más de 0,5 m y están a más de 0,7 m una posición de la otra. El sonómetro se configura con un tiempo de promediado de 10s, casi más del doble que recomienda la norma, para garantizar mayor precisión.

Para los ensayos realizados entre el exterior y recintos interiores, se coloca la fuente en el exterior, la posición de la fuente se determina en el anexo que se encuentra en el apartado 9.1, por otro lado, se toman tres medidas con el sonómetro en el exterior y cinco medidas en el interior, es decir, en el recinto receptor. Las posiciones del sonómetro se colocan a 2 m de la fachada y están a más de 0,7 m una posición de la otra. En el recinto interior, es decir, el receptor, se han definido cinco posiciones distribuidas aleatoriamente, cumpliendo con las distancias mínimas establecidas por la norma, es decir, están separadas de los límites del recinto más de 0,5 m y están a más de 0,7 m una posición de la otra.

Para los ensayos realizados para la obtención de los valores de reverberación se llevan a cabo los siguientes procedimientos:

En todos los recintos se sigue la misma metodología, se toman 3 mediciones con el sonómetro con la fuente emitiendo ruido rosa, a continuación, se mueve la fuente a una posición diferente separada más de 1 m de la posición anterior y se toman de nuevo 3 medidas con el sonómetro obteniendo un total de 6 medidas. Se utiliza el método del ruido interrumpido, el sonómetro en este caso es el encargado de emitir el sonido, por tanto, se conecta al altavoz y se configura con una excitación de 5 s. Las posiciones del sonómetro se distribuyen aleatoriamente cumpliendo con las distancias mínimas establecidas por la norma, es decir, están separadas de los límites del recinto más de 0,5 m y están a más de 0,7 m una posición de la otra. Esto se realiza en todos los recintos, sean recintos principales o recintos colindantes.

Cabe destacar que, en todos los ensayos, la altura del altavoz y del micrófono se ha fijado en 1,5 m sobre el nivel del suelo.

Para los ensayos destinados a determinar el nivel de presión acústica emitido por la maquinaria no se ha seguido una norma específica. Sin embargo, se ha tomado como referencia el enfoque metodológico de la norma UNE-EN ISO 3747 [18], adoptando su procedimiento para la medición del nivel de presión sonora generado por una fuente de ruido, considerando en este caso a las máquinas como elementos emisores. Por ello, se llevan a cabo los siguientes procedimientos:

Se toman 3 mediciones con el sonómetro alrededor de la máquina en funcionamiento, estas posiciones están separadas 1,5 m de la máquina y 2 m la una de la otra. Seguidamente se apaga la máquina, y se toman 3 mediciones con el sonómetro alrededor

de la otra máquina en funcionamiento. Por último, se miden el nivel de ruido de fondo de la sala con las dos máquinas apagadas.

## 2.3 DESCRIPCIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN

En este apartado se describen los equipos empleados durante las mediciones acústicas.

### 2.3.1 FUENTE SONORA

Se ha utilizado un altavoz dodecaedro omnidireccional “Omnipower 4296” de la marca Brüel & Kjær conectado a un amplificador para la emisión de ruido rosa y apoyado sobre un trípode cuando es necesario.

### 2.3.2 AMPLIFICADOR

Se ha empleado un amplificador “Type 2716” de la marca Brüel & Kjær cuya ganancia límite es de  $\pm 30$  dB, con el que se amplifica la señal.



Figura 16: Dodecaedro.



Figura 17: Dodecaedro sobre el trípode.



Figura 18: Amplificador.

### 2.3.3 ELEMENTO DE MEDICIÓN

Se ha utilizado un sonómetro “2250” de la marca Brüel & Kjær de clase 1, esto implica que cumple los requisitos de precisión establecidos para la instrumentación de medida acústica. El sonómetro integra un micrófono “4189” y un preamplificador en la punta, adicionalmente se dispone de una pantalla antiviento de uso recomendado en exteriores.



Figura 20: Sonómetro.



Figura 19: Modelos micrófono y amplificador.

### 2.3.4 ELEMENTO DE PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

Se dispone de cascos insonorizados “Uvex dB ez 2800+”

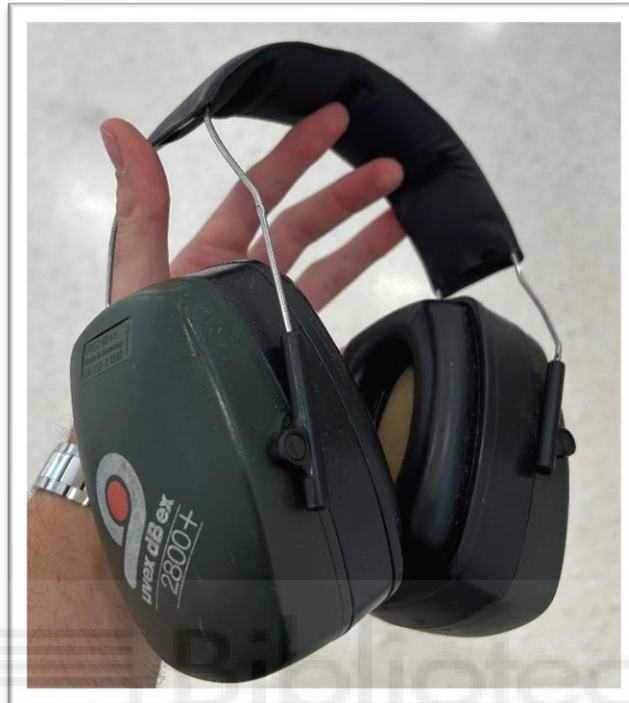


Figura 21: Cascos insonorizados.

### 2.3.5 CALIBRADOR ACÚSTICO

Para calibrar la instrumentación de medida durante los ensayos se ha empleado un calibrador “Type 4231” clase 1 de la marca Brüel & Kjær.



Figura 22: Calibrador.

## 2.4 USO Y CONFIGURACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN

Se describe su principio de funcionamiento y la forma en la que han sido utilizados.

### 2.4.1 PREPARACIÓN DE LA FUENTE SONORA

Para la puesta en funcionamiento de la fuente sonora omnidireccional, esta se conecta al sistema de amplificación mediante un cable con conector “Speakon” en ambos extremos. Se conecta un extremo al altavoz y otro extremo al amplificador, para la correcta conexión se debe girar ligeramente el conector ya que esta provisto de un sistema de bloqueo giratorio.

Se puede observar que, el extremo del cable correspondiente al amplificador, debe ir conectado a “OUTPUT”, es decir, a la salida del amplificador. Por otro lado, se conecta un ordenador portátil, el cual reproduce el ruido rosa, a la entrada “INPUT” del amplificador mediante un cable con conectores “Jack” en ambos extremos.

Se debe tener en cuenta que, para la medición del tiempo de reverberación, la entrada de audio al amplificador proviene directamente del sonómetro y no del ordenador portátil, ya que, se utiliza el método del sonido interrumpido.



Figura 23: Conexión dodecaedro.



Figura 24: Conexión amplificador (output).



Figura 25: Conexión a PC (input).

Por último, el amplificador se conecta a la corriente haciendo uso del cable de alimentación correspondiente y se ajusta la ganancia deseada para la realización de los ensayos. Cabe mencionar que todos los cables a utilizar se encuentran dentro de la caja del amplificador.



Figura 26: Conexión de alimentación del amplificador.

#### 2.4.2 PREPARACIÓN DEL SONÓMETRO

Para la puesta en marcha del sonómetro, en primer lugar, se debe colocar sobre un trípode, el cual permite un correcto ajuste de la altura y orientación en cada uno de los ensayos.



Figura 27: Sonómetro montado sobre el trípode.

En segundo lugar, se enciende el equipo y se configuran los parámetros de medida que se ajusten al ensayo:

- En el caso de la medición de los niveles de presión acústica, se debe seleccionar la opción de “Analizador avanzado de frecuencias” con un rango de frecuencias de tercio de octava que va desde 100Hz a 3150Hz. Por otro lado, se debe seleccionar un tiempo de promediado igual o superior al que indica la norma.
- En el caso de la medición de los tiempos de reverberación, se debe seleccionar la opción de “Tiempo de reverberación” y el modo. Existen dos modos el de sonido interrumpido o el de respuesta al impulso integrado.

Antes de comenzar las mediciones es conveniente la creación de un proyecto donde se guarden los resultados para el posterior tratamiento de los mismos.

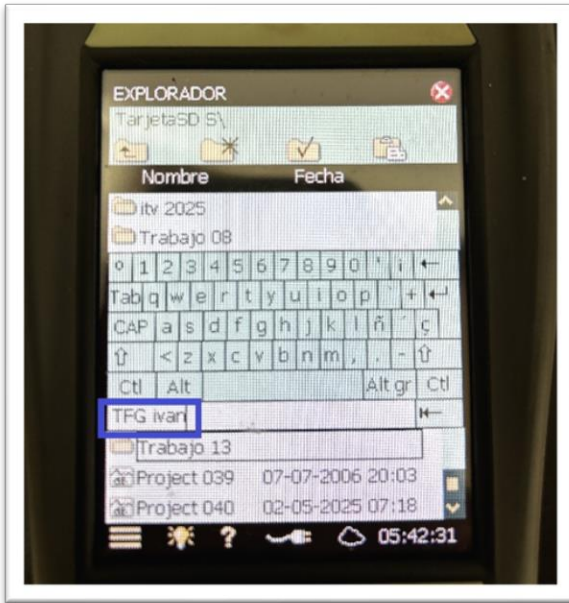


Figura 29: Creación de proyecto dentro del sonómetro.

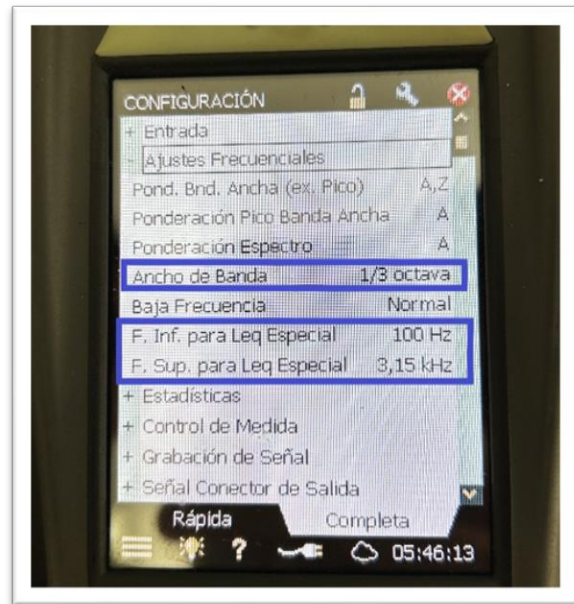


Figura 28: Configuración espectral del sonómetro.

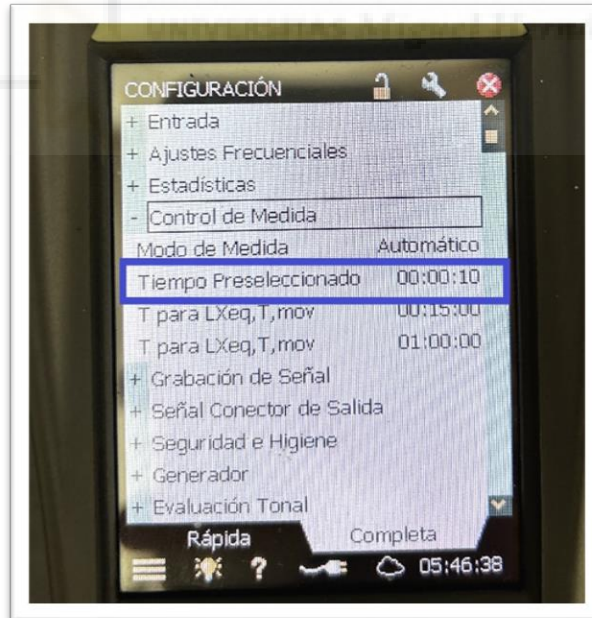


Figura 30: Configuración del tiempo de promediado del sonómetro.

### 2.4.3 EXTRACCIÓN DE DATOS DEL SONÓMETRO

Para llevar a cabo la extracción de los datos registrados por el sonómetro, se retira la tarjeta de memoria del equipo y se introduce en el ordenador. Es necesario emplear un software específico, para la correcta lectura y procesamiento de los datos por parte del ordenador. Este software recibe el nombre “BZ-5503 Measurement Partner Suite” y es desarrollado por Brüel & Kjær.

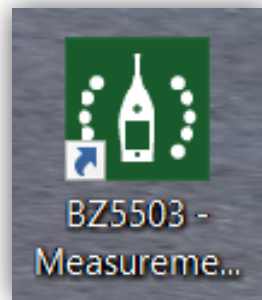


Figura 31: Icono del software del sonómetro.

Una vez la tarjeta de memoria ha sido reconocida por el programa se procede a su apertura.

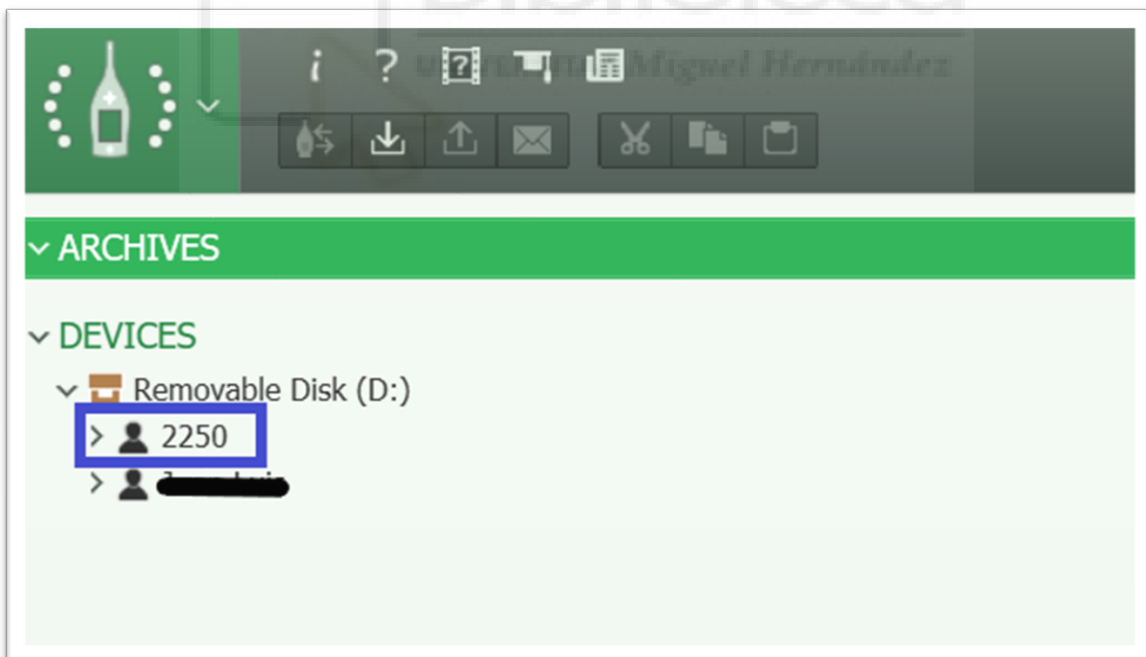


Figura 32: Selección de archivo donde se ubica el proyecto.

Una vez seleccionado el proyecto seleccionado es conveniente hacer una copia y pegarla en el apartado de archivos del programa para que el proyecto se guarde en el ordenador. Dentro del proyecto, se selecciona la medida deseada y se procede a su exportación en Excel.

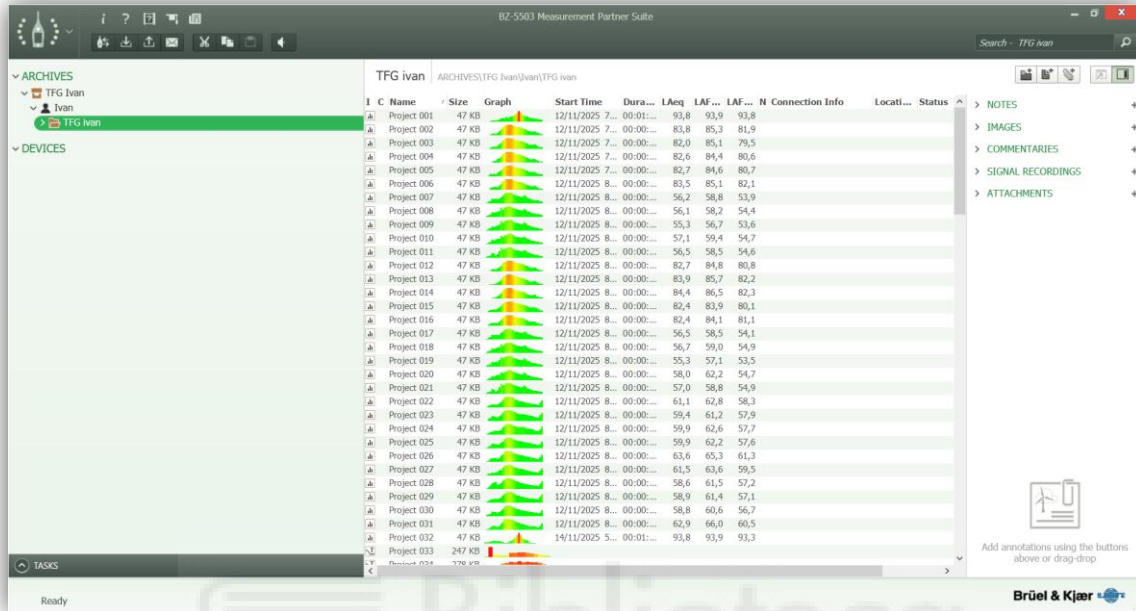


Figura 33: Interfaz del software. Carpeta de mediciones del usuario.



### 3. RESULTADOS

En este apartado se exponen los valores obtenidos de las mediciones, así como los valores obtenidos de los cálculos indicados por la norma.

#### 3.1 LABORATORIO IME 1

El Laboratorio IME 1 presenta como recintos colindantes un pasillo y una sala de menor tamaño, susceptible de ser utilizada como despacho. Además, es colindante con un patio exterior y la zona exterior perteneciente al campus entre el edificio Altabix y Altet.

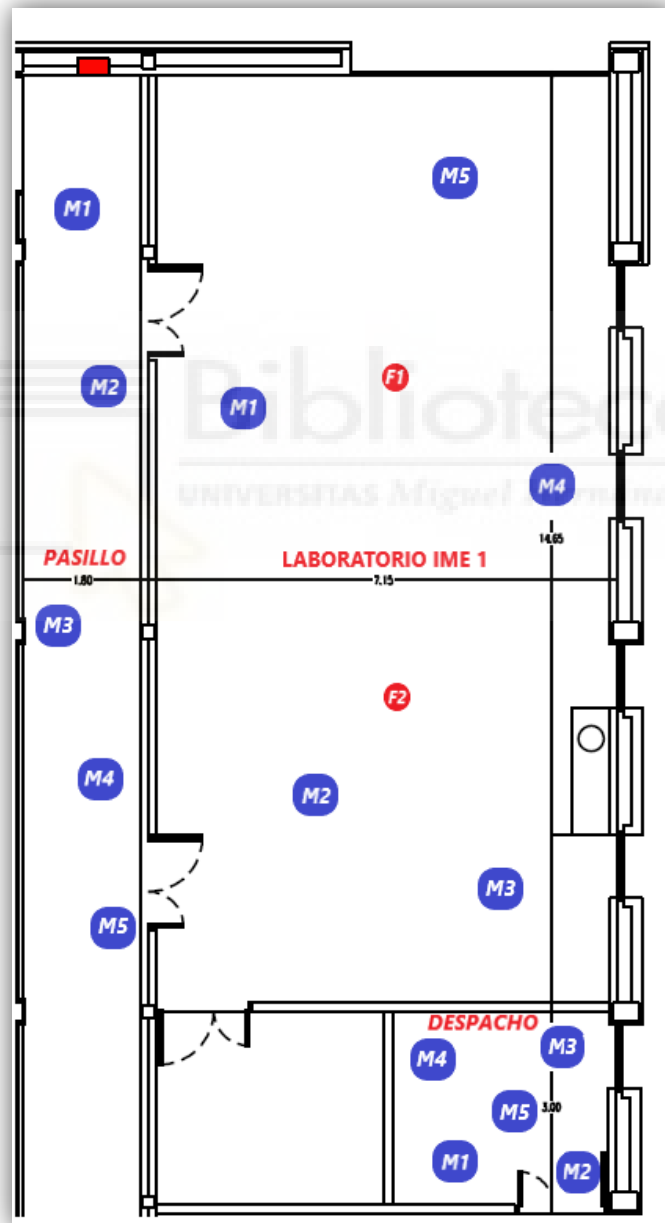
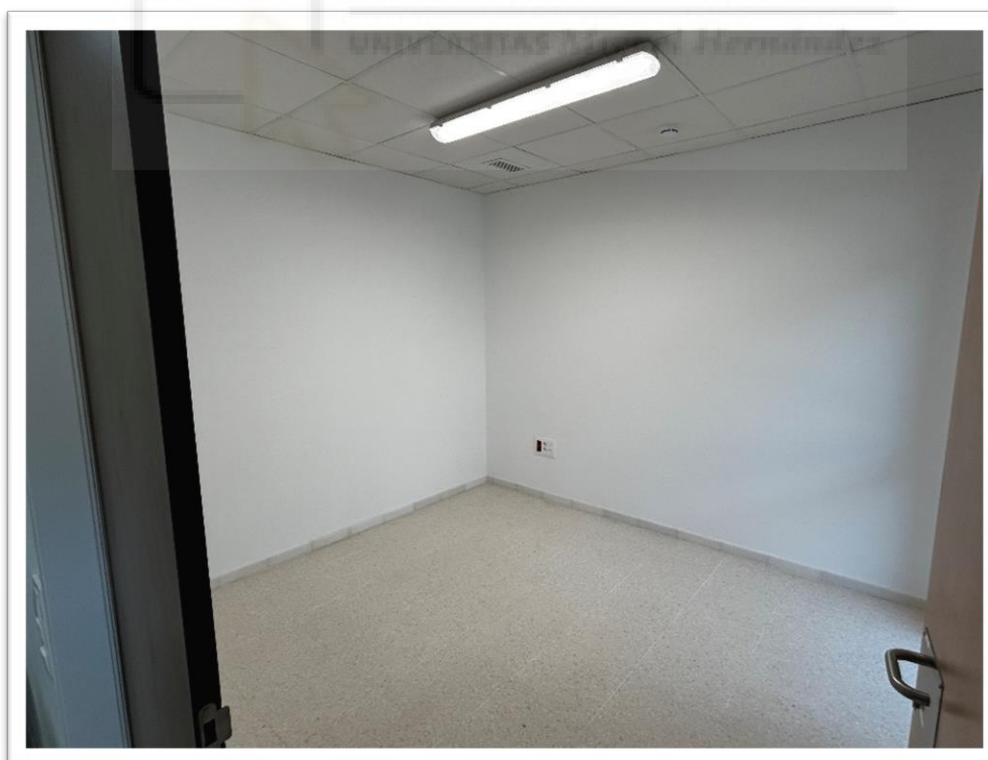


Figura 34: Posiciones de la fuente y sonómetro en el Laboratorio IME 1 y sus recintos colindantes para la obtención de los valores de aislamiento.



*Figura 35: Laboratorio IME 1.*



*Figura 36: Sala pequeña junto a Laboratorio IME 1.*



Figura 37: Pasillo junto a Laboratorio IME 1.

		Laboratorio IME 1															
Niveles de emisión (dBA)	Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Posición fuente 1	Medida 1	41,2	54,3	66,6	73,0	78,2	80,7	76,2	70,4	63,2	60,2	57,7	53,5	52,5	46,4	39,8	32,9
	Medida 2	39,0	53,4	67,1	74,1	76,5	77,0	75,0	70,3	60,6	59,5	56,5	52,7	51,3	45,4	38,0	31,1
	Medida 3	41,7	58,3	65,6	74,8	76,8	78,5	75,0	69,5	61,8	59,5	56,3	52,4	51,0	45,7	38,3	31,4
	Medida 4	39,8	54,3	67,3	73,3	76,2	79,6	75,3	68,9	61,9	59,4	56,9	52,7	51,1	45,6	38,4	31,5
	Medida 5	42,1	56,8	66,7	74,8	78,0	79,7	76,2	69,3	62,6	59,5	57,1	52,9	52,0	45,9	38,9	32,1
Posición fuente 2	Medida 6	39,7	55,3	68,3	73,4	76,6	78,9	76,2	69,3	62,3	59,3	56,5	52,4	51,4	45,5	38,2	32,0
	Medida 7	39,1	57,4	66,3	75,6	79,8	79,1	75,0	70,7	62,8	60,8	57,8	53,6	52,4	47,0	39,2	32,9
	Medida 8	39,8	58,2	69,6	73,9	79,3	81,2	76,1	70,3	62,2	60,2	57,1	53,0	51,7	46,2	38,7	32,3
	Medida 9	37,5	53,7	66,8	72,1	76,9	78,6	75,1	70,2	62,1	59,9	57,3	53,0	51,9	46,6	39,9	33,2
	Medida 10	37,8	51,2	65,3	73,4	76,8	78,8	74,4	69,3	61,4	59,6	56,2	52,2	50,9	45,0	38,0	31,5
	Promedio L1	40,0	55,8	67,1	74,0	77,7	79,4	75,5	69,9	62,1	59,8	57,0	52,8	51,7	46,0	38,8	32,2

Tabla 2: Niveles de emisión del Laboratorio IME 1.

		Sala pequeña junto a Laboratorio IME 1															
Niveles de recepción (dBA)	Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Posición fuente 1	Medida 1	23,7	32,0	42,9	48,2	49,9	51,1	49,3	40,0	35,5	32,5	29,9	26,5	25,3	22,5	21,9	19,3
	Medida 2	25,2	30,5	42,4	46,1	50,4	51,7	47,9	40,9	35,8	31,8	29,8	26,6	25,3	21,9	21,8	19,2
	Medida 3	24,7	32,0	42,1	45,3	48,2	50,8	48,2	41,1	33,9	31,8	29,3	26,7	25,4	21,8	21,3	19,3
	Medida 4	26,4	31,8	40,3	43,0	51,4	53,6	49,4	40,9	35,3	32,1	29,6	26,4	25,9	22,1	21,6	19,2
	Medida 5	25,2	35,8	41,2	44,2	51,1	51,9	48,1	40,4	35,0	32,3	29,9	26,6	25,7	22,3	21,9	19,4
Posición fuente 2	Medida 6	27,8	34,2	43,0	46,3	51,0	52,8	47,1	40,7	34,9	32,3	29,5	26,6	25,3	22,3	21,5	19,4
	Medida 7	26,1	30,0	41,3	47,6	49,9	53,3	47,2	40,6	35,8	32,0	30,2	26,9	25,6	22,0	22,2	19,3
	Medida 8	24,8	33,9	42,6	45,8	49,2	50,4	46,7	41,4	35,9	32,3	29,7	26,5	25,5	22,3	21,7	19,4
	Medida 9	25,6	31,4	40,0	44,3	51,2	55,8	48,1	41,9	35,4	32,2	29,9	26,3	25,5	22,2	21,9	19,2
	Medida 10	22,9	34,9	41,2	49,9	51,2	51,5	46,8	41,8	35,8	32,5	30,0	26,4	25,8	22,5	22,0	19,4
	Promedio L2	25,4	33,0	41,8	46,5	50,4	52,6	48,0	41,0	35,4	32,2	29,8	26,6	25,5	22,2	21,8	19,3
	L2' corregido	25,4	33,0	41,8	46,5	50,4	52,6	48,0	41,0	35,4	32,2	29,8	26,6	25,0	21,2	20,9	18,2

Tabla 3: Niveles de recepción obtenidos en la Sala pequeña junto a Lab. IME 1.

Sala pequeña junto a IME1																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Ruido fondo (dBA)	13,4	8,2	13,6	13,7	13,4	16,7	13,6	16,7	15,3	14,4	16,7	16,3	16,0	15,4	14,6	12,8

Tabla 4: Niveles de ruido de fondo en la Sala pequeña junto a Lab. IME 1.

Pasillo junto a Laboratorio IME 1																	
Niveles de recepción (dBA)	Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Posición fuente 1	Medida 1	23,1	38,5	48,9	53,0	53,8	56,4	53,4	47,2	37,7	34,1	30,1	25,5	24,0	20,3	20,8	14,6
	Medida 2	24,1	40,1	46,7	53,4	53,4	53,1	50,3	45,6	39,3	32,7	29,8	27,2	28,3	24,5	24,0	20,5
	Medida 3	17,6	33,2	40,0	54,0	56,0	52,7	49,0	44,2	37,3	33,6	32,8	33,9	36,0	33,9	29,2	24,7
	Medida 4	20,8	30,1	42,5	50,5	56,5	54,1	50,5	44,0	38,2	34,9	32,8	30,3	28,5	25,3	23,0	20,2
	Medida 5	24,8	38,6	52,5	56,6	57,4	58,5	54,4	46,6	39,9	36,0	32,2	28,4	27,9	25,1	22,5	19,5
Posición fuente 2	Medida 6	22,6	39,4	46,5	54,7	52,7	57,8	53,5	45,6	38,4	35,6	31,3	28,6	27,6	25,1	20,2	16,7
	Medida 7	22,3	36,9	45,0	53,8	53,0	51,7	48,8	43,6	36,4	31,9	27,7	23,3	21,5	18,4	18,5	12,3
	Medida 8	18,2	30,1	39,4	50,9	54,1	53,8	50,9	43,4	36,9	30,7	28,0	23,7	22,1	18,5	17,9	14,3
	Medida 9	21,1	31,6	42,9	50,8	53,8	53,8	50,1	42,9	35,8	31,7	28,8	23,3	22,2	19,1	17,0	15,0
	Medida 10	24,5	40,2	53,2	55,8	56,4	57,7	53,0	47,4	40,1	36,7	31,9	27,0	26,1	22,6	19,5	15,6
L2'	Promedio L2	22,5	37,3	48,1	53,8	55,0	55,6	51,8	45,3	38,2	34,2	30,9	28,4	28,8	26,2	22,9	19,0
	L2' corregido	22,5	37,3	48,1	53,8	55,0	55,6	51,8	45,3	38,2	34,2	30,9	28,4	28,8	26,2	22,2	18,0

Tabla 5: Niveles de recepción obtenidos en la Pasillo junto a Lab. IME 1.

Pasillo junto a IME1																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Ruido fondo (dBA)	10,6	9,7	9,8	18,1	18,2	16,8	16,3	17,2	17,2	16,6	18,2	17,3	16,8	14,0	14,4	11,9

Tabla 6: Niveles de ruido de fondo en el Pasillo junto a Lab. IME 1.



Para los ensayos realizados en los recintos exteriores del Laboratorio IME 1, se estudia la fachada que da al patio interior del edificio, así como la fachada que delimita con la zona ajardinada del edificio, la cual incorpora un portón de acceso.

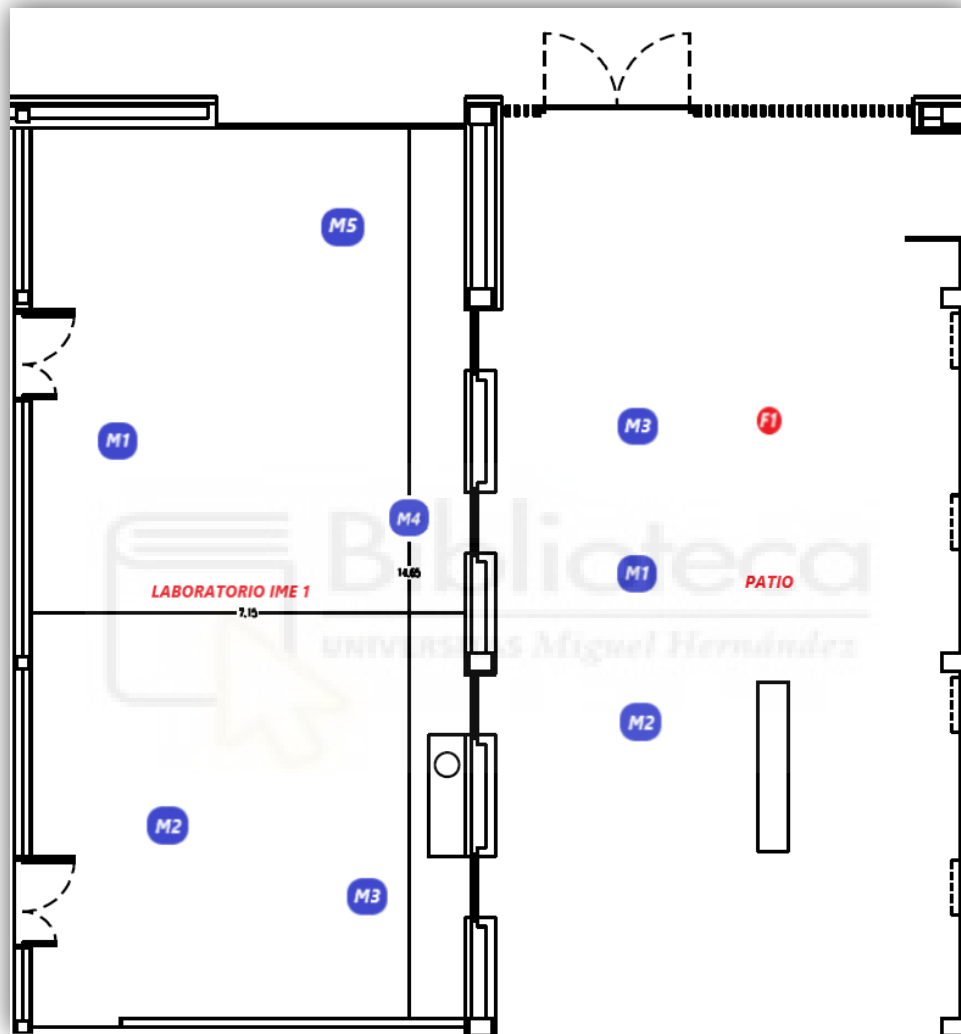


Figura 38: Posiciones de la fuente y sonómetro en Laboratorio IME 1 y el patio exterior para la obtención de los valores de aislamiento.

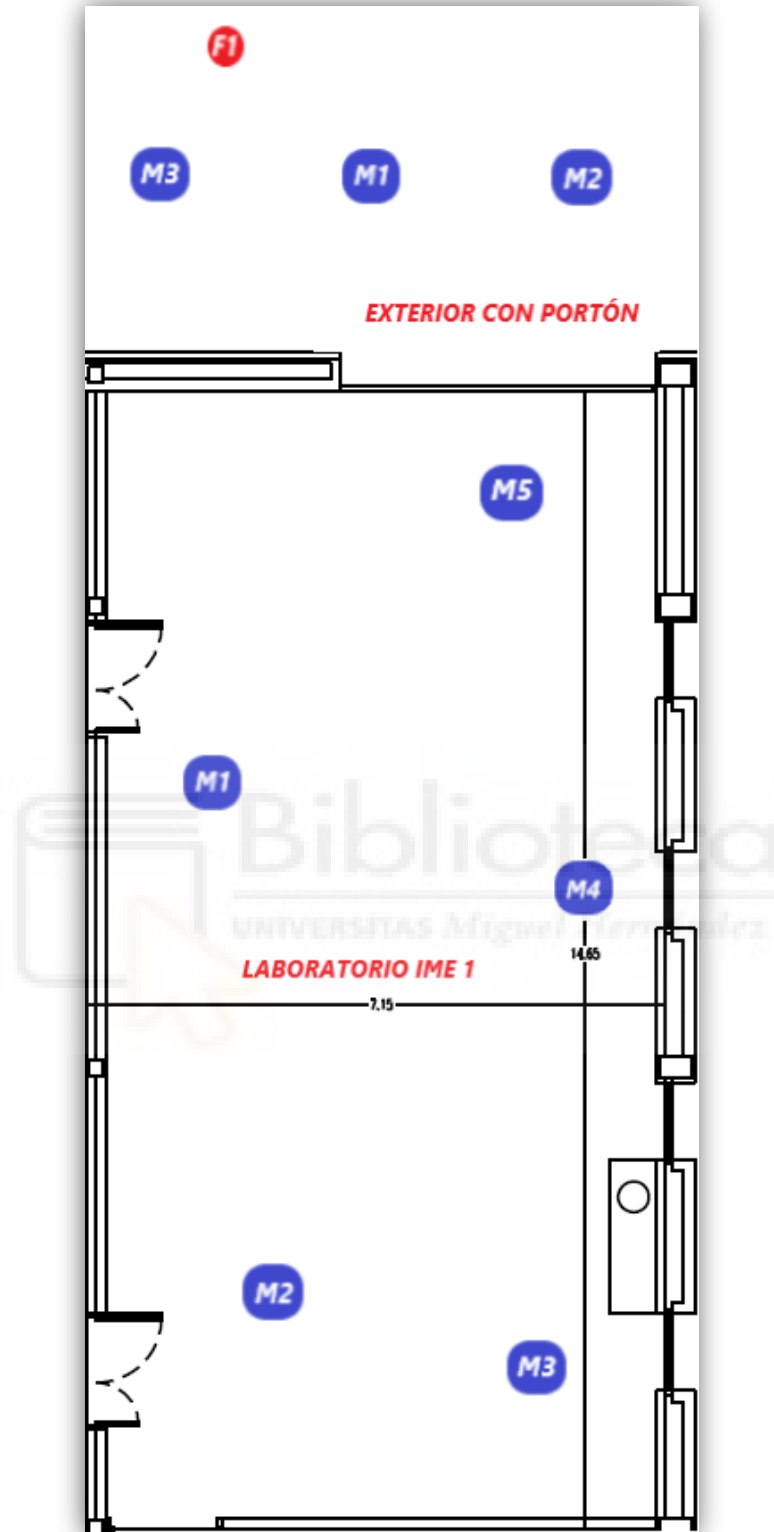


Figura 39: Posiciones de la fuente y sonómetro en Laboratorio IME 1 y la zona exterior del edificio para la obtención de los niveles de aislamiento.



*Figura 40: Fachada del Laboratorio IME 1 colindante al patio exterior.*



*Figura 41: Fachada con portón del Laboratorio IME 1 colindante a la zona exterior del edificio.*

		Exterior fachada patio															
Niveles de emisión (dBA)	Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	Medida 1	39,2	52,8	67,4	69,6	74,1	74,1	73,3	67,5	55,7	52,2	48,7	44,4	44,0	39,5	35,7	30,8
	Medida 2	43,5	51,7	63,1	72,7	72,9	72,6	69,8	65,0	54,9	50,4	48,2	42,6	42,0	39,1	33,9	29,2
	Medida 3	40,5	54,8	64,5	76,4	76,6	76,8	72,7	67,1	57,0	51,9	48,6	45,6	43,6	40,1	34,8	28,3
	Promedio L1	41,5	53,3	65,4	73,7	74,8	74,9	72,2	66,7	56,0	51,6	48,5	44,4	43,3	39,6	34,9	29,6

Tabla 7: Niveles de emisión en el Patio exterior junto al Lab. IME 1.

		Laboratorio IME 1 (Patio)															
Niveles de recepción (dBA)	Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	Medida 1	20,6	30,4	36,0	42,7	42,1	38,5	38,2	32,7	32,3	28,9	29,0	27,7	25,4	22,6	19,4	14,8
	Medida 2	21,6	29,8	36,8	43,5	42,7	38,6	38,0	33,3	31,3	28,8	29,1	26,8	24,9	23,0	13,9	12,9
	Medida 3	20,2	29,5	36,0	42,7	41,9	38,9	37,3	32,4	29,7	29,0	28,2	26,7	24,7	22,9	16,9	13,3
	Medida 4	21,2	29,2	35,0	42,4	39,8	37,9	37,7	32,8	31,4	28,9	28,2	26,3	24,8	21,1	16,7	14,3
	Medida 5	22,1	29,7	36,6	44,8	42,3	37,8	37,4	32,3	30,7	29,1	28,2	26,5	24,3	20,8	17,1	14,9
	Promedio L2	21,2	29,7	36,1	43,3	41,8	38,3	37,7	32,7	31,2	28,9	28,6	26,8	24,8	22,2	17,1	14,1
	L2' corregido	20,0	28,8	35,3	43,3	41,8	37,7	36,9	31,5	30,0	27,9	27,6	25,7	24,2	21,3	15,9	13,0

Tabla 8: Niveles de recepción en el Laboratorio IME 1 (provenientes del patio).

		Exterior fachada con portón															
Niveles de emisión (dBA)	Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	Medida 1	40,2	46,3	62,8	66,0	72,3	70,3	65,9	55,0	51,5	47,1	45,1	42,9	42,6	40,7	37,8	34,0
	Medida 2	36,1	51,6	62,7	67,7	71,7	72,1	67,0	60,3	51,2	48,6	45,4	43,6	44,7	44,1	43,5	38,0
	Medida 3	34,8	45,8	59,8	65,2	67,6	72,0	66,8	58,2	48,8	45,6	43,5	41,6	42,0	40,6	38,8	35,2
	Promedio L1	37,7	48,7	62,0	66,4	71,0	71,5	66,6	58,3	50,7	47,2	44,7	42,8	43,3	42,1	40,8	36,1

Tabla 9: Niveles de emisión en la zona exterior del edificio junto al Lab. IME 1.

		Laboratorio IME 1 (Portón)															
Niveles de recepción (dBA)	Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	Medida 1	19,8	27,9	40,8	45,8	47,5	47,1	42,8	36,9	31,7	28,9	28,1	30,4	30,2	30,1	24,7	14
	Medida 2	19,2	29,6	40,6	44,1	46,1	48,5	43,3	36,4	31,7	28,6	28,7	27,4	23,7	20,0	22,4	13,7
	Medida 3	20,9	28,3	41,2	46,0	46,0	45,1	42,4	36,6	31,5	28,2	29,1	27,8	26,0	25,6	24,3	22,2
	Medida 4	21,0	28,8	39,4	46,3	47,7	46,9	43,1	38,2	32,5	30,6	30,2	28,1	25,7	23,6	23,4	18,4
	Medida 5	23,8	31,5	43,7	46,5	48,0	48,1	43,8	37,5	32,4	28,9	28,2	27,6	24,0	20,9	21,1	17,3
	Promedio L2	21,3	29,4	41,4	45,8	47,1	47,3	43,1	37,2	32,0	29,1	28,9	28,4	26,6	25,6	23,4	18,3
	L2' corregido	20,1	28,4	41,4	45,8	47,1	47,3	43,1	37,2	31,0	28,2	28,1	27,6	26,6	25,6	23,4	18,3

Tabla 10: Niveles de recepción en el Laboratorio IME 1 (provenientes de la zona exterior).

		Laboratorio IME 1 (ext)														
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Ruido fondo (dBA)	15,1	22,6	28,2	32,0	30,1	29,5	30,2	26,5	24,9	22,1	21,5	20,4	15,9	14,7	11,1	7,8

Tabla 11: Niveles de ruido de fondo en el Laboratorio IME 1.

En lo referente a los tiempos de reverberación, se utilizan dos posiciones de la fuente y tres posiciones de micrófono para cada posición de la fuente, por tanto, la distribución de posiciones cambia.

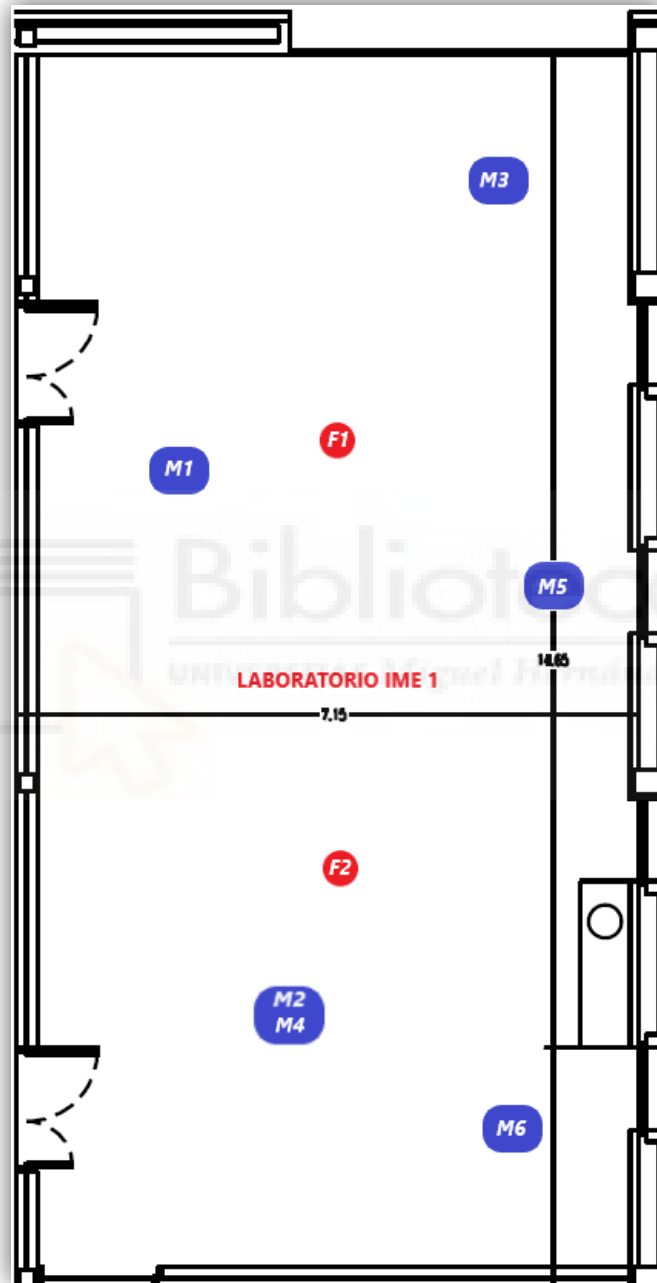


Figura 42: Posiciones de la fuente y sonómetro en el Laboratorio IME 1 para la obtención del tiempo medio de reverberación.

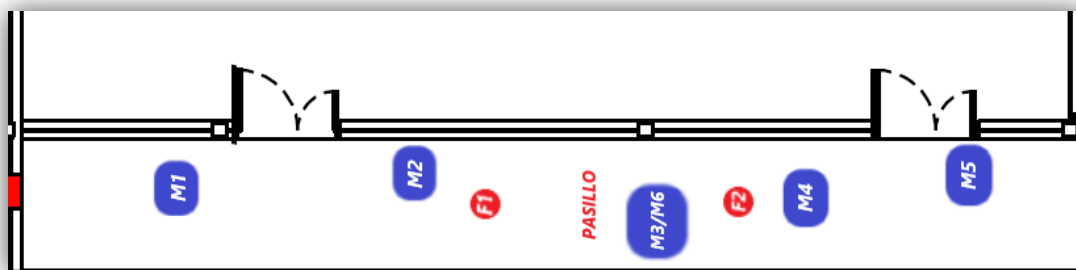


Figura 43: Posiciones de la fuente y sonómetro en el pasillo junto al Laboratorio IME 1 para la obtención del tiempo medio de reverberación.

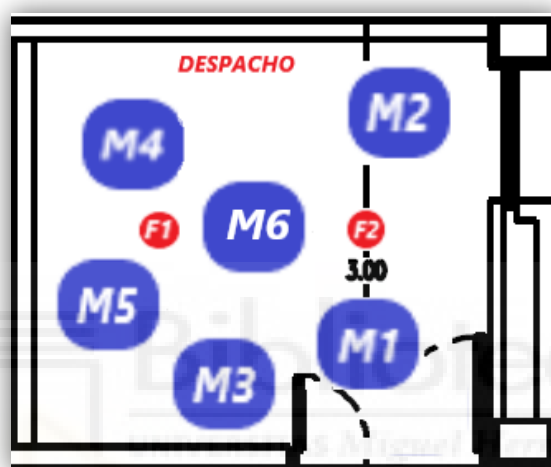


Figura 44: Posiciones de la fuente y sonómetro en la sala pequeña junto al Laboratorio IME 1 para la obtención del tiempo medio de reverberación.

		Laboratorio IME 1															
Tiempo de reverberación (s)	Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	Medida 1	2,4	2,8	2,8	3,4	3,7	3,6	3,9	4,0	4,2	4,3	4,2	4,2	3,8	3,4	3,1	2,5
	Medida 2	2,4	2,9	2,5	3,1	3,3	3,5	4,1	4,1	4,3	4,2	4,4	4,2	3,9	3,5	3,1	2,5
	Medida 3	1,8	2,9	3,4	3,3	3,8	3,7	4,0	3,9	4,3	4,1	4,2	4,3	3,8	3,4	3,1	2,5
	Medida 4	2,6	2,0	3,0	3,3	3,2	3,6	3,8	3,9	4,3	4,3	4,3	4,0	3,7	3,3	3,0	2,5
	Medida 5	2,2	2,2	2,6	2,9	3,0	3,5	3,7	4,1	4,1	4,3	4,0	4,0	3,9	3,4	2,9	2,5
	Medida 6	2,1	2,0	3,0	3,6	3,6	3,5	4,2	3,9	4,0	4,1	4,1	4,0	3,9	3,5	3,1	2,6
	Media	2,2	2,4	2,9	3,3	3,4	3,6	3,9	4,0	4,2	4,2	4,2	4,1	3,8	3,4	3,0	2,5

Tabla 12: Valores del tiempo de reverberación en el Lab. IME 1.

		Laboratorio IME 1														
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Absorción (m <sup>2</sup> )	50,9	46,8	39,5	34,7	33,4	31,9	29,0	28,7	27,3	26,9	27,1	27,6	29,7	33,3	37,4	45,5

Tabla 13: Valores del área de absorción equivalente del Laboratorio IME 1.

Sala pequeña junto a Laboratorio IME 1																	
Tiempo de reverberación (s)	Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	Medida 1	0,6	0,8	0,9	1,2	2,0	1,8	1,5	1,7	2,2	2,0	1,8	1,7	1,6	1,6	1,4	1,2
	Medida 2	0,6	0,8	0,8	1,4	1,2	1,3	1,7	1,5	2,0	1,8	1,9	1,8	1,8	1,7	1,4	1,2
	Medida 3	1,0	0,8	0,9	1,1	1,5	1,7	1,8	1,8	1,7	1,8	1,7	1,7	1,7	1,5	1,4	1,1
	Medida 4	0,5	0,7	1,0	1,5	1,6	1,6	1,7	1,4	1,8	1,8	1,8	1,8	1,7	1,5	1,5	1,2
	Medida 5	0,5	0,8	0,7	1,1	1,9	1,7	1,8	2,2	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,4	1,2
	Medida 6	0,8	0,8	0,9	1,6	1,5	1,4	1,8	1,7	1,9	1,5	1,8	1,9	1,8	1,6	1,5	1,2
	Media	0,7	0,8	0,9	1,3	1,6	1,6	1,7	1,7	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,4	1,2

Tabla 14: Valores del tiempo de reverberación de la Sala pequeña.

Sala pequeña junto a Laboratorio IME 1																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Absorción (m2)	7,2	6,3	5,3	3,6	2,9	3,0	2,8	2,7	2,5	2,7	2,6	2,7	2,8	3,0	3,3	4,0

Tabla 15: Valores del área de absorción equivalente de la Sala pequeña.

Pasillo junto a Laboratorio IME 1																	
Tiempo de reverberación (s)	Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	Medida 1	0,2	0,7	0,2	0,8	0,8	0,9	2,5	1,8	1,7	1,7	1,4	1,7	1,2	1,1	0,8	0,7
	Medida 2	0,3	2,1	0,7	1,3	0,7	0,9	1,3	1,5	1,2	1,3	1,2	1,2	0,9	0,9	0,8	0,7
	Medida 3	0,4	1,8	1,3	0,9	0,5	0,9	1,7	1,5	1,6	1,4	1,4	1,5	1,1	1,0	0,8	0,7
	Medida 4	0,6	0,4	0,8	1,0	0,8	0,8	1,4	1,3	1,5	1,5	1,5	1,3	1,2	0,9	0,7	0,7
	Medida 5	0,3	1,9	1,4	1,0	0,6	0,8	1,7	1,5	1,6	1,6	1,5	1,1	1,1	1,0	0,8	0,7
	Medida 6	0,4	0,6	0,4	1,1	0,6	0,8	1,4	1,8	1,7	2,1	1,5	1,6	1,4	1,1	0,9	0,8
	Media	0,4	1,2	0,8	1,0	0,7	0,8	1,7	1,6	1,6	1,6	1,4	1,4	1,1	1,0	0,8	0,7

Tabla 16: Valores del tiempo de reverberación del Pasillo.

Pasillo junto a Laboratorio IME 1																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Absorción (m2)	33,5	10,2	16,0	12,4	19,2	15,0	7,6	8,1	8,1	7,9	8,9	9,1	11,0	12,8	15,8	17,5

Tabla 17: Valores del área de absorción equivalente del Pasillo junto a Lab. IME 1.

Los tiempos de reverberación de la sala pequeña y el pasillo se utilizan para el cálculo de los valores de los índices acústicos normalizados y estandarizados.

A continuación, se incluyen imágenes que muestran la disposición del equipo durante la realización de los ensayos con el Laboratorio IME 1. Debido a la gran cantidad de posiciones de micrófono en cada ensayo solo se muestran las más representativas:



Figura 48: Disposición de la fuente y el sonómetro en el Laboratorio IME 1.



Figura 47: Disposición de la fuente y el sonómetro en el pasillo junto a Laboratorio IME 1.



Figura 45: Disposición de la fuente y el sonómetro en la sala pequeña junto a Laboratorio IME 1.

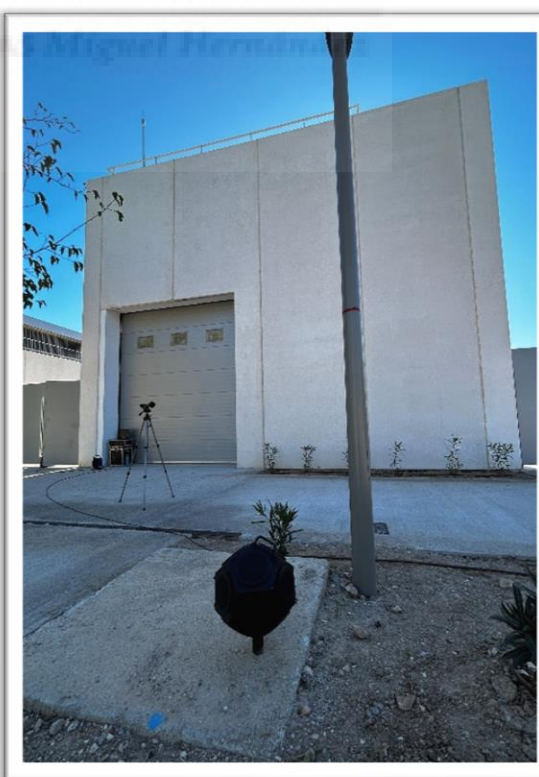


Figura 46: Disposición de la fuente y el sonómetro en el exterior del edificio frente a fachada con portón colindante al Laboratorio IME 1.



Figura 49: Disposición de la fuente y el sonómetro en el patio exterior del edificio frente a fachada colindante al Laboratorio IME 1.

A continuación, se exponen los índices acústicos de aislamiento obtenidos a partir de los cálculos:

Laboratorio IME 1 - Sala pequeña (dBA)																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Niveles de emisión	40,0	55,8	67,1	74,0	77,7	79,4	75,5	69,9	62,1	59,8	57,0	52,8	51,7	46,0	38,8	32,2
Niveles de recepción	25,4	33,0	41,8	46,5	50,4	52,6	48,0	41,0	35,4	32,2	29,8	26,6	25,0	21,2	20,9	18,2
Diferencia de niveles (D)	14,6	22,8	25,3	27,4	27,2	26,8	27,5	28,9	26,8	27,6	27,2	26,3	26,6	24,8	17,9	13,9
Diferencia de niveles normalizada (D <sub>n</sub> )	14,7	23,0	25,6	27,9	27,8	27,3	28,1	29,4	27,4	28,2	27,8	26,9	27,2	25,3	18,4	14,3
Diferencia de niveles estandarizada (D <sub>nT</sub> )	15,7	24,6	27,8	31,7	32,3	31,7	32,8	34,2	32,5	33,1	32,7	31,8	32,0	29,8	22,5	17,7
Índice de reducción acústica (R)	15,8	24,6	27,8	31,7	32,3	31,7	32,9	34,3	32,6	33,2	32,8	31,8	32,0	29,9	22,5	17,7

Tabla 18: Índices acústicos de aislamiento en función de la frecuencia según normativa entre el Lab. IME 1 y la Sala pequeña.

Laboratorio IME 1 - Pasillo junto a Laboratorio IME 1 (dBA)																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Niveles de emisión	40,0	55,8	67,1	74,0	77,7	79,4	75,5	69,9	62,1	59,8	57,0	52,8	51,7	46,0	38,8	32,2
Niveles de recepción	22,5	37,3	48,1	53,8	55,0	55,6	51,8	45,3	38,2	34,2	30,9	28,4	28,8	26,2	22,2	18,0
Diferencia de niveles (D)	17,5	18,5	19,0	20,2	22,7	23,8	23,7	24,5	23,9	25,6	26,1	24,4	22,8	19,7	16,5	14,1
Diferencia de niveles normalizada (D <sub>n</sub> )	17,0	18,5	18,8	20,1	22,4	23,6	23,8	24,6	24,0	25,7	26,1	24,5	22,8	19,6	16,3	13,9
Diferencia de niveles estandarizada (D <sub>nT</sub> )	16,3	22,4	21,0	23,2	23,9	26,1	28,9	29,5	28,9	30,7	30,6	28,9	26,4	22,7	18,6	15,7
Índice de reducción acústica (R)	18,4	24,5	23,1	25,3	26,0	28,2	31,0	31,6	31,0	32,8	32,7	31,0	28,5	24,8	20,7	17,8

Tabla 19: Índices acústicos de aislamiento en función de la frecuencia según normativa entre el Lab. IME 1 y el pasillo.

Laboratorio IME 1 - Exterior Patio (dBA)																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Niveles de emisión	41,5	53,3	65,4	73,7	74,8	74,9	72,2	66,7	56,0	51,6	48,5	44,4	43,3	39,6	34,9	29,6
Niveles de recepción	20,0	28,8	35,3	43,3	41,8	37,7	36,9	31,5	30,0	27,9	27,6	25,7	24,2	21,3	15,9	13,0
Diferencia de niveles (D <sub>2m</sub> )	21,5	24,5	30,1	30,4	33,0	37,1	35,3	35,1	26,0	23,6	20,9	18,7	19,0	18,2	19,0	16,6
Diferencia de niveles normalizada (D <sub>2m,n</sub> )	20,8	23,8	29,5	29,9	32,5	36,6	34,8	34,7	25,5	23,2	20,5	18,2	18,5	17,7	18,4	16,0
Diferencia de niveles estandarizada (D <sub>2m,nT</sub> )	28,0	31,4	37,7	38,6	41,3	45,7	44,2	44,1	35,2	32,9	30,2	27,8	27,9	26,6	26,8	23,6
Índice de reducción acústica (R)	24,4	27,8	34,1	35,0	37,7	42,1	40,6	40,5	31,6	29,3	26,6	24,2	24,3	23,0	23,2	20,0
Índice de reducción acústica (R <sub>45°</sub> )	22,9	26,3	32,6	33,5	36,2	40,6	39,1	39,0	30,1	27,8	25,1	22,7	22,8	21,5	21,7	18,5

Tabla 20: Índices acústicos de aislamiento en función de la frecuencia según normativa entre el Lab. IME 1 y el patio exterior.

Laboratorio IME 1 - Exterior Portón (dBA)																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Niveles de emisión	37,7	48,7	62,0	66,4	71,0	71,5	66,6	58,3	50,7	47,2	44,7	42,8	43,3	42,1	40,8	36,1
Niveles de recepción	20,1	28,4	41,4	45,8	47,1	47,3	43,1	37,2	31,0	28,2	28,1	27,6	26,6	25,6	23,4	18,3
Diferencia de niveles (D <sub>zm</sub> )	17,6	20,3	20,6	20,6	23,9	24,2	23,5	21,1	19,7	19,1	16,6	15,1	16,6	16,5	17,5	17,8
Diferencia de niveles normalizada (D <sub>zm,n</sub> )	16,9	19,7	20,0	20,1	23,3	23,7	23,0	20,7	19,2	18,6	16,2	14,7	16,1	16,0	16,9	17,1
Diferencia de niveles estandarizada (D <sub>zm,nT</sub> )	24,1	27,2	28,2	28,8	32,2	32,8	32,5	30,1	28,9	28,3	25,9	24,3	25,5	24,8	25,3	24,8
Índice de reducción acústica (R)	17,4	20,5	21,5	22,1	25,5	26,1	25,8	23,4	22,2	21,6	19,2	17,6	18,7	18,1	18,6	18,0
Índice de reducción acústica (R <sub>45°</sub> )	15,9	19,0	20,0	20,6	24,0	24,6	24,3	21,9	20,7	20,1	17,7	16,1	17,2	16,6	17,1	16,5

Tabla 21: Índices acústicos de aislamiento en función de la frecuencia según normativa entre el Lab. IME 1 y la zona exterior (portón).

Índices acústicos de aislamiento globales, expresados en dBA:

Lab IME 1 - Sala pequeña	
D <sub>w</sub>	24 (-3;0)
D <sub>n,w</sub>	24 (-3;0)
D <sub>nT,w</sub>	29 (-4;-1)
R <sub>w</sub>	29 (-4;-1)

Tabla 22: Parámetros acústicos de aislamiento globales según normativa entre el Lab. IME 1 y la Sala pequeña.

Lab IME 1 - Pasillo	
D <sub>w</sub>	21 (-2;1)
D <sub>n,w</sub>	21 (-2;1)
D <sub>nT,w</sub>	24 (-2;0)
R <sub>w</sub>	26 (-2;1)

Tabla 23: Parámetros acústicos de aislamiento globales según normativa entre el Lab. IME 1 y el pasillo.

Lab IME 1 - Exterior Patio	
D <sub>2m,w</sub>	20 (0;1)
D <sub>2m,n,w</sub>	19 (0;2)
D <sub>2m,nT,w</sub>	28 (0;2)
R <sub>w</sub>	25 (-1;1)
R <sub>45°,w</sub>	23 (-2;2)

Tabla 24: Parámetros acústicos de aislamiento globales según normativa entre el Lab. IME 1 y el patio exterior.

<b>Lab IME 1 - Exterior Portón</b>	
<b>D<sub>2m,w</sub></b>	18 (-1;0)
<b>D<sub>2m,n,w</sub></b>	17 (0;0)
<b>D<sub>2m,nT,w</sub></b>	26 (0;1)
<b>R<sub>w</sub></b>	19 (0;1)
<b>R<sub>45º,w</sub></b>	18 (-1;0)

Tabla 25: Parámetros acústicos de aislamiento globales según normativa entre el Lab. IME 1 y la zona exterior (portón).

Se exponen los índices acústicos de acondicionamiento expresados en segundos y en bandas de frecuencia de tercio de octava y en bandas de frecuencia de octava:

<b>LABORATORIO IME 1 / MEDICIÓN IN SITU - Posición 1</b>						<b>Valores en 1/3 de octava</b>									
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
<b>T<sub>30</sub> (s)</b>	2,65	2,93	2,84	3,30	3,50	3,62	3,94	4,07	4,14	4,06	4,14	4,14	3,81	3,49	3,08
<b>T<sub>20</sub> (s)</b>	2,20	2,83	2,91	3,27	3,58	3,59	3,98	3,99	4,23	4,22	4,28	4,24	3,84	3,43	3,04
<b>EDT (s)</b>	2,12	1,36	2,97	3,87	3,84	3,63	4,19	4,55	4,51	4,78	4,24	4,38	4,04	3,34	2,93

Tabla 26: Parámetros T<sub>20</sub>, T<sub>30</sub> y EDT obtenidos de las mediciones in situ para la 1º posición de la fuente en el Laboratorio IME 1. Valores en 1/3 de octava.

<b>LABORATORIO IME 1 / MEDICIÓN IN SITU - Posición 2</b>						<b>Valores en 1/3 de octava</b>									
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
<b>T<sub>30</sub> (s)</b>	2,55	2,27	2,81	3,30	3,51	3,62	3,92	4,02	4,12	4,24	4,19	4,09	3,81	3,41	3,01
<b>T<sub>20</sub> (s)</b>	2,27	2,04	2,87	3,29	3,25	3,54	3,88	3,95	4,11	4,25	4,14	4,03	3,82	3,42	3,00
<b>EDT (s)</b>	2,33	2,59	3,21	3,37	3,59	3,91	4,83	3,45	4,36	3,71	3,96	4,38	4,24	3,29	2,96

Tabla 27: Parámetros T<sub>20</sub>, T<sub>30</sub> y EDT obtenidos de las mediciones in situ para la 2º posición de la fuente en el Laboratorio IME 1. Valores en 1/3 de octava.

<b>LABORATORIO IME 1 / MEDICIÓN IN SITU - Media</b>						<b>Valores en 1/3 de octava</b>									
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
<b>T<sub>30</sub> (s)</b>	2,60	2,60	2,83	3,30	3,50	3,62	3,93	4,05	4,13	4,15	4,17	4,12	3,81	3,45	3,04
<b>T<sub>20</sub> (s)</b>	2,24	2,44	2,89	3,28	3,41	3,57	3,93	3,97	4,17	4,23	4,21	4,13	3,83	3,42	3,02
<b>EDT (s)</b>	2,22	1,98	3,09	3,62	3,72	3,77	4,51	4,00	4,44	4,25	4,10	4,38	4,14	3,31	2,94

Tabla 28: Parámetros T<sub>20</sub>, T<sub>30</sub> y EDT obtenidos de las mediciones in situ en el Laboratorio IME 1 (media de las dos posiciones). Valores en 1/3 de octava.

<b>LABORATORIO IME 1 / Medición in situ (Posición 1)</b>				<b>Valores en octava</b>	
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000
<b>T<sub>30</sub> (s)</b>	2,81	3,47	4,05	4,11	3,46
<b>T<sub>20</sub> (s)</b>	2,65	3,48	4,07	4,24	3,44
<b>EDT (s)</b>	2,15	3,78	4,42	4,47	3,44

Tabla 29: Parámetros T<sub>20</sub>, T<sub>30</sub> y EDT obtenidos de las mediciones in situ para la 1º posición de la fuente en el Laboratorio IME 1. Valores en octava.

<b>LABORATORIO IME 1 / Medición in situ (Posición 2)</b>				<b>Valores en octava</b>	
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	2,55	3,48	4,02	4,18	3,41
<b>T20 (s)</b>	2,39	3,36	3,98	4,14	3,41
<b>EDT (s)</b>	2,71	3,63	4,21	4,02	3,49

Tabla 30: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ para la 2ª posición de la fuente en el Laboratorio IME 1. Valores en octava.

<b>LABORATORIO IME 1 / Medición in situ (Media 2 posiciones)</b>				<b>Valores en octava</b>	
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	2,68	3,47	4,04	4,15	3,43
<b>T20 (s)</b>	2,52	3,42	4,02	4,19	3,43
<b>EDT (s)</b>	2,43	3,70	4,32	4,24	3,47

Tabla 31: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ (media de las dos posiciones) en el Laboratorio IME 1. Valores en octava.

Se observa que los valores de aislamiento acústico obtenidos son, en general, deficientes, ya que en ningún caso superan los 30 dB y se encuentran alejados de los valores mínimos exigidos por el Código Técnico de la Edificación. Por otro lado, los tiempos de reverberación medidos se sitúan entre 3 y 4 segundos, valores considerablemente elevados que no cumplen con los criterios recomendados para garantizar unas condiciones adecuadas de confort acústico en este tipo de recintos.

### 3.1.1 ANÁLISIS DE LA MAQUINARIA

Dado que la el DTIE 2.04 no especifica el rango de frecuencias a considerar, se adoptó el criterio de analizar todo el espectro en bandas de octava, para así posteriormente los resultados se comparen con las curvas NC. Las mediciones se realizaron en tercio de octava, ya que el sonómetro fue configurado inicialmente en este modo y no se modificó durante la jornada de mediciones. Por ello se muestran valores de tercio de octava y su conversión a bandas de octava, la cual se realiza a través de una suma logarítmica.

Además, el sonómetro se configuró en dB(A), es decir con una ponderación espectral, es conveniente realizar una conversión a dB para ajustarse de manera más precisa a las curvas NC. Los niveles obtenidos en bandas de octava en dB(A) se transforman a niveles sin ponderación eliminando, en cada banda de frecuencia, la corrección correspondiente a la ponderación A.

Cabe destacar que el nivel de ruido de fondo no es significativo y no ha sido necesario aplicar la corrección.

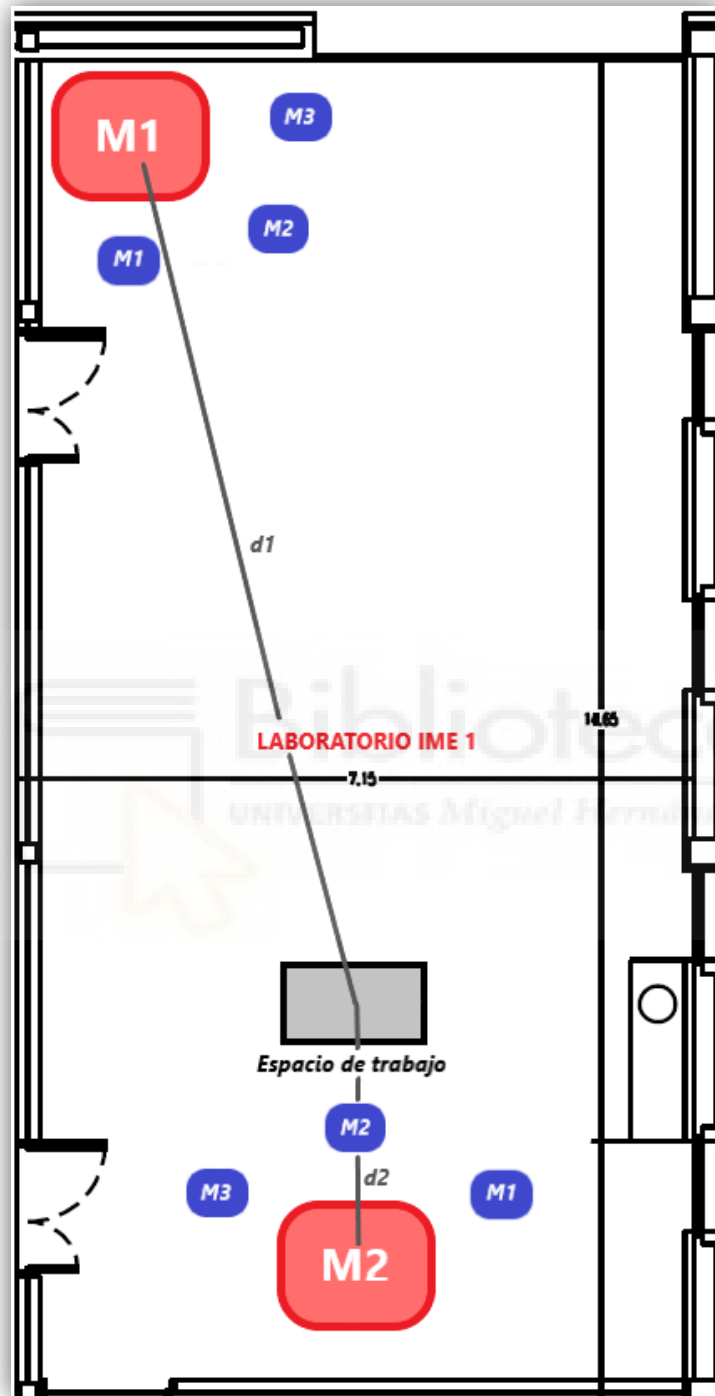


Figura 50: Posiciones de las máquinas, el sonómetro y el puesto de trabajo en el Laboratorio IME 1.

En primer lugar, se exponen los niveles de presión acústica emitidos por la maquinaria, además de la conversión de los valores de tercio de octava a octava y la conversión de dB(A) a dB.

Máquina 1 / Lp1 (dBA)																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Medida 1	33,7	33,9	37,8	46,4	45,0	47,5	45,5	46,0	48,4	45,1	45,1	43,6	42,9	42,8	43,4	42,8
Medida 2	38,8	35,9	38,7	40,5	43,7	43,1	46,8	47,1	47,9	45,6	45,6	43,2	43,8	41,5	43,9	42,2
Medida 3	35,2	38,0	43,2	42,7	43,4	42,5	44,3	48,5	47,9	46,4	45,0	43,4	44,2	42,8	42,9	42,1
Promedio Lp1	36,5	36,3	40,6	43,9	44,1	45,0	45,6	47,3	48,1	45,7	45,2	43,4	43,7	42,4	43,4	42,4

Frecuencia (Hz)	4000	5000	6300	8000	10000
Medida 1	38,7	39,5	40,8	33,8	36,0
Medida 2	37,7	38,9	40,3	31,8	32,0
Medida 3	38,7	39,8	40,2	31,7	32,7
Promedio Lp1	38,4	39,4	40,4	32,5	34,0

Tabla 32: Niveles de emisión de la Máquina 1.

Máquina 2 / Lp2 (dBA)																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Medida 1	28,0	31,4	34,5	37,2	37,4	34,4	34,0	33,5	34,9	35,6	34,8	31,9	30,6	26,8	23,8	21,8
Medida 2	27,6	31,9	35,1	36,5	38,1	33,8	34,6	32,9	35,4	34,1	34,2	32,4	31,2	27,3	24,6	22,5
Medida 3	28,4	30,8	33,9	36,6	36,9	35,2	33,6	34,1	35,2	35,0	35,6	32,5	29,8	27,6	24,4	22,9
Promedio Lp2	28,0	31,4	34,5	36,8	37,5	34,5	34,1	33,5	35,2	35,0	34,9	32,3	30,6	27,2	24,3	22,4

Frecuencia (Hz)	4000	5000	6300	8000	10000
Medida 1	17,4	16,6	12,1	13,9	6,2
Medida 2	18,6	15,4	13,2	12,7	7,4
Medida 3	16,1	17,8	11,0	15,0	5,3
Promedio Lp2	17,5	16,7	12,2	14,0	6,4

Tabla 33: Niveles de emisión de la Máquina 2.

LABORATORIO IME 1 / MEDICIÓN IN SITU MAQUINARIA							Valores en 1/3 de octava									
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Lp1 (dBA)	36,5	36,3	40,6	43,9	44,1	45,0	45,6	47,3	48,1	45,7	45,2	43,4	43,7	42,4	43,4	42,4
Lp2 (dBA)	28,0	31,4	34,5	36,8	37,5	34,5	34,1	33,5	35,2	35,0	34,9	32,3	30,6	27,2	24,3	22,4

Frecuencia (Hz)	4000	5000	6300	8000	10000
Lp1 (dBA)	38,4	39,4	40,4	32,5	34,0
Lp2 (dBA)	17,5	16,7	12,2	14,0	6,4

Tabla 34: Niveles de emisión de la Máquina 1 y 2 en 1/3 de octava y dBA

LABORATORIO IME 1 / MEDICIÓN IN SITU MAQUINARIA				Valores en octava			
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
<i>Lp 1 (dBA)</i>	38,3	44,3	47,1	44,9	43,2	40,4	37,1
<i>Lp 2 (dBA)</i>	32,1	36,4	34,3	34,2	28,1	19,7	11,8

Tabla 35: Niveles de emisión de la Máquina 1 y 2 en octava y dBA.

LABORATORIO IME 1 / MEDICIÓN IN SITU MAQUINARIA						Valores en 1/3 de octava										
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
<i>Lp 1 (dB)</i>	55,6	52,4	54,0	54,8	52,7	51,6	50,4	50,5	50,0	46,5	45,2	42,8	42,7	41,2	42,1	41,2
<i>Lp 2 (dB)</i>	47,1	47,5	47,9	47,7	46,1	41,1	38,9	36,7	37,1	35,8	34,9	31,7	29,6	26,0	23,0	21,2

Frecuencia (Hz)	4000	5000	6300	8000	10000
<i>Lp 1 (dB)</i>	37,4	38,9	40,5	33,6	36,5
<i>Lp 2 (dB)</i>	16,5	16,2	12,3	15,1	8,9

Tabla 36: Niveles de emisión de la Máquina 1 y 2 en 1/3 de octava y dB.

LABORATORIO IME 1 / MEDICIÓN IN SITU MAQUINARIA				Valores en octava			
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
<i>Lp 1 (dB)</i>	54,4	52,9	50,3	44,9	42,0	39,4	38,2
<i>Lp 2 (dB)</i>	48,2	45,0	37,5	34,2	26,9	18,7	12,9

Tabla 37: Niveles de emisión de la Máquina 1 y 2 en octava y dB.

A continuación, se expone el área de absorción equivalente del laboratorio y el nivel potencia acústica de ambas máquinas.

Laboratorio IME 1																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Absorción (m <sup>2</sup> )	50,9	46,8	39,5	34,7	33,4	31,9	29,0	28,7	27,3	26,9	27,1	27,6	29,7	33,3	37,4	45,5

Tabla 38: Área de absorción equivalente del Laboratorio 1 para análisis de maquinaria.

Se debe tener en cuenta el factor de directividad de las máquinas, en función de su posición respecto a las superficies del recinto. La máquina 1 se encuentra situada en una esquina, en contacto con dos paredes y el suelo, por lo que la radiación sonora queda confinada en un octante del espacio, adoptándose un factor de directividad  $Q = 8$ .

Por otra parte, la máquina 2 está colocada junto a una pared por una de sus caras, emitiendo en un espacio equivalente a un cuarto de esfera, por lo que se adopta un factor de directividad  $Q = 4$ .

En cuanto a las distancias, la máquina 1 se encuentra a una distancia aproximada de 9,5 m del usuario, mientras que la máquina 2 está situada a una distancia de 2 m. La superficie total del laboratorio es de 506 m<sup>2</sup>.

LABORATORIO IME 1 / MEDICIÓN IN SITU MAQUINARIA				Valores en octava			
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
<i>Lw<sub>1</sub></i> (dB)	58,8	57,0	54,1	48,6	46,0	43,8	43,2
<i>Lw<sub>2</sub></i> (dB)	54,7	51,0	43,1	39,7	32,8	25,3	20,5

Tabla 39: Niveles de potencia emitidos por la Máquina 1 y 2.

Por último, se exponen los niveles de presión sonora percibidos por el usuario en el espacio de trabajo y su respectiva comparativa con las curvas NC.

LABORATORIO IME 1 / MEDICIÓN IN SITU MAQUINARIA				Valores en octava			
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
<i>Lp<sub>1</sub> usuario</i> (dB)	48,2	47,7	45,6	40,3	36,8	33,1	29,1
<i>Lp<sub>2</sub> usuario</i> (dB)	46,7	43,8	36,4	33,1	25,7	17,2	11,0

Tabla 40: Niveles de presión acústica percibidos por el usuario en el puesto de trabajo.

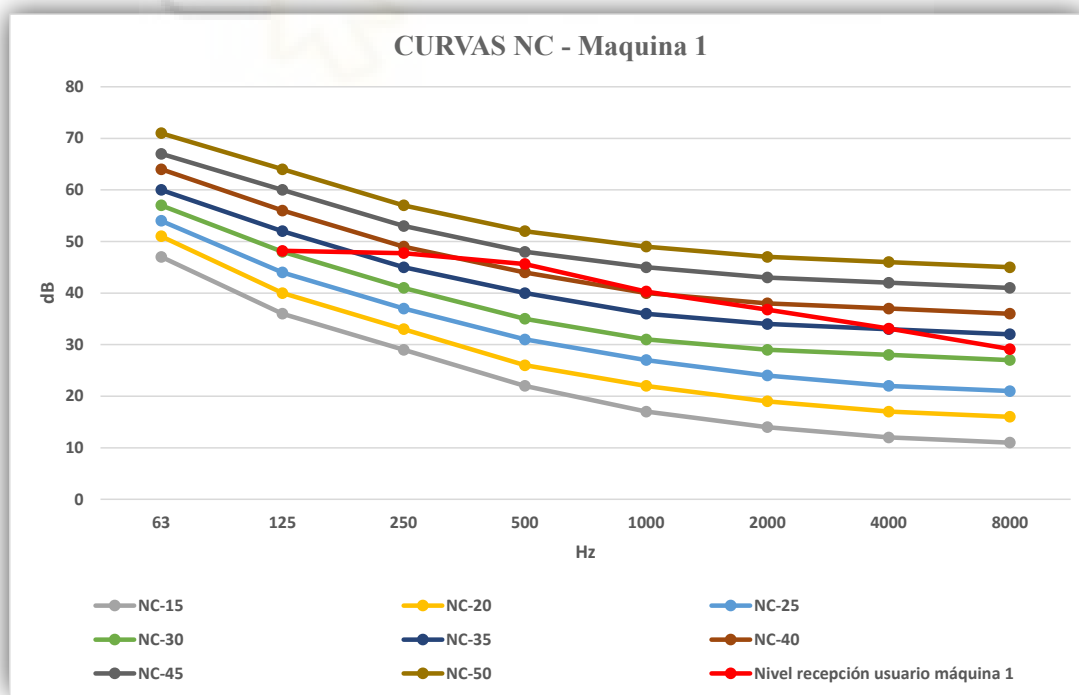


Figura 51: Comparativa de las curvas NC con la curva de niveles de emisión de la Máquina 1.

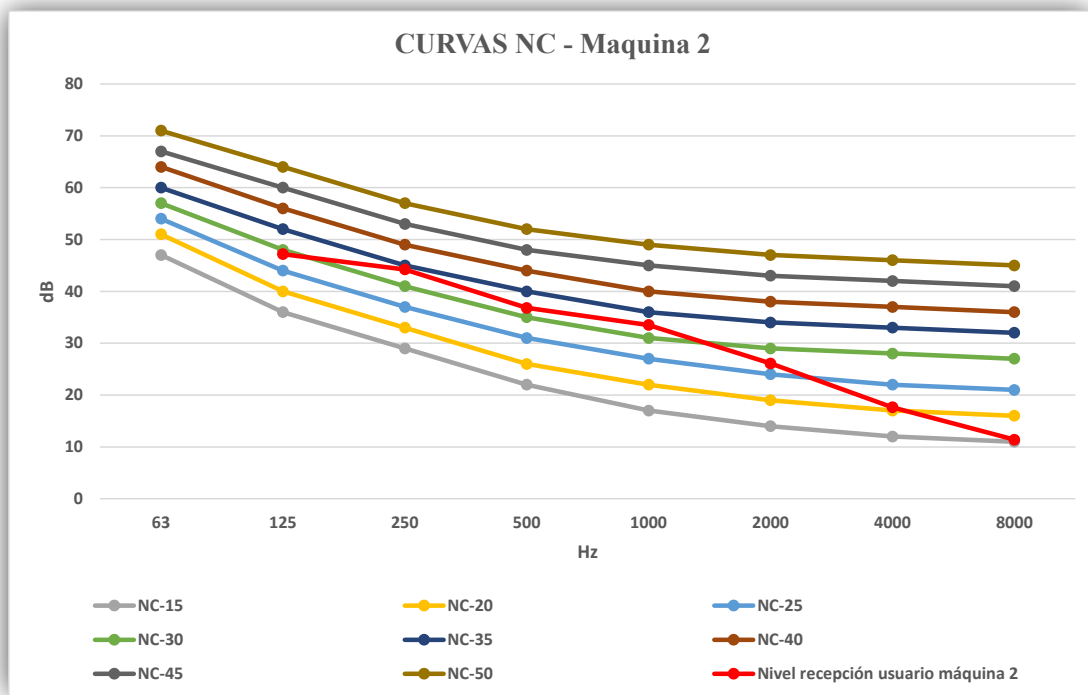


Figura 52: Comparativa de las curvas NC con la curva de niveles de emisión de la Máquina 2.

En el caso de la máquina 1, se observa que los niveles de ruido percibidos por el usuario con la máquina en funcionamiento se sitúan por debajo de la curva NC-45. Este comportamiento indica que el ruido generado por la maquinaria presenta una contribución significativa en el puesto de trabajo. Los niveles obtenidos se encuentran por encima de los valores recomendados para entornos de trabajo tipo laboratorio o espacios docentes aproximadamente en todo el rango de frecuencias, donde se aconsejan valores próximos a NC-30 o inferiores. Por tanto, la presencia de la maquinaria afecta al confort acústico del usuario.

En el caso de la máquina 2, se observa que los niveles de ruido percibidos por el usuario con la máquina en funcionamiento se sitúan por debajo de la curva NC-35. Este comportamiento indica que el ruido generado por la maquinaria presenta una pequeña contribución significativa en el puesto de trabajo. Los niveles obtenidos se encuentran por encima de los valores recomendados para entornos de trabajo tipo laboratorio o espacios docentes en las frecuencias 250 Hz, 500Hz y 1000Hz, donde se aconsejan valores próximos a NC-30 o inferiores. Por tanto, la presencia de la maquinaria afecta al confort acústico del usuario.



*Figura 53: Disposición del sonómetro frente a la Máquina 1 en el Laboratorio IME 1.*



*Figura 54: Disposición del sonómetro frente a la Máquina 2 en el Laboratorio IME 1.*

### 3.2 LABORATORIO IME 5

El Laboratorio IME 5 se divide en dos salas, una grande y pequeña, se toma como recinto emisor la sala grande que presenta como recintos colindantes un pasillo y la sala de menor tamaño se divide en dos salas de diferentes tamaños, las cuales están comunicadas mediante una puerta.

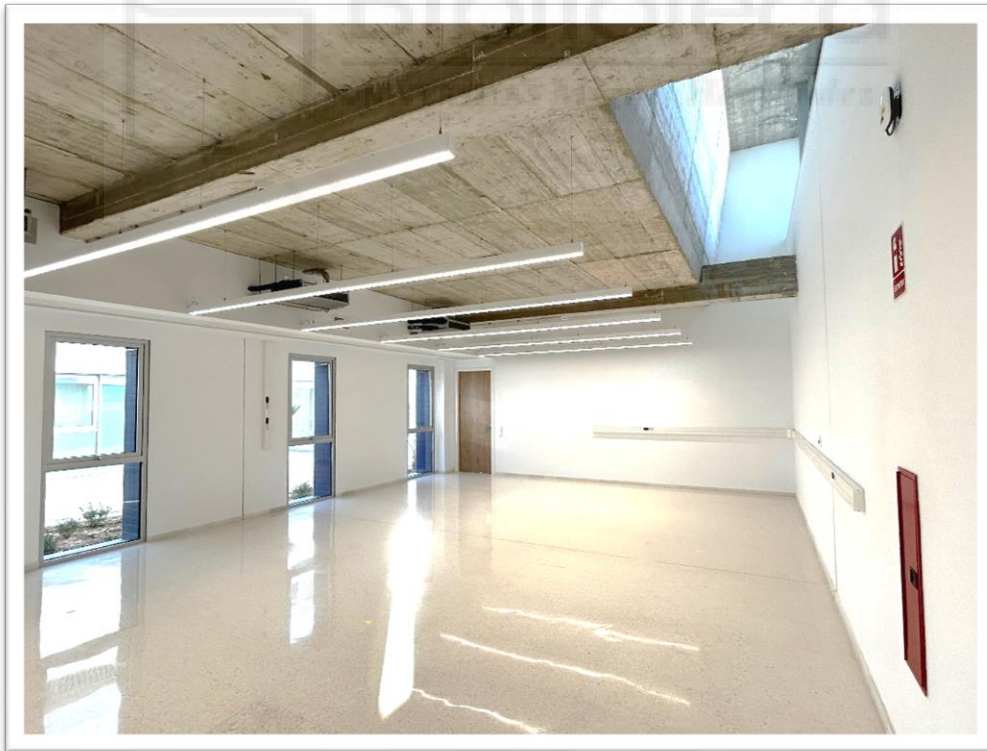
Además, la sala grande es colindante con un patio exterior y la zona exterior perteneciente al campus, concretamente el parking del edificio Valverde.



Figura 55: Posiciones de la fuente y sonómetro en el Laboratorio IME 5 grande y sus recintos colindantes para la obtención de los valores de aislamiento.



*Figura 56: Laboratorio IME 5 grande.*



*Figura 57: Laboratorio IME 5 pequeño.*



Figura 58: Pasillo junto al Laboratorio IME 5 grande.

		Laboratorio grande IME 5															
Niveles de emisión (dBA)	Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Posición fuente 1	Medida 1	40,3	58,4	68,1	74,0	79,9	80,9	81,9	75,8	73,7	66,2	63,6	60,1	56,4	55,2	49,3	42,2
	Medida 2	44,7	57,1	71,2	76,2	82,1	83,0	80,3	73,8	66,8	62,9	60,0	56,1	54,7	48,9	42,9	36,4
	Medida 3	48,6	58,6	70,7	78,6	80,3	83,1	78,7	74,1	65,6	63,1	59,7	55,2	54,0	48,4	42,6	36,1
	Medida 4	47,4	58,5	70,3	76,5	82,9	83,0	79,5	73,3	66,0	63,4	60,3	56,2	55,0	49,0	41,9	36,4
	Medida 5	49,1	59,1	70,4	77,5	82,3	82,7	78,9	74,0	66,7	63,2	60,3	56,3	55,0	49,0	42,7	36,8
Posición fuente 2	Medida 6	45,8	57,1	72,8	78,2	80,9	82,3	79,2	73,4	66,1	62,9	59,7	55,3	54,4	49,2	41,9	36,0
	Medida 7	45,0	58,7	71,4	78,9	81,6	82,2	80,9	74,4	66,4	63,7	60,0	55,9	54,5	49,1	42,5	36,5
	Medida 8	47,3	58,5	73,6	79,3	80,7	83,1	79,5	74,1	66,8	63,3	60,3	56,1	55,2	49,5	42,6	36,6
	Medida 9	45,0	56,7	71,6	78,1	83,0	83,0	80,3	74,3	67,0	63,9	60,1	56,4	55,1	49,0	43,0	36,6
	Medida 10	44,3	59,6	69,1	78,2	82,8	83,0	80,6	74,5	66,6	63,5	60,8	56,3	55,4	50,0	43,3	37,0
	Promedio L1	46,3	58,3	71,2	77,8	81,8	82,7	80,1	74,2	68,0	63,7	60,6	56,6	55,0	50,3	44,0	37,5

Tabla 41: Niveles de emisión en el Laboratorio IME 5 grande.

		Laboratorio pequeño IME 5 (Puerta comunicación cerrada)															
Niveles de recepción (dBA)	Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Posición fuente 1	Medida 1	24,0	37,0	49,8	54,8	58,0	60,0	54,8	48,4	39,7	35,1	32,1	28,1	26,1	21,1	17,2	12,9
	Medida 2	24,5	36,3	47,6	54,4	58,1	59,6	55,5	48,3	39,2	36,5	33,0	27,9	26,9	23,0	19,7	16,5
	Medida 3	25,9	35,7	48,8	53,8	58,1	59,1	55,1	49,8	39,4	36,7	33,7	28,7	26,8	22,0	18,7	17,0
	Medida 4	25,9	37,1	48,4	55,1	59,1	61,0	56,1	49,3	40,1	36,5	34,0	30,1	28,7	25,3	23,3	21,8
	Medida 5	25,3	36,2	49,2	53,7	59,9	59,3	55,5	47,7	39,6	36,4	33,6	28,3	26,2	22,1	19,0	17,6
Posición fuente 2	Medida 6	27,0	34,9	48,0	54,0	58,4	58,9	54,9	48,0	39,3	35,5	33,3	30,3	27,8	24,2	21,0	18,7
	Medida 7	24,2	34,7	48,2	53,7	57,8	59,2	55,1	48,4	39,5	36,2	32,8	29,1	28,1	26,4	25,9	24,5
	Medida 8	25,9	34,4	49,1	54,4	57,8	59,8	54,4	48,8	40,3	36,1	33,3	28,3	25,8	21,5	17,4	14,2
	Medida 9	26,2	33,3	49,1	54,9	58,8	59,6	54,7	48,2	40,4	36,5	32,9	30,0	26,8	23,3	19,8	17,6
	Medida 10	22,9	31,2	35,7	46,9	52,5	58,5	58,6	54,8	47,6	38,6	35,9	33,9	32,8	28,3	26,1	25,0
	Promedio L2	25,3	35,4	48,3	54,0	58,2	59,5	55,6	49,8	41,5	36,5	33,6	29,9	28,2	24,3	22,0	20,3
	L2' corregido	25,3	35,4	48,3	54,0	58,2	59,5	55,6	49,8	41,5	36,5	33,6	29,9	28,2	24,3	22,0	20,3

Tabla 42: Niveles de recepción en el Laboratorio IME 5 pequeño.

Laboratorio pequeño IME 5																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Ruido fondo (dBA)	10,0	15,4	19,9	21,0	16,5	13,7	12,7	12,1	10,2	9,8	11,0	9,2	11,6	12,2	9,1	8,9

Tabla 43: Niveles de ruido de fondo en el Laboratorio IME 5 pequeño.

Pasillo junto a laboratorio grande IME 5																	
Niveles de recepción (dBA)	Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Posición fuente 1	Medida 1	28,4	37,3	51,8	58,8	62,2	63,8	59,6	54,0	45,4	40,0	36,4	32,0	32,1	25,9	22,9	19,8
	Medida 2	28,6	37,6	48,9	58,7	62,8	60,4	56,7	50,0	41,6	37,1	32,6	28,9	28,8	25,9	25,4	25,6
	Medida 3	26,9	36,1	48,0	55,5	59,9	60,3	55,3	48,3	41,4	36,1	31,7	28,2	27,3	24,3	22,8	21,9
	Medida 4	24,3	38,0	52,6	60,0	62,3	62,6	57,7	51,9	44,2	39,0	34,6	30,5	29,7	27,5	27,0	25,7
	Medida 5	24,7	38,0	48,8	54,8	59,4	59,4	56,6	47,5	41,9	37,0	32,2	28,2	28,2	26,2	24,4	24,8
Posición fuente 2	Medida 6	28,9	36,3	52,0	60,5	61,5	63,3	58,5	54,3	44,6	40,3	36,1	30,9	30,0	25,1	22,2	18,9
	Medida 7	23,2	37,1	47,0	59,6	64,0	61,3	55,8	51,5	42,1	38,1	32,4	27,8	26,4	22,0	19,5	18,5
	Medida 8	24,6	37,5	49,3	57,0	60,7	59,2	55,2	48,0	41,2	37,1	31,8	27,4	27,2	25,2	24,8	24,3
	Medida 9	23,1	36,2	49,5	54,3	56,8	61,8	55,1	47,9	41,9	37,0	32,4	28,1	28,1	23,8	21,7	19,7
	Medida 10	23,6	34,0	51,5	60,3	62,0	59,9	57,9	52,8	42,9	38,6	34,8	29,0	28,4	24,2	22,0	18,1
L2' corregido	Promedio L2	26,2	36,9	50,3	58,5	61,6	61,5	57,1	51,3	43,0	38,3	33,8	29,4	28,9	25,2	23,7	22,7
	L2' corregido	26,2	36,9	50,3	58,5	61,6	61,5	57,1	51,3	43,0	38,3	33,8	29,4	28,9	24,4	22,8	22,0

Tabla 44: Niveles de recepción obtenidos en la Pasillo junto al Lab. IME 5 grande.

Pasillo junto a laboratorio grande IME 5																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Ruido fondo (dBA)	13,7	15,0	15,9	20,1	14,0	19,5	18,8	19,7	21,1	20,1	17,1	18,2	17,4	17,7	16,7	14,1

Tabla 45: Niveles de ruido de fondo en el Laboratorio IME 5 grande.



Para los ensayos realizados en los recintos exteriores del Laboratorio IME 5 grande, se estudia la fachada que da a el patio interior del edificio, así como la fachada que delimita con la zona del parking del edificio, la cual presenta un desnivel respecto del suelo del laboratorio.

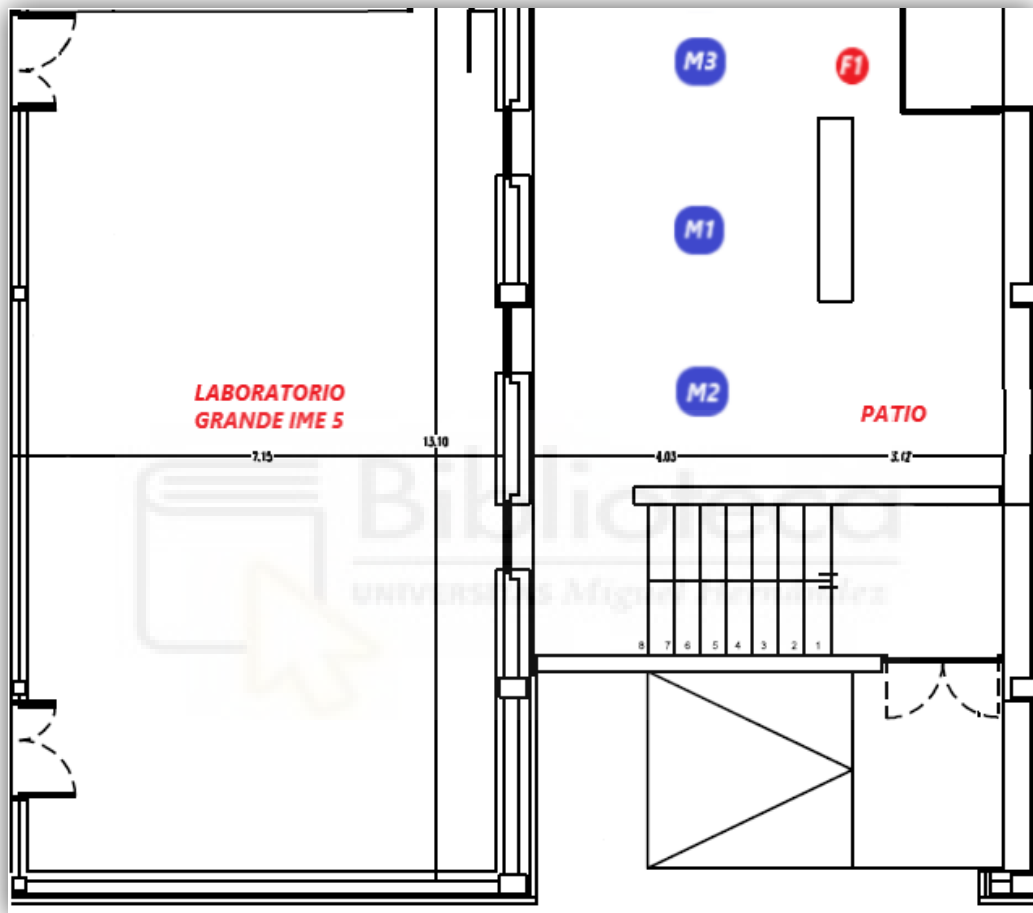


Figura 59: Posiciones de la fuente y sonómetro en Laboratorio IME 5 grande y el patio exterior para la obtención del nivel medio de presión acústica.

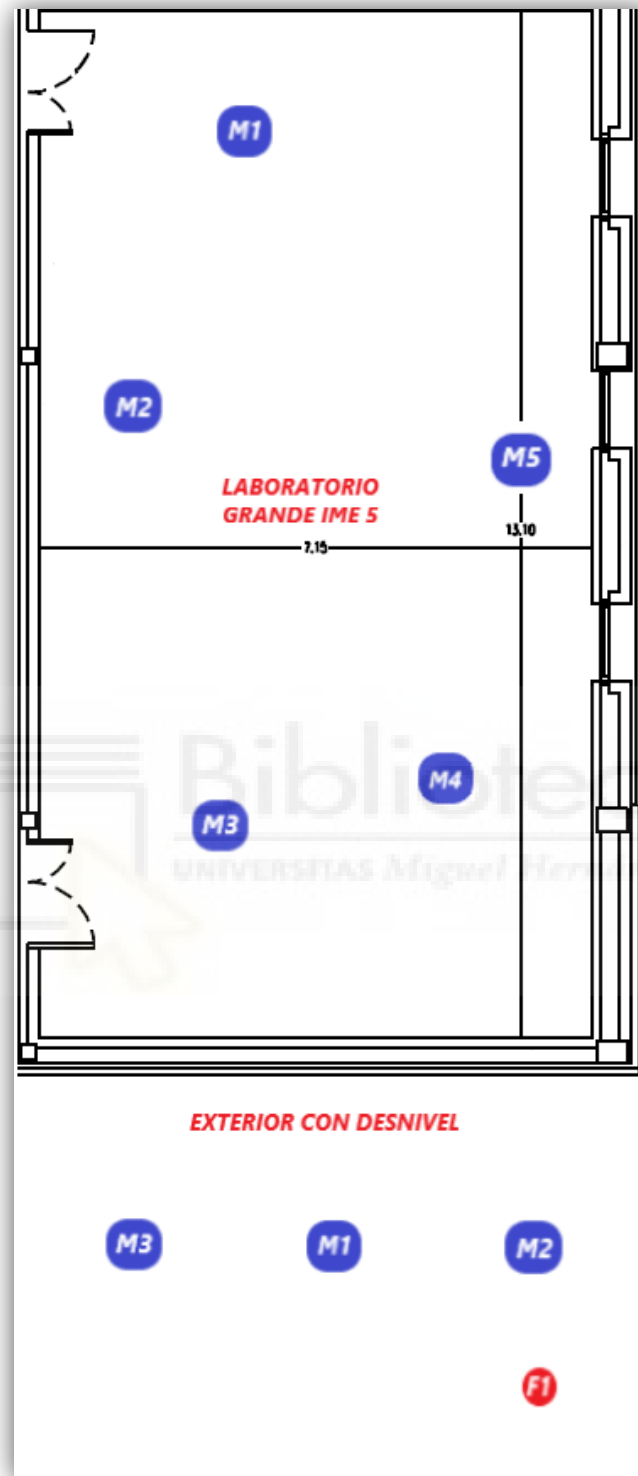
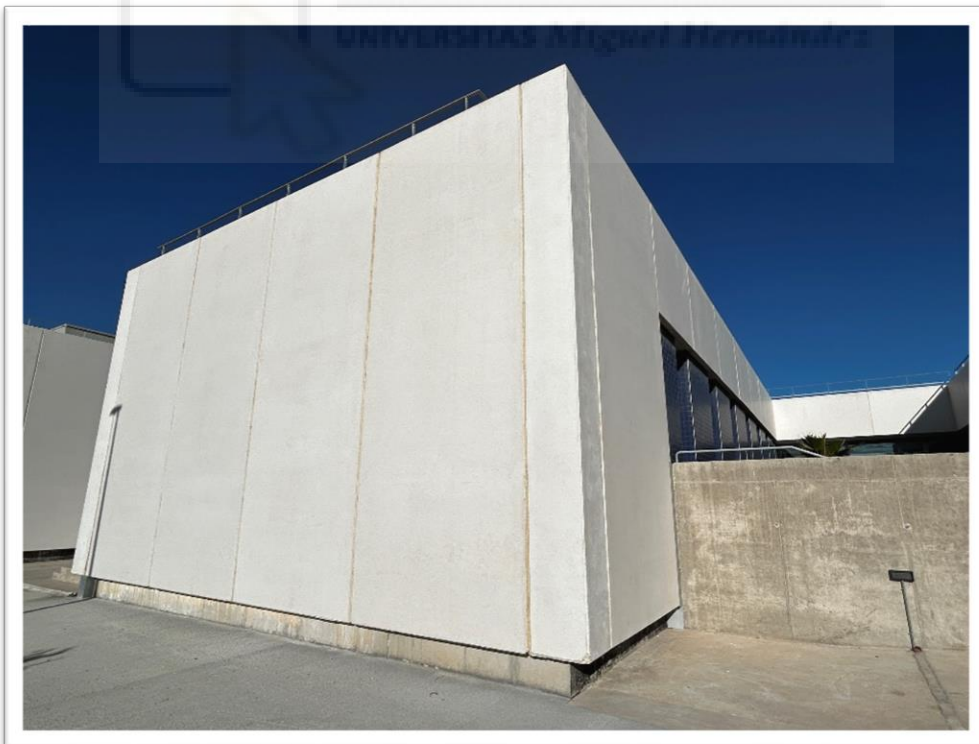


Figura 60: Posiciones de la fuente y sonómetro en Laboratorio IME 5 grande y la zona exterior del edificio para la obtención del nivel medio de presión acústica.



*Figura 62: Fachada del Laboratorio IME 5 grande colindante al patio exterior:*



*Figura 61: Fachada con desnivel del Laboratorio IME 5 grande colindante a la zona exterior del edificio.*

Exterior fachada patio																	
Niveles de emisión (dBA)	Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	Medida 1	39,1	54,8	62,7	70,3	74,8	73,3	74,1	65,9	57,2	53,1	49,3	42,3	43,4	38,9	33,2	29,1
	Medida 2	37,1	55,0	60,7	70,9	74,7	73,7	69,5	63,7	51,5	51,2	46,3	42,7	43,1	37,9	32,1	27,6
	Medida 3	45,6	53,6	58,8	73,1	74,8	72,8	71,8	67,1	56,0	52,1	48,2	45,9	46,2	41,8	36,6	30,0
	Promedio L1	42,2	54,5	61,0	71,6	74,8	73,3	72,2	65,8	55,5	52,2	48,1	44,0	44,5	39,8	34,4	29,0

Tabla 46: Niveles de emisión en el patio exterior junto al Lab. IME 5 grande.

Laboratorio grande IME 5 (Patio)																	
Niveles de recepción (dBA)	Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	Medida 1	17,0	27,5	33,2	43,0	45,0	39,6	36,6	31,4	21,6	18,5	17,2	16,5	15,7	13,3	11,6	10,7
	Medida 2	18,7	25,0	33,6	43,6	43,7	42,0	36,5	30,8	21,0	18,2	17,0	15,4	15,0	13,3	9,3	8,8
	Medida 3	14,7	26,1	32,7	42,4	43,8	41,5	36,8	29,7	20,9	17,5	17,0	15,6	15,1	12,5	10,0	8,9
	Medida 4	14,3	27,9	32,7	43,0	43,9	41,3	36,6	30,1	20,6	18,4	16,8	15,9	15,6	12,3	9,6	8,7
	Medida 5	16,7	28,6	33,2	42,8	44,7	41,2	37,5	31,0	22,1	18,4	17,1	15,5	15,8	12,1	9,4	8,9
	Promedio L2	16,6	27,2	33,1	43,0	44,2	41,2	36,8	30,6	21,3	18,2	17,0	15,8	15,5	12,7	10,1	9,3
	L2' corregido	15,8	27,2	33,1	43,0	44,2	41,2	36,8	30,6	20,7	17,0	15,8	15,0	14,7	11,6	8,8	8,0

Tabla 47: Niveles de recepción en el Laboratorio IME 5 grande (provenientes del patio).

Exterior fachada con desnivel																	
Niveles de emisión (dBA)	Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	Medida 1	45,0	53,5	57,5	69,8	71,1	68,4	68,3	64,8	56,0	51,2	45,9	40,6	41,8	38,2	31,5	29,4
	Medida 2	42,7	53,0	60,6	64,6	71,5	71,0	67,6	62,0	53,8	50,6	51,0	45,7	45,4	42,8	38,3	39,3
	Medida 3	40,5	56,4	66,1	73,0	74,4	75,1	71,4	62,5	53,1	48,5	46,4	44,9	45,4	36,9	33,6	30,0
	Promedio L1	43,1	54,6	62,9	70,3	72,6	72,4	69,4	63,3	54,5	50,2	48,4	44,2	44,5	40,1	35,4	35,4

Tabla 48: Niveles de emisión en la zona exterior del edificio junto al Lab. IME 5 grande.

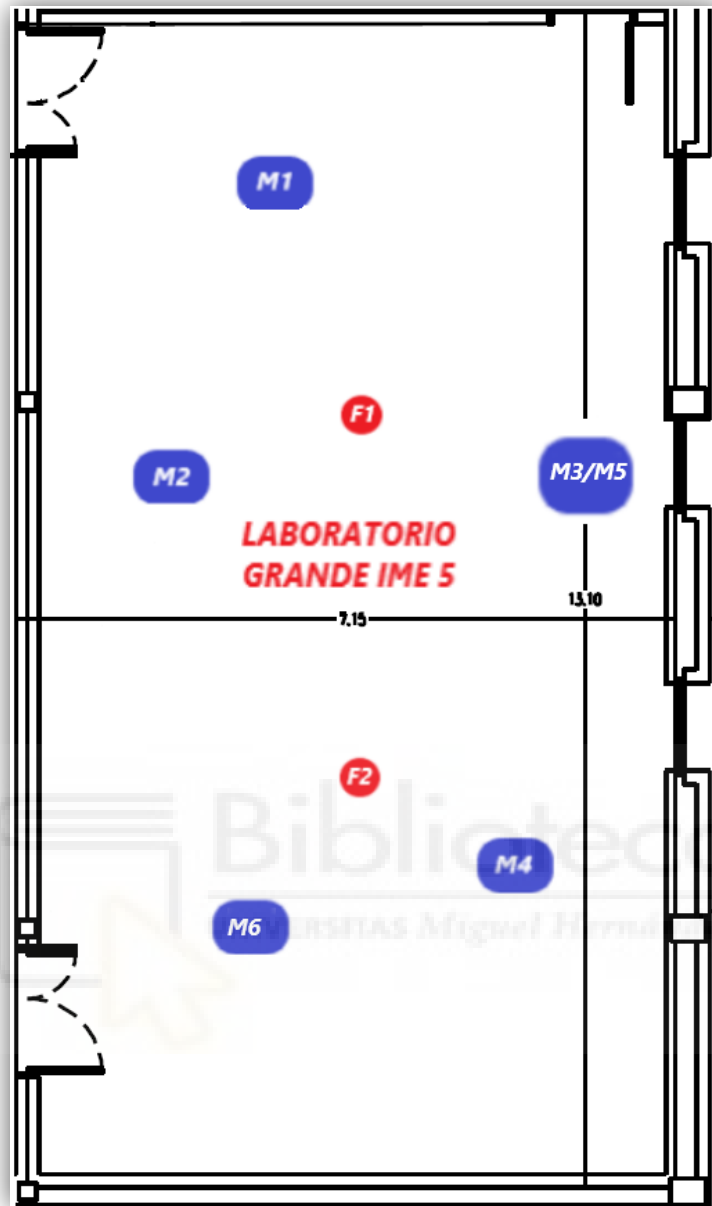
Laboratorio grande IME 5 (Desnivel)																	
Niveles de recepción (dBA)	Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	Medida 1	13,9	19,8	29,0	32,3	31,2	29,0	25,8	20,1	18,7	18,2	17,3	15,3	13,6	11,7	10,3	10,2
	Medida 2	14,7	20,4	27,3	29,7	31,8	29,0	24,7	20,7	18,3	18,1	17,6	15,3	15,0	13,3	13,1	13,7
	Medida 3	14,8	19,7	27,4	31,1	30,0	30,8	26,2	21,2	19,5	18,0	17,9	18,0	14,3	13,1	12,4	11,1
	Medida 4	14,7	21,0	27,9	31,9	32,7	30,2	25,7	20,4	18,2	17,8	17,9	15,0	13,3	12,3	9,8	9,1
	Medida 5	14,8	18,5	25,1	27,9	30,5	26,3	22,8	19,5	18,7	18,0	17,8	14,7	12,6	11,2	9,3	9,1
	Promedio L2	14,6	20,0	27,5	30,9	31,4	29,3	25,2	20,4	18,7	18,0	17,7	15,8	13,8	12,4	11,2	11,0
	L2' corregido	13,3	19,0	27,5	30,9	31,4	29,3	25,2	19,5	17,5	16,8	16,7	15,0	12,7	11,2	10,3	10,2

Tabla 49: Niveles de recepción en el Laboratorio IME 5 grande (provenientes de la zona exterior).

Laboratorio grande IME 5 (ext)																	
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
Ruido fondo (dBA)	8,6	13,1	14,1	14,0	12,8	10,7	12,4	13,2	12,5	11,9	10,9	8,1	7,4	6,1	4,0	3,2	

Tabla 50: Niveles de ruido de fondo en el Laboratorio IME 5 grande.

En lo referente a los tiempos de reverberación, se utilizan dos posiciones de la fuente y tres posiciones de micrófono para cada posición de la fuente, por tanto, la distribución de posiciones cambia.



*Figura 63: Posiciones de la fuente y sonómetro en el Laboratorio IME 5 grande para la obtención del tiempo medio de reverberación.*

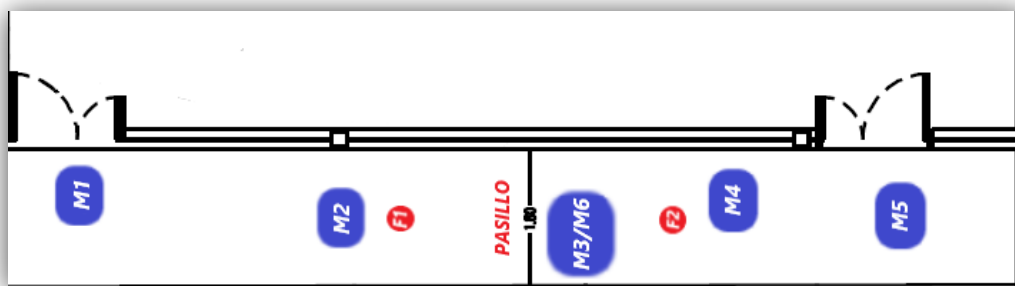


Figura 64: Posiciones de la fuente y sonómetro en el pasillo junto a Laboratorio IME 5 grande para la obtención del tiempo medio de reverberación.

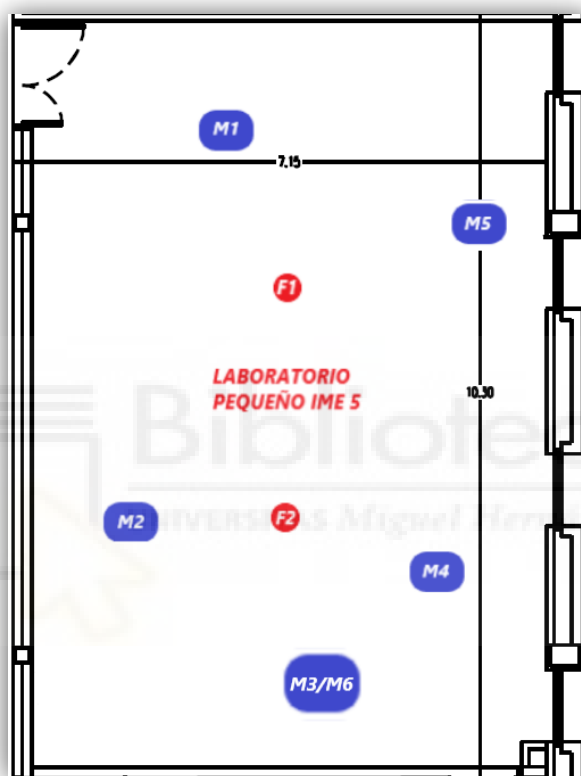


Figura 65: Posiciones de la fuente y sonómetro en el Laboratorio IME 5 pequeño para la obtención del tiempo medio de reverberación.

		Laboratorio grande IME 5															
Tiempo de reverberación (s)	Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	Medida 1	3,0	3,1	3,1	4,3	4,1	4,0	4,5	4,4	4,2	4,0	3,5	3,4	3,6	3,3	2,8	2,3
	Medida 2	2,8	2,8	3,5	3,2	4,0	3,9	4,0	4,7	4,3	3,8	3,7	3,8	3,3	3,2	2,7	2,2
	Medida 3	3,2	3,0	3,3	4,3	4,1	3,8	4,3	4,3	4,4	3,9	3,7	3,4	3,3	3,2	2,8	2,3
	Medida 4	2,7	3,2	3,1	3,7	3,3	4,0	4,5	4,4	4,2	3,7	3,7	3,6	3,3	3,1	2,7	2,4
	Medida 5	3,2	3,5	3,6	3,6	3,9	4,1	4,5	4,5	4,4	3,9	3,7	3,6	3,4	2,9	2,6	2,2
	Medida 6	3,5	4,1	3,5	4,0	3,9	4,3	4,6	4,7	4,2	3,8	3,7	3,6	3,5	3,2	2,9	2,3
	Media	3,1	3,3	3,4	3,9	3,9	4,0	4,4	4,5	4,3	3,8	3,7	3,6	3,4	3,2	2,7	2,3

Tabla 51: Valores del tiempo de reverberación en el Lab. IME 5 grande.

		Laboratorio grande IME 5														
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Absorción (m2)	14,7	13,7	13,3	11,6	11,5	11,2	10,2	10,0	10,5	11,7	12,3	12,6	13,2	14,2	16,3	19,6

Tabla 52: Valores del área de absorción equivalente del Laboratorio IME 5 grande.

Laboratorio pequeño IME 5																	
Tiempo de reverberación (s)	Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	Medida 1	2,4	3,0	3,8	3,9	3,5	3,6	4,1	3,7	3,3	3,4	3,6	3,4	3,2	3,2	2,7	2,4
	Medida 2	2,6	3,7	3,4	3,3	3,6	4,2	3,8	4,0	3,4	3,3	3,6	3,5	3,3	3,1	2,6	2,4
	Medida 3	2,6	3,2	3,6	3,6	3,7	3,7	4,0	3,7	3,6	3,5	3,6	3,5	3,1	2,9	2,7	2,3
	Medida 4	2,6	3,0	3,4	3,1	4,1	3,7	3,9	3,8	3,1	3,2	3,5	3,5	3,5	3,3	2,6	2,5
	Medida 5	3,2	2,9	3,0	3,4	3,5	4,0	4,4	4,0	3,5	3,5	3,5	3,6	3,5	3,1	2,6	2,3
	Medida 6	3,6	4,2	3,3	3,5	3,9	4,0	4,0	4,0	3,5	3,4	3,6	3,5	3,3	3,0	2,7	2,4
	Media	2,8	3,3	3,4	3,4	3,7	3,9	4,0	3,9	3,4	3,4	3,6	3,5	3,3	3,1	2,7	2,4

Tabla 53: Valores del tiempo de reverberación en el Lab. IME 5 pequeño.

Laboratorio pequeño IME 5																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Absorción	12,2	10,2	10,0	10,0	9,2	8,8	8,5	8,8	10,1	10,1	9,6	9,8	10,3	11,0	12,8	14,3

Tabla 54: Valores del área de absorción equivalente del Laboratorio IME 5 pequeño.

Pasillo junto a laboratorio grande IME 5																	
Tiempo de reverberación (s)	Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	Medida 1	0,7	0,4	0,4	0,8	0,9	0,8	0,9	1,3	2,0	1,7	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8	0,6
	Medida 2	1,0	0,3	0,3	0,6	0,6	0,7	1,1	1,2	1,4	1,3	1,4	1,1	1,0	0,9	0,7	0,7
	Medida 3	0,9	0,4	0,3	0,7	0,6	0,9	0,9	1,2	1,5	1,5	1,4	1,3	1,4	0,9	0,7	0,7
	Medida 4	0,4	0,3	0,4	0,8	0,8	0,9	1,2	1,0	1,5	1,2	1,2	1,0	1,0	0,8	0,8	0,6
	Medida 5	0,9	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	1,3	1,0	1,5	1,5	1,3	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6
	Medida 6	0,4	0,5	0,4	0,7	0,8	1,0	1,0	0,9	1,7	1,5	1,4	1,5	1,0	1,0	0,7	0,7
	Media	0,7	0,4	0,4	0,7	0,7	0,9	1,1	1,1	1,6	1,5	1,3	1,2	1,0	0,9	0,7	0,7

Tabla 55: Valores del tiempo de reverberación del Pasillo junto al Lab. IME 5 grande.

Pasillo junto a laboratorio grande IME 5																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Absorción	15,4	28,9	29,5	15,8	14,9	12,2	9,9	9,6	6,6	7,3	7,8	8,8	10,2	12,3	14,5	16,2

Tabla 56: Valores del área de absorción equivalente del Pasillo junto al Lab. IME 5 grande.

Cabe destacar que la normativa aplicable no especifica criterios particulares para el caso de espacios exteriores que presenten un desnivel de 2,5 m respecto del suelo del recinto objeto de estudio. Por ello, se adopta como área de separación común la superficie vertical del cerramiento, sin considerar dicho desnivel.

A continuación, se incluyen imágenes que muestran la disposición del equipo durante la realización de los ensayos con el Laboratorio IME 5. Debido a la gran cantidad de posiciones de micrófono en cada ensayo solo se muestran las más representativas:



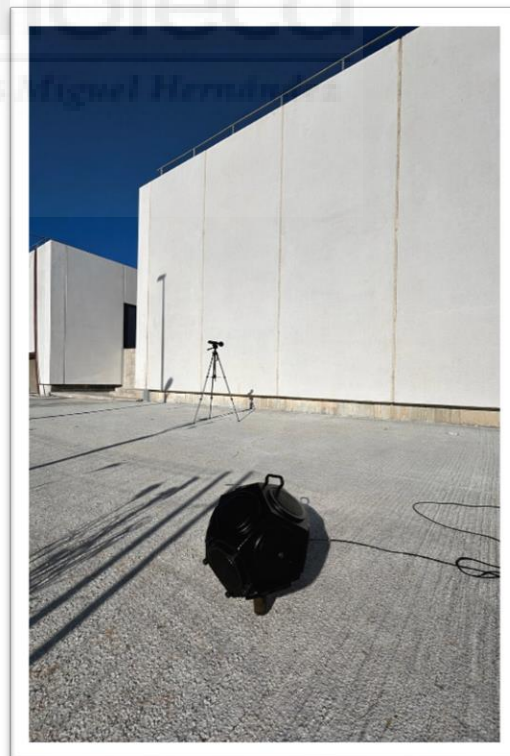
*Figura 69: Disposición de la fuente y el sonómetro en el Laboratorio IME 5 grande.*



*Figura 68: Disposición de la fuente y el sonómetro en el Laboratorio IME 5 pequeño.*



*Figura 67: Disposición de la fuente y el sonómetro en el pasillo junto el Laboratorio IME 5 grande.*



*Figura 66: Disposición de la fuente y el sonómetro en el exterior del edificio frente a fachada con desnivel colindante al Laboratorio IME 5 grande.*



Figura 70: Disposición de la fuente y el sonómetro en el patio exterior del edificio frente a fachada colindante al Laboratorio IME 5 grande.

A continuación, se exponen los índices acústicos obtenidos a partir de los cálculos:

Laboratorio IME 5 grande - Laboratorio IME 5 pequeño (dBA)																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Niveles de emisión	46,3	58,3	71,2	77,8	81,8	82,7	80,1	74,2	68,0	63,7	60,6	56,6	55,0	50,3	44,0	37,5
Niveles de recepción	25,3	35,4	48,3	54,0	58,2	59,5	55,6	49,8	41,5	36,5	33,6	29,9	28,2	24,3	22,0	20,3
Diferencia de niveles (D)	21,0	22,9	22,9	23,8	23,6	23,1	24,4	24,4	26,5	27,2	27,1	26,8	26,9	26,0	22,0	17,2
Diferencia de niveles normalizada (D <sub>n</sub> )	20,9	22,9	22,9	23,8	23,6	23,2	24,5	24,5	26,5	27,2	27,1	26,8	26,9	25,9	21,9	17,1
Diferencia de niveles estandarizada (D <sub>nT</sub> )	28,5	31,2	31,2	32,2	32,3	32,0	33,5	33,3	34,8	35,5	35,6	35,2	35,1	33,9	29,2	24,0
Índice de reducción acústica (R)	22,7	25,4	25,5	26,4	26,6	26,3	27,8	27,6	29,0	29,8	29,9	29,5	29,4	28,2	23,5	18,3

Tabla 57: Índices acústicos de aislamiento en función de la frecuencia según normativa entre el Lab. IME 5 grande y el pequeño.

Laboratorio IME 5 grande- Pasillo (dBA)																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Niveles de emisión	46,3	58,3	71,2	77,8	81,8	82,7	80,1	74,2	68,0	63,7	60,6	56,6	55,0	50,3	44,0	37,5
Niveles de recepción	26,2	36,9	50,3	58,5	61,6	61,5	57,1	51,3	43,0	38,3	33,8	29,4	28,9	24,4	22,8	20,0
Diferencia de niveles (D)	20,1	21,4	20,9	19,3	20,2	21,2	23,0	22,9	25,1	25,4	26,8	27,3	26,1	25,9	21,2	15,5
Diferencia de niveles normalizada (D <sub>n</sub> )	19,9	20,9	20,4	19,1	20,0	21,1	23,0	22,9	25,2	25,6	26,9	27,3	26,1	25,8	21,0	15,3
Diferencia de niveles estandarizada (D <sub>nT</sub> )	21,5	20,0	19,5	20,6	21,7	23,6	26,3	26,3	30,1	30,1	31,1	31,1	29,3	28,3	22,8	16,7
Índice de reducción acústica (R)	23,9	22,4	21,9	23,0	24,1	26,0	28,7	28,7	32,5	32,5	33,5	33,5	31,7	30,7	25,2	19,1

Tabla 58: Índices acústicos de aislamiento en función de la frecuencia según normativa entre el Lab. IME 5 grande y el pasillo.

Laboratorio IME 5 grande - Exterior Patio (dBA)																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Niveles de emisión	42,2	54,5	61,0	71,6	74,8	73,3	72,2	65,8	55,5	52,2	48,1	44,0	44,5	39,8	34,4	29,0
Niveles de recepción	15,8	27,2	33,1	43,0	44,2	41,2	36,8	30,6	20,7	17,0	15,8	15,0	14,7	11,6	8,8	8,0
Diferencia de niveles (D <sub>2m</sub> )	26,3	27,3	27,9	28,6	30,5	32,1	35,4	35,2	34,8	35,1	32,3	29,0	29,7	28,2	25,6	20,9
Diferencia de niveles normalizada (D <sub>2m,n</sub> )	26,2	27,2	27,8	28,6	30,5	32,0	35,4	35,2	34,8	35,1	32,2	28,9	29,6	28,0	25,4	20,6
Diferencia de niveles estandarizada (D <sub>2m,nT</sub> )	34,0	35,3	36,1	37,5	39,4	41,1	44,8	44,7	44,1	43,9	40,8	37,4	37,9	36,0	32,7	27,3
Índice de reducción acústica (R)	30,0	31,3	32,0	33,3	35,3	36,9	40,6	40,5	40,0	39,8	36,7	33,3	33,9	32,0	28,8	23,3
Índice de reducción acústica (R <sub>45°</sub> )	28,5	29,8	30,5	31,8	33,8	35,4	39,1	39,0	38,5	38,3	35,2	31,8	32,4	30,5	27,3	21,8

Tabla 59: Índices acústicos de aislamiento en función de la frecuencia según normativa entre el Lab. IME 5 grande y el patio exterior.

Laboratorio IME 5 grande - Exterior desnivel (dBA)																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Niveles de emisión	43,1	54,6	62,9	70,3	72,6	72,4	69,4	63,3	54,5	50,2	48,4	44,2	44,5	40,1	35,4	35,4
Niveles de recepción	13,3	19,0	27,5	30,9	31,4	29,3	25,2	19,5	17,5	16,8	16,7	15,0	12,7	11,2	10,3	10,2
Diferencia de niveles (D <sub>zm</sub> )	29,8	35,6	35,4	39,4	41,3	43,1	44,2	43,8	36,9	33,4	31,7	29,2	31,8	28,9	25,1	25,2
Diferencia de niveles normalizada (D <sub>zm,n</sub> )	29,6	35,5	35,2	39,4	41,2	43,0	44,2	43,8	36,9	33,3	31,7	29,1	31,6	28,7	24,9	24,9
Diferencia de niveles estandarizada (D <sub>zm,nT</sub> )	37,6	43,8	43,6	48,3	50,2	52,1	53,6	53,3	46,3	42,3	40,4	37,7	40,1	36,9	32,5	31,8
Índice de reducción acústica (R)	30,7	36,9	36,7	41,4	43,3	45,2	46,7	46,4	39,4	35,4	33,5	30,8	33,2	30,0	25,6	24,9
Índice de reducción acústica (R <sub>45°</sub> )	29,2	35,4	35,2	39,9	41,8	43,7	45,2	44,9	37,9	33,9	32,0	29,3	31,7	28,5	24,1	23,4

Tabla 60: Índices acústicos de aislamiento en función de la frecuencia según normativa entre el Lab. IME 5 grande y la zona exterior (desnivel).

Índices acústicos globales, expresados en dBA:

Lab IME 5 grande - Lab IME 5 pequeño	
D <sub>w</sub>	25 (-2;0)
D <sub>n,w</sub>	25 (-2;0)
D <sub>nT,w</sub>	33 (-3;0)
R <sub>w</sub>	27 (-2;0)

Tabla 61: Parámetros acústicos de aislamiento globales según normativa entre el Lab. IME 5 grande y el Lab. IME 5 pequeño.

Lab IME 5 grande - Pasillo	
D <sub>w</sub>	24 (0;-1)
D <sub>n,w</sub>	24 (-2;-1)
D <sub>nT,w</sub>	27 (-4;-2)
R <sub>w</sub>	32 (-4;-2)

Tabla 62: Parámetros acústicos de aislamiento globales según normativa entre el Lab. IME 5 grande y el pasillo.

Lab IME 5 grande - Exterior Patio	
D <sub>2m,w</sub>	29 (-2;0)
D <sub>2m,n,w</sub>	28 (-1;1)
D <sub>2m,nT,w</sub>	36 (-2;1)
R <sub>w</sub>	32 (-2;1)
R <sub>45°<sub>w</sub></sub>	31 (-4;1)

Tabla 63: Parámetros acústicos de aislamiento globales según normativa entre el Lab. IME 5 grande y el patio exterior.

Lab IME 5 grande - Exterior desnivel	
D <sub>2m,w</sub>	30 (-1;1)
D <sub>2m,n,w</sub>	29 (0;2)
D <sub>2m,nT,w</sub>	38 (-2;1)
R <sub>w</sub>	31 (-2;1)
R <sub>45º,w</sub>	29 (-3;2)

Tabla 64: Parámetros acústicos de aislamiento globales según normativa entre el Lab. IME 5 grande y la zona exterior (desnivel).

Por último, se exponen los índices acústicos de acondicionamiento expresados en segundos y en bandas de frecuencia de tercio de octava y en bandas de frecuencia de octava:

LABORATORIO GRANDE IMES / MEDICIÓN IN SITU - Posición 1							Valores en 1/3 de octava								
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
T <sub>30</sub> (s)	2,81	2,86	3,22	3,93	3,96	4,02	4,30	4,48	4,19	3,90	3,71	3,53	3,34	3,14	2,79
T <sub>20</sub> (s)	2,89	2,96	3,32	3,94	4,10	3,89	4,24	4,46	4,28	3,88	3,63	3,56	3,37	3,23	2,75
EDT (s)	3,22	2,75	2,88	2,96	4,43	4,81	5,47	4,32	4,46	4,39	3,83	3,84	3,39	3,13	2,85

Tabla 65: Parámetros T<sub>20</sub>, T<sub>30</sub> y EDT obtenidos de las mediciones in situ para la 1º posición de la fuente en el Laboratorio IME 5 grande. Valores en 1/3 de octava.

LABORATORIO GRANDE IMES / MEDICIÓN IN SITU - Posición 2							Valores en 1/3 de octava								
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
T <sub>30</sub> (s)	2,99	3,29	3,51	3,76	3,93	4,22	4,40	4,45	4,18	3,83	3,76	3,55	3,37	3,12	2,76
T <sub>20</sub> (s)	3,12	3,34	3,42	3,78	3,72	4,13	4,53	4,53	4,28	3,79	3,67	3,57	3,42	3,09	2,73
EDT (s)	3,25	3,44	3,74	2,74	4,45	4,50	3,94	4,59	4,69	4,34	4,11	3,60	3,63	3,38	2,70

Tabla 66: Parámetros T<sub>20</sub>, T<sub>30</sub> y EDT obtenidos de las mediciones in situ para la 2º posición de la fuente en el Laboratorio IME 5 grande. Valores en 1/3 de octava.

LABORATORIO GRANDE IMES / MEDICIÓN IN SITU - Media							Valores en 1/3 de octava								
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
T <sub>30</sub> (s)	2,90	3,08	3,36	3,85	3,95	4,12	4,35	4,46	4,18	3,87	3,74	3,54	3,36	3,13	2,77
T <sub>20</sub> (s)	3,00	3,15	3,37	3,86	3,91	4,01	4,38	4,50	4,28	3,84	3,65	3,57	3,39	3,16	2,74
EDT (s)	3,24	3,10	3,31	2,85	4,44	4,66	4,71	4,46	4,57	4,37	3,97	3,72	3,51	3,26	2,78

Tabla 67: Parámetros T<sub>20</sub>, T<sub>30</sub> y EDT obtenidos de las mediciones in situ en el Laboratorio IME 5 grande (media de las dos posiciones). Valores en 1/3 de octava.

LABORATORIO GRANDE IME 5 / Medición in situ (Posición 1)				Valores en octava	
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000
T <sub>30</sub> (s)	2,96	3,97	4,32	3,72	3,09
T <sub>20</sub> (s)	3,05	3,98	4,33	3,69	3,12
EDT (s)	2,95	4,07	4,75	4,02	3,12

Tabla 68: Parámetros T<sub>20</sub>, T<sub>30</sub> y EDT obtenidos de las mediciones in situ para la 1º posición de la fuente en el Laboratorio IME 5 grande. Valores en octava.

<b>LABORATORIO GRANDE IME 5/ Medición in situ (Posición 2)</b>				<b>Valores en octava</b>	
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	3,26	3,97	4,34	3,71	3,08
<b>T20 (s)</b>	3,29	3,88	4,45	3,68	3,08
<b>EDT (s)</b>	3,48	3,90	4,40	4,02	3,24

Tabla 69: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ para la 2<sup>o</sup> posición de la fuente en el Laboratorio IME 5 grande. Valores en octava.

<b>LABORATORIO GRANDE IME 5 / Medición in situ (Media)</b>				<b>Valores en octava</b>	
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	3,11	3,97	4,33	3,71	3,09
<b>T20 (s)</b>	3,17	3,93	4,39	3,68	3,10
<b>EDT (s)</b>	3,21	3,98	4,58	4,02	3,18

Tabla 70: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ en el Laboratorio IME 5 grande (media de las dos posiciones). Valores en octava.

Se observa que los valores de aislamiento acústico obtenidos son, en general, deficientes, ya que los índices globales se sitúan aproximadamente entre 24 y 33 dB, no alcanzando los valores mínimos exigidos por el Código Técnico de la Edificación y quedando alejados de los niveles recomendados para este tipo de recintos. No obstante, en algunos casos los valores de aislamiento obtenidos son ligeramente superiores a los medidos en el laboratorio IME 1, lo que indica un comportamiento relativamente más favorable entre determinados recintos. Por otro lado, los tiempos de reverberación medidos se sitúan entre 3 y 4 segundos, valores considerablemente elevados que no cumplen con los criterios establecidos para garantizar unas condiciones adecuadas de confort acústico en este tipo de espacios.

### 3.3 SALA COMÚN

La sala común es un recinto acristalado, el cual es colindante con una sala I+D, es decir, una sala destinada a reuniones.

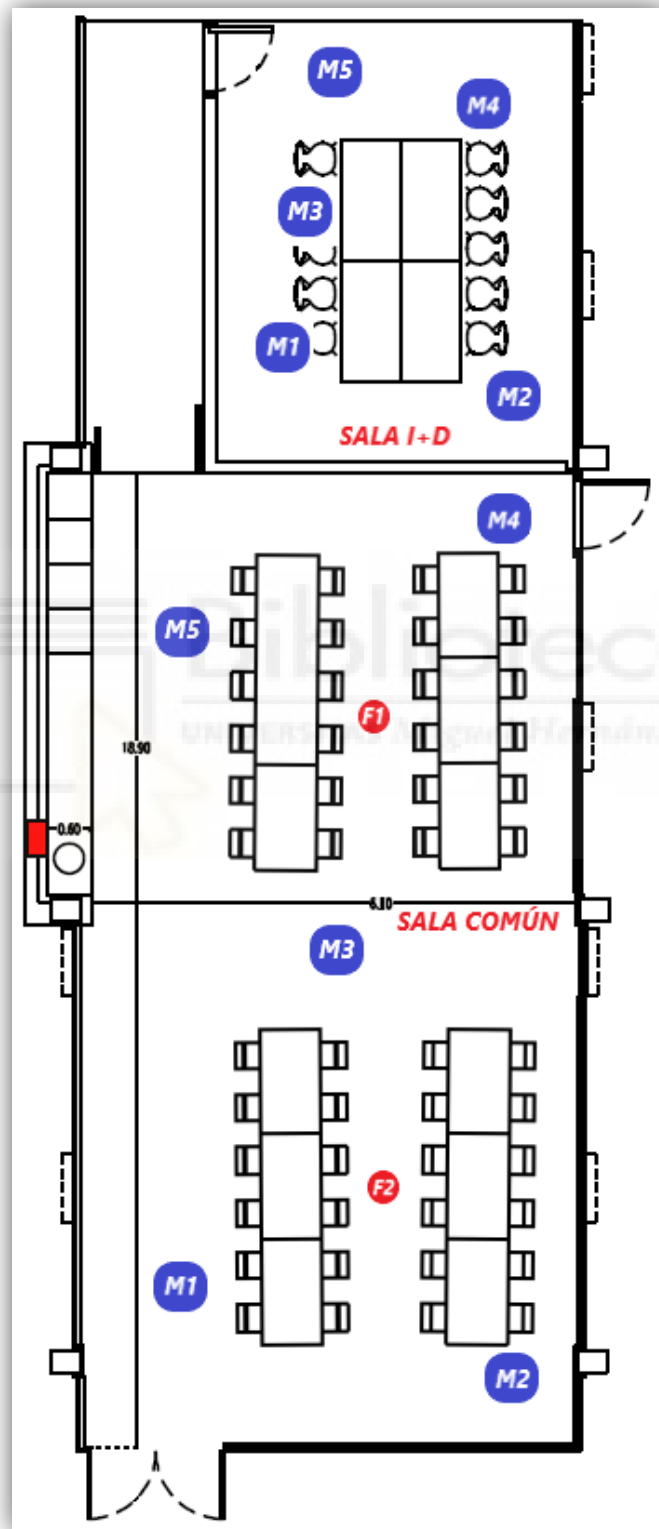
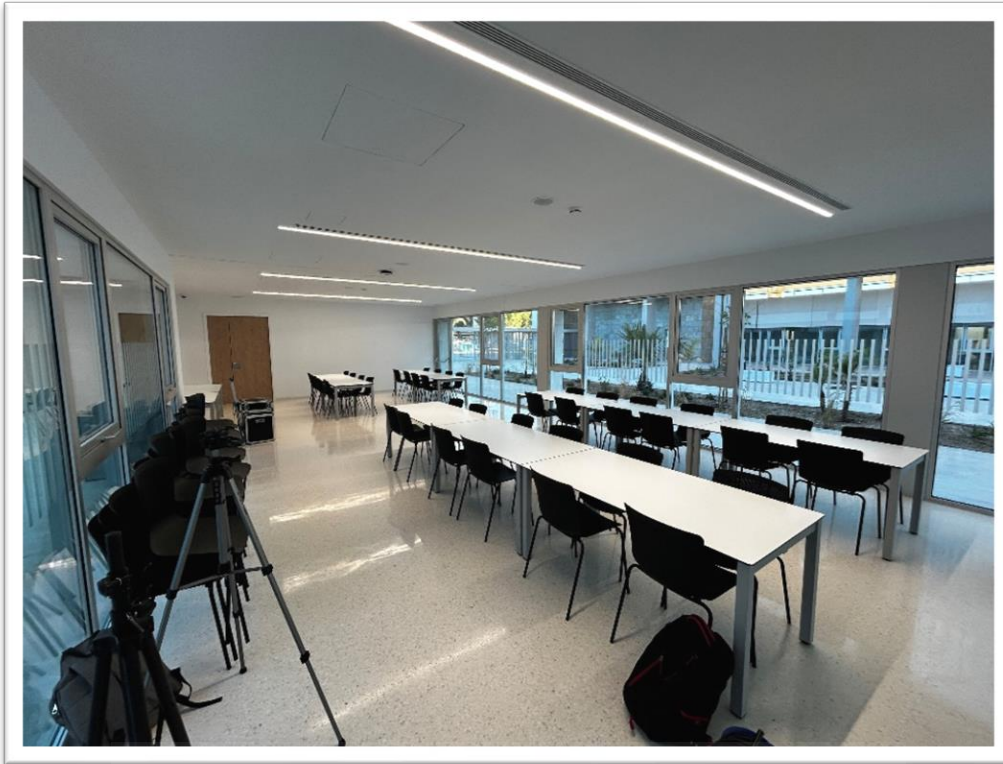
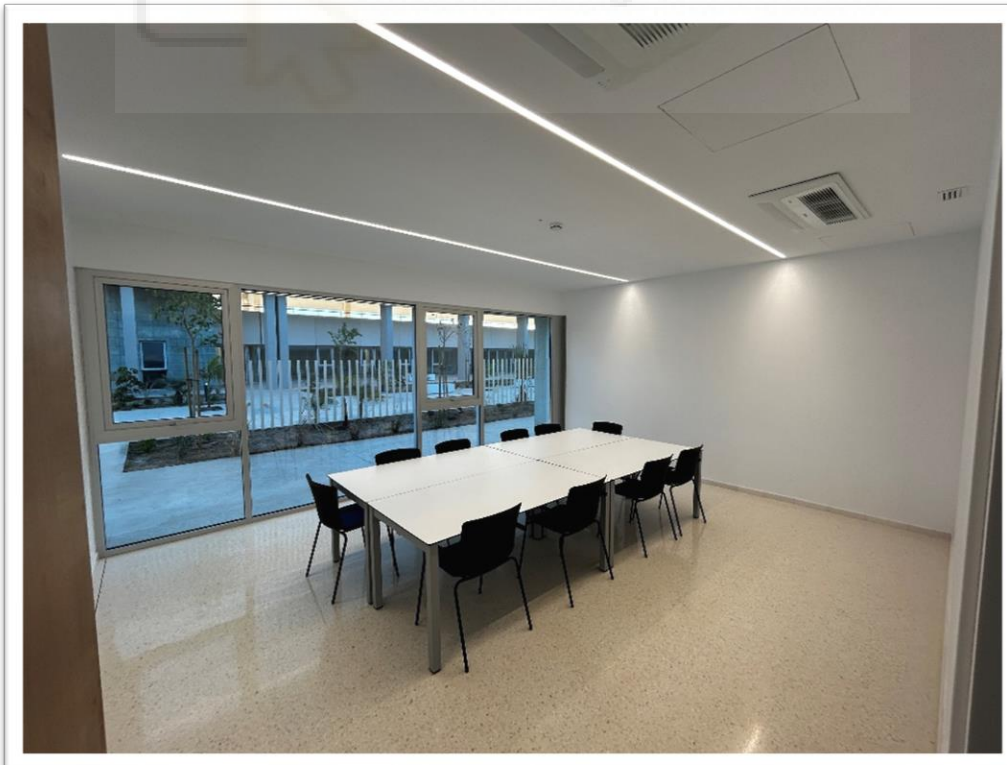


Figura 71: Posiciones de la fuente y sonómetro en la Sala común y sus recintos colindantes para la obtención del nivel medio de presión acústica.



*Figura 72: Sala común.*

**Biblioteca**  
UNIVERSITAS Miguel Hernández



*Figura 73: Sala I+D.*

		Sala común															
Niveles de emisión (dBA)	Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Posición fuente 1	Medida 1	42,4	57,2	67,4	78,9	81,4	84,6	79,5	74,3	66,8	63,8	60,0	56,7	55,2	48,4	42,0	35,3
	Medida 2	46,2	59,2	70,0	77,6	80,8	82,4	79,9	71,9	65,9	62,3	60,3	56,2	54,8	48,3	41,3	35,6
	Medida 3	41,3	57,1	67,8	77,8	79,9	83,4	78,9	72,9	65,2	62,1	59,2	54,9	54,0	48,1	41,0	34,3
	Medida 4	38,4	54,1	69,5	77,6	79,7	82,1	79,4	72,4	64,9	62,1	59,5	54,9	53,8	47,8	41,4	35,3
	Medida 5	35,7	55,8	68,2	77,1	77,4	81,5	78,3	72,4	65,0	62,6	59,8	55,2	53,2	47,8	40,2	33,8
Posición fuente 2	Medida 6	42,1	56,0	68,0	73,8	78,7	82,6	77,9	71,0	64,4	62,3	58,7	55,0	53,7	47,4	40,6	34,6
	Medida 7	40,1	53,8	67,5	74,7	81,0	82,5	77,0	72,6	65,3	63,0	59,4	55,1	54,2	47,4	39,7	34,3
	Medida 8	39,1	57,8	66,8	75,9	79,6	83,9	78,4	72,0	65,3	62,2	59,2	54,8	54,5	47,9	40,7	34,8
	Medida 9	44,7	58,7	70,8	79,5	83,0	82,7	79,7	73,7	65,8	63,8	60,1	55,8	55,3	48,9	41,9	36,0
	Medida 10	42,3	59,0	71,5	79,2	81,3	81,4	79,9	74,8	65,0	62,5	60,1	55,9	55,4	48,9	41,2	35,2
	Promedio L1	39,1	54,4	66,3	74,2	77,9	79,7	75,7	70,0	62,2	59,8	56,5	52,4	51,7	45,1	37,9	32,0

Tabla 71: Niveles de emisión en la Sala común.

		Sala I+D															
Niveles de recepción (dBA)	Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Posición fuente 1	Medida 1	15,8	27,0	38,5	41,3	45,3	46,7	46,1	39,4	33,8	33,7	29,6	23,0	21,1	15,9	12,0	9,6
	Medida 2	15,3	28,4	37,8	43,8	46,6	47,0	46,0	39,3	34,2	34,1	29,4	25,1	21,3	16,0	13,4	11,3
	Medida 3	16,2	30,9	38,4	41,2	45,2	46,9	46,7	40,6	34,2	34,3	29,9	25,7	23,5	20,4	19,3	17,9
	Medida 4	18,1	30,1	41,5	43,4	45,3	47,2	45,9	39,8	34,7	35,1	29,5	24,3	21,3	16,6	14,9	13,5
	Medida 5	16,2	26,3	36,0	45,7	46,3	48,5	46,5	39,8	33,2	35,0	28,9	25,7	24,7	20,5	19,1	18,1
Posición fuente 2	Medida 6	17,8	31,1	40,5	43,3	45,0	49,5	46,5	40,5	34,3	34,1	29,8	26,8	27,3	23,6	22,3	23,0
	Medida 7	16,2	33,2	39,4	43,3	46,3	48,9	45,0	40,5	33,8	35,2	30,3	25,9	23,7	18,7	15,1	12,9
	Medida 8	18,6	33,1	38,7	42,5	47,6	47,1	46,3	40,0	34,8	35,0	31,0	26,1	23,0	17,4	13,5	11,7
	Medida 9	18,7	29,6	39,7	44,9	45,0	48,4	45,6	40,6	34,2	35,1	30,4	25,4	23,3	18,1	17,0	18,4
	Medida 10	16,6	30,9	38,3	44,0	46,3	48,4	46,3	40,4	33,1	34,4	29,7	24,5	22,4	16,6	12,7	11,0
	Promedio L2	17,1	30,6	39,1	43,5	46,0	47,9	46,1	40,1	34,1	34,6	29,9	25,4	23,6	19,1	17,2	16,9
	L2' corregido	16,2	30,6	39,1	43,5	46,0	47,9	46,1	40,1	34,1	34,6	29,9	25,4	23,6	18,1	16,0	15,8

Tabla 72: Niveles de recepción en la Sala I+D.

		Sala I+D														
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Ruido fondo (dBA)	10,0	8,0	13,4	13,9	13,2	16,6	13,7	16,8	15,4	14,6	16,5	16,1	13,5	12,3	11,1	10,2

Tabla 73: Niveles de ruido de fondo en la Sala I+D.

No se realizan ensayos en exteriores, para el tiempo de reverberación se utilizan dos posiciones de la fuente y tres posiciones de micrófono para cada posición de la fuente, por tanto, la distribución de posiciones cambia.

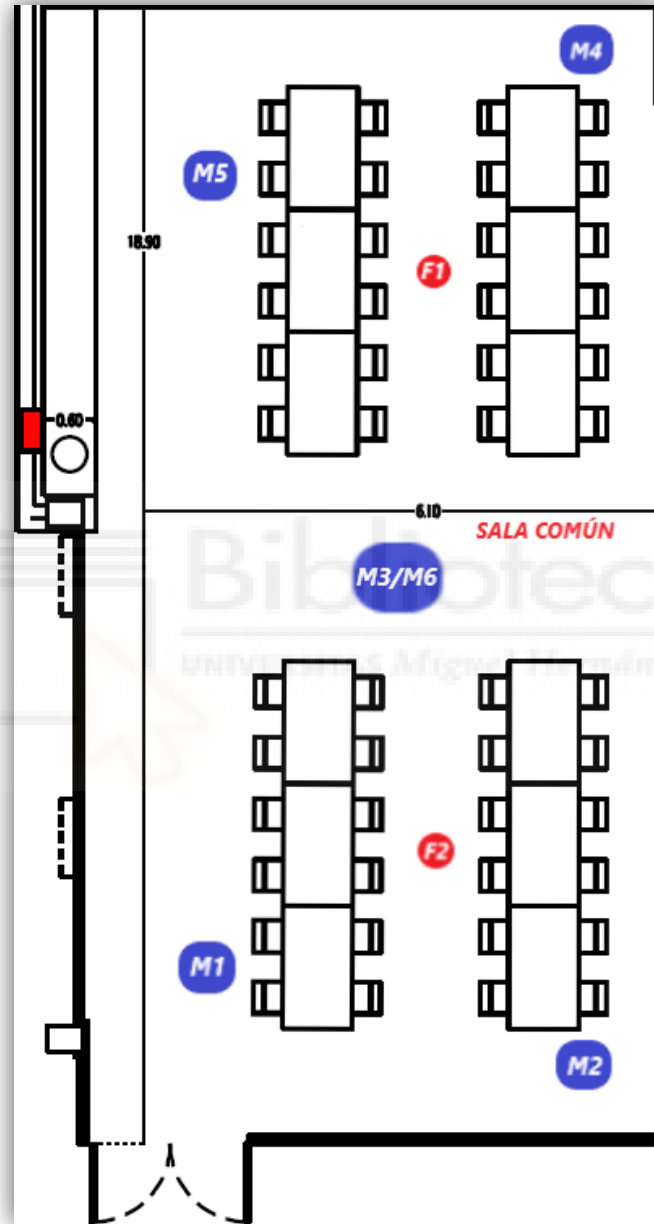


Figura 74: Posiciones de la fuente y sonómetro en la Sala común para la obtención del tiempo medio de reverberación.

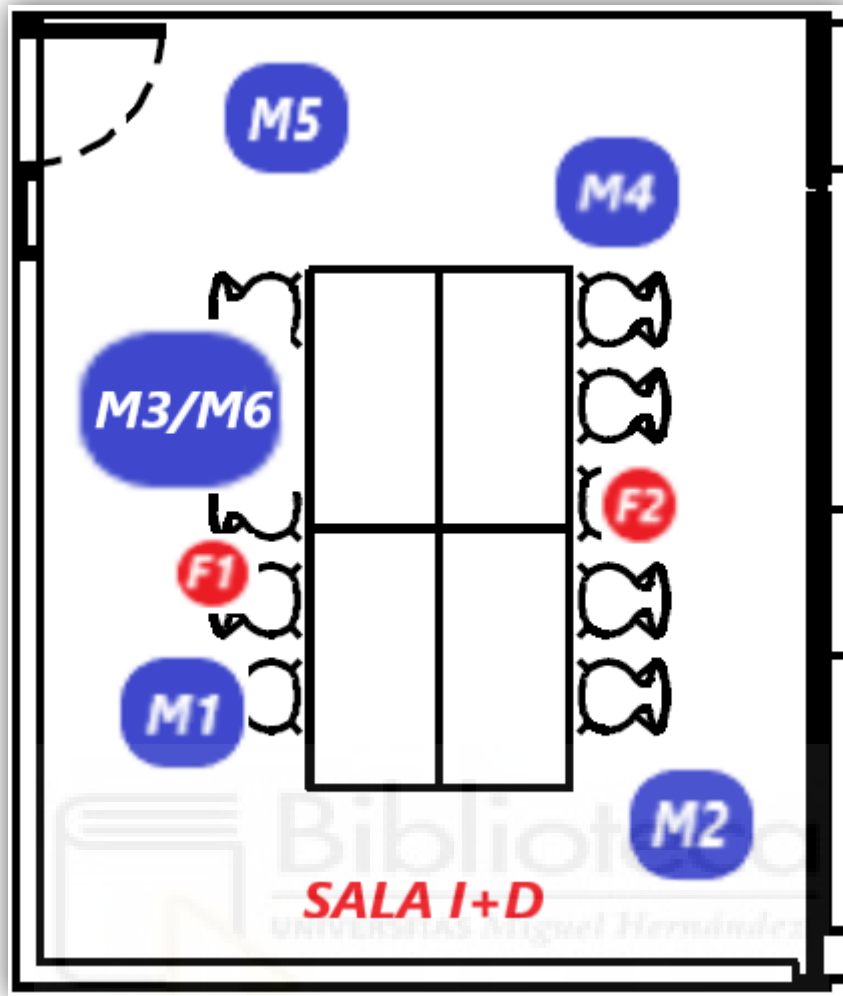


Figura 75: Posiciones de la fuente y sonómetro en la Sala I+D para la obtención del tiempo medio de reverberación.

		Sala común															
Tiempo de reverberación (s)	Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	Medida 1	1,1	1,2	1,9	2,3	2,7	2,5	3,0	3,1	3,2	3,1	3,1	3,2	2,8	2,3	2,1	1,9
	Medida 2	1,5	1,5	2,1	2,5	2,4	2,4	2,9	3,1	3,3	3,0	3,1	2,9	2,7	2,5	2,1	1,9
	Medida 3	1,5	1,9	1,9	2,5	2,4	2,4	2,5	3,2	2,9	3,0	3,3	2,9	2,8	2,6	2,1	1,9
	Medida 4	2,4	1,9	1,7	2,2	2,1	2,8	3,4	3,2	3,0	3,0	3,1	3,0	2,8	2,3	2,2	1,9
	Medida 5	1,4	1,7	2,1	2,6	2,7	2,4	3,0	3,1	3,3	3,0	2,9	2,9	2,9	2,5	2,2	1,9
	Medida 6	1,4	1,9	1,9	2,6	2,3	2,7	3,1	3,0	3,4	2,8	3,1	3,2	2,8	2,4	2,0	2,0
	Media	1,6	1,7	1,9	2,4	2,4	2,5	3,0	3,1	3,2	3,0	3,1	3,0	2,8	2,5	2,1	1,9

Tabla 74: Valores del tiempo de reverberación en la Sala común.

		Sala Común														
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Absorción (m2)	8,1	7,4	6,4	5,1	5,1	5,0	4,2	4,0	3,9	4,2	4,0	4,2	4,5	5,1	5,9	6,5

Tabla 75: Valores del área de absorción equivalente de la Sala común.

Tiempo de reverberación (s)	Frecuencia (Hz)	Sala I+D															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	Medida 1	1,0	1,3	2,5	2,7	2,6	2,5	2,7	3,1	2,8	2,4	2,3	2,1	2,0	2,0	1,6	1,5
	Medida 2	1,2	1,7	3,0	3,0	2,5	2,3	2,8	2,6	3,1	2,5	2,3	2,3	2,1	1,8	1,6	1,5
	Medida 3	1,1	1,7	3,1	2,9	2,2	2,6	3,1	3,1	2,6	2,6	2,5	2,4	2,2	1,9	1,6	1,5
	Medida 4	1,4	1,9	2,1	2,5	2,5	2,8	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,4	2,2	1,8	1,5	1,5
	Medida 5	0,9	1,6	2,6	3,0	2,8	2,4	3,0	3,0	2,9	2,6	2,5	2,2	2,1	1,8	1,6	1,4
	Medida 6	1,1	1,3	3,0	2,8	2,5	2,2	2,7	3,0	2,7	2,5	2,2	2,3	2,1	1,9	1,6	1,5
	Media	1,1	1,6	2,7	2,8	2,5	2,5	2,9	2,9	2,8	2,5	2,4	2,3	2,1	1,9	1,6	1,5

Tabla 76: Valores del tiempo de reverberación en la Sala I+D.

Sala I+D																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Absorción (m2)	11,3	7,9	4,6	4,5	5,0	5,1	4,4	4,3	4,5	5,0	5,3	5,5	6,0	6,7	7,9	8,4

Tabla 77: Valores del área de absorción equivalente de la Sala I+D.

A continuación, se incluyen imágenes que muestran la disposición del equipo durante la realización de los ensayos con la Sala común. Debido a la gran cantidad de posiciones de micrófono en cada ensayo solo se muestran las más representativas:



Figura 77: Disposición de la fuente y sonómetro en la Sala común.

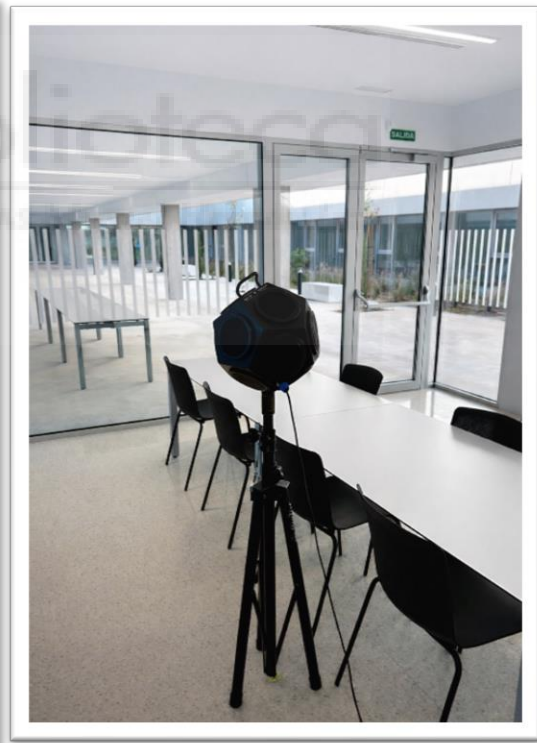


Figura 76: Detalle de la posición de la fuente en la Sala común.

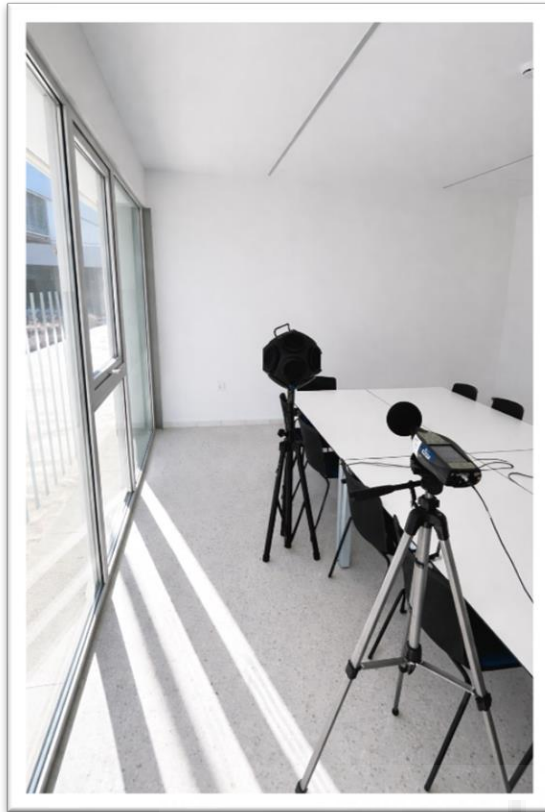


Figura 79: Disposición de la fuente y el sonómetro en la Sala I+D.



Figura 78: Detalle de la posición del sonómetro en la Sala I+D.

A continuación, se exponen los índices acústicos obtenidos a partir de los cálculos:

Sala común - Sala I+D (dBA)																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Niveles de emisión	39,1	54,4	66,3	74,2	77,9	79,7	75,7	70,0	62,2	59,8	56,5	52,4	51,7	45,1	37,9	32,0
Niveles de recepción	16,2	30,6	39,1	43,5	46,0	47,9	46,1	40,1	34,1	34,6	29,9	25,4	23,6	18,1	16,0	15,8
Diferencia de niveles (D)	22,9	23,9	27,2	30,7	32,0	31,7	29,6	29,9	28,1	25,2	26,6	27,0	28,1	27,0	21,9	16,2
Diferencia de niveles normalizada (D <sub>n</sub> )	22,9	24,0	27,6	31,0	32,3	32,0	30,0	30,2	28,4	25,5	26,9	27,2	28,3	27,2	22,0	16,3
Diferencia de niveles estandarizada (D <sub>nT</sub> )	26,4	28,9	34,6	38,2	39,0	38,7	37,2	37,5	35,6	32,2	33,4	33,5	34,3	32,8	26,9	20,9
Índice de reducción acústica (R)	23,7	26,2	31,9	35,5	36,3	36,0	34,5	34,9	32,9	29,5	30,7	30,9	31,7	30,1	24,2	18,2

Tabla 78: Parámetros acústicos de aislamiento en función de la frecuencia según normativa entre la Sala común y la Sala I+D.

Sala común - Sala I+D	
<b>D<sub>w</sub></b>	25 (-2;-2)
<b>D<sub>n,w</sub></b>	25 (-2;-2)
<b>D<sub>nT,w</sub></b>	31 (-3;-3)
<b>R<sub>w</sub></b>	28 (-3;-3)

Tabla 79: Parámetros acústicos de aislamiento globales según normativa entre la Sala común y la Sala I+D.

Por último, se exponen los índices acústicos de acondicionamiento en bandas de frecuencia de tercio de octava y en bandas de frecuencia de octava:

SALA COMÚN/ MEDICIÓN IN SITU - Posición 1							Valores en 1/3 de octava								
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
<b>T30 (s)</b>	1,76	1,83	1,89	2,45	2,38	2,63	3,18	3,12	3,20	2,92	3,03	3,02	2,81	2,42	2,05
<b>T20 (s)</b>	1,34	1,54	1,98	2,44	2,51	2,41	2,79	3,12	3,13	3,04	3,14	2,99	2,76	2,49	2,08
<b>EDT (s)</b>	1,64	1,64	2,20	2,40	2,55	2,51	3,02	3,10	3,14	3,00	3,13	2,90	2,75	2,44	2,26

Tabla 80: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ para la 1ª posición de la fuente en la Sala común. Valores en 1/3 de octava.

SALA COMÚN / MEDICIÓN IN SITU - Posición 2							Valores en 1/3 de octava								
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
<b>T30 (s)</b>	1,76	1,74	2,07	2,55	2,55	2,67	3,12	3,10	3,22	2,98	3,03	3,00	2,76	2,44	2,09
<b>T20 (s)</b>	1,76	1,83	1,89	2,45	2,38	2,63	3,18	3,12	3,20	2,92	3,03	3,02	2,81	2,42	2,12
<b>EDT (s)</b>	1,66	1,70	1,99	1,83	2,35	2,48	3,54	3,59	3,45	3,71	3,16	2,87	2,80	2,41	2,14

Tabla 81: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ para la 2ª posición de la fuente en la Sala común. Valores en 1/3 de octava.

SALA COMÚN / MEDICIÓN IN SITU - Media							Valores en 1/3 de octava								
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
<b>T30 (s)</b>	1,76	1,78	1,98	2,50	2,46	2,65	3,15	3,11	3,21	2,95	3,03	3,01	2,78	2,43	2,07
<b>T20 (s)</b>	1,55	1,68	1,94	2,45	2,44	2,52	2,98	3,12	3,17	2,98	3,09	3,01	2,78	2,45	2,10
<b>EDT (s)</b>	1,65	1,67	2,10	2,12	2,45	2,49	3,28	3,35	3,29	3,36	3,14	2,89	2,78	2,43	2,20

Tabla 82: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ en la Sala común (media de las dos posiciones). Valores en 1/3 de octava.

SALA COMÚN/ Medición in situ (Posición 1)			Valores en octava		
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000
<b>T30 (s)</b>	1,82	2,49	3,17	2,99	2,42
<b>T20 (s)</b>	1,62	2,45	3,01	3,06	2,44
<b>EDT (s)</b>	1,83	2,49	3,09	3,01	2,48

Tabla 83: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ para la 1ª posición de la fuente en la Sala común. Valores en octava.

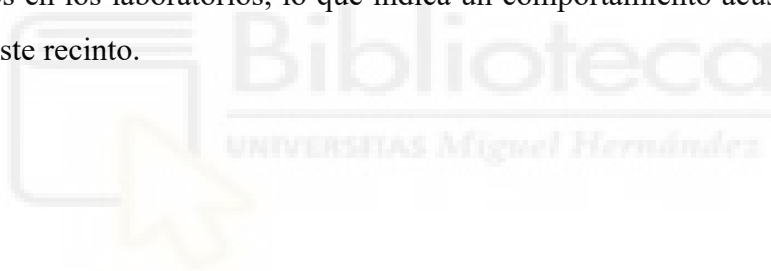
SALA COMÚN/ Medición in situ (Posición 2)			Valores en octava		
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000
<b>T30 (s)</b>	1,86	2,59	3,15	3,00	2,43
<b>T20 (s)</b>	1,82	2,49	3,17	2,99	2,45
<b>EDT (s)</b>	1,78	2,22	3,52	3,25	2,45

Tabla 84: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ para la 2ª posición de la fuente en la Sala común. Valores en octava.

<b>SALA COMÚN / Medición in situ (Media 2 posiciones)</b>				<b>Valores en octava</b>	
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	1,84	2,54	3,16	3,00	2,43
<b>T20 (s)</b>	1,72	2,47	3,09	3,02	2,45
<b>EDT (s)</b>	1,81	2,35	3,31	3,13	2,47

*Tabla 85: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ en la Sala común (media de las dos posiciones). Valores en octava.*

Se observa que los valores de aislamiento acústico obtenidos son, en general, deficientes, ya que los índices globales se sitúan aproximadamente entre 25 y 31 dB, no alcanzando los valores mínimos exigidos por el Código Técnico de la Edificación y quedando alejados de los niveles recomendados para este tipo de recintos. Por otro lado, los tiempos de reverberación medidos se sitúan aproximadamente entre 1,8 y 3,2 segundos, valores elevados que no cumplen con los criterios establecidos para garantizar unas condiciones adecuadas de confort acústico en este tipo de espacios, aunque son ligeramente inferiores a los obtenidos en los laboratorios, lo que indica un comportamiento acústico algo más favorable en este recinto.





## 4 SIMULACIÓN ACÚSTICA

En este apartado se describen los procedimientos empleados para llevar a cabo la simulación acústica de las salas, con el objetivo de reproducir de la forma más fiel posible las condiciones reales de estas. Posteriormente, se exponen los resultados obtenidos a partir de la simulación.

### 4.1 SOFTWARE

La simulación acústica de las salas se ha llevado a cabo mediante un plugin específico integrado en el entorno del software SketchUp, el cual es un programa de modelado tridimensional. Este plugin llamado “RAVEN” ha sido proporcionado exclusivamente para uso académico por el “Instituto de Tecnología Auditiva y Acústica” de la Universidad de Aachen situada en Alemania.

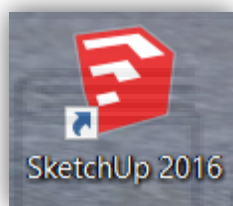


Figura 82: Icono del software SketchUp.



Figura 80: Logotipo RAVEN.



Figura 81: Logotipo de la universidad alemana creadora del software de simulación acústica.

El plugin es una herramienta de simulación acústica basada en un modelo híbrido que permite predecir el comportamiento del sonido en recintos mediante el cálculo físico de la propagación sonora. Su funcionamiento combina métodos deterministas de acústica geométrica, como el método de las fuentes imagen, con técnicas estocásticas de trazado de rayos, lo que permite considerar los principales fenómenos acústicos, tales como reflexiones, dispersión, transmisión entre recintos y difracción. El modelo identifica los distintos caminos de propagación del sonido entre la fuente y el receptor y calcula, para

cada uno de ellos, la respuesta impulsional correspondiente, cuya suma permite obtener el campo sonoro total en el punto de recepción. Además, el entorno se representa mediante una subdivisión espacial que facilita la simulación de escenarios complejos y permite modificar la geometría o las propiedades de los materiales para analizar su influencia en el comportamiento acústico del recinto.

#### 4.1.1 BARRA DE HERRAMIENTAS

La creación de las salas mediante el programa Sketchup se realiza de forma análoga a otros programas de modelado 3D, a partir de la definición de bocetos en planta y operaciones de extrusión se recrean las dimensiones y geometría de los recintos. Al integrar el plugin proporcionado por la universidad alemana, se habilita una barra de herramientas adicional que incorpora una serie de funciones específicas relacionadas con el análisis acústico.

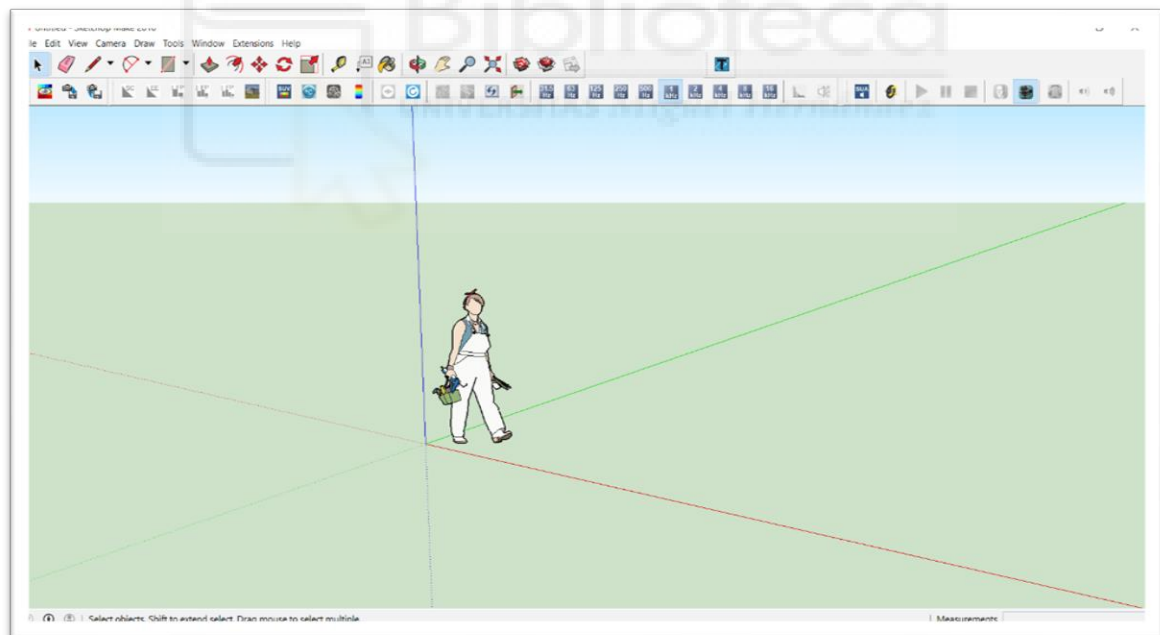


Figura 83: Interfaz del Software Sketchup con el plugin de simulación acústica.

A continuación, se desglosa la barra de herramientas, describiendo de forma individual la función y el propósito de cada una de las opciones disponibles:

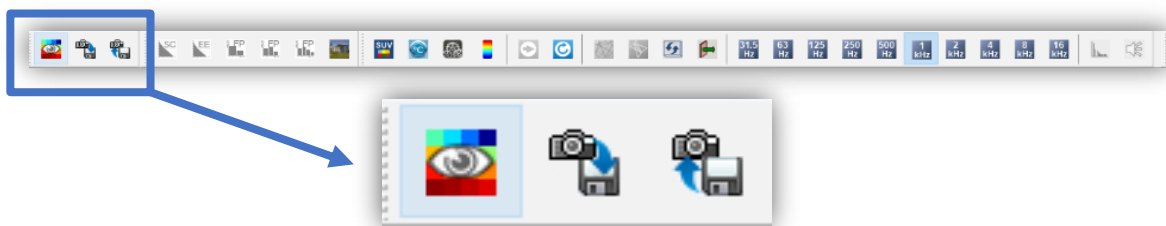


Figura 84: Tramo 1 de la barra de herramientas.

Las funciones que aparecen en este tramo de la barra de herramientas, se describen a continuación de izquierda a derecha. El primer icono, representado por el símbolo de un ojo y una escala de colores, corresponde al editor de propiedades acústicas de los materiales. Mediante este editor es posible asignar valores de absorción y dispersión al material seleccionado. Los iconos en los que aparece una cámara acompañada de una tarjeta de memoria están relacionados con las funciones de guardado y restauración de la posición, la orientación y el campo de visión de la cámara, es decir, permiten almacenar y recuperar vistas específicas del modelo.

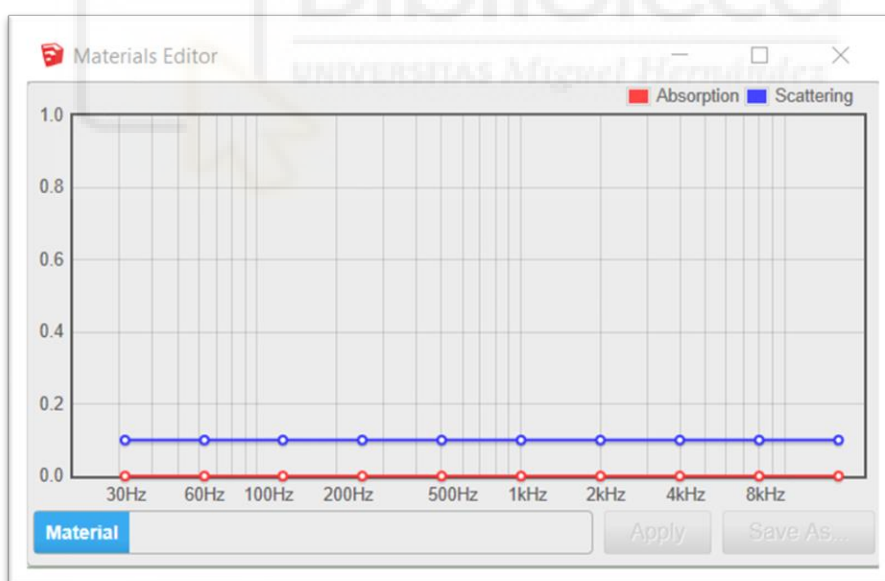


Figura 85: Editor de las características acústicas de un material.

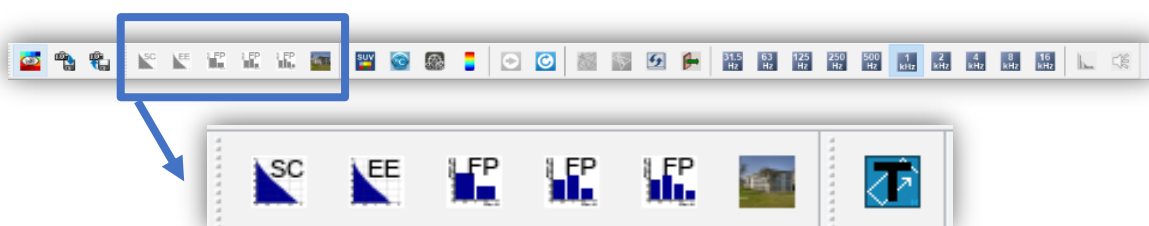


Figura 86: Tramo 2 de la barra de herramientas.

Este tramo de la barra de herramientas dispone de funciones para la visualización de resultados acústicos, entre estas funciones se encuentran: la generación de curvas de Schroeder, la curva de energía temporal “Temporal Energy Decay”, así como gráficas asociadas a los caminos libres del sonido “Free Paths”.

La curva Schoeder representa la integración temporal inversa de la energía acústica, utilizada para la determinación del tiempo de reverberación. La curva de energía temporal muestra la evolución de la energía en función del tiempo tras la interrupción de la fuente sonora. Los gráficos “Free Paths” representan la distribución estadística de los recorridos libres del sonido, proporcionando información sobre la propagación geométrica de las ondas [3]. El icono siguiente es utilizado para realizar capturas de pantallas y el último nos da información sobre el tiempo de reverberación y la absorción del recinto.

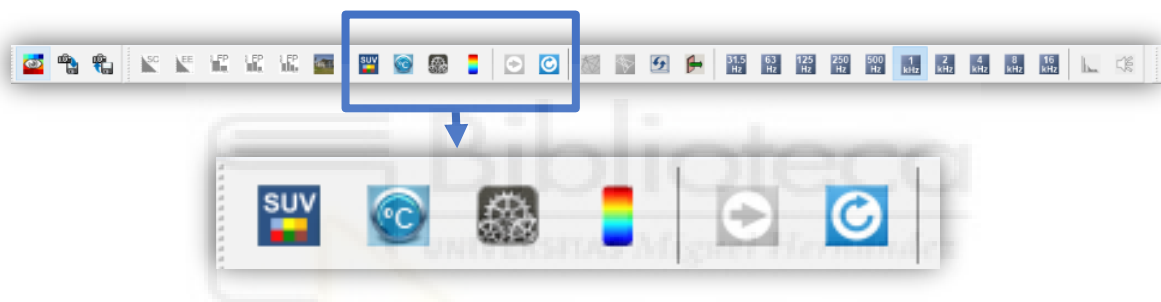


Figura 87: Tramo 3 de la barra de herramientas.

Seguidamente se dispone de otra sección de la barra de herramientas donde el primer icono, el cual contiene las siglas “SUV” y una la escala de colores, se utiliza para iniciar el motor de simulación en lo relativo a visualización de resultados, es decir, para representar gráficamente los resultados dentro del recinto objeto de estudio. A continuación, se dispone de un icono que contiene el símbolo de grados Celsius, este permite modificar los parámetros ambientales del recinto. La siguiente herramienta, la cual es simbolizada mediante unos engranajes, permite configurar la forma de visualización de los resultados obtenidos a partir del motor de simulación. El icono con una escala de colores vertical se utiliza para mostrar la leyenda asociada a los parámetros acústicos seleccionados, esta escala permite interpretar visualmente la distribución de valores dentro del recinto en función del color asignado. Las funciones representadas por flechas son la de iniciar y reiniciar la simulación acústica.

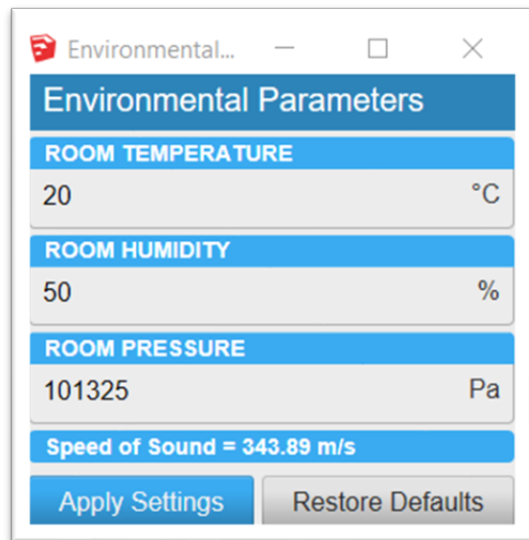


Figura 88: Editor de las características ambientales.

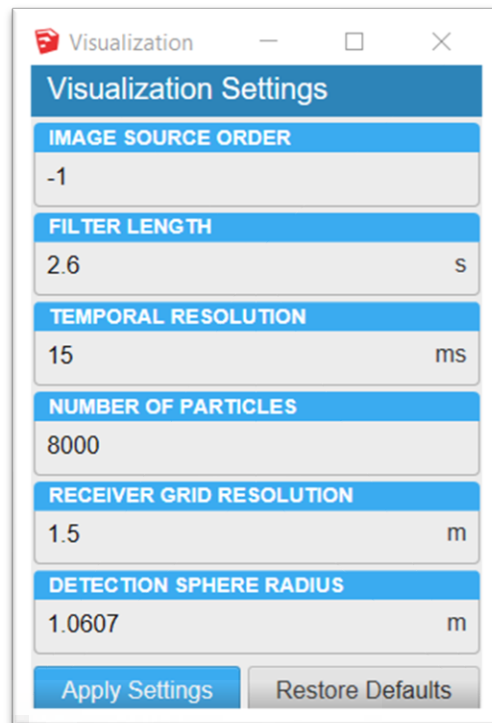


Figura 89: Ajustes de visualización de los rayos acústicos.

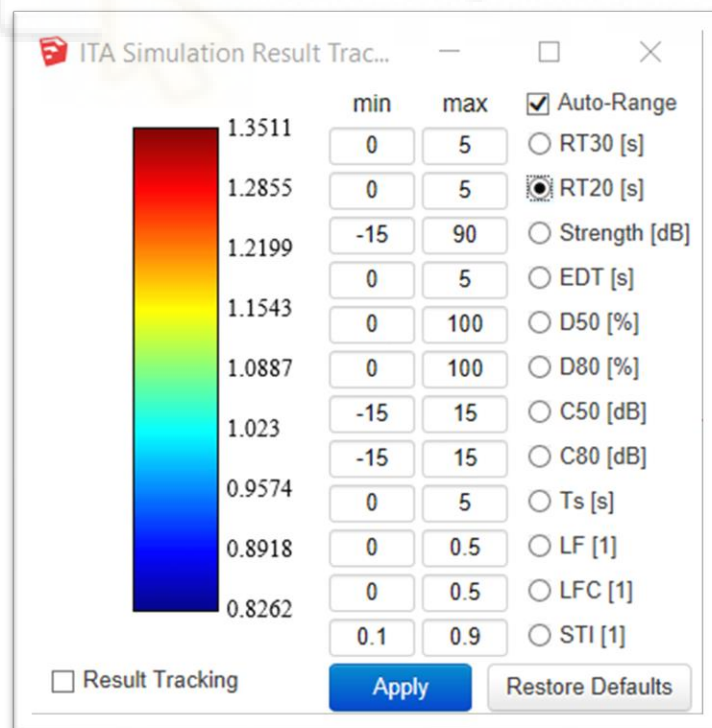


Figura 90: Leyenda de escala de colores para la representación de parámetros acústicos.

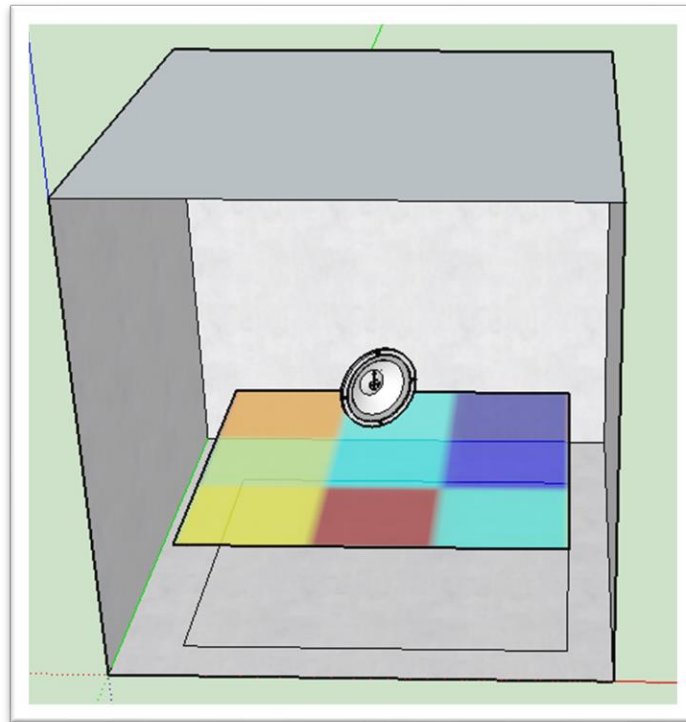


Figura 91: Mapa de distribución espacial de parámetros acústicos en el interior de un recinto.

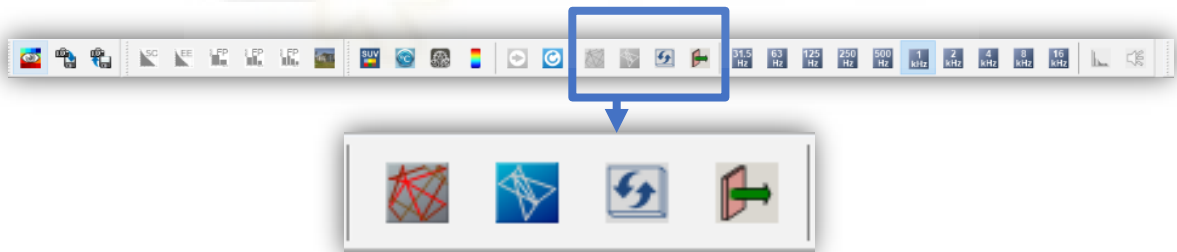


Figura 92: Tramo 4 de la barra de herramientas.

En este tramo de la barra de herramientas las dos primeras funciones son: el trazado de rayos, representado en rojo, que simula la propagación de múltiples rayos para estimar el campo reverberante y las reflexiones tardías, mientras que el método de fuentes imagen, representado en azul, calcula de forma geométrica y precisa el sonido directo y las primeras reflexiones mediante fuentes virtuales. Las otras dos funciones sirven para la verificación de la correcta orientación de las superficies del recinto y no suelen ser utilizadas de manera frecuente.

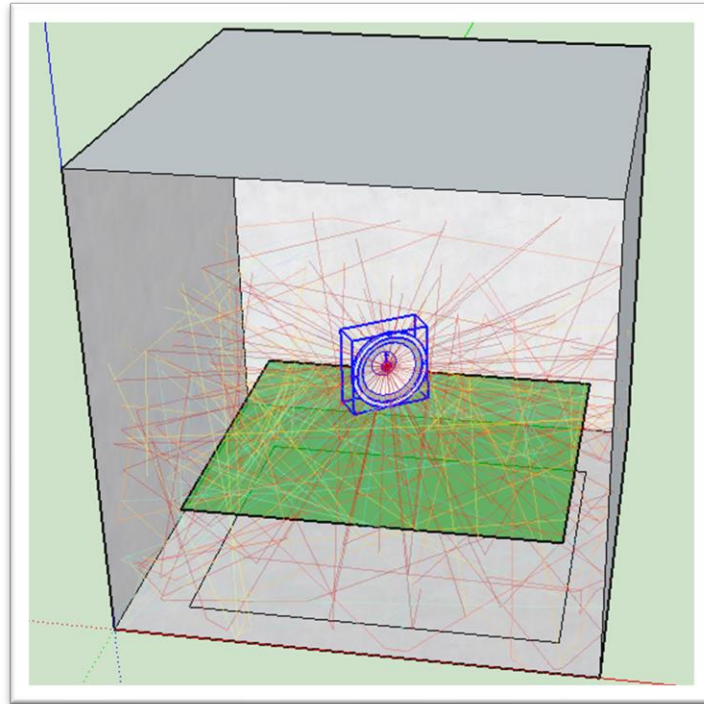


Figura 93: Representación del trazado de rayos acústicos en el interior de un recinto.

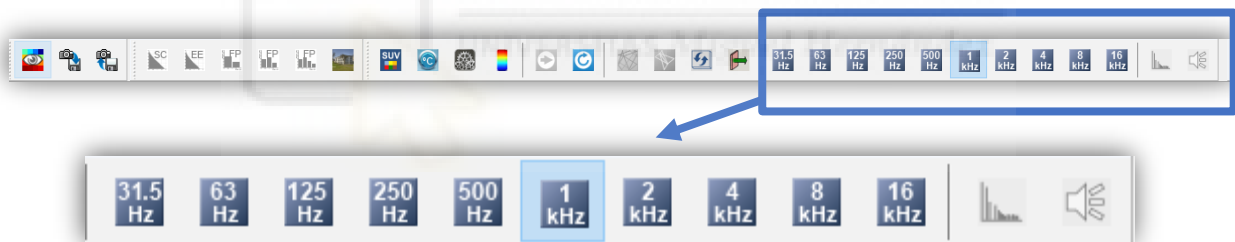


Figura 94: Tramo 5 de la barra de herramientas.

En este tramo de la barra de herramientas se disponen los iconos correspondientes a las distintas frecuencias, en bandas de octava. Permiten seleccionar en que frecuencia se desean ver los resultados de la simulación, junto a estos iconos se encuentran otros dos referentes a el control del volumen de la fuente.

#### 4.1.2 FUNCIONAMIENTO DEL PLUGIN

Una vez definido el recinto, se procede a la asignación de un material a cada una de sus superficies. En este caso, a las ventanas se les ha asignado un material estándar de vidrio, mientras que al suelo se le ha asignado un material de granito. Por otro lado, tanto las

paredes como el techo se han modelado con un material de hormigón, a excepción de la Sala común, la cual posee paredes de vidrio.

El material de las puertas se ha definido como madera estándar y no se ha considerado el revestimiento de pladur existente en las paredes ya que, se trata de una placa de yeso laminada, la cual presenta una capacidad de absorción reducida y tiene una influencia poco significativa en el comportamiento acústico global

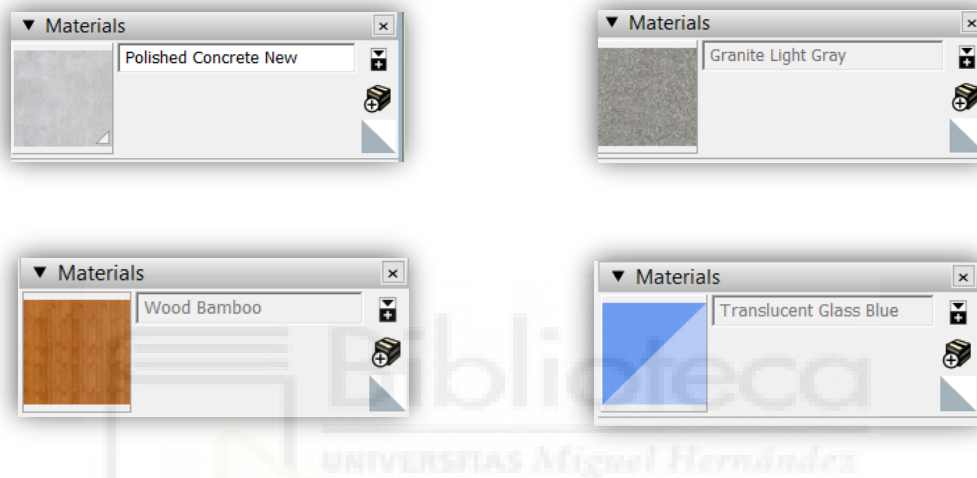


Figura 95: Materiales usados para la simulación.

Una vez definidos los materiales se debe proceder a la colocación de la fuente y a la selección del área del recinto que va a recibir la energía acústica emitida. En lo relativo a la emisión de la fuente sonora, para garantizar la mayor precisión posible, el ruido rosa reproducido durante las mediciones *in situ* por el ordenador, el cual es procedente de un video de Youtube, se graba mediante un software denominado Audacity. Esta grabación se realiza directamente del propio audio reproducido por el sistema, sin captación a través de micrófono, obteniéndose un archivo que se emplea como señal de entrada en la simulación acústica.

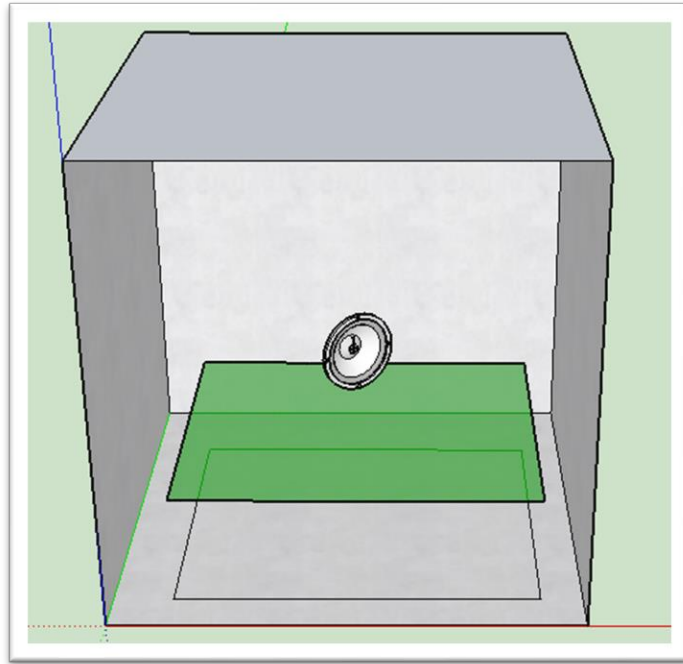


Figura 96: Posicionamiento de la fuente sonora y delimitación del área de recepción acústica en un recinto.

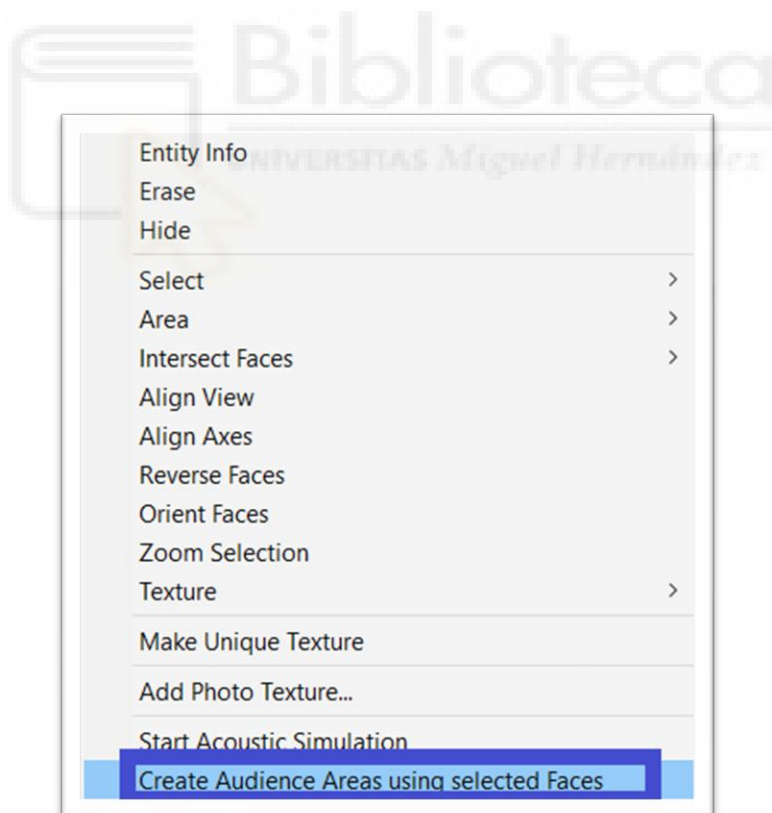


Figura 97: Creación de un área de recepción.

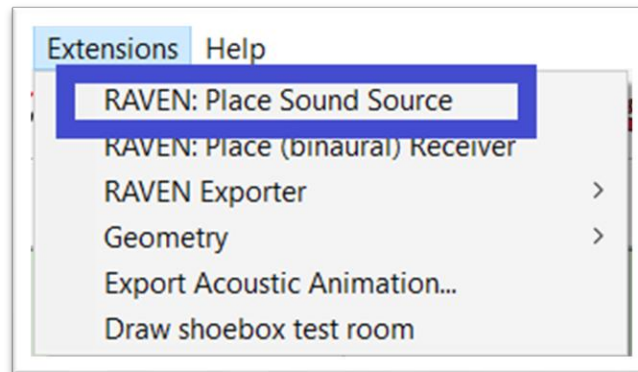


Figura 98: Emplazamiento de una fuente sonora.

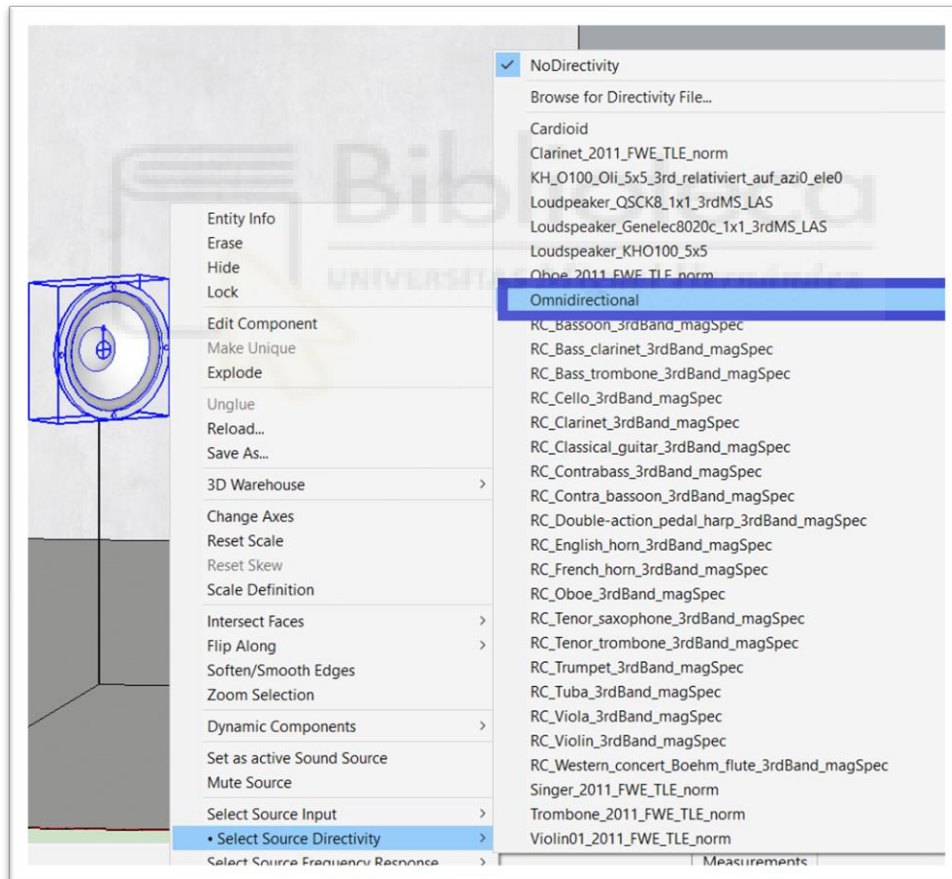


Figura 99: Configuración de la directividad de la fuente sonora.

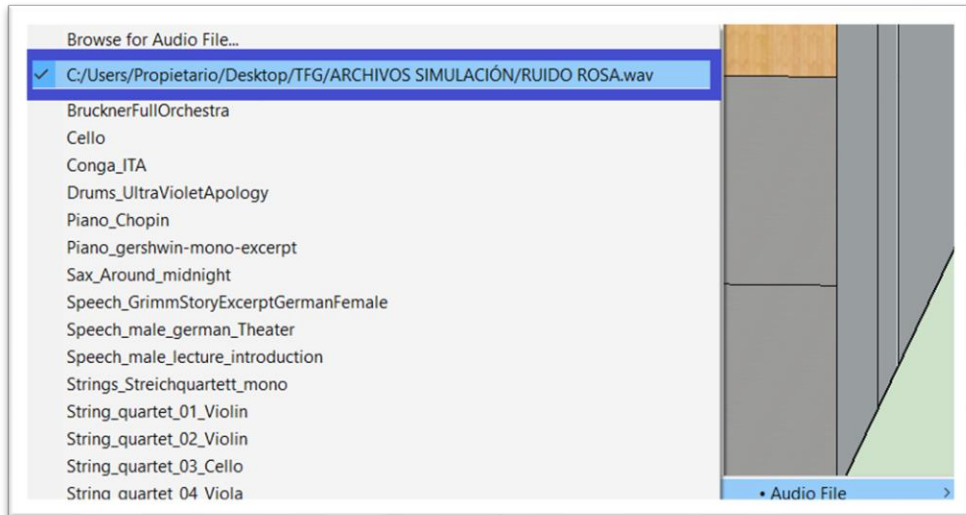


Figura 100: Configuración del sonido a emitir por la fuente sonora.

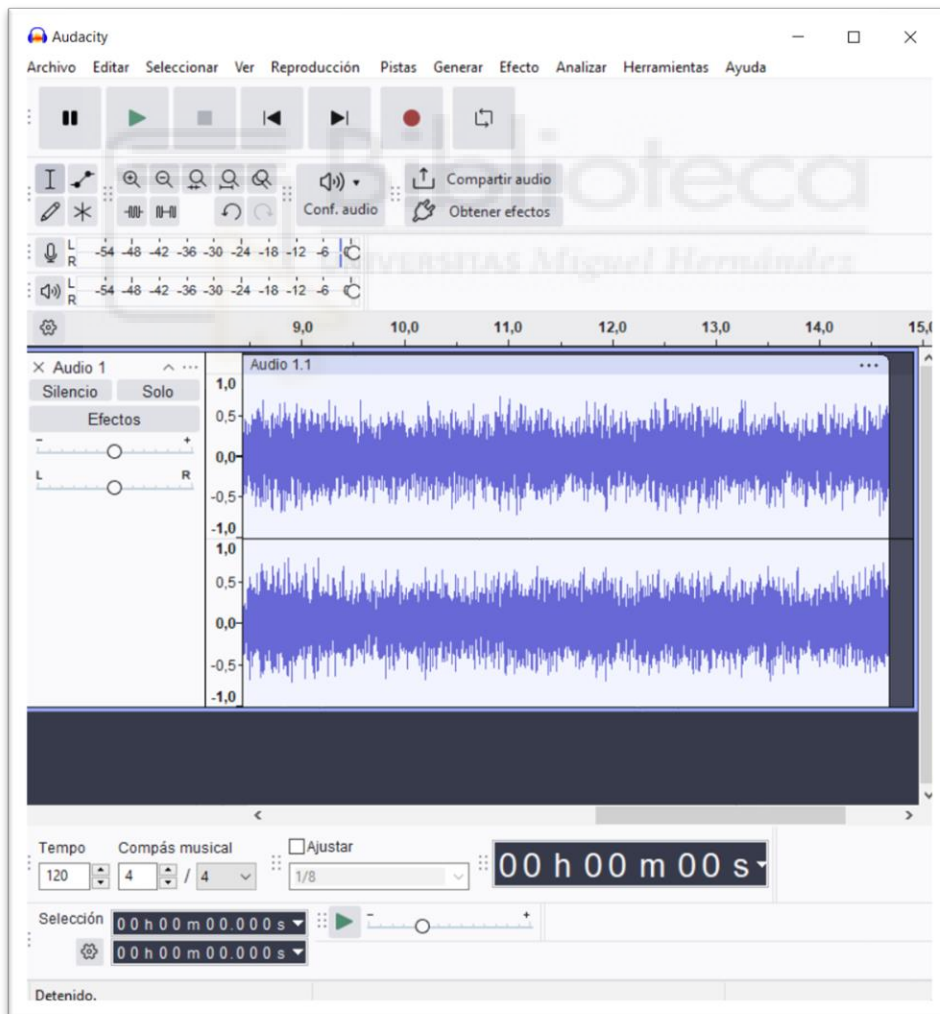
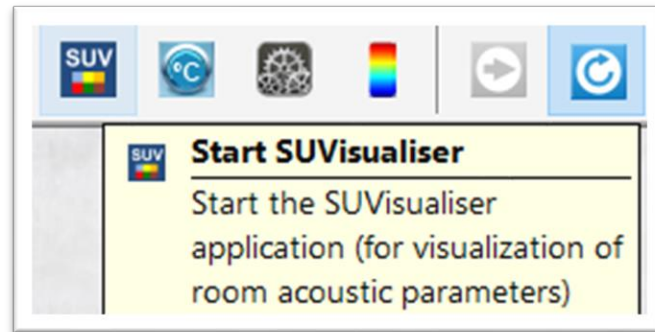


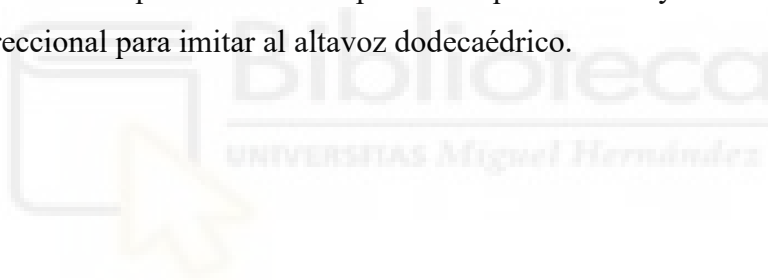
Figura 101: Grabación del ruido rosa utilizado en las mediciones in situ.

Una vez completada la configuración del recinto, se debe iniciar el motor de simulación, identificado por las siglas “SUV”.



*Figura 102: Activación del motor de simulación del plugin.*

Tras la activación de dicho motor, es posible proceder a la ejecución de la simulación acústica. Cabe destacar que es de vital importancia que la fuente haya sido configurada en modo omnidireccional para imitar al altavoz dodecaédrico.



## 4.2 SIMULACIÓN DEL LABORATORIO IME 1

Se presentan las simulaciones de las salas en su estado original, el objetivo es reproducir el comportamiento acústico existente y obtener una referencia de cómo se comporta el sonido.

Cabe destacar que, durante el proceso de modelización, se evaluaron otros materiales similares disponibles en el software con el fin de realizar distintas iteraciones. Finalmente, se seleccionó aquel cuyas propiedades acústicas proporcionaban un comportamiento más cercano a las condiciones reales del recinto.

Para la recreación en SketchUp del Laboratorio IME 1, se tienen en cuenta las características constructivas particulares del recinto, tales como su doble altura, la presencia de un ventanal en la parte superior de una de las paredes y el portón integrado en una de las paredes que da al exterior.



*Figura 103: Ventanal situado en lo alto del Laboratorio IME 1.*



Figura 104: Portón ubicado en una de las paredes del Laboratorio IME 1.

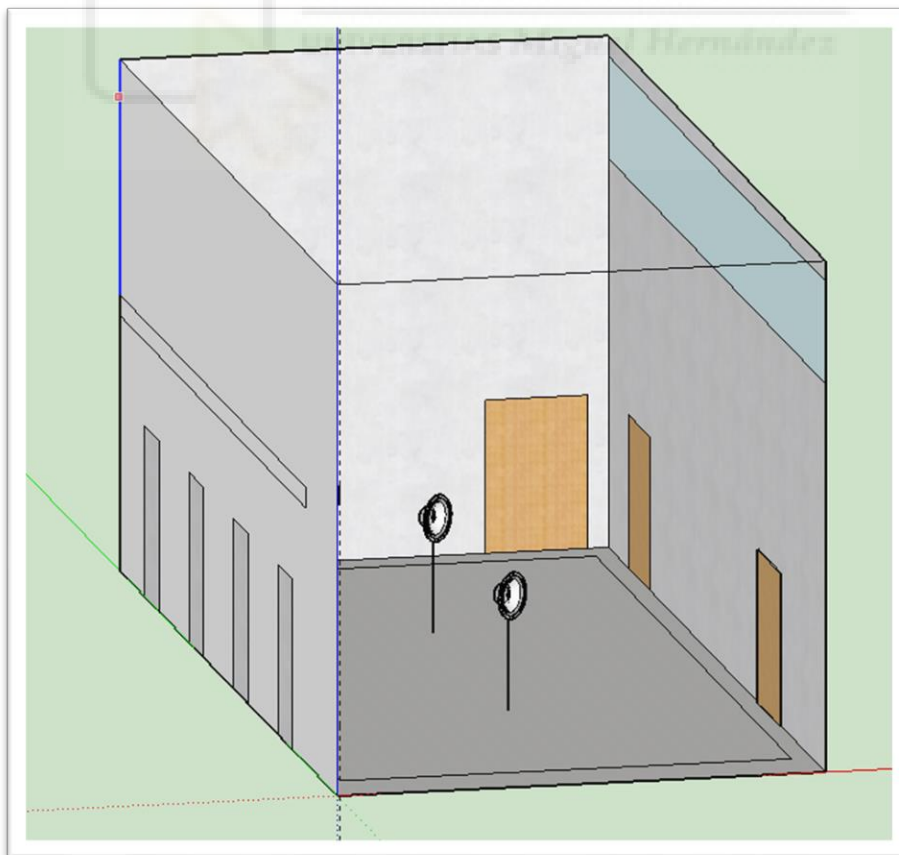


Figura 105: Recreación del Laboratorio IME 1 en condiciones normales.

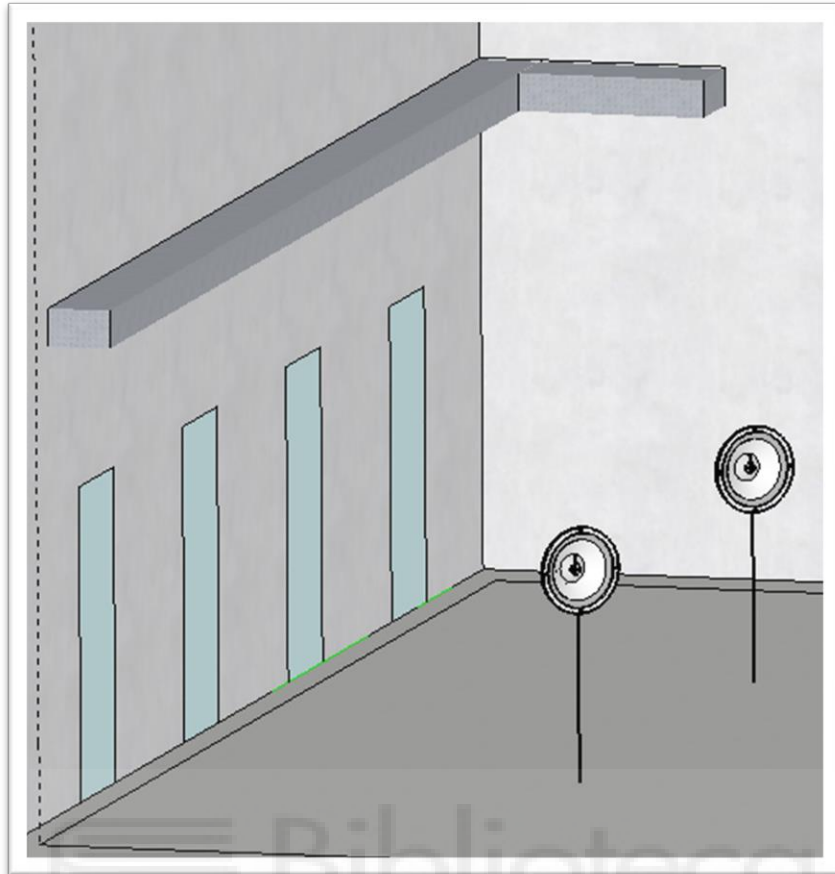


Figura 106: Vista de detalle de la recreación del Laboratorio IME 1.

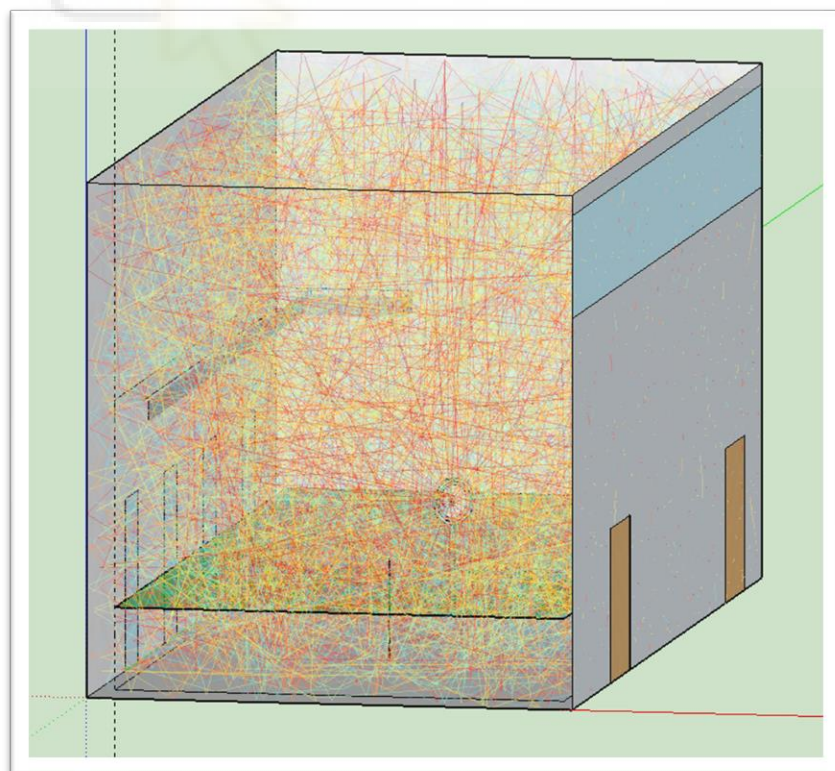


Figura 107: Representación del trazado de los rayos acústicos en el Laboratorio IME.



Figura 108: Mapa de distribución espacial de parámetros acústicos en el interior del Laboratorio IME 1.

Debido a la gran cantidad de imágenes proporcionadas por el software de simulación para cada frecuencia, solo se exponen las imágenes correspondientes a la curva de Schroeder. El resto de imágenes correspondientes a la leyenda de índices y a su distribución espacial en función de la magnitud en el recinto, se exponen en el ANEXO del apartado 9.3.

Para la primera posición de la fuente:

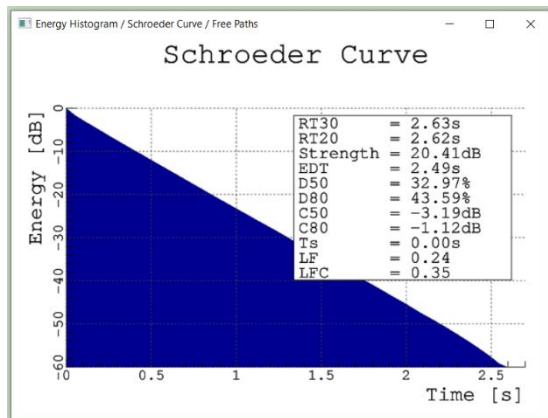


Figura 109: Curva Schroeder para banda frecuencia 125 Hz y 1º posición de la fuente en Lab. IME 1.

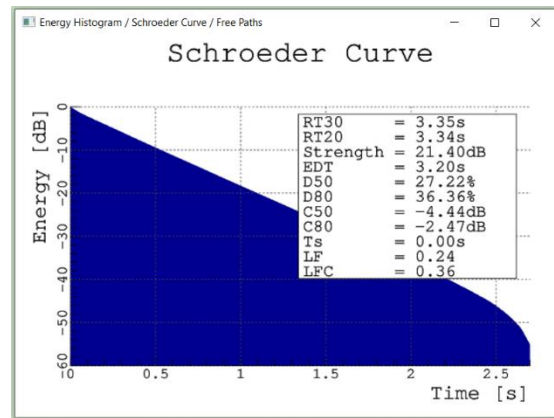


Figura 110: Curva Schroeder para banda frecuencia 250 Hz y 1º posición de la fuente en Lab. IME 1.

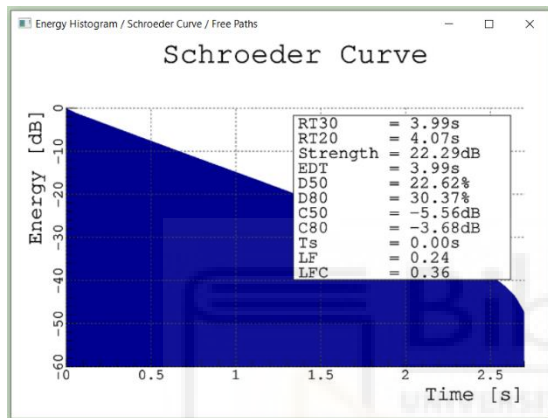


Figura 111: Curva Schroeder para banda frecuencia 500 Hz y 1º posición de la fuente en Lab. IME 1.

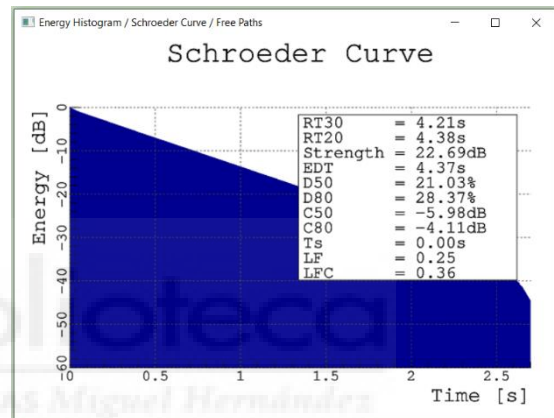


Figura 112: Curva Schroeder para banda frecuencia 1000 Hz y 1º posición de la fuente en Lab. IME 1.

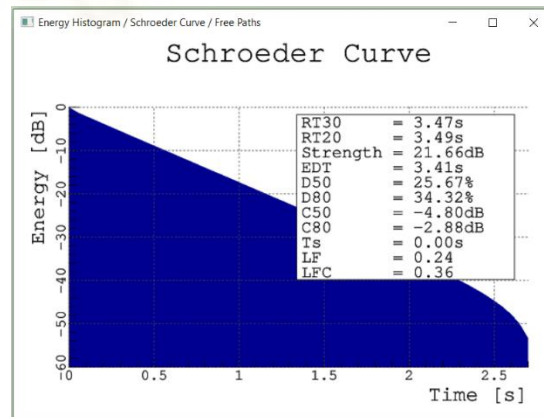


Figura 113: Curva Schroeder para banda frecuencia 2000 Hz y 1º posición de la fuente en Lab. IME 1.

Para la segunda posición de la fuente:

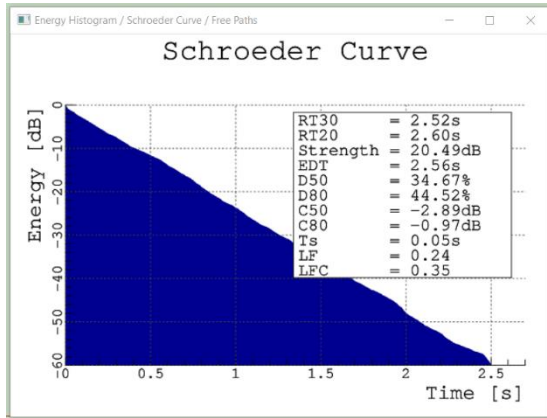


Figura 114: Curva Schroeder para banda frecuencia 125 Hz y 2º posición de la fuente en Lab. IME 1.

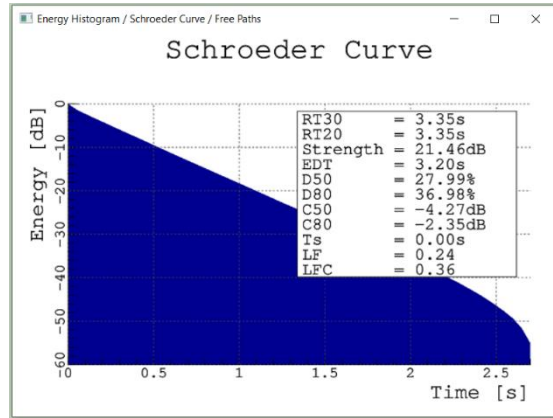


Figura 115: Curva Schroeder para banda frecuencia 250 Hz y 2º posición de la fuente en Lab. IME 1.

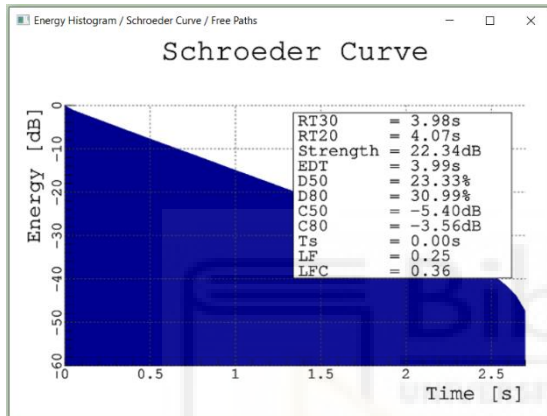


Figura 116: Curva Schroeder para banda frecuencia 500 Hz y 2º posición de la fuente en Lab. IME 1.

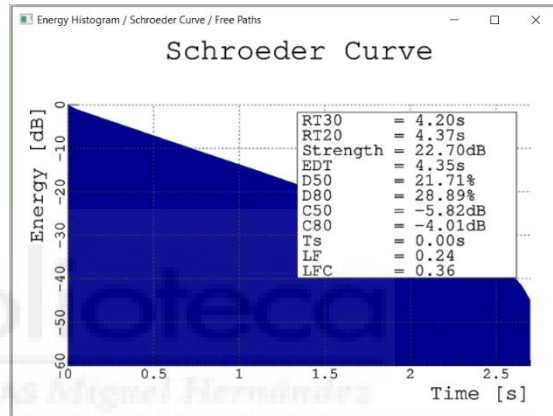


Figura 117: Curva Schroeder para banda frecuencia 1000 Hz y 2º posición de la fuente en Lab. IME 1.

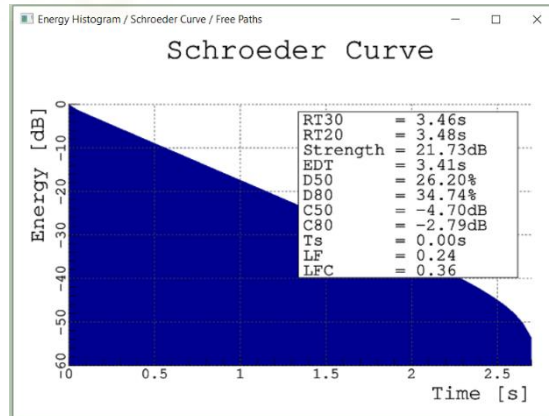


Figura 118: Curva Schroeder para banda frecuencia 2000 Hz y 2º posición de la fuente en Lab. IME 1.

<b>LABORATORIO IME 1 / SIMULACIÓN en condiciones normales (Posición 1)</b>					
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	2,63	3,35	3,99	4,21	3,47
<b>T20 (s)</b>	2,62	3,34	4,07	4,38	3,49
<b>EDT (s)</b>	2,49	3,20	3,99	4,37	3,41

*Tabla 86: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación en condiciones normales para la 1º posición de la fuente en el Laboratorio IME 1. Valores en octava.*

<b>LABORATORIO IME 1 / SIMULACIÓN en condiciones normales (Posición 2)</b>					
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	2,52	3,35	3,98	4,20	3,46
<b>T20 (s)</b>	2,60	3,35	4,07	4,37	3,48
<b>EDT (s)</b>	2,56	3,20	3,99	4,35	3,41

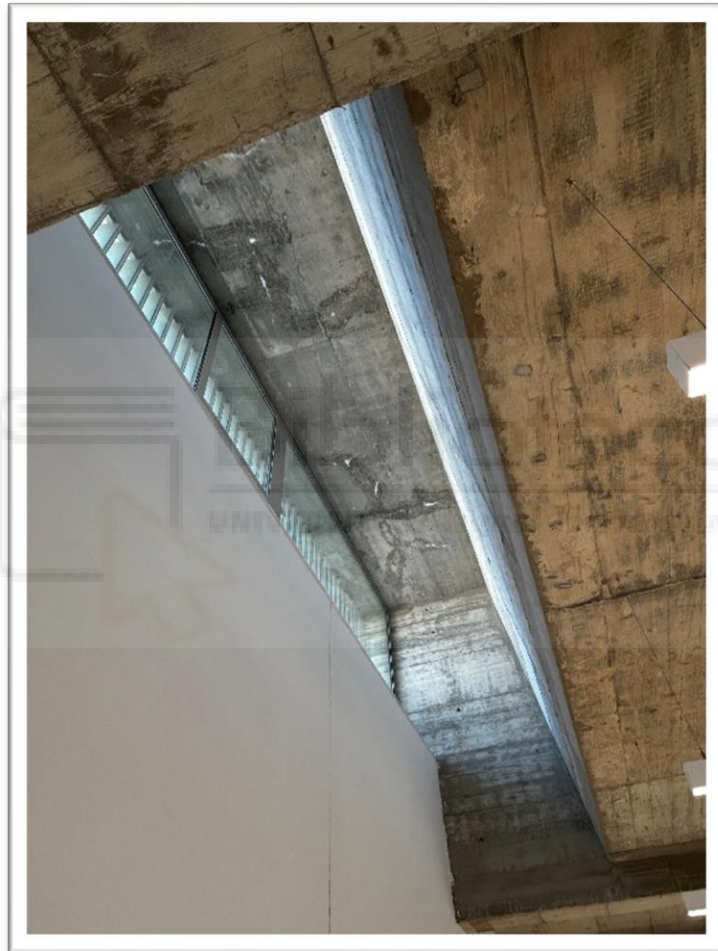
*Tabla 87: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación con la solución adoptada para la 2º posición de la fuente en el Laboratorio IME 1. Valores en octava.*

<b>LABORATORIO IME 1 / SIMULACIÓN en condiciones normales (Media 2 posiciones)</b>					
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	2,58	3,35	3,99	4,21	3,47
<b>T20 (s)</b>	2,61	3,35	4,07	4,38	3,49
<b>EDT (s)</b>	2,53	3,20	3,99	4,36	3,41

*Tabla 88: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación en condiciones normales en el Laboratorio IME 1 (media de las dos posiciones). Valores en octava.*

#### 4.3 SIMULACIÓN DEL LABORATORIO IME 5

Para la recreación en SketchUp del Laboratorio IME 5 grande, se tiene en cuenta las características constructivas particulares del recinto, como puede ser la abertura en el techo de la sala para la entrada de luz proveniente de un ventanal o la diferencia de alturas en el techo con el objetivo de alojar aparatos de acondicionamiento climático.



*Figura 119: Hueco superior con ventanal en el Laboratorio IME 5 grande.*

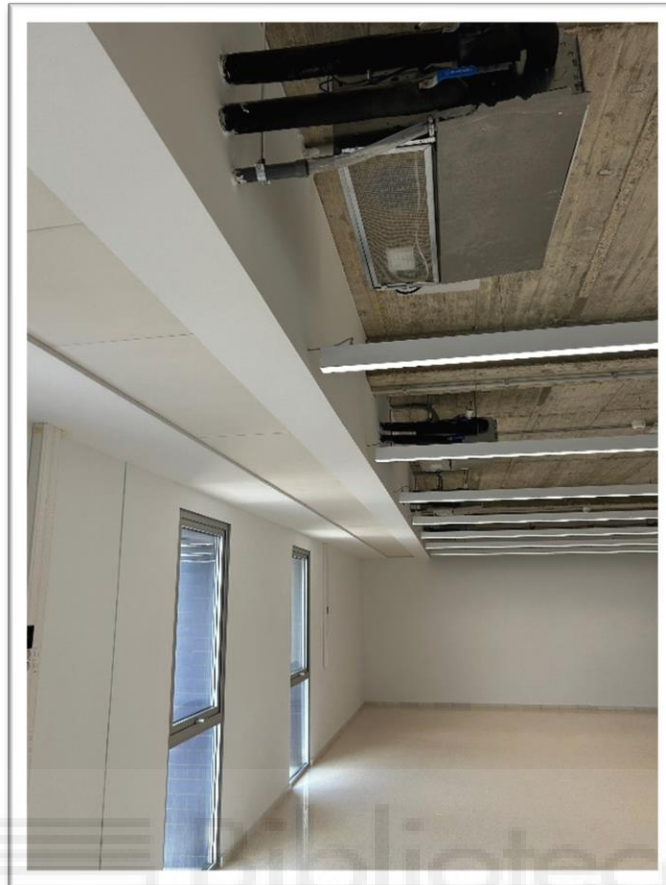


Figura 121: Hueco superior con aparatos de aire en el Laboratorio IME 5 grande.

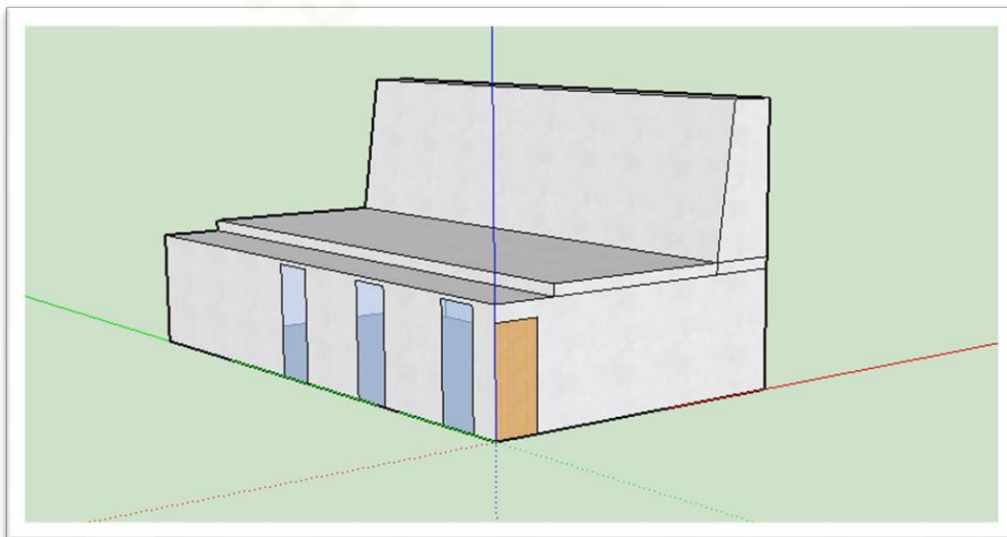


Figura 120: Recreación del Laboratorio IME 5 grande en condiciones normales.

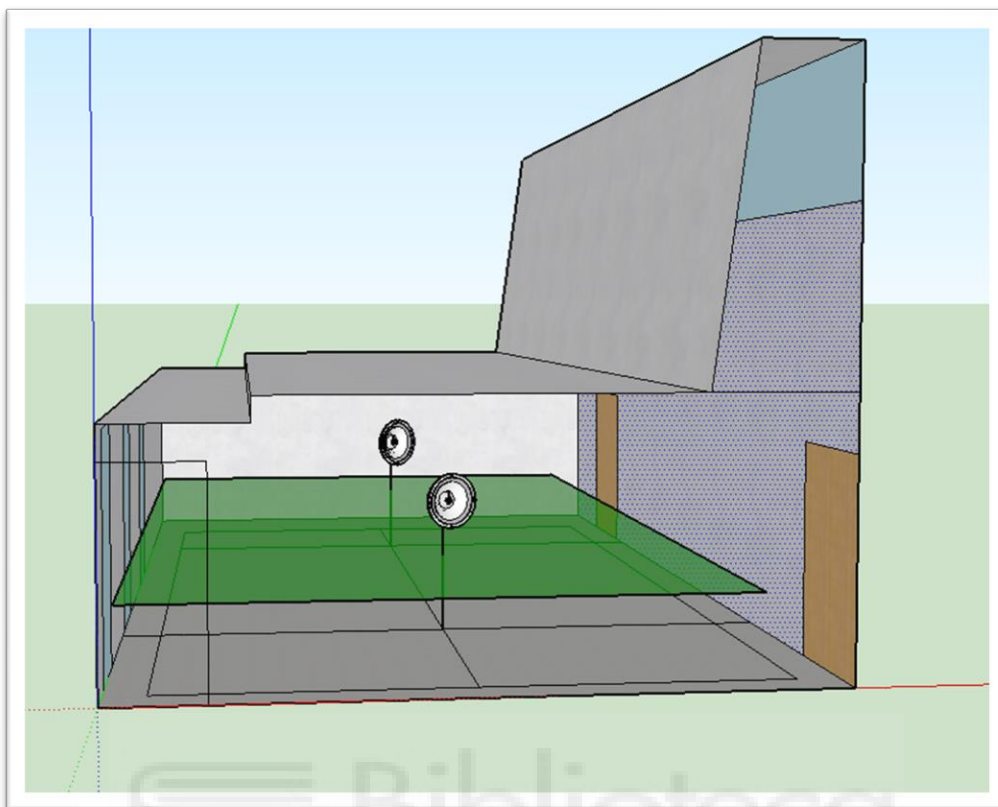


Figura 122: Vista de detalle de la recreación del Laboratorio IME 5 grande.

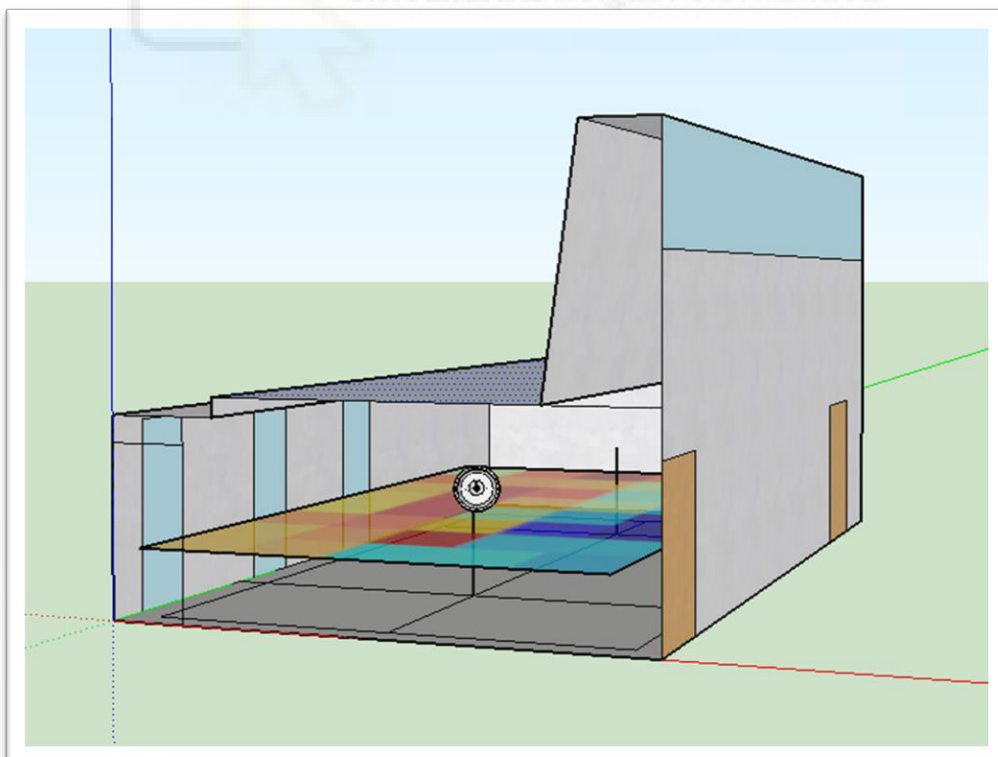


Figura 123: Mapa de distribución espacial de parámetros acústicos en el interior del Laboratorio IME 5.

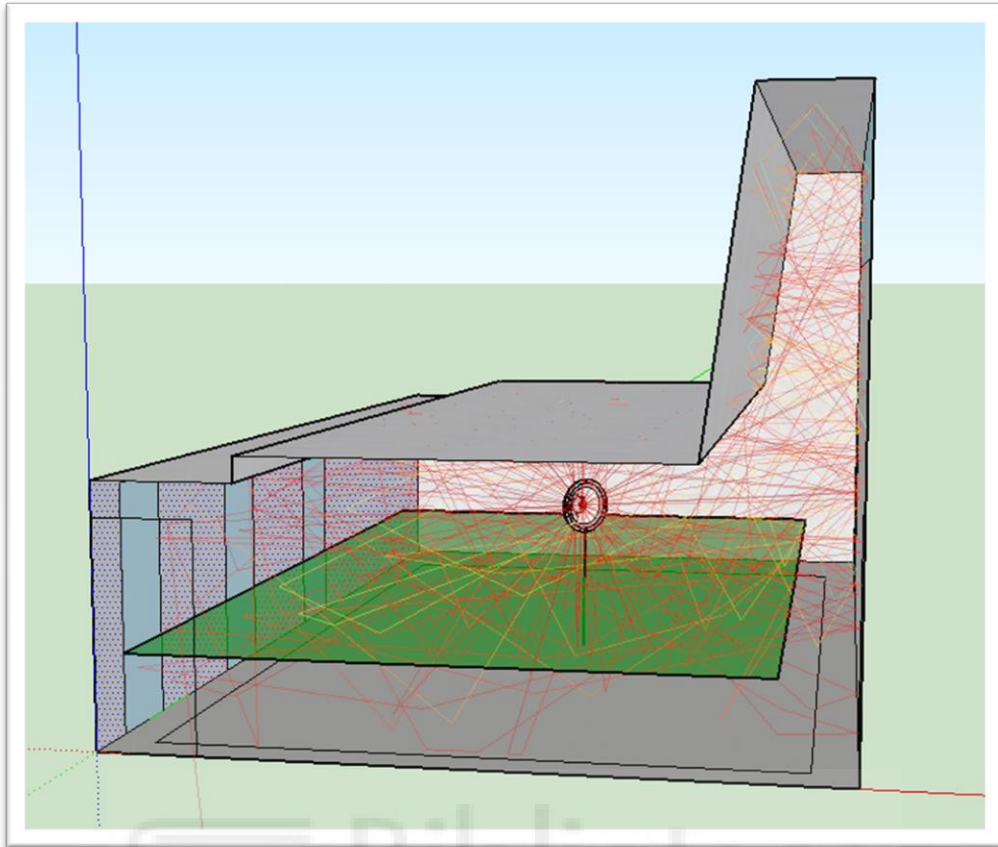
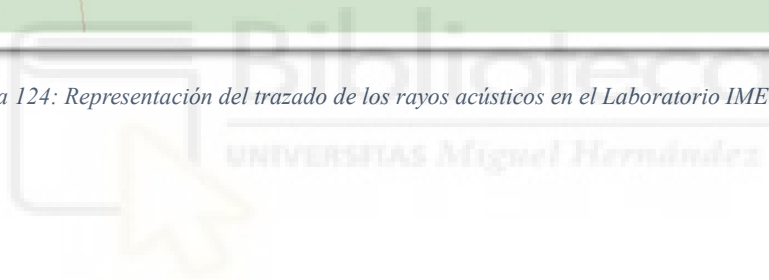


Figura 124: Representación del trazado de los rayos acústicos en el Laboratorio IME 5 grande.



Para la primera posición de la fuente:

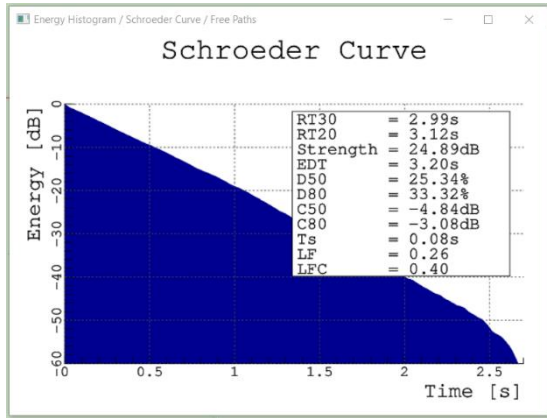


Figura 125: Curva Schroeder para banda frecuencia 125 Hz y 1º posición de la fuente en Lab. IME 5 grande.

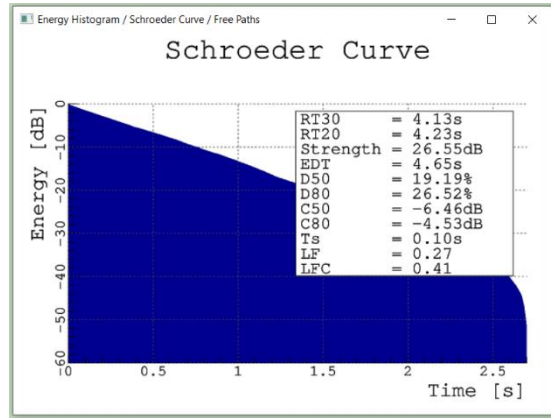


Figura 126: Curva Schroeder para banda frecuencia 250 Hz y 1º posición de la fuente en Lab. IME 5 grande.

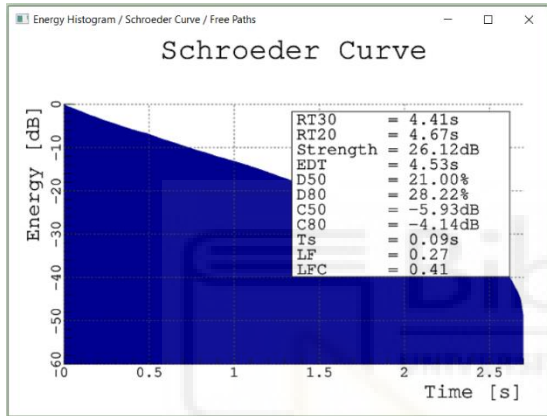


Figura 127: Curva Schroeder para banda frecuencia 500 Hz y 1º posición de la fuente en Lab. IME 5 grande.

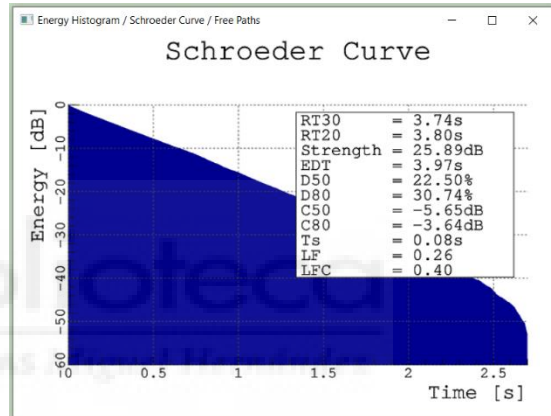


Figura 128: Curva Schroeder para banda frecuencia 1000 Hz y 1º posición de la fuente en Lab. IME 5 grande.

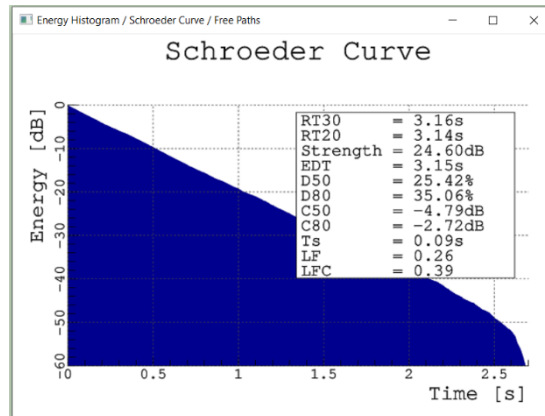


Figura 129: Curva Schroeder para banda frecuencia 2000 Hz y 1º posición de la fuente en Lab. IME 5 grande.

Para la segunda posición de la fuente:

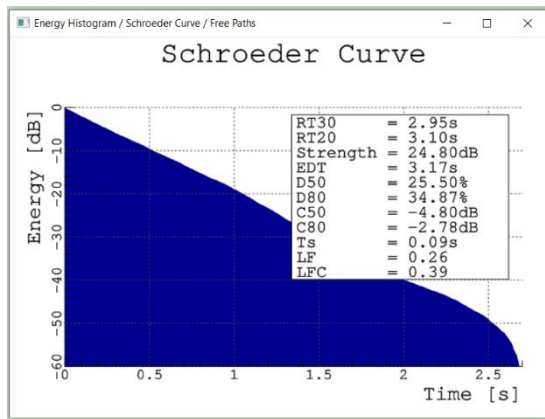


Figura 130: Curva Schroeder para banda frecuencia 125 Hz y 2º posición de la fuente en Lab. IME 5 grande.

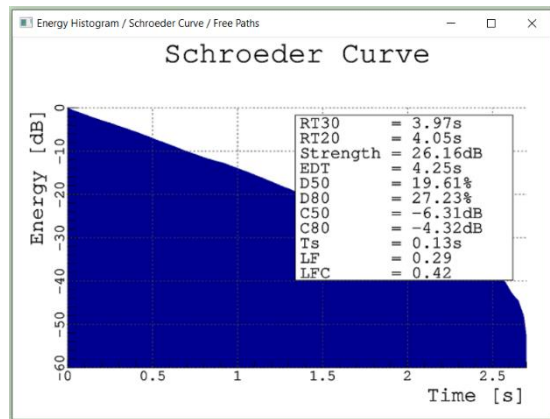


Figura 131: Curva Schroeder para banda frecuencia 250 Hz y 2º posición de la fuente en Lab. IME 5 grande.

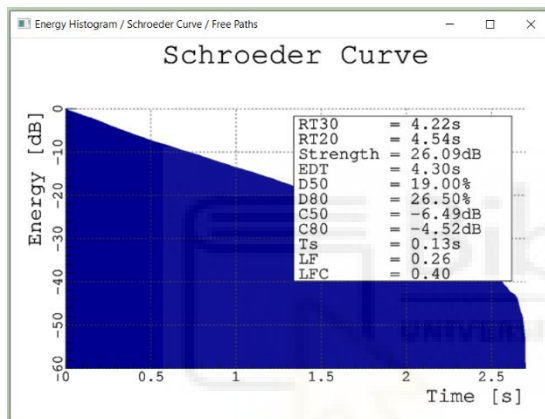


Figura 132: Curva Schroeder para banda frecuencia 500 Hz y 2º posición de la fuente en Lab. IME 5 grande.

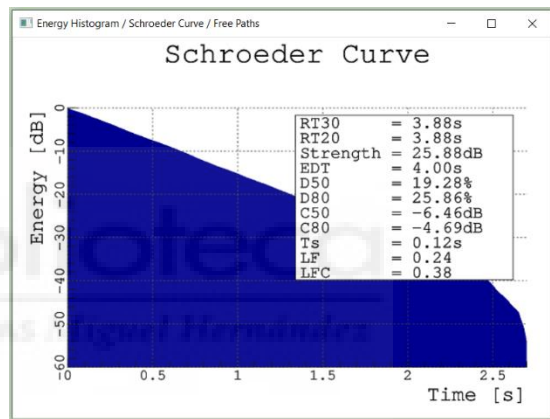


Figura 133: Curva Schroeder para banda frecuencia 1000 Hz y 2º posición de la fuente en Lab. IME 5 grande.

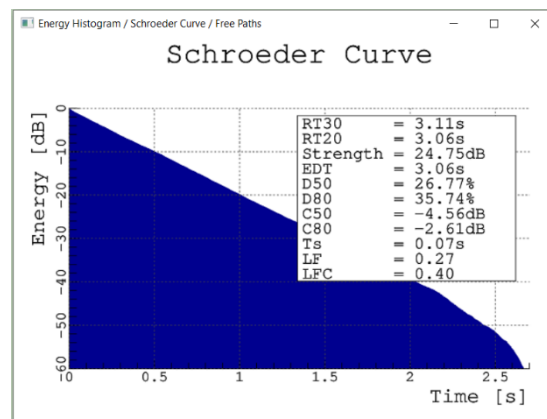


Figura 134: Curva Schroeder para banda frecuencia 2000 Hz y 2º posición de la fuente en Lab. IME 5 grande.

<b>LABORATORIO IME 5 GRANDE / SIMULACIÓN en condiciones normales (Posición 1)</b>					
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	2,99	4,13	4,41	3,74	3,16
<b>T20 (s)</b>	3,12	4,23	4,67	3,80	3,14
<b>EDT (s)</b>	3,20	4,65	4,53	3,97	3,15

Tabla 89: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación en condiciones normales para la 1ª posición de la fuente en el Laboratorio IME 5 grande. Valores en octava.

<b>LABORATORIO IME 5 GRANDE / SIMULACIÓN en condiciones normales (Posición 2)</b>					
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	2,95	3,97	4,22	3,88	3,11
<b>T20 (s)</b>	3,10	4,05	4,54	3,88	3,06
<b>EDT (s)</b>	3,17	4,25	4,30	4,00	3,06

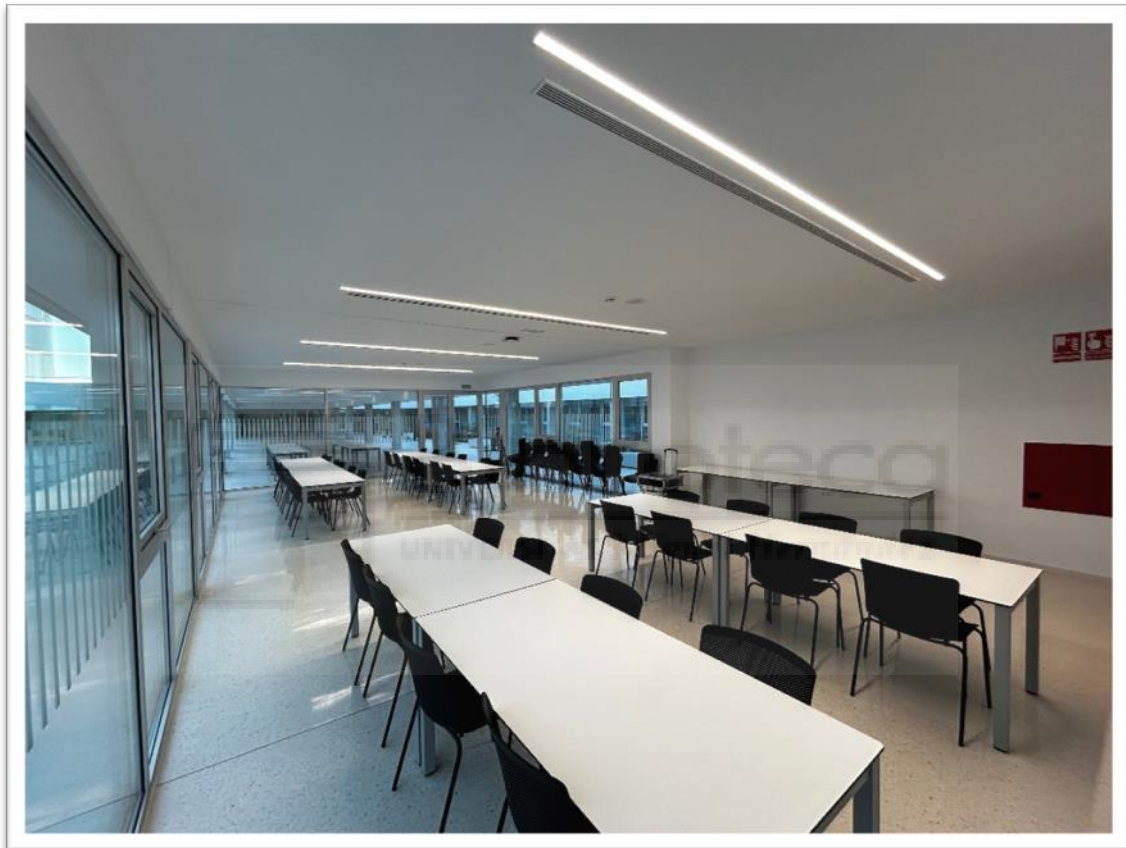
Tabla 90: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación en condiciones normales para la 2ª posición de la fuente en el Laboratorio IME 5 grande. Valores en octava.

<b>LABORATORIO IME 5 GRANDE / SIMULACIÓN en condiciones normales (M. 2 posiciones)</b>					
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	2,97	4,05	4,32	3,81	3,14
<b>T20 (s)</b>	3,11	4,14	4,61	3,84	3,10
<b>EDT (s)</b>	3,19	4,45	4,42	3,99	3,11

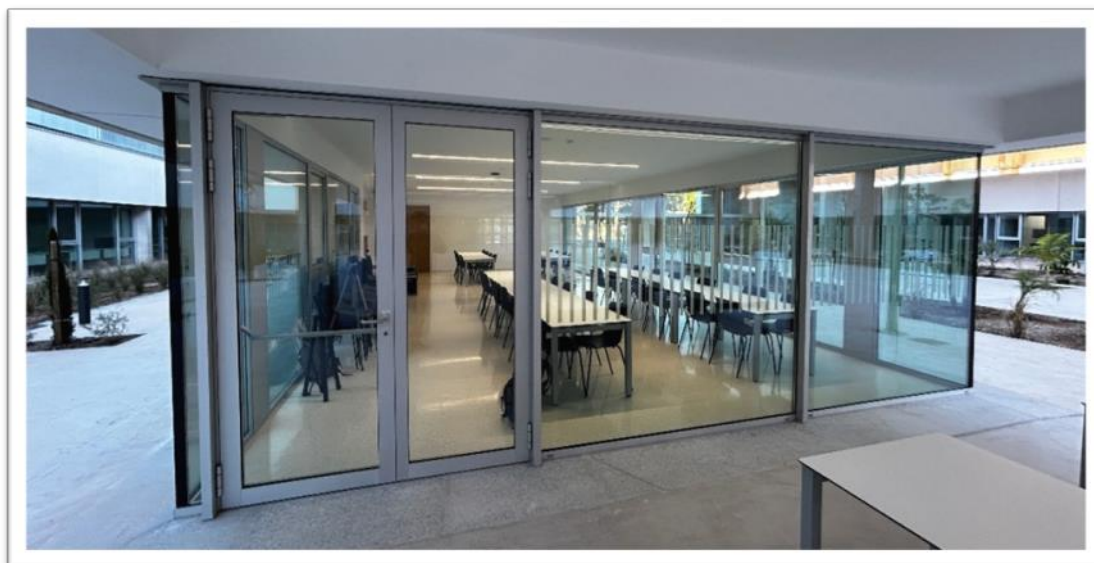
Tabla 91: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación en condiciones normales en el Laboratorio IME 5 grande (media de las dos posiciones). Valores en octava.

#### 4.4 SIMULACIÓN DE LA SALA COMÚN

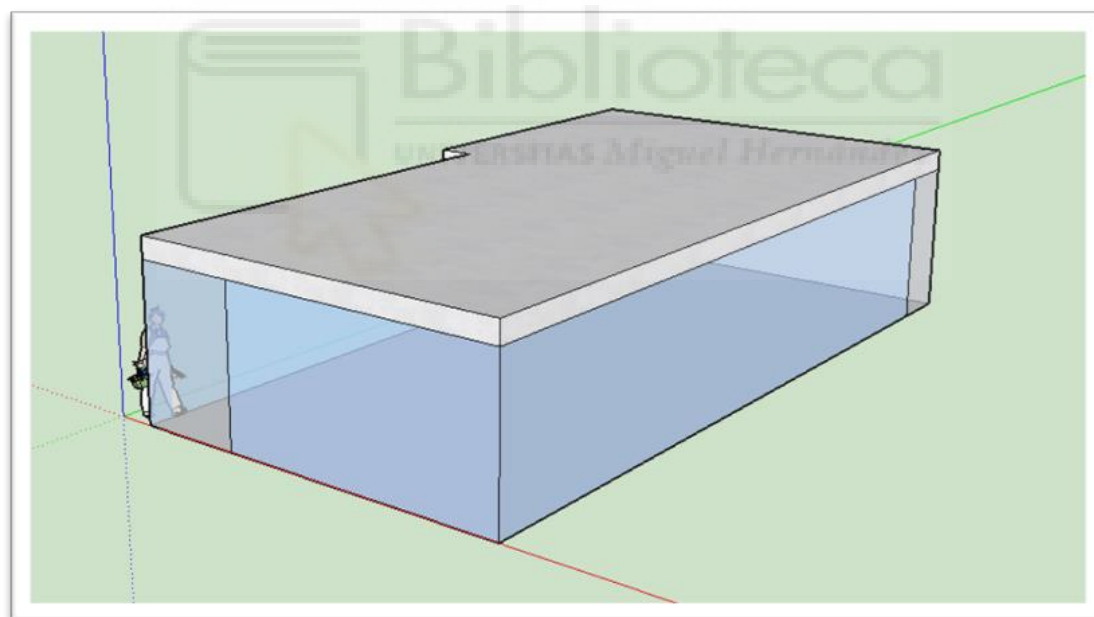
Para la recreación en SketchUp de la Sala común, se debe tener en cuenta que todas las paredes que dan a la zona del patio interior son de vidrio, lo cual afecta de manera significativa a el tiempo de reverberación ya que el vidrio es un material con un nivel de absorción del sonido muy bajo. Cabe destacar que los rayos acústicos presentan un elevado número de reflexiones debido al material de las paredes.



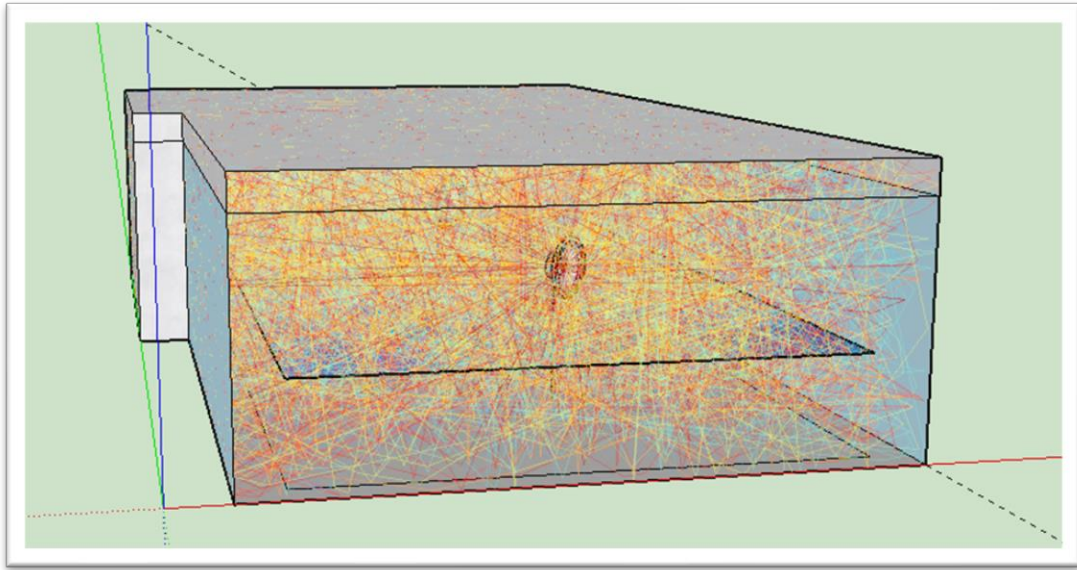
*Figura 135: Interior de la Sala común.*



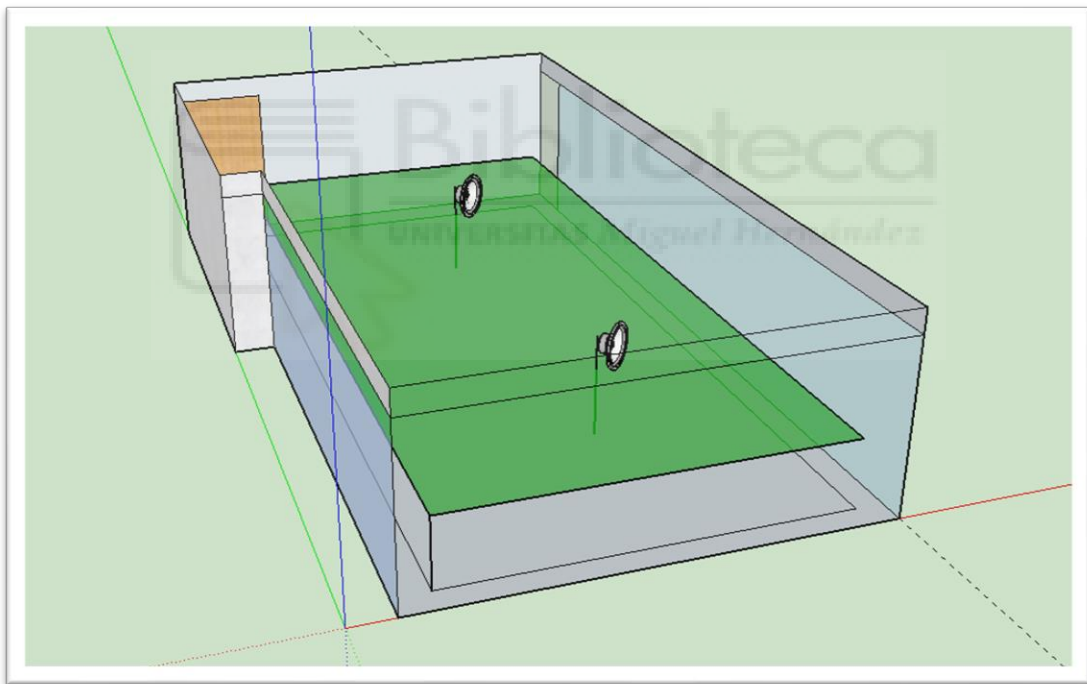
*Figura 136: Exterior de la Sala común.*



*Figura 137: Recreación de la Sala común en condiciones normales.*



*Figura 138: Representación del trazado de los rayos acústicos en la Sala común.*



*Figura 139: Vista de detalle de la recreación de la Sala común.*

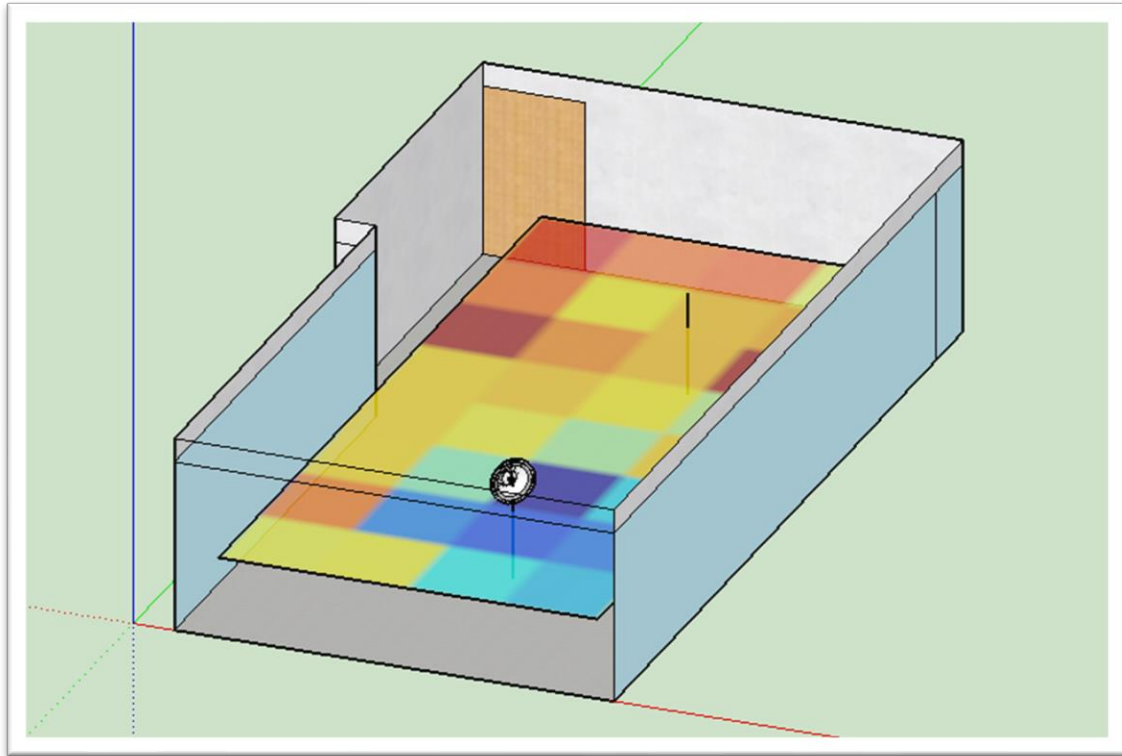


Figura 140 : Mapa de distribución espacial de parámetros acústicos en el interior de la Sala común.



Para la primera posición de la fuente:

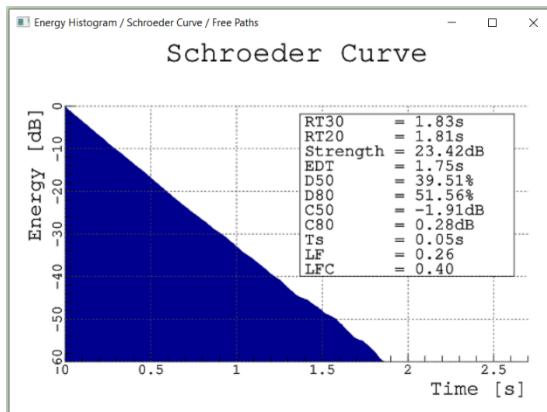


Figura 141: Curva Schroeder para banda frecuencia 125 Hz y 1º posición de la fuente en la Sala común.

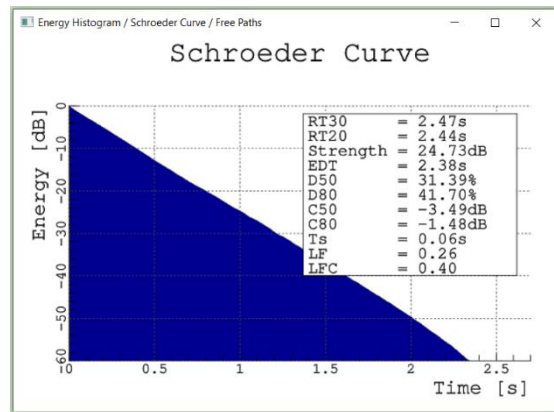


Figura 142: Curva Schroeder para banda frecuencia 250 Hz y 1º posición de la fuente en la Sala común.

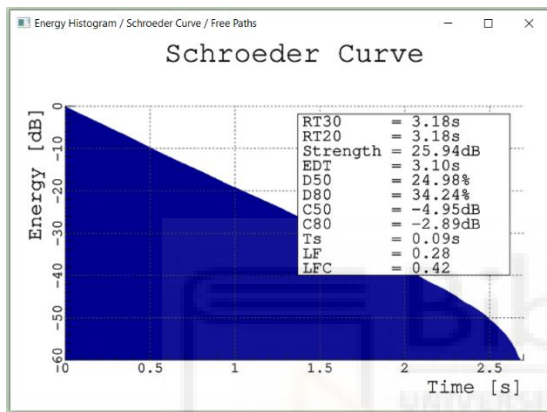


Figura 143: Curva Schroeder para banda frecuencia 500 Hz y 1º posición de la fuente en la Sala común.

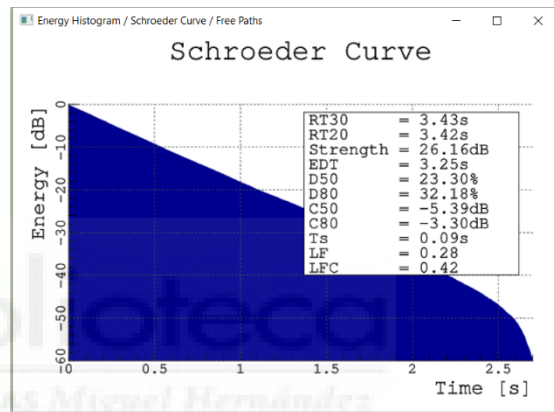


Figura 144: Curva Schroeder para banda frecuencia 1000 Hz y 1º posición de la fuente en la Sala común.

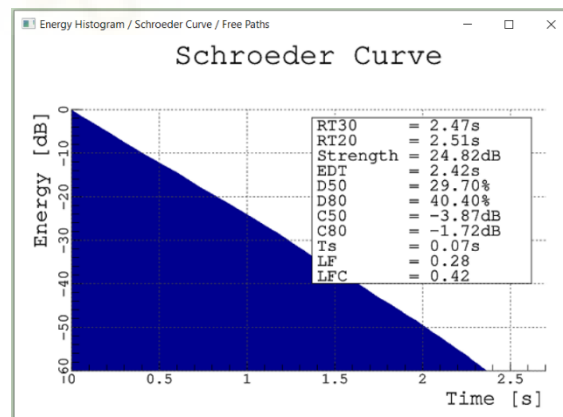


Figura 145: Curva Schroeder para banda frecuencia 2000 Hz y 1º posición de la fuente en la Sala común.

Para la segunda posición de la fuente:

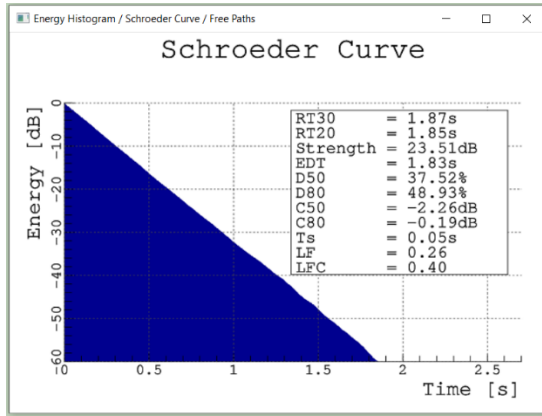


Figura 146: Curva Schroeder para banda frecuencia 125 Hz y 2º posición de la fuente en la Sala común.

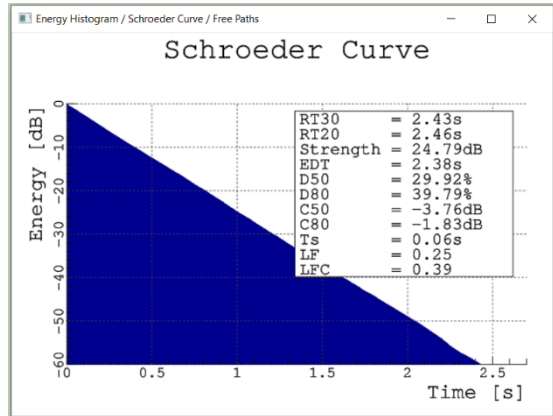


Figura 147: Curva Schroeder para banda frecuencia 250 Hz y 2º posición de la fuente en la Sala común.

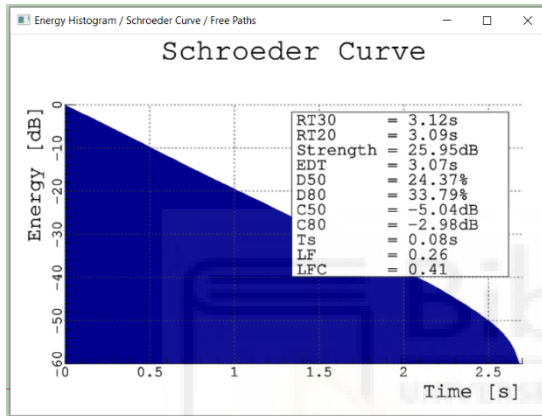


Figura 148: Curva Schroeder para banda frecuencia 500 Hz y 21º posición de la fuente en la Sala común.

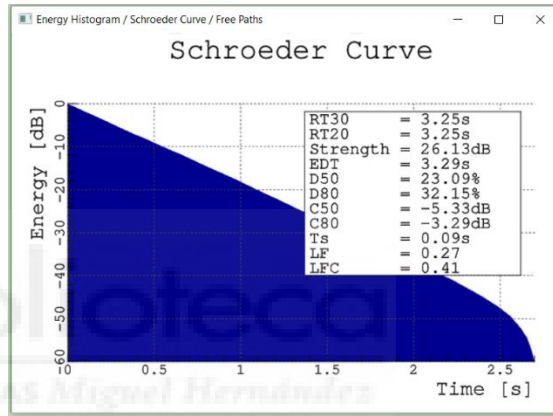


Figura 149: Curva Schroeder para banda frecuencia 1000 Hz y 2º posición de la fuente en la Sala común.

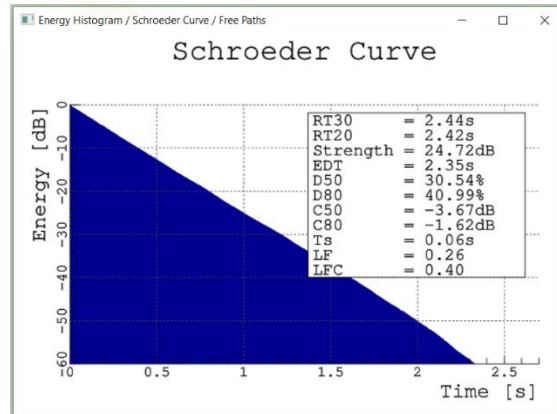


Figura 150: Curva Schroeder para banda frecuencia 2000 Hz y 2º posición de la fuente en la Sala común.

<b>SALA COMÚN / SIMULACIÓN en condiciones normales (Posición 1)</b>					
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	1,83	2,47	3,18	3,43	2,47
<b>T20 (s)</b>	1,81	2,44	3,18	3,42	2,51
<b>EDT (s)</b>	1,75	2,38	3,10	3,25	2,42

Tabla 92: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación en condiciones normales para la 1ª posición de la fuente en la Sala Común. Valores en octava.

<b>SALA COMÚN / SIMULACIÓN en condiciones normales (Posición 2)</b>					
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	1,87	2,43	3,12	3,25	2,44
<b>T20 (s)</b>	1,85	2,46	3,09	3,25	2,42
<b>EDT (s)</b>	1,83	2,38	3,07	3,29	2,35

Tabla 93: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación en condiciones normales para la 2ª posición de la fuente en la Sala Común. Valores en octava.

<b>SALA COMÚN / SIMULACIÓN en condiciones normales (Media 2 posiciones)</b>					
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	1,85	2,45	3,15	3,34	2,46
<b>T20 (s)</b>	1,83	2,45	3,14	3,34	2,47
<b>EDT (s)</b>	1,79	2,38	3,09	3,27	2,39

Tabla 94: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación en condiciones normales en la Sala común (media de las dos posiciones). Valores en octava.



## 5 VALIDACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN

Con el fin de comprobar la fiabilidad del modelo desarrollado, se ha llevado a cabo un proceso de validación basado en la comparación entre los resultados obtenidos mediante simulación y los valores medidos in situ. Esta comparación permite evaluar el grado de ajuste del modelo a las condiciones reales del recinto y verificar que las propiedades geométricas y acústicas introducidas representan adecuadamente su comportamiento.

### 5.1 VALIDACIÓN – LABORATORIO IME 1

LABORATORIO IME 1 / MEDICIÓN IN SITU					
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000
<b>T30 (s)</b>	2,68	3,47	4,04	4,15	3,43
<b>T20 (s)</b>	2,52	3,42	4,02	4,19	3,43
<b>EDT (s)</b>	2,43	3,70	4,32	4,24	3,47

Tabla 95: Valores de los parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ en el Lab. IME 1 para validación del modelo.

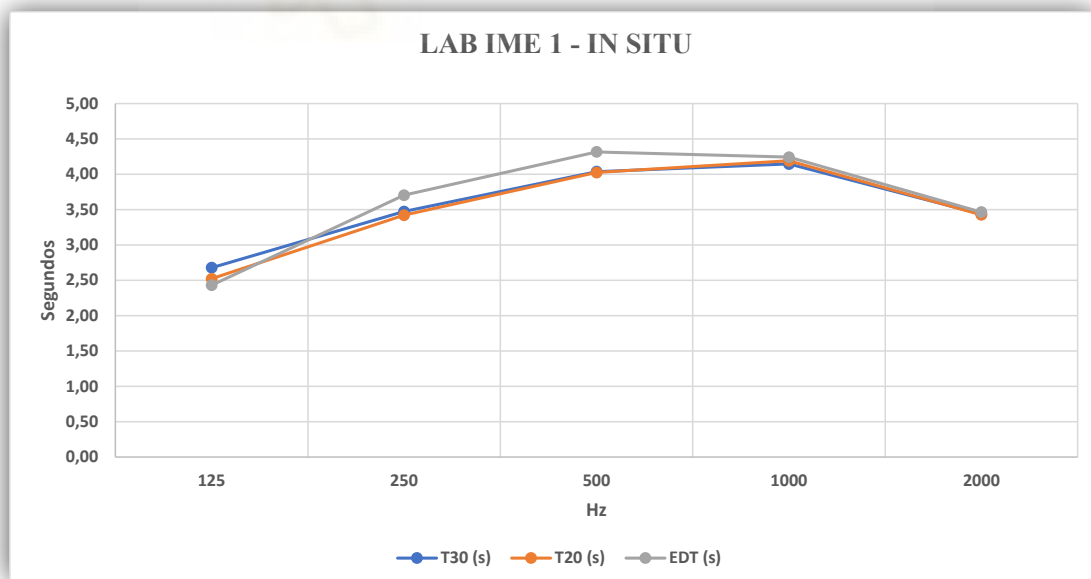


Figura 151: Curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de las mediciones in situ. - Lab. IME 1.

<b>LABORATORIO IME 1 / SIMULACIÓN EN CONDICIONES NORMALES</b>					
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	2,58	3,35	3,99	4,21	3,47
<b>T20 (s)</b>	2,61	3,35	4,07	4,38	3,49
<b>EDT (s)</b>	2,53	3,20	3,99	4,36	3,41

Tabla 96: Valores de los parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación en condiciones normales en el Lab. IME 1 para validación del modelo.

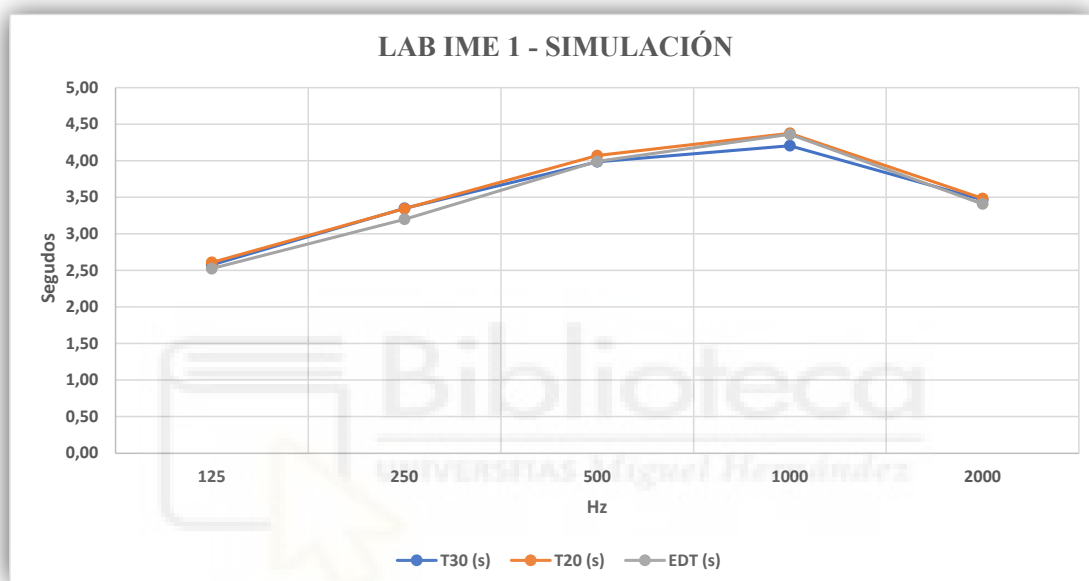


Figura 152: Curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de la simulación en condiciones normales. - Lab. IME 1.

### 5.1.1 COMPARATIVA

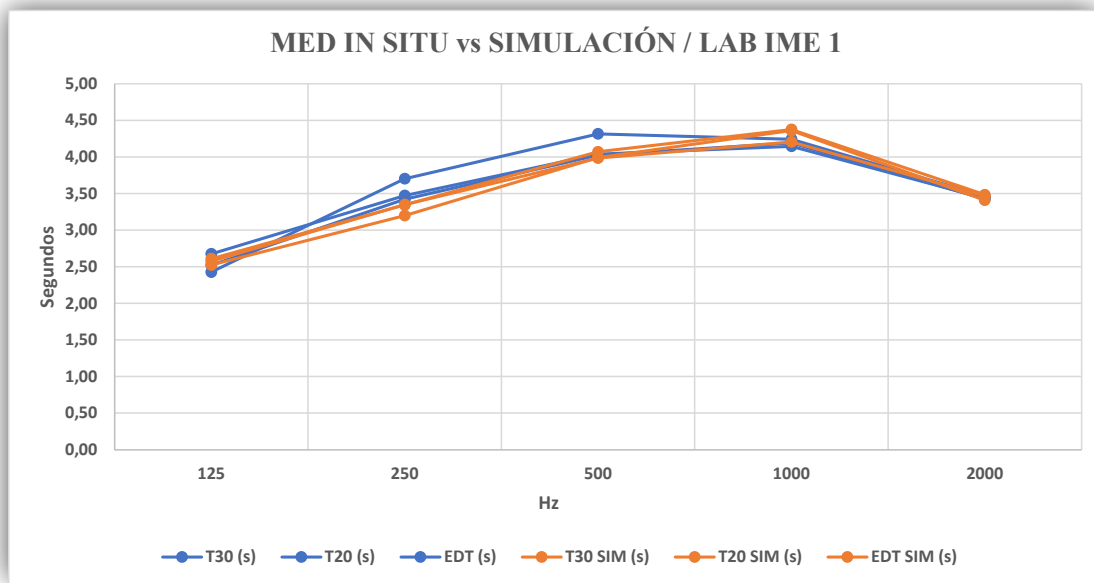


Figura 153: Comparativa entre las curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de las mediciones in situ y de la simulación en condiciones normales. – Lab. IME 1.

Desviación % (Valor absoluto)					
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000
<b>T30 (s)</b>	3,82	3,55	1,29	1,45	0,89
<b>T20 (s)</b>	3,53	2,24	1,13	4,40	1,74
<b>EDT (s)</b>	3,96	13,59	7,54	2,79	1,59

Tabla 97: Desviación en % entre los valores in situ y de simulación en Lab. IME 1.

Desviación (s) (Valor absoluto)					
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000
<b>T30 (s)</b>	0,10	0,12	0,05	0,06	0,03
<b>T20 (s)</b>	0,09	0,08	0,05	0,18	0,06
<b>EDT (s)</b>	0,10	0,50	0,33	0,12	0,05

Tabla 98: Desviación en segundos entre los valores in situ y de simulación en Lab. IME 1.

En la figura se muestra la comparación entre los resultados obtenidos mediante simulación y los valores medidos in situ del Laboratorio IME 1, con el objetivo de comprobar la validez del modelo acústico. En la gráfica, las líneas de color azul corresponden a los valores medidos en el recinto, mientras que las líneas de color naranja representan los resultados obtenidos a partir de la simulación.

Como se observa, la simulación sigue bastante bien la tendencia de los valores medidos y las diferencias son del orden de 4-5% excepto en un caso excepcional del 12%. Por ello, se considera que el modelo representa adecuadamente el comportamiento acústico del recinto y puede darse por validado.

## 5.2 VALIDACIÓN – LABORATORIO IME 5

LABORATORIO GRANDE IME 5 / MEDICIÓN IN SITU					
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000
<b>T30 (s)</b>	3,11	3,97	4,33	3,71	3,09
<b>T20 (s)</b>	3,17	3,93	4,39	3,68	3,10
<b>EDT (s)</b>	3,21	3,98	4,58	4,02	3,18

Tabla 99: Valores de los parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ en el Lab. IME 5 grande para validación del modelo.

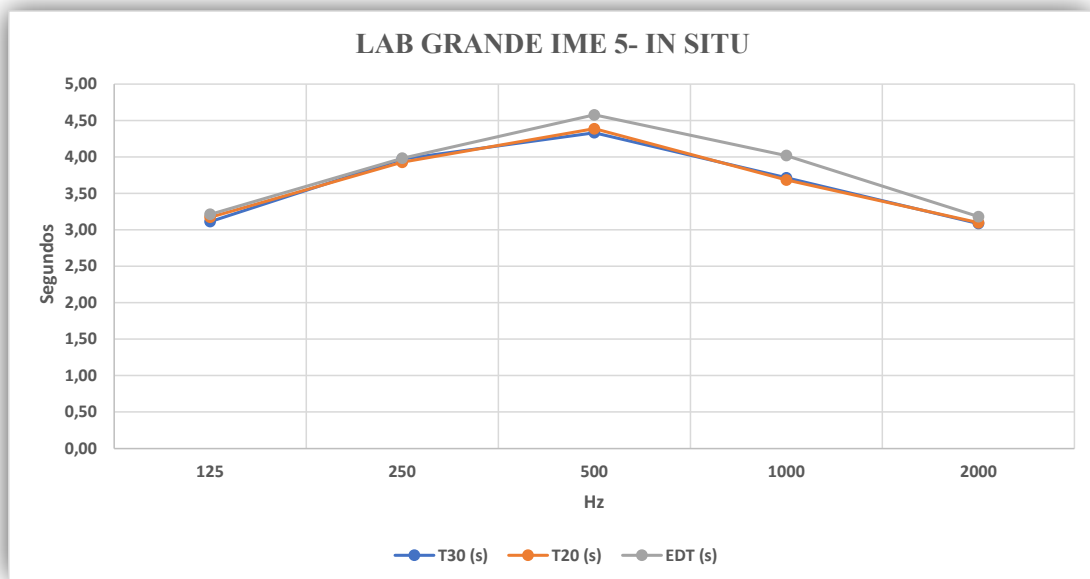


Figura 154: Curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de las mediciones in situ. - Lab. IME 5 grande.

LABORATORIO GRANDE IME 5 / SIMULACIÓN EN CONDICIONES NORMALES					
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000
<b>T30 (s)</b>	2,97	4,05	4,32	3,81	3,14
<b>T20 (s)</b>	3,11	4,14	4,61	3,84	3,10
<b>EDT (s)</b>	3,19	4,45	4,42	3,99	3,11

Tabla 100: Valores de los parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación en condiciones normales en el Lab. IME 5 grande para validación del modelo.

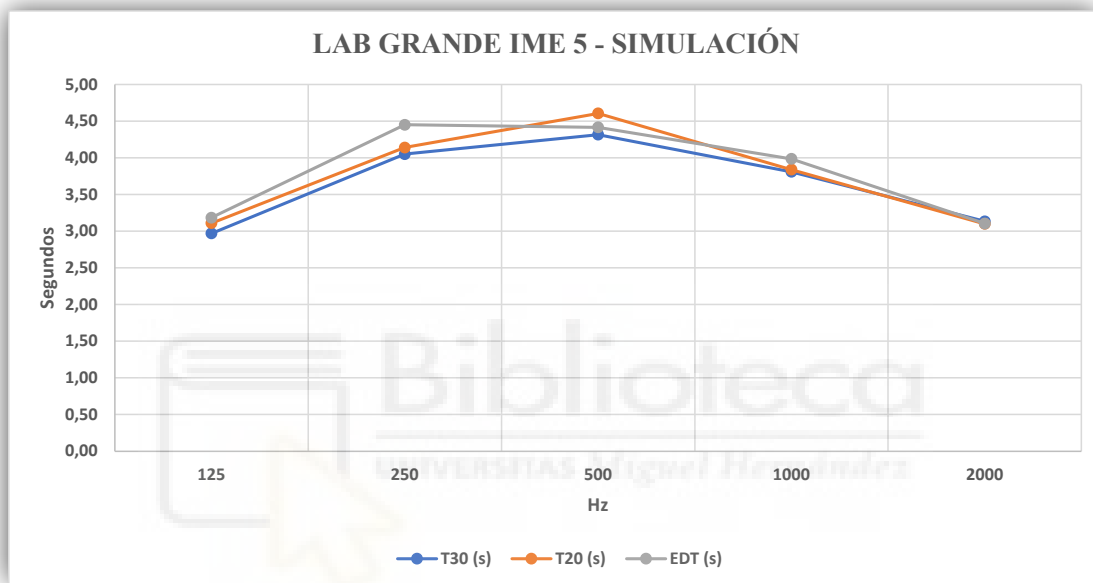


Figura 155: Curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de la simulación en condiciones normales. - Lab. IME 5 grande.

### 5.2.1 COMPARATIVA

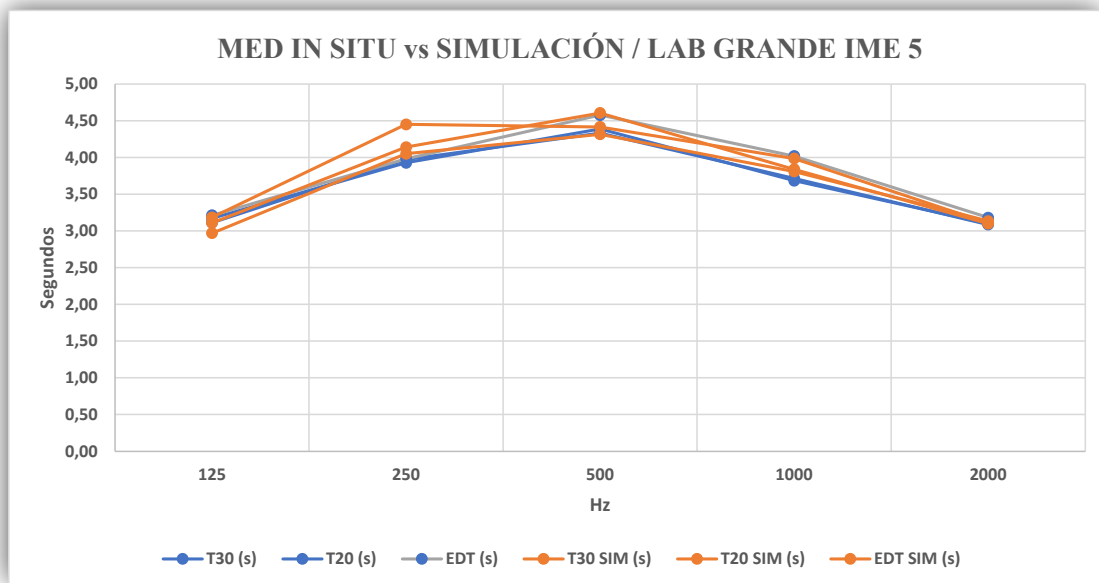


Figura 156: Comparativa entre las curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de las mediciones in situ y de la simulación en condiciones normales. – Lab. IME 5 grande.

Desviación % (Valor absoluto)					
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000
<b>T30 (s)</b>	4,59	2,00	0,38	2,57	1,57
<b>T20 (s)</b>	1,96	5,40	4,96	4,22	0,07
<b>EDT (s)</b>	0,86	11,75	3,56	0,83	2,38

Tabla 101: Desviación en % entre los valores in situ y de simulación en Lab. IME 5 grande.

Desviación (s) (Valor absoluto)					
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000
<b>T30 (s)</b>	0,14	0,08	0,02	0,10	0,05
<b>T20 (s)</b>	0,06	0,21	0,22	0,16	0,00
<b>EDT (s)</b>	0,03	0,47	0,16	0,03	0,08

Tabla 102: Desviación en segundos entre los valores in situ y de simulación en Lab. IME 5 grande.

En la figura se muestra la comparación entre los resultados obtenidos mediante simulación y los valores medidos in situ en el Laboratorio IME 5, con el objetivo de comprobar la validez del modelo acústico. En la gráfica, las líneas de color azul corresponden a los valores medidos en el recinto, mientras que las líneas de color naranja representan los resultados obtenidos a partir de la simulación.

Como se observa, la simulación sigue bastante bien la tendencia de los valores medidos y las diferencias son del orden de un 5% en la materia de frecuencias. Por ello, se considera que el modelo representa adecuadamente el comportamiento acústico del recinto y puede darse por validado.

### 5.3 VALIDACIÓN – SALA COMÚN

<b>SALA COMÚN / MEDICIÓN IN SITU</b>					
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	1,84	2,54	3,16	3,00	2,43
<b>T20 (s)</b>	1,72	2,47	3,09	3,02	2,45
<b>EDT (s)</b>	1,81	2,35	3,31	3,13	2,47

Tabla 103: Valores de los parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de las mediciones in situ en la Sala común para validación del modelo.

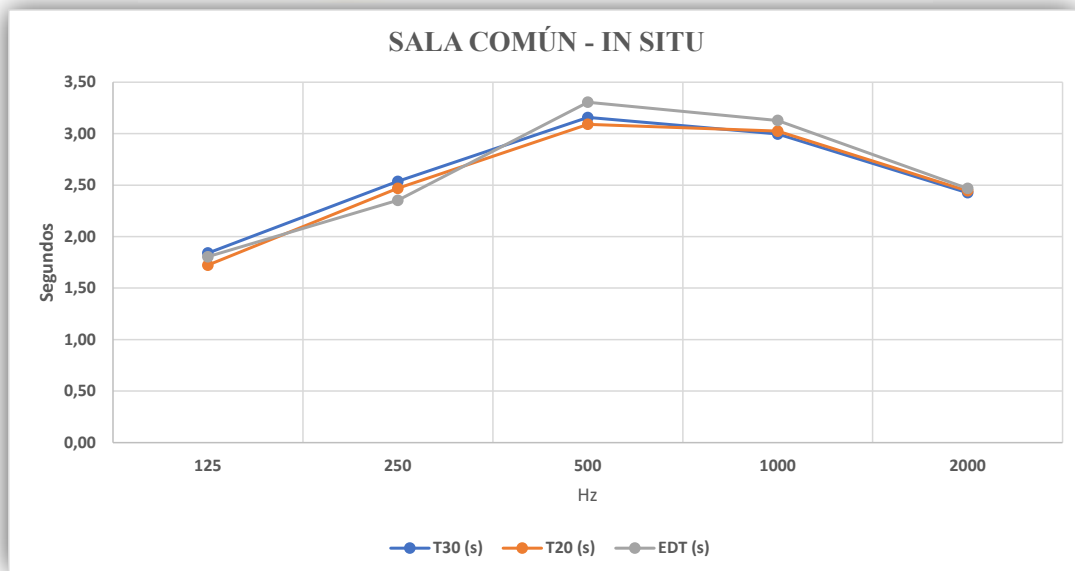


Figura 157: Curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de las mediciones in situ. - Sala común.

<b>SALA COMÚN / SIMULACIÓN EN CONDICIONES NORMALES</b>					
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	1,85	2,45	3,15	3,34	2,46
<b>T20 (s)</b>	1,83	2,45	3,14	3,34	2,47
<b>EDT (s)</b>	1,79	2,38	3,09	3,27	2,39

Tabla 104: Valores de los parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación en condiciones normales en la Sala común para validación del modelo.

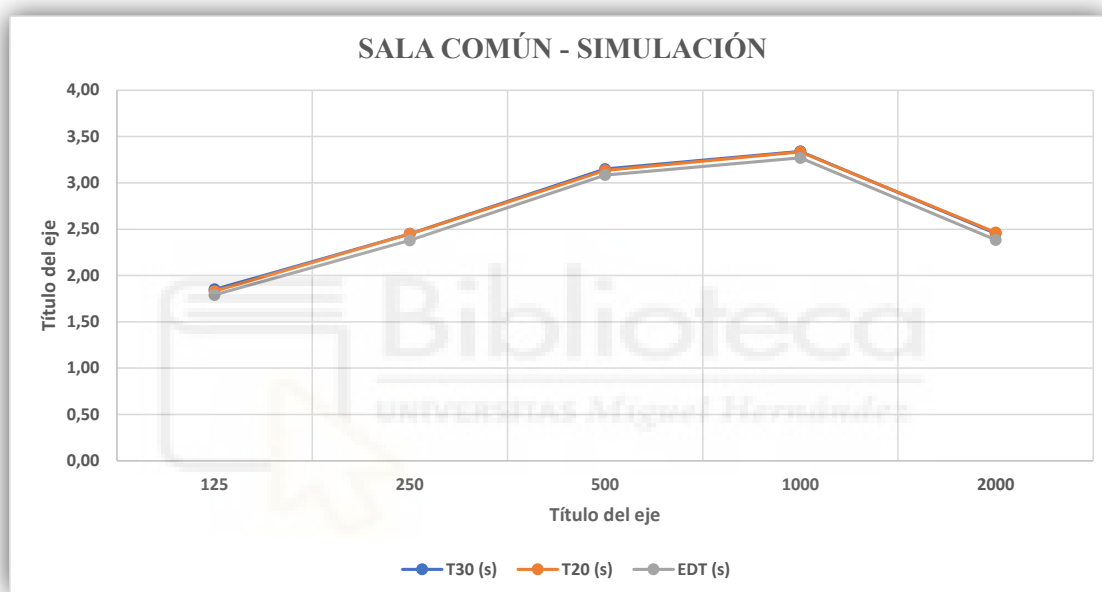


Figura 158: Curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de la simulación en condiciones normales. - Sala común.

### 5.3.1 COMPARATIVA

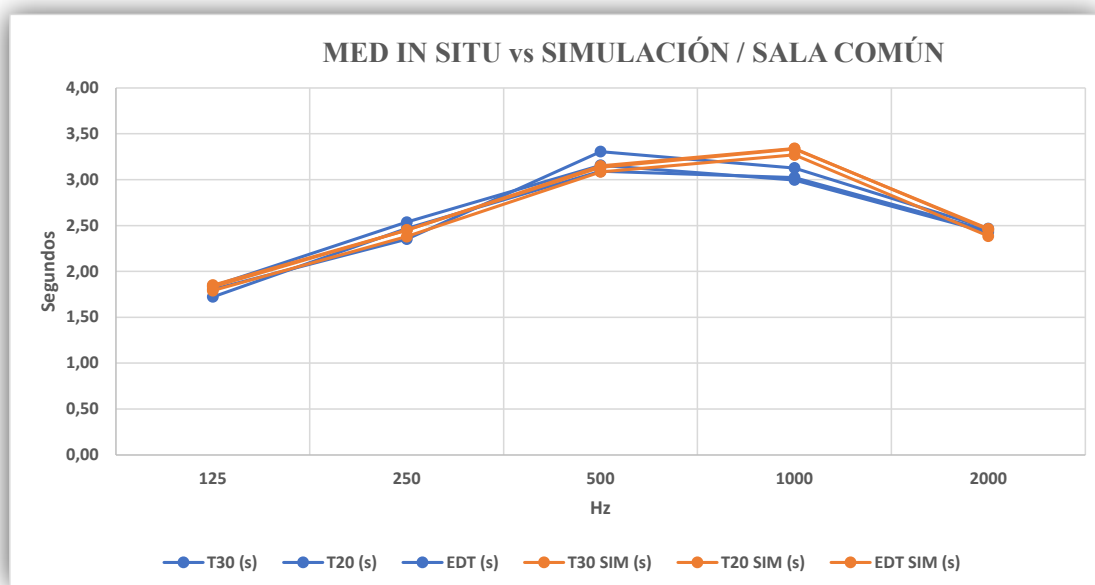


Figura 159: Comparativa entre las curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de las mediciones in situ y de la simulación en condiciones normales. – Sala común.

Desviación % (Valor absoluto)					
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000
<b>T30 (s)</b>	0,51	3,42	0,23	11,48	1,19
<b>T20 (s)</b>	6,22	0,79	1,42	10,29	0,82
<b>EDT (s)</b>	0,83	1,18	6,67	4,55	3,35

Tabla 105: Desviación en % entre los valores in situ y de simulación en la Sala común.

Desviación (s) (Valor absoluto)					
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000
<b>T30 (s)</b>	0,01	0,09	0,01	0,34	0,03
<b>T20 (s)</b>	0,11	0,02	0,04	0,31	0,02
<b>EDT (s)</b>	0,02	0,03	0,22	0,14	0,08

Tabla 106: Desviación en % entre los valores in situ y de simulación en la Sala común.

En la figura se muestra la comparación entre los resultados obtenidos mediante simulación y los valores medidos in situ en la Sala común, con el objetivo de comprobar la validez del modelo acústico. En la gráfica, las líneas de color azul corresponden a los valores medidos en el recinto, mientras que las líneas de color naranja representan los resultados obtenidos a partir de la simulación.

Como se observa, la simulación sigue bastante bien la tendencia de los valores medidos y las diferencias son del orden de un 2%, excepto en algunos casos que supera el 10%. Por ello, se considera que el modelo representa adecuadamente el comportamiento acústico del recinto y puede darse por validado.



## 6 MEDIDAS CORRECTORAS

La solución adoptada para la reducción del tiempo de reverberación consiste en la instalación de productos acústicos específicos de la empresa Eliacoustics, ubicada en Elche, especializada en el diseño y fabricación de soluciones de acondicionamiento acústico mediante sistemas fonoabsorbentes para distintos tipos de recintos. [20]



*Figura 160: Logo de la empresa de acondicionamiento acústico. [20]*

En particular se emplean paneles y baffles acústicos. Los paneles se colocan en paramentos verticales para reducir las reflexiones sonoras, mientras que los baffles se instalan suspendidos del techo, aumentando la superficie absorbente efectiva dentro del recinto.

Conviene señalar que la solución propuesta se plantea en el ámbito de la simulación acústica, con el objetivo de evaluar su eficacia de forma teórica. No obstante, en el caso de que dicha solución se llevase a cabo en la práctica, se dispone de unas opciones de instalación para esos productos. Existe un adhesivo específico para la sujeción de los paneles a la pared y un kit de instalación que incluye los elementos de anclaje necesarios para la suspensión de los baffles acústicos en el techo.

### 6.1 ELECCIÓN DE LOS MATERIALES

La empresa ofrece dos tipos de materiales para los paneles y baffles acústicos. El primero corresponde a un material a base de PET reciclado y el segundo tipo de material es espuma resina de melanina. Los productos se comercializan bajo los nombres Regular [ECO]Panel y Baffle [ECO]Panel para el caso del PET y Regular Foam y Baffle Foam para el caso de la espuma. Dentro de la familia de productos Foam existen dos tipos de acabados llamados FIRST y PURE cada uno de los cuales presenta coeficientes de absorción acústica diferentes.

Los valores de los coeficientes de absorción asociados a cada material y de cada tipo de acabado se encuentran recogidos en sus correspondientes fichas técnicas. Dichas fichas técnicas se incluyen en los anexos en el apartado 7.4.

A continuación, se exponen las gráficas de las características de los materiales en función de la frecuencia:

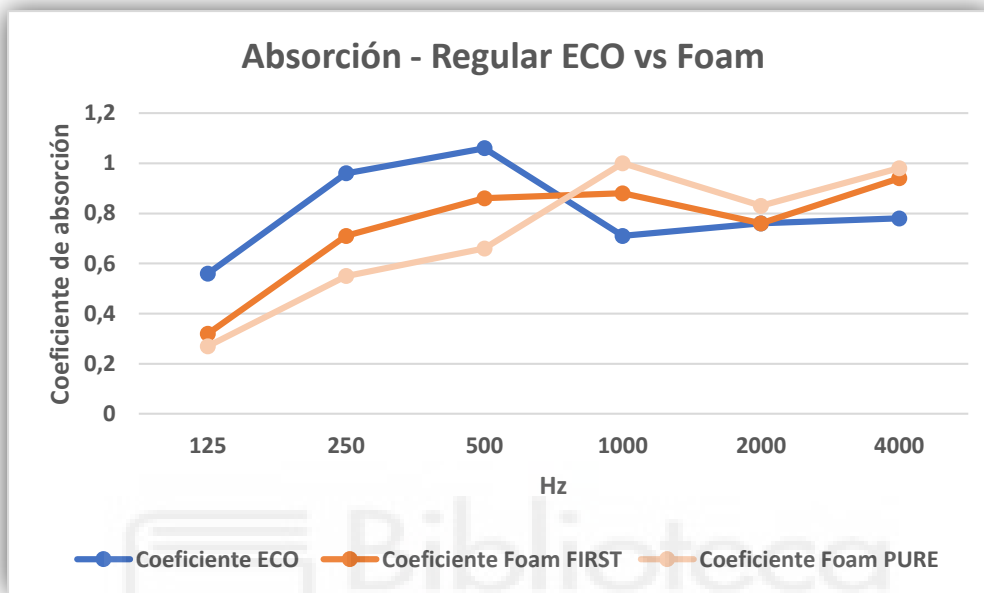


Figura 161: Representación de los valores de absorción de los diferentes tipos de materiales de los paneles acústicos.

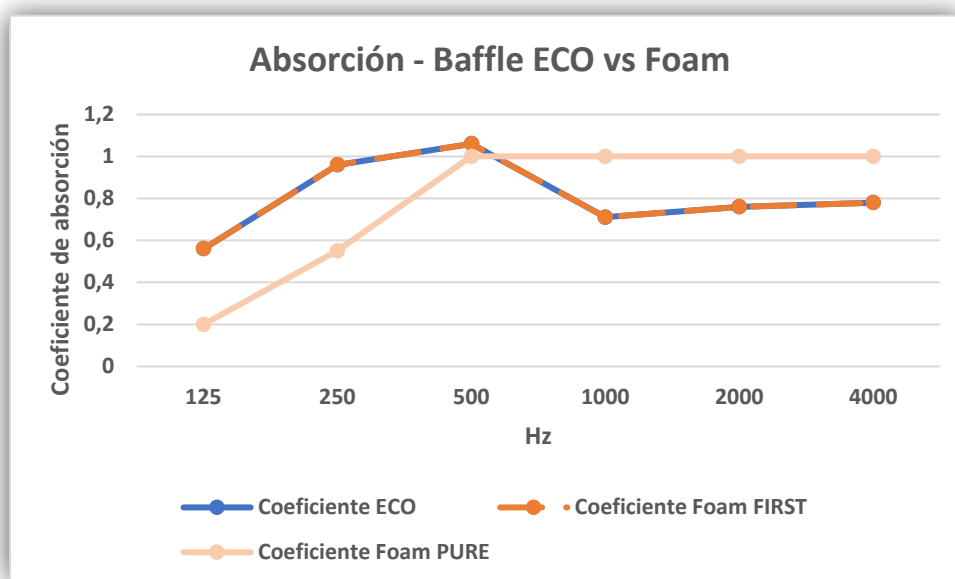


Figura 162: Representación de los valores de absorción de los diferentes tipos de materiales de los baffles acústicos.



Figura 163: Paneles acústicos seleccionados. Regular Foam.[21]

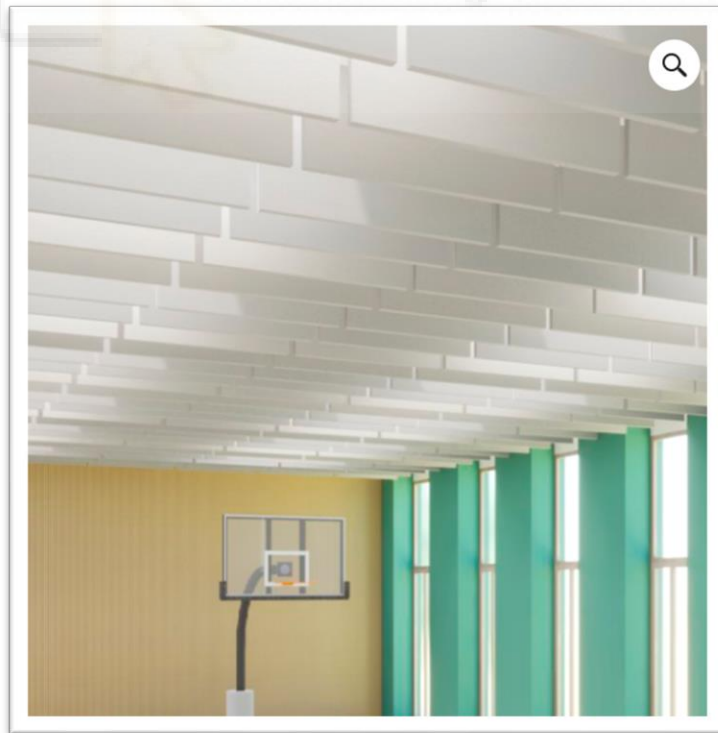
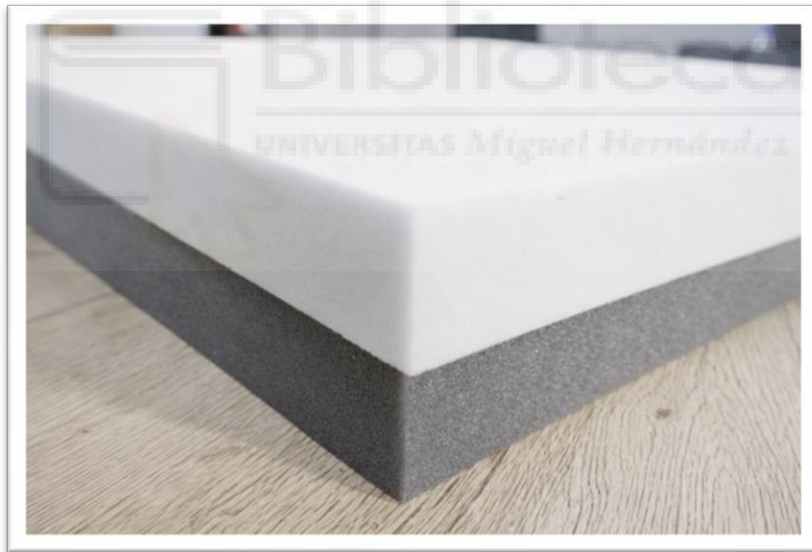


Figura 164: Baffles acústicos seleccionados. Baffle Foam. [21]

El acondicionamiento acústico se plantea con el objetivo de reducir el tiempo de reverberación, especialmente en el rango de frecuencias medias y altas (alrededor de 500 Hz y 1000 Hz).

Asimismo, con el objetivo de optimizar el coste de la solución, se selecciona el material Foam, ya que, de acuerdo con la información técnica y comercial disponible en el sector, los materiales de espuma de resina de melanina presentan, de forma general, un coste inferior al de los paneles de fibra de poliéster (PET).

En cuanto a los acabados, para los baffles se selecciona el acabado PURE debido a su comportamiento de absorción elevado y uniforme en el rango de frecuencias medias y altas. En el caso de los paneles, se opta por el acabado FIRST, al presentar un mejor comportamiento de absorción en la banda de 500 Hz.

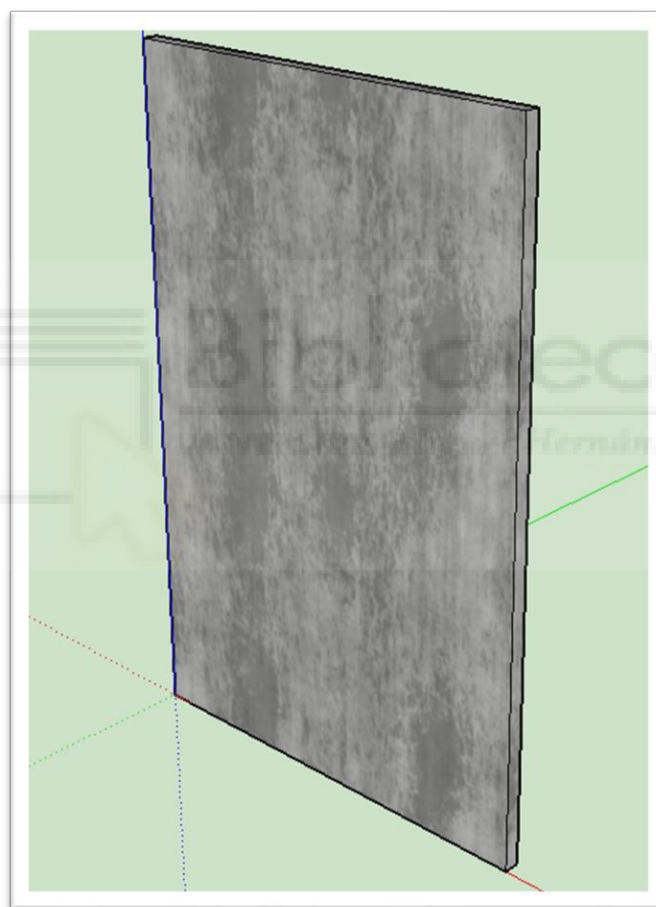


*Figura 165: Material seleccionado: FOAM. [21]*

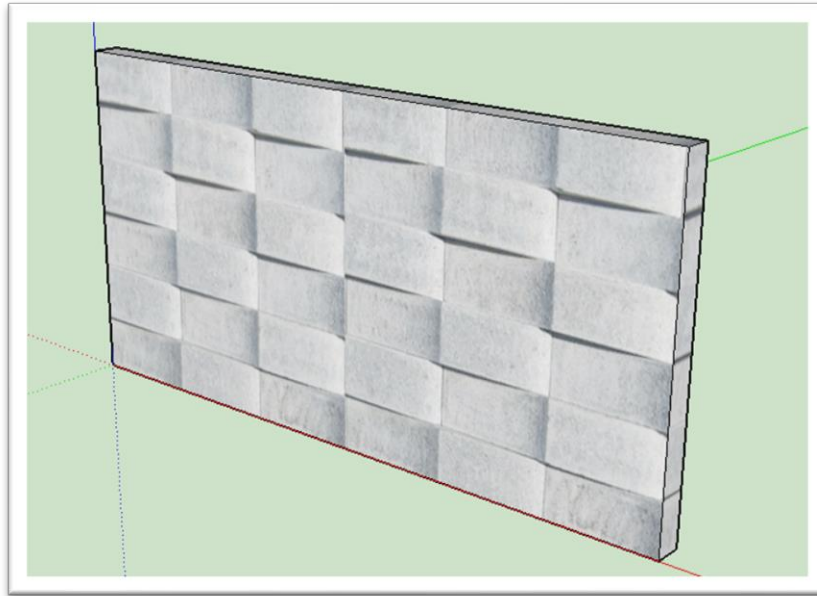
## 6.2 RECREACIÓN DE LOS PRODUCTOS ACÚSTICOS

En este apartado se describe el proceso de recreación de los productos acústicos adoptados dentro del entorno de SketchUp, así como la simulación acústica una vez implementadas dichas soluciones.

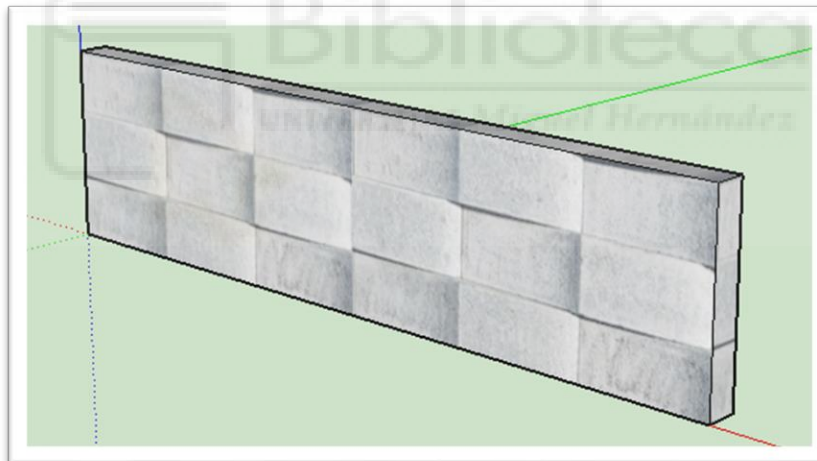
Se utiliza un panel acústico con un tamaño de 1190x595x40 mm, y dos tamaños distintos de bafle, el grande y el pequeño, con un tamaño de 595x1190x40 mm y 198x1190x40 mm respectivamente.



*Figura 166: Recreación de panel acústico 1190x595x40mm.*



*Figura 167: Recreación de bafle acústico 595x1190x40mm.*



*Figura 168: Recreación de bafle acústico 198x1190x40mm.*

A continuación, se deben asignar las características deseadas para esos materiales dentro del plugin.

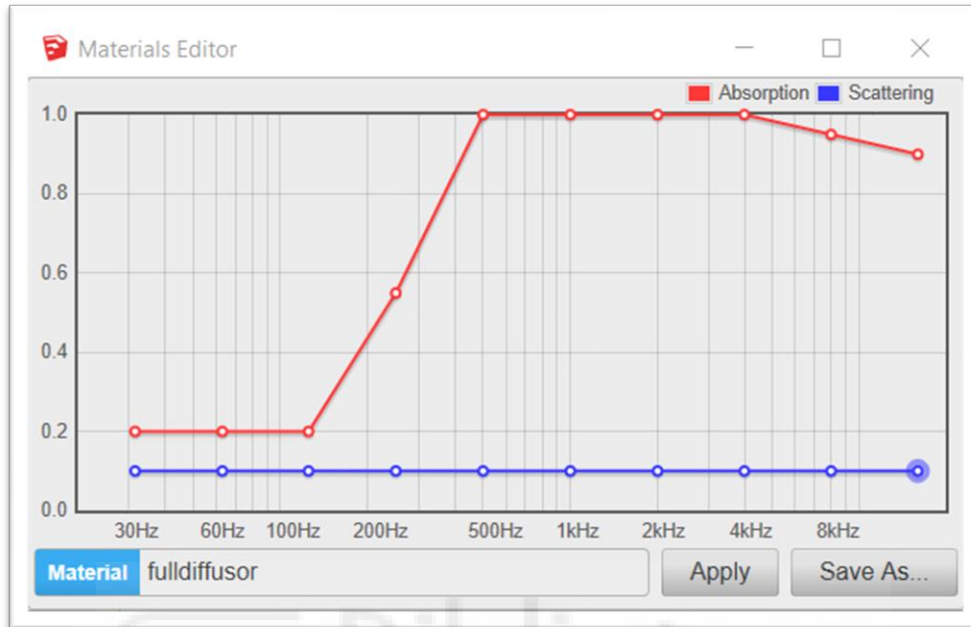


Figura 169: Valores de absorción del material y acabado seleccionado para los bafles en el editor de materiales del plugin.

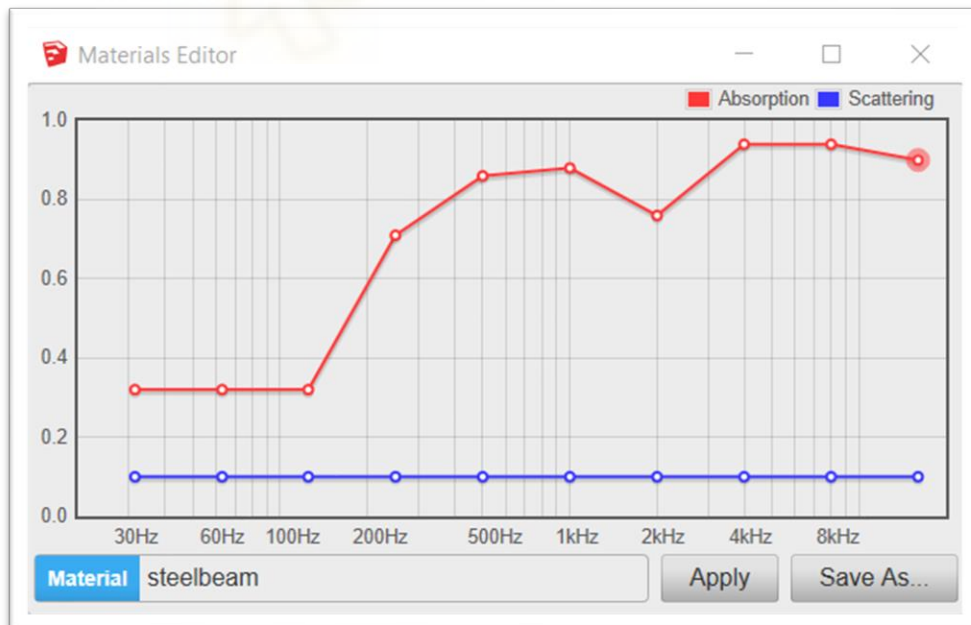


Figura 170: Valores de absorción del material y acabado seleccionado para los paneles en el editor de materiales del plugin.

### 6.3 SIMULACIÓN DEL LABORATORIO IME 1 CON SOLUCIÓN ADOPTADA

En primer lugar, el Laboratorio IME 1. Se presentan imágenes de cada una de las paredes en las que se han acoplado paneles acústicos, así como las vistas generales de la sala.

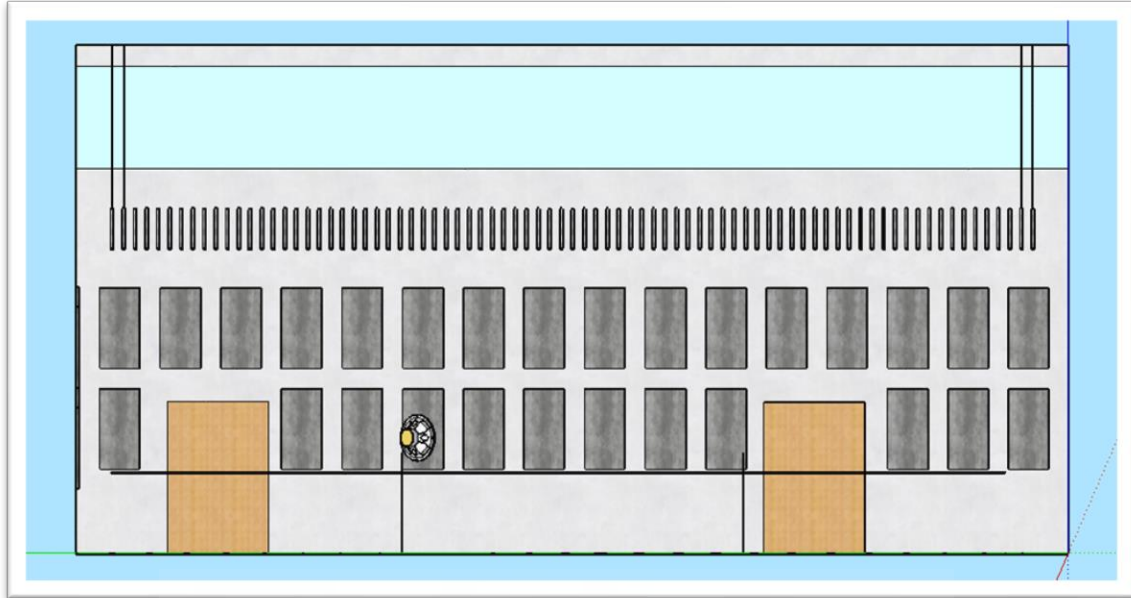


Figura 171: Vista lateral 1 del Laboratorio IME 1 con la solución adoptada.

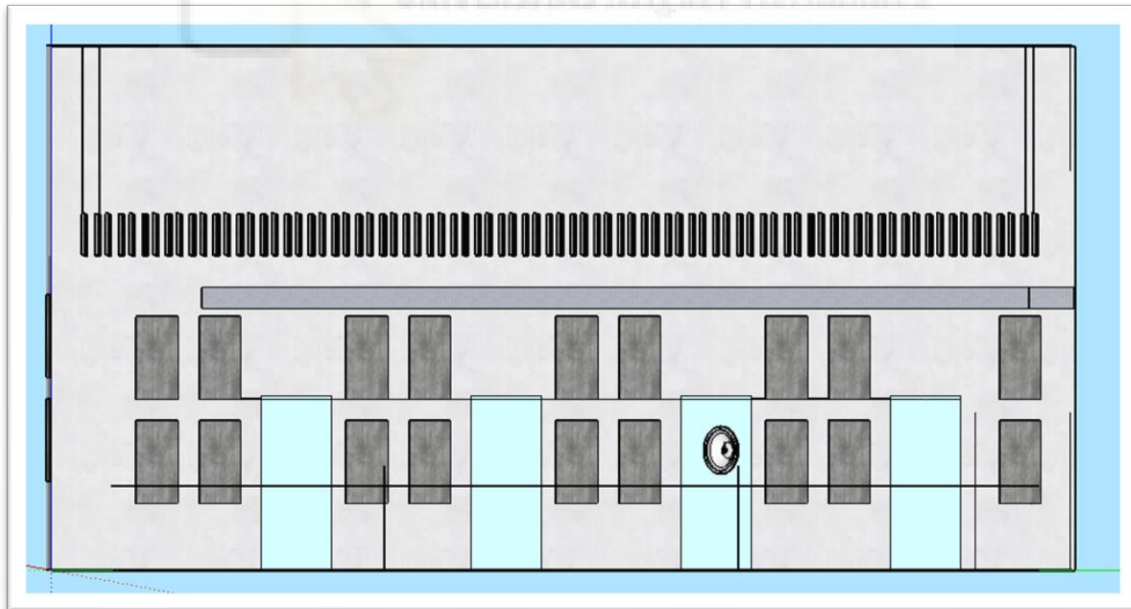


Figura 172: Vista lateral 2 del Laboratorio IME 1 con la solución adoptada.

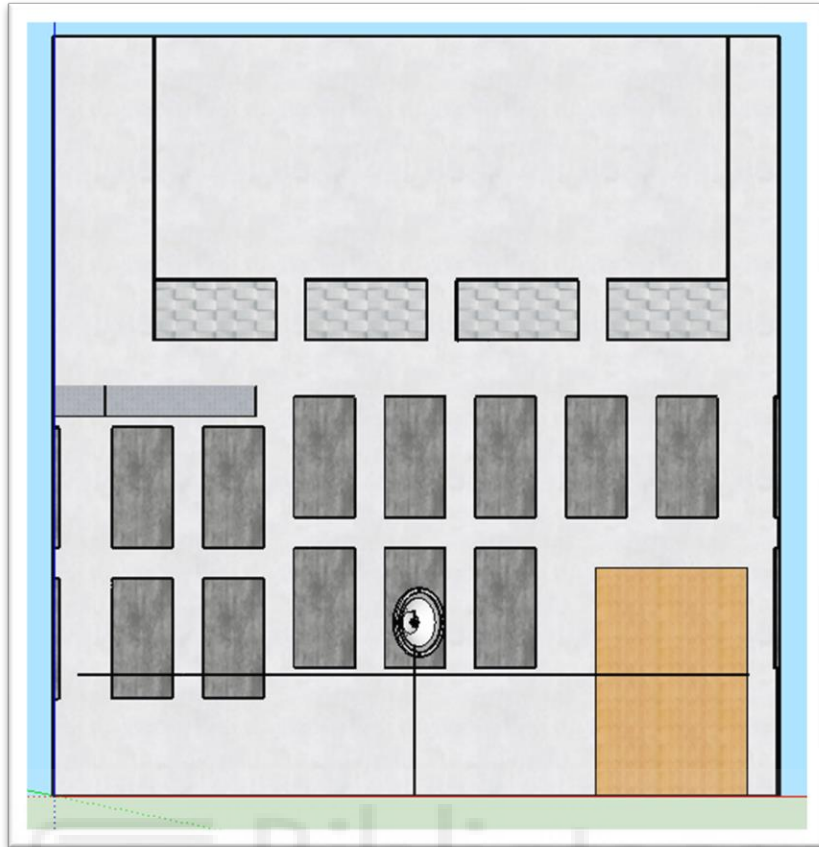


Figura 173: Vista frontal del Laboratorio IME 1 con la solución adoptada.

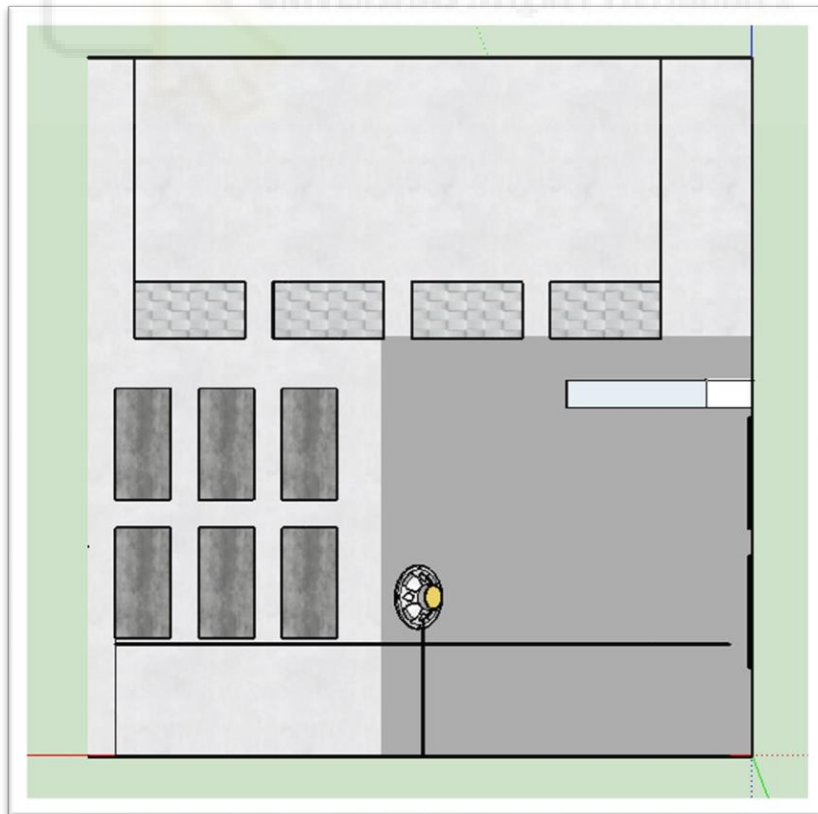


Figura 174: Vista posterior del Laboratorio IME 1 con la solución adoptada.

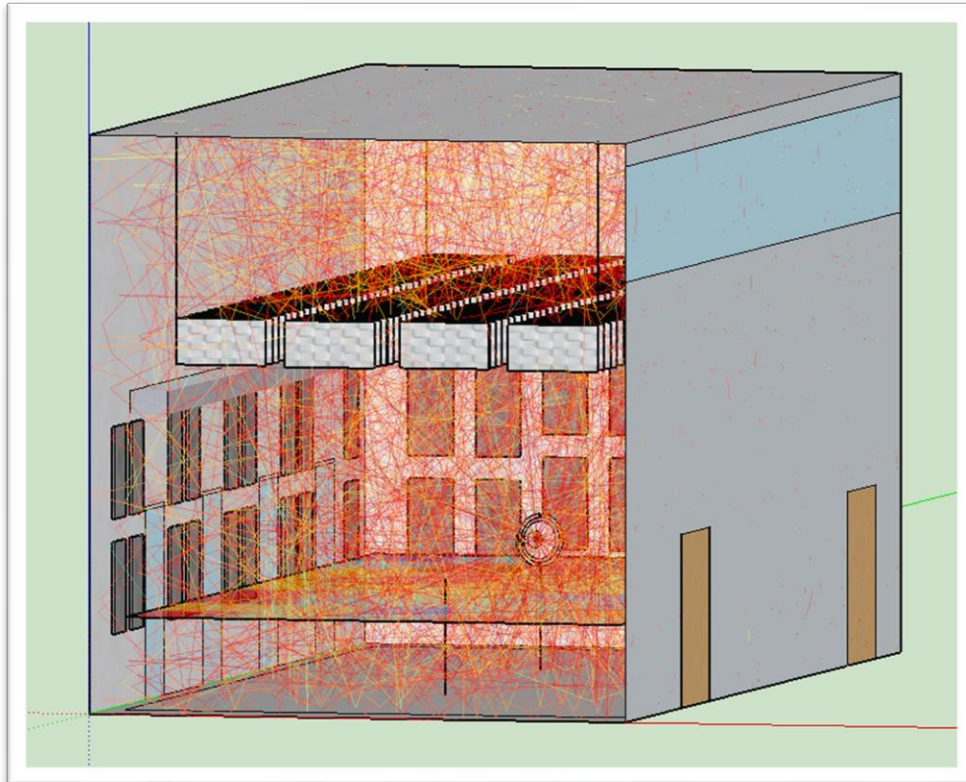


Figura 175: Representación del trazado de los rayos acústicos en el Laboratorio IME 1 con la solución adoptada.

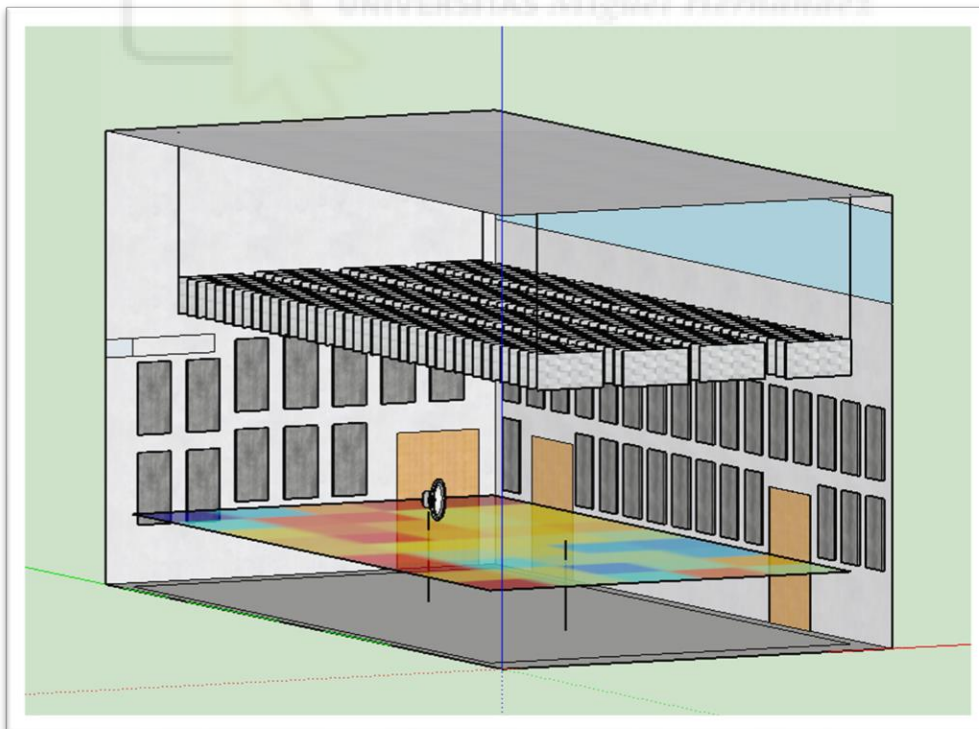


Figura 176: Mapa de distribución espacial de parámetros acústicos en el interior del Laboratorio IME 1 con la solución adoptada.

Debido a la gran cantidad de imágenes proporcionadas por el software de simulación para cada frecuencia, solo se exponen las imágenes correspondientes a la curva de Schroeder. El resto de imágenes acerca de la leyenda de los índices y a su distribución espacial en función de la magnitud en el recinto, se exponen en los anexos en el apartado 9.3.

Para la primera posición de la fuente:

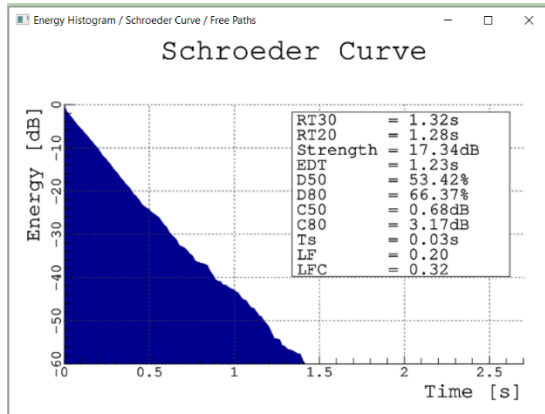


Figura 177: Curva Schroeder para banda frecuencia 125 Hz y 1º posición de la fuente en el Lab. IME 1 con solución.

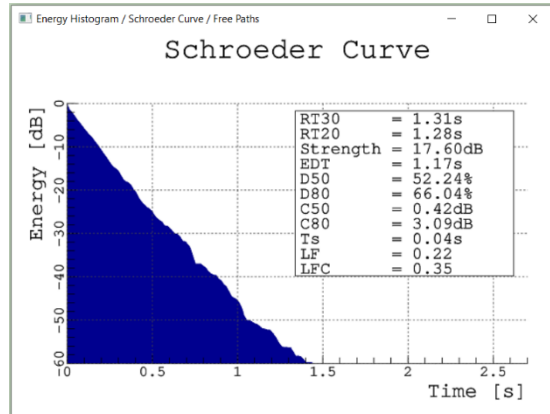


Figura 178: Curva Schroeder para banda frecuencia 250 Hz y 1º posición de la fuente en el Lab. IME 1 con solución.

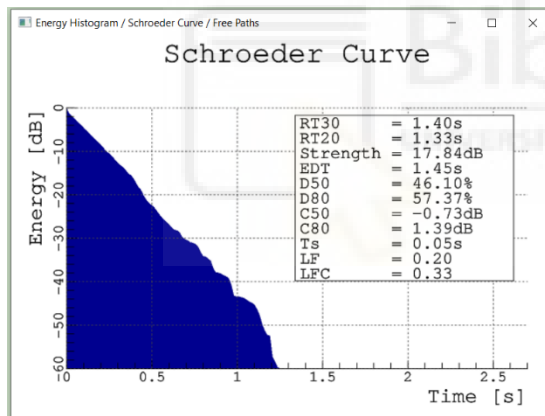


Figura 179: Curva Schroeder para banda frecuencia 500 Hz y 1º posición de la fuente en el Lab. IME 1 con solución.

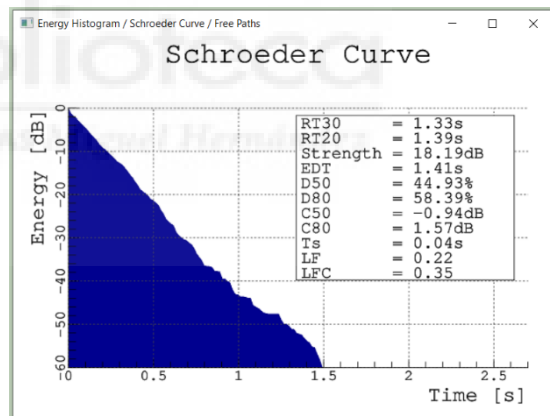


Figura 180: Curva Schroeder para banda frecuencia 1000 Hz y 1º posición de la fuente en el Lab. IME 1 con solución.

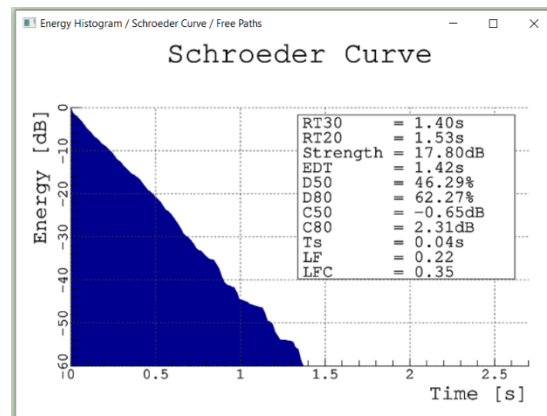


Figura 181: Curva Schroeder para banda frecuencia 2000 Hz y 1º posición de la fuente en el Lab. IME 1 con solución.

Para la segunda posición de la fuente:

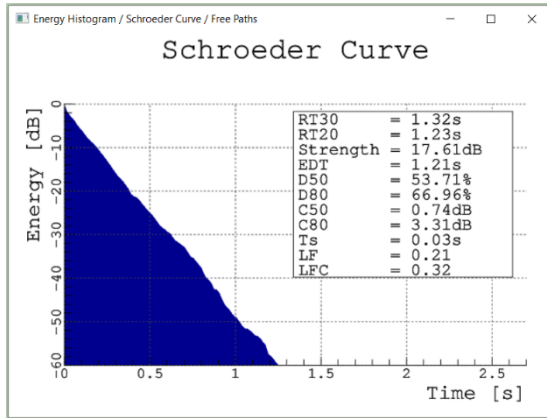


Figura 182: Curva Schroeder para banda frecuencia 125 Hz y 2º posición de la fuente en el Lab. IME 1 con solución.

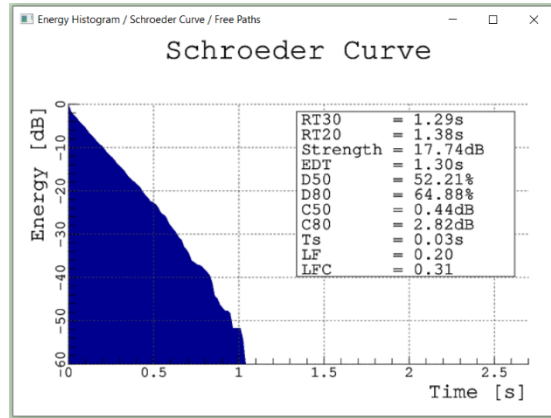


Figura 183: Curva Schroeder para banda frecuencia 250 Hz y 2º posición de la fuente en el Lab. IME 1 con solución.

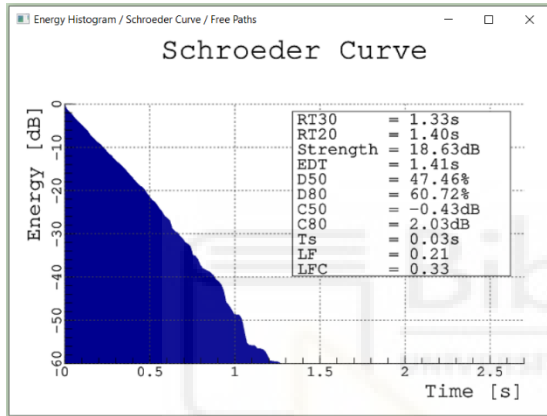


Figura 184: Curva Schroeder para banda frecuencia 500 Hz y 2º posición de la fuente en el Lab. IME 1 con solución.

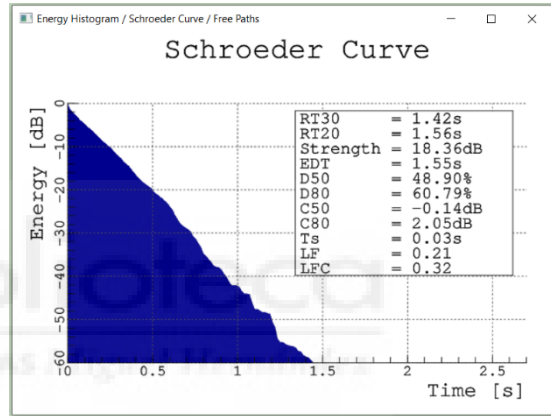


Figura 185: Curva Schroeder para banda frecuencia 1000 Hz y 2º posición de la fuente en el Lab. IME 1 con solución.

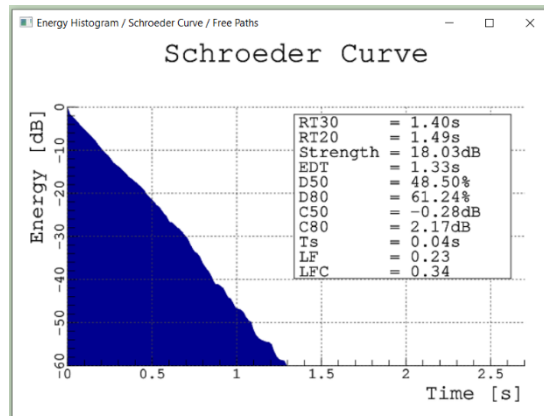


Figura 186: Curva Schroeder para banda frecuencia 2000 Hz y 2º posición de la fuente en el Lab. IME 1 con solución.

<b>LABORATORIO IME 1 / SIMULACIÓN con solución (Posición 1)</b>					
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	1,32	1,31	1,40	1,33	1,40
<b>T20 (s)</b>	1,28	1,28	1,33	1,39	1,53
<b>EDT (s)</b>	1,23	1,17	1,45	1,41	1,42

Tabla 107: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación con la solución adoptada para la 1ª posición de la fuente en el Laboratorio IME 1. Valores en octava.

<b>LABORATORIO IME 1 / SIMULACIÓN con solución (Posición 2)</b>					
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	1,32	1,29	1,33	1,42	1,40
<b>T20 (s)</b>	1,23	1,38	1,40	1,56	1,49
<b>EDT (s)</b>	1,21	1,30	1,41	1,55	1,33

Tabla 108: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación con la solución adoptada para la 2ª posición de la fuente en el Laboratorio IME 1. Valores en octava.

<b>LABORATORIO IME 1 / SIMULACIÓN con solución (Media 2 posiciones)</b>					
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	1,32	1,30	1,37	1,38	1,40
<b>T20 (s)</b>	1,26	1,33	1,37	1,48	1,51
<b>EDT (s)</b>	1,22	1,24	1,43	1,48	1,38

Tabla 109: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación con la solución adoptada en el Laboratorio IME 1 (media de las dos posiciones). Valores en octava.

<b>LABORATORIO IME 1 / SIMULACIÓN CON SOLUCIÓN</b>					
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	1,32	1,30	1,37	1,38	1,40
<b>T20 (s)</b>	1,26	1,33	1,37	1,48	1,51
<b>EDT (s)</b>	1,22	1,24	1,43	1,48	1,38

Tabla 110: Valores de los parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación con la solución adoptada en el Laboratorio IME 1 para validación del modelo.

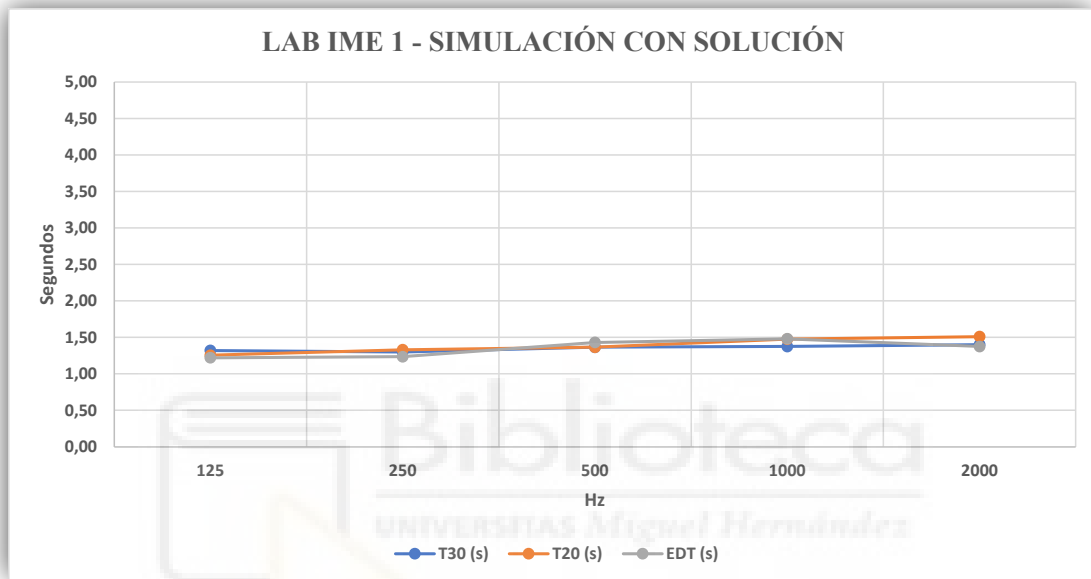


Figura 187: Curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de la simulación con la solución adoptada. - Lab. IME 1.

### 6.3.1 COMPARATIVA

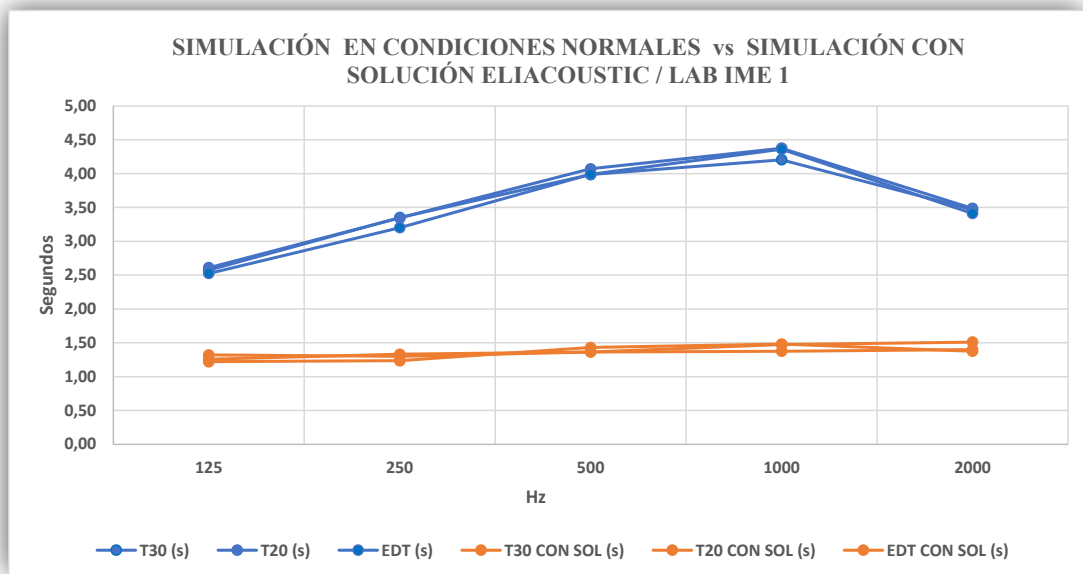


Figura 188: Comparativa entre las curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de la simulación en condiciones normales y de la simulación con la solución adoptada. – Lab. IME 1.

REDUCCIÓN DE LA REVERBERACIÓN %					
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000
<b>T30 (s)</b>	48,7	61,2	65,7	67,3	59,6
<b>T20 (s)</b>	51,9	60,2	66,5	66,3	56,7
<b>EDT (s)</b>	51,7	61,4	64,2	66,1	59,7

Tabla 111: Reducción de la reverberación en % en el Laboratorio IME 1.

### 6.3.2 ANÁLISIS DE LA MAQUINARIA.

Tras la implementación de la solución de acondicionamiento acústico, se ha vuelto a analizar el ruido generado por la maquinaria en los puestos de trabajo. La implementación de productos acústicos modifica el área de absorción equivalente,  $A$ , del recinto, lo que afecta al campo reverberante y, en consecuencia, a los niveles de presión sonora. Por ello, se han recalculado los niveles de ruido utilizando el nuevo valor de,  $A$ , para evaluar la mejora obtenida.

Se expone el valor del área de absorción equivalente modificado, y los niveles de recepción de nivel de presión acústica del usuario, así como su comparativa con las curvas NC.

Valores de absorción de la simulación con la solución adoptada							
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Absorción (m <sup>2</sup> )	90,5	85,4	83,2	77,0	75,2	108,2	157,8

Tabla 112: Valores del área de absorción equivalente del Laboratorio IME 1 con la solución adoptada para el análisis de maquinaria.

LABORATORIO IME 1 / SIMULACIÓN CON SOLUCIÓN				Valores en octava			
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$Lp_1$ usuario (dB)	45,1	43,6	40,9	35,7	33,2	29,4	27,1
$Lp_2$ usuario (dB)	45,3	41,7	33,9	30,6	23,8	15,6	10,4

Tabla 113: Niveles de presión acústica percibidos por el usuario en el puesto de trabajo con la solución adoptada.

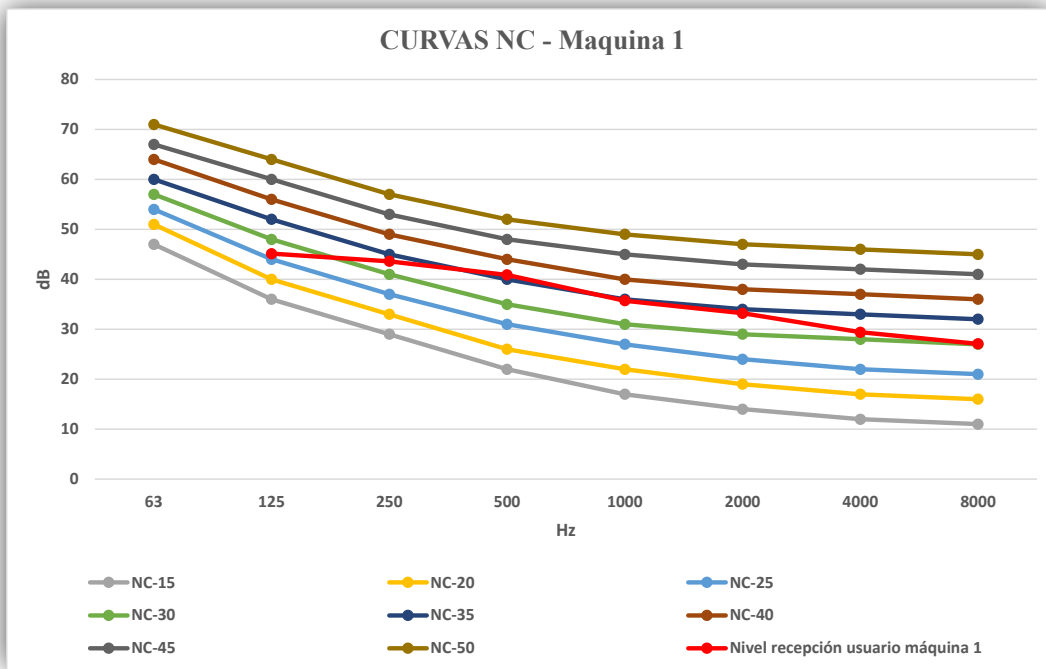


Figura 189: Comparativa de las curvas NC con la curva de niveles de emisión de la Máquina 1 con la solución adoptada.

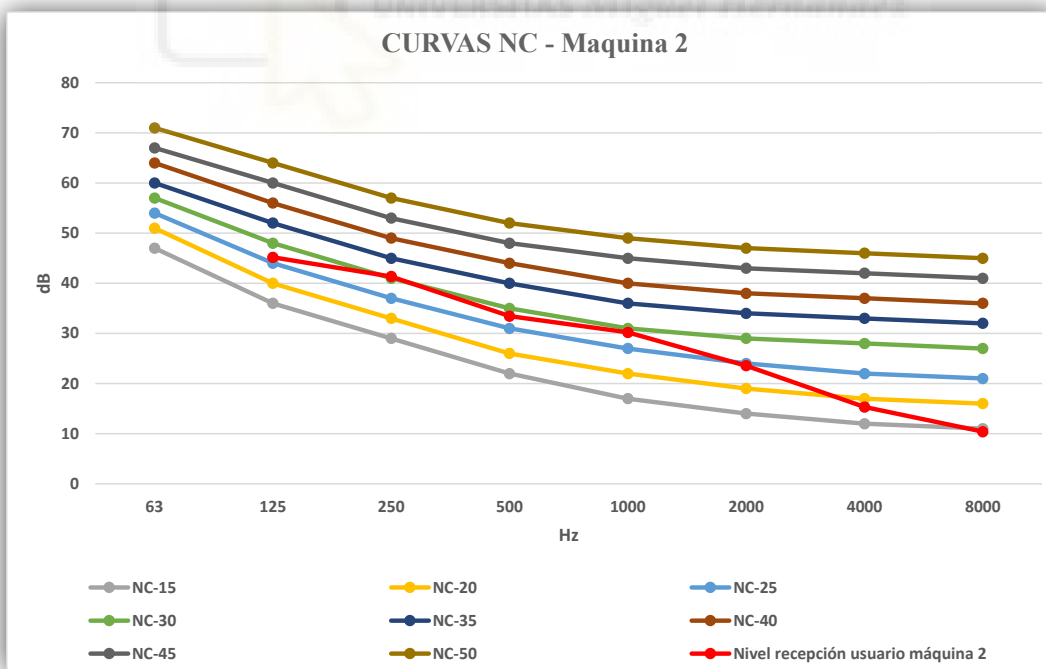


Figura 190: Comparativa de las curvas NC con la curva de niveles de emisión de la Máquina 2 con la solución adoptada.

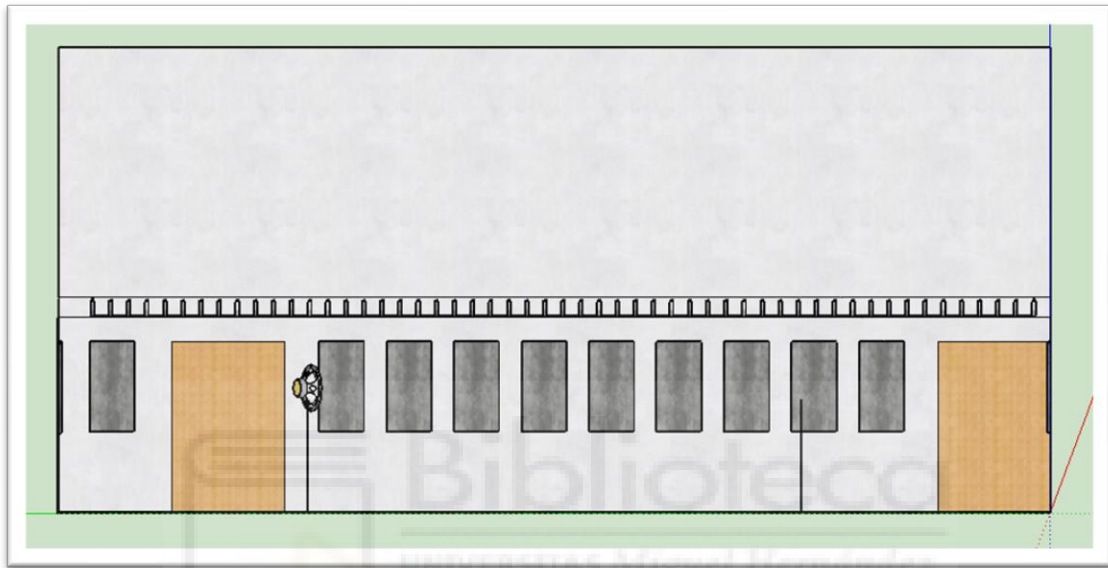
Una vez implementada la solución de acondicionamiento acústico se observa una reducción general de los niveles de ruido en todo el rango de frecuencias, especialmente en las bandas medias y altas, como consecuencia del aumento de la absorción en el recinto.

En el caso de la máquina 1, se observa que los niveles de ruido percibidos por el usuario con la máquina en funcionamiento se sitúan por debajo de la curva NC-40, superando ligeramente la curva NC-35. Este comportamiento indica que el ruido generado por la maquinaria presenta una contribución significativa en el puesto de trabajo, no obstante se puede observar una reducción notable del ruido percibido una vez implementada la solución de acondicionamiento. Los niveles obtenidos se encuentran por encima de los valores recomendados para entornos de trabajo tipo laboratorio o espacios docentes aproximadamente en todo el rango de frecuencias, donde se aconsejan valores próximos a NC-30 o inferiores. Por tanto, la presencia de la maquinaria sigue afectando al confort acústico del usuario.

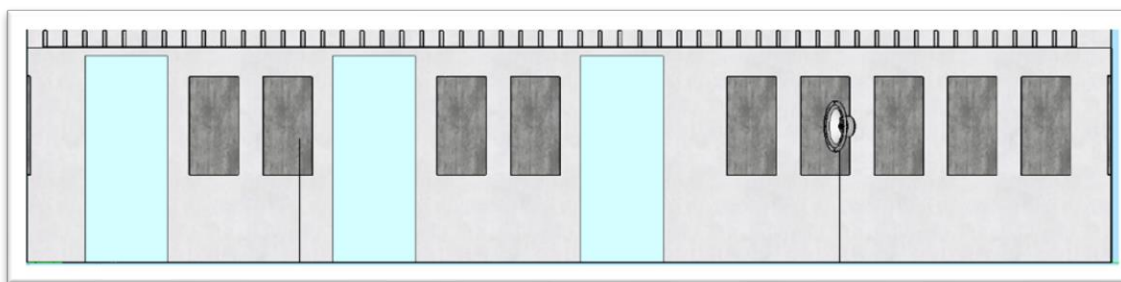
En el caso de la máquina 2, se observa que los niveles de ruido percibidos por el usuario con la máquina en funcionamiento se sitúan por debajo de la curva NC-30. Este comportamiento indica que el ruido generado por la maquinaria ya no presenta una contribución significativa en el puesto de trabajo gracias a la solución de acondicionamiento implementada. Los niveles obtenidos se encuentran por debajo de los valores recomendados para entornos de trabajo tipo laboratorio o espacios docentes en todo el rango de frecuencias, donde se aconsejan valores próximos a NC-30 o inferiores. Por tanto, la presencia de la maquinaria no afecta al confort acústico del usuario.

#### 6.4 SIMULACIÓN DEL LABORATORIO IME 5 CON LA SOLUCIÓN ADOPTADA

A continuación, el Laboratorio IME 5 grande, de la misma manera se presentan imágenes de las paredes y vistas generales.



*Figura 191: Vista lateral 1 del Laboratorio IME 5 grande con la solución adoptada.*



*Figura 192: Vista lateral 2 del Laboratorio IME 5 grande con la solución adoptada.*

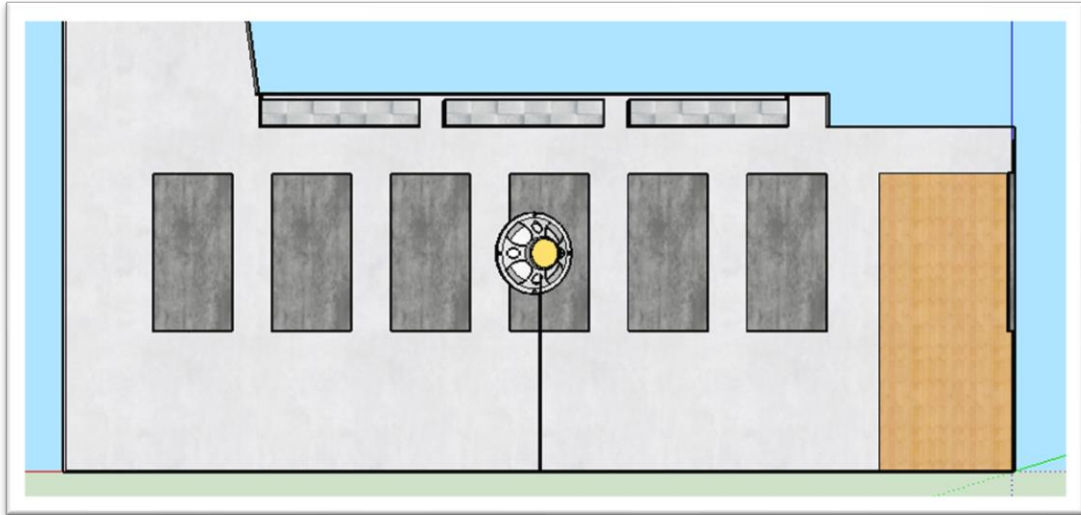


Figura 193: Vista posterior del Laboratorio IME 5 grande con la solución adoptada.

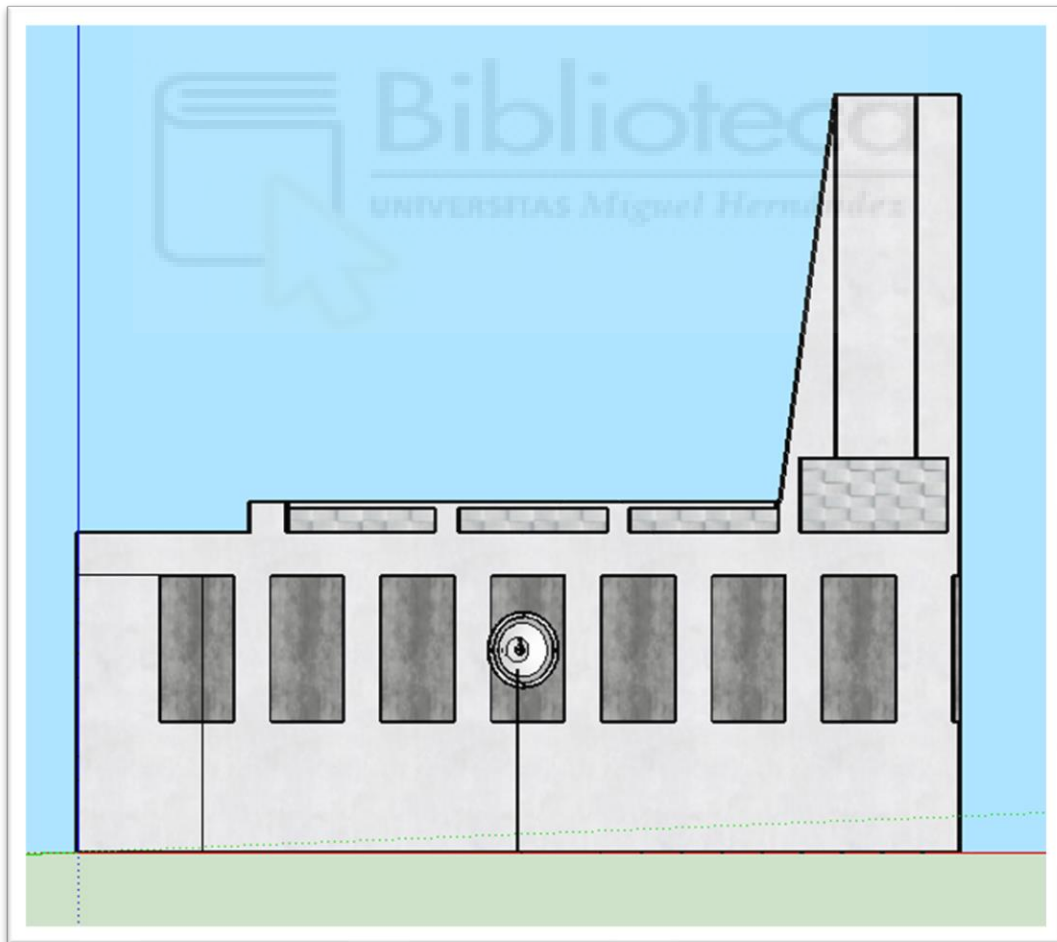


Figura 194: Vista frontal del Laboratorio IME 5 grande con la solución adoptada.

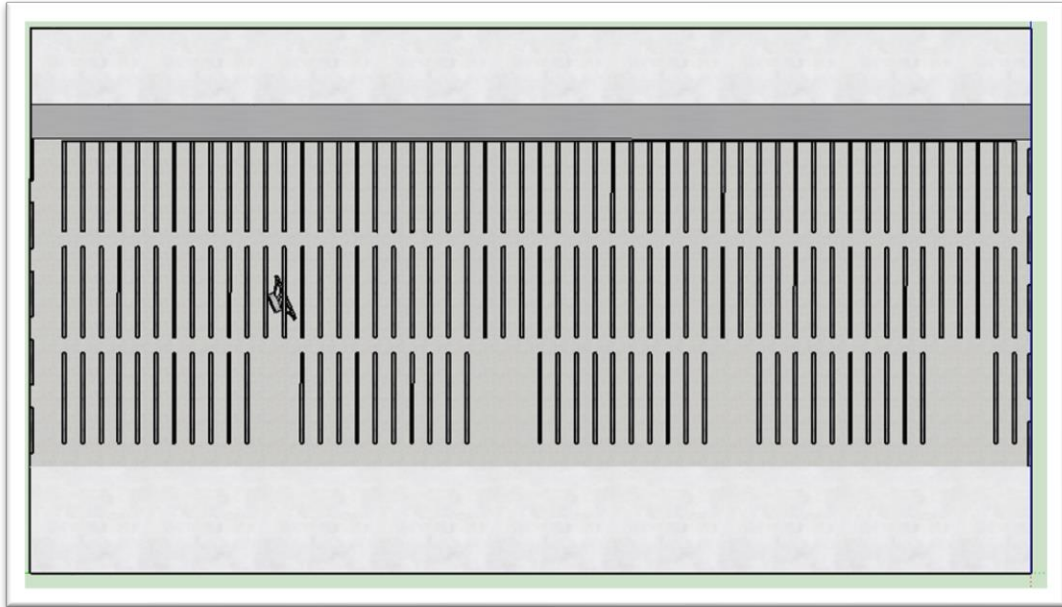


Figura 195: Vista superior del Laboratorio IME 5 grande con la solución adoptada.

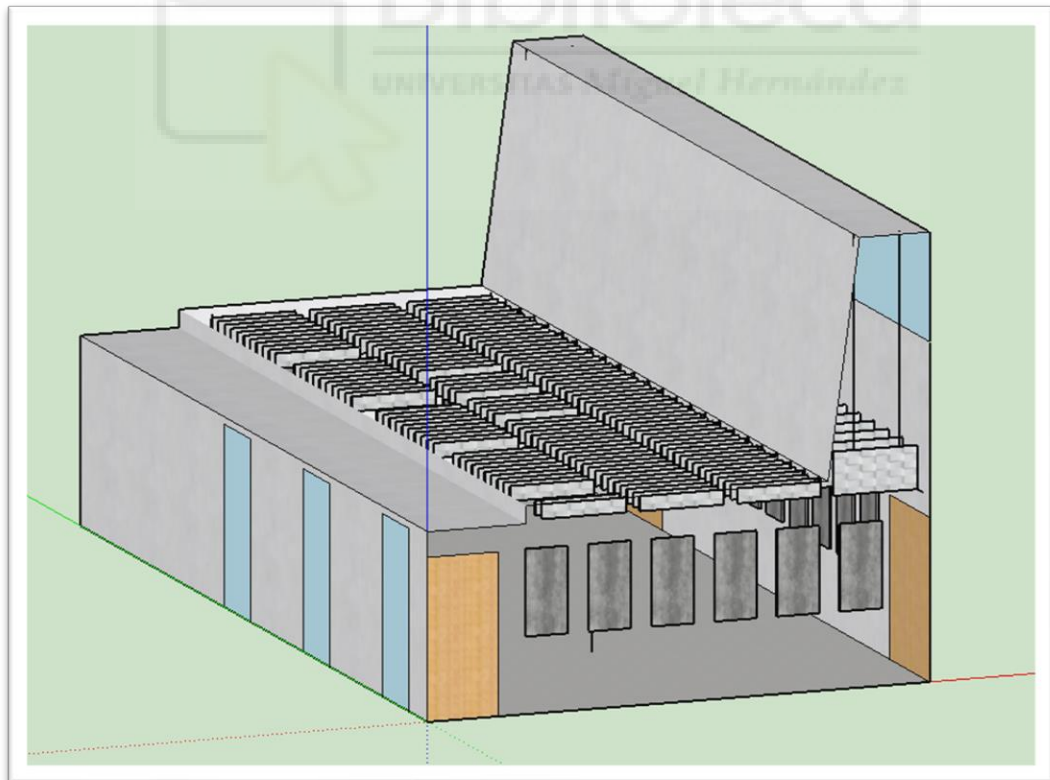


Figura 196: Vista en detalle de la colocación de los baffles en el techo del Laboratorio IME 5 grande.

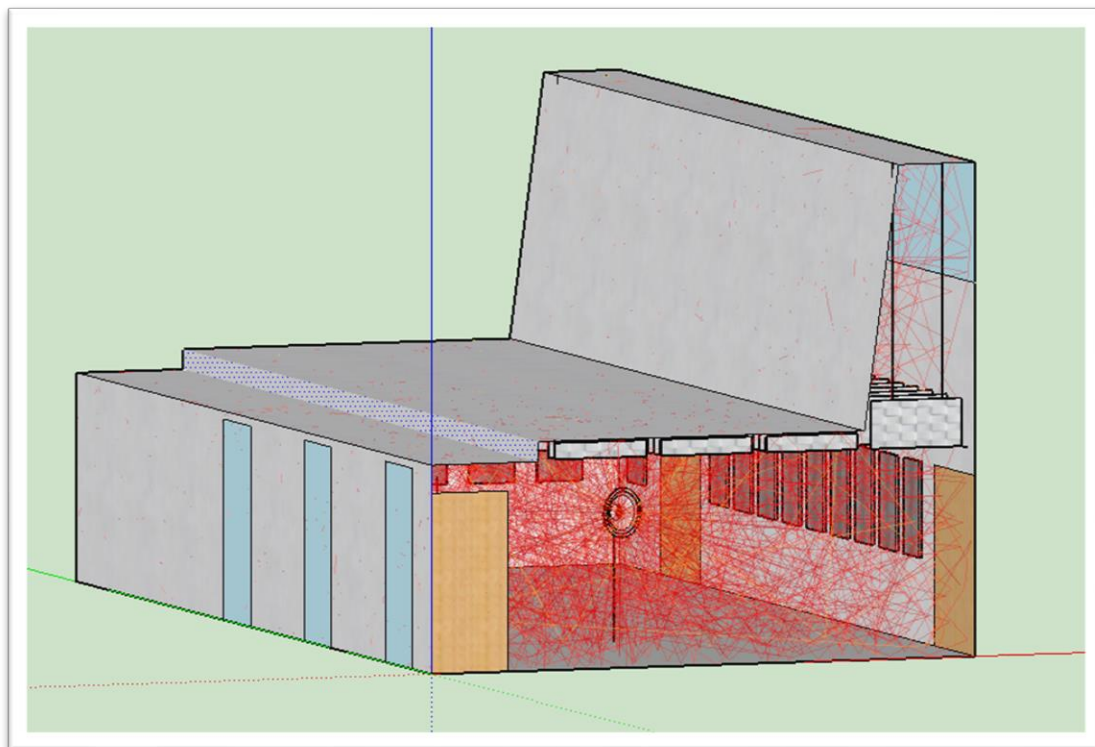


Figura 197: Representación del trazado de los rayos acústicos en el Laboratorio IME 5 grande con la solución adoptada.



Para la primera posición de la fuente:

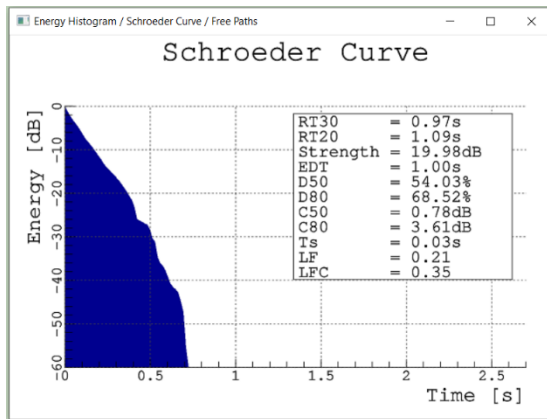


Figura 198: Curva Schroeder para banda frecuencia 125 Hz y 1º posición de la fuente en el Lab. IME 5 grande con solución.

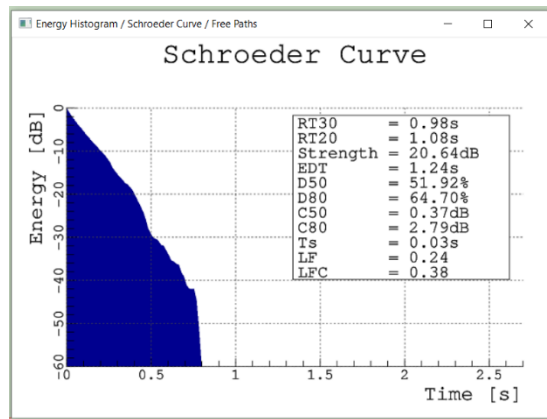


Figura 199: Curva Schroeder para banda frecuencia 250 Hz y 1º posición de la fuente en el Lab. IME 5 grande con solución.

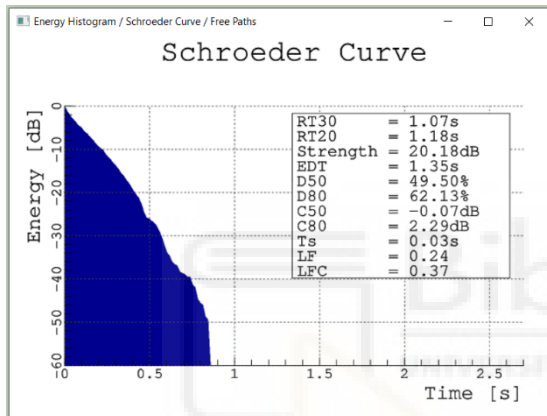


Figura 200: Curva Schroeder para banda frecuencia 500 Hz y 1º posición de la fuente en el Lab. IME 5 grande con solución.

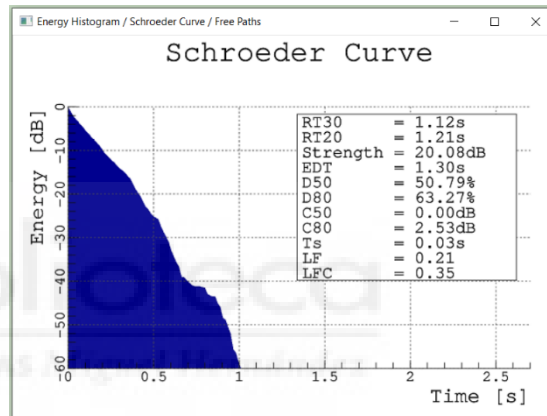


Figura 201: Curva Schroeder para banda frecuencia 1000 Hz y 1º posición de la fuente en el Lab. IME 5 grande con solución.

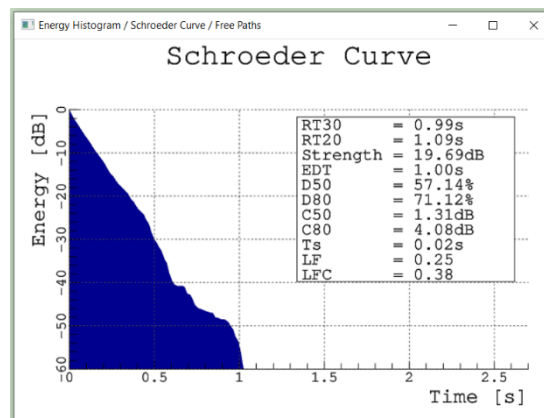


Figura 202: Curva Schroeder para banda frecuencia 2000 Hz y 1º posición de la fuente en el Lab. IME 5 grande con solución.

Para la segunda posición de la fuente:

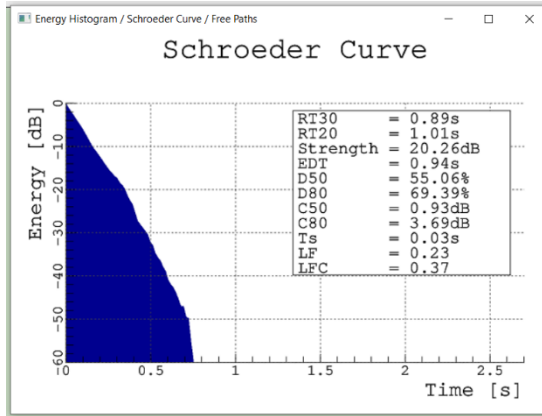


Figura 203: Curva Schroeder para banda frecuencia 125 Hz y 2ª posición de la fuente en el Lab. IME 5 grande con solución.

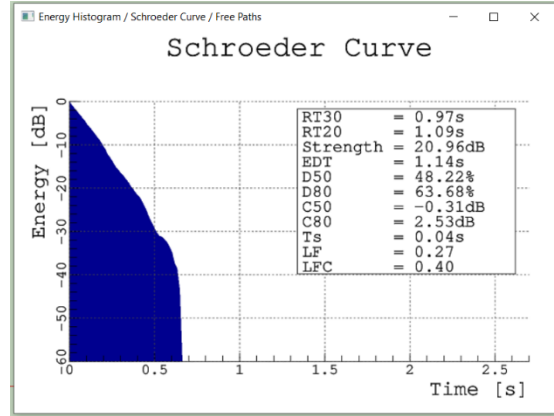


Figura 204: Curva Schroeder para banda frecuencia 250 Hz y 2ª posición de la fuente en el Lab. IME 5 grande con solución.

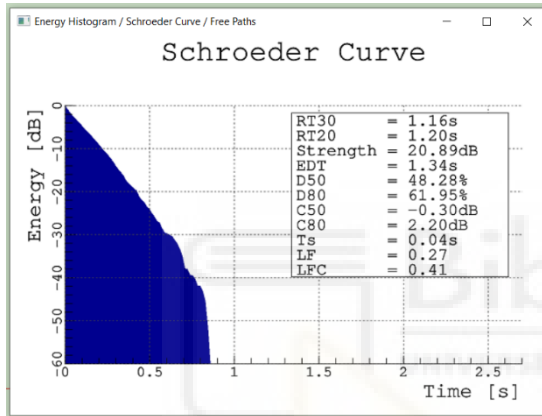


Figura 205: Curva Schroeder para banda frecuencia 500 Hz y 2ª posición de la fuente en el Lab. IME 5 grande con solución.

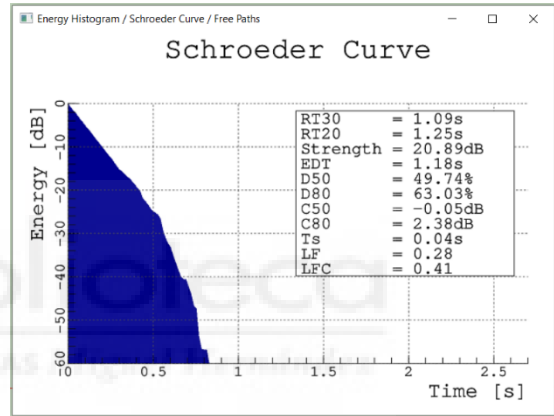


Figura 206: Curva Schroeder para banda frecuencia 1000 Hz y 2ª posición de la fuente en el Lab. IME 5 grande con solución.

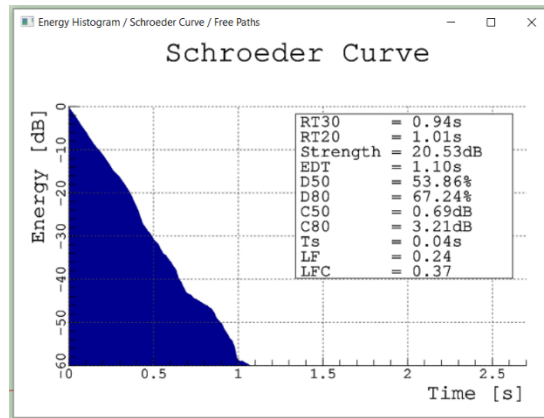


Figura 207: Curva Schroeder para banda frecuencia 2000 Hz y 2ª posición de la fuente en el Lab. IME 5 grande con solución.

<b>LABORATORIO GRANDE IME 5 / SIMULACIÓN con solución (Posición 1)</b>					
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	0,97	0,98	1,07	1,12	0,99
<b>T20 (s)</b>	1,09	1,08	1,18	1,21	1,09
<b>EDT (s)</b>	1,00	1,24	1,35	1,30	1,00

*Tabla 114: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación con la solución adoptada para la 1ª posición de la fuente en el Laboratorio IME 5 grande. Valores en octava.*

<b>LABORATORIO GRANDE IME 5 / SIMULACIÓN con solución (Posición 2)</b>					
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	0,89	0,97	1,16	1,09	0,94
<b>T20 (s)</b>	1,01	1,09	1,20	1,25	1,01
<b>EDT (s)</b>	0,94	1,14	1,34	1,18	1,10

*Tabla 115: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación con la solución adoptada para la 2ª posición de la fuente en el Laboratorio IME 5 grande. Valores en octava.*

<b>LABORATORIO GRANDE IME 5 / SIMULACIÓN con solución (Media 2 posiciones)</b>					
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	0,93	0,98	1,12	1,11	0,97
<b>T20 (s)</b>	1,05	1,09	1,19	1,23	1,05
<b>EDT (s)</b>	0,97	1,19	1,35	1,24	1,05

*Tabla 116: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación con la solución adoptada en el Laboratorio IME 5 grande (media de las dos posiciones). Valores en octava.*

<b>LABORATORIO GRANDE IME 5 / SIMULACIÓN CON SOLUCIÓN</b>					
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	0,93	0,98	1,12	1,11	0,97
<b>T20 (s)</b>	1,05	1,09	1,19	1,23	1,05
<b>EDT (s)</b>	0,97	1,19	1,35	1,24	1,05

Tabla 117: Valores de los parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación con la solución adoptada en el Laboratorio IME 5 grande para validación del modelo.

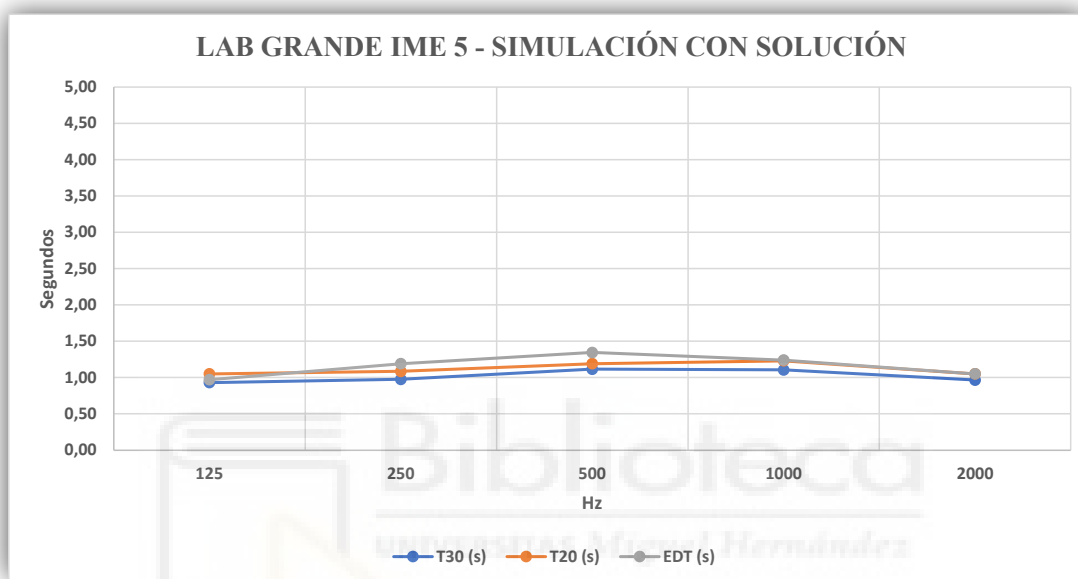


Figura 208: Curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de la simulación con la solución adoptada. - Lab. IME 5 grande.

### 6.4.1 COMPARATIVA

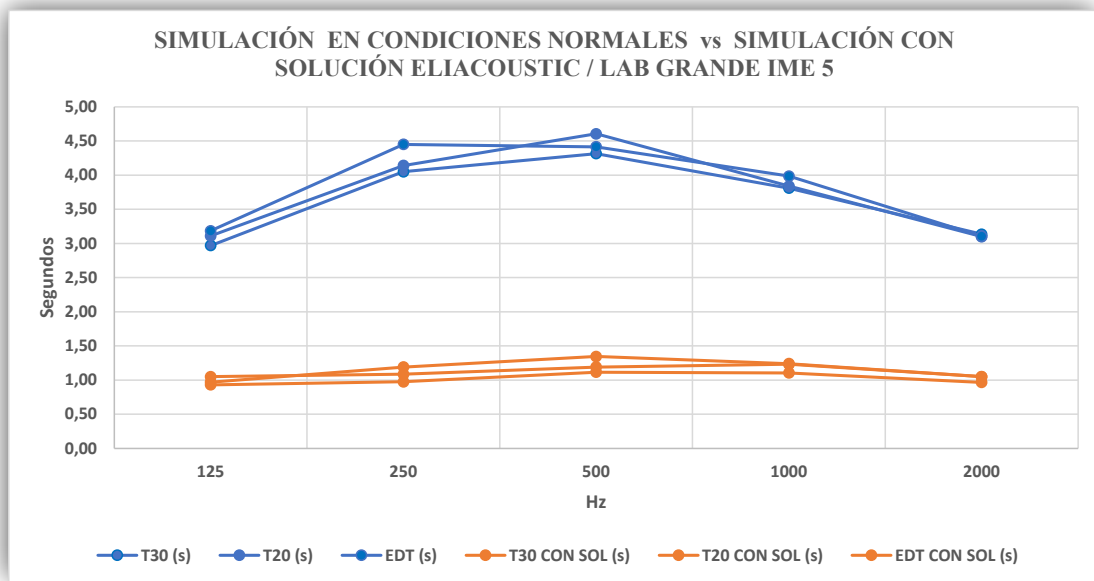


Figura 209: Comparativa entre las curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de la simulación en condiciones normales y de la simulación con la solución adoptada. – Lab. IME 1.

REDUCCIÓN DE LA REVERBERACIÓN %					
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000
<b>T30 (s)</b>	68,7	75,9	74,2	71,0	69,2
<b>T20 (s)</b>	66,2	73,8	74,2	68,0	66,1
<b>EDT (s)</b>	69,5	73,3	69,5	68,9	66,2

Tabla 118: Reducción de la reverberación en % en el Laboratorio IME 5 grande.

## 6.5 SIMULACIÓN DE LA SALA COMÚN CON LA SOLUCIÓN ADOPTADA

A continuación, la Sala común, de la misma manera se presentan imágenes únicamente de las paredes en las que se han colocado paneles acústicos y vistas generales. En este caso, la mayoría de las paredes son de cristal a excepción de la pared del fondo de la sala.

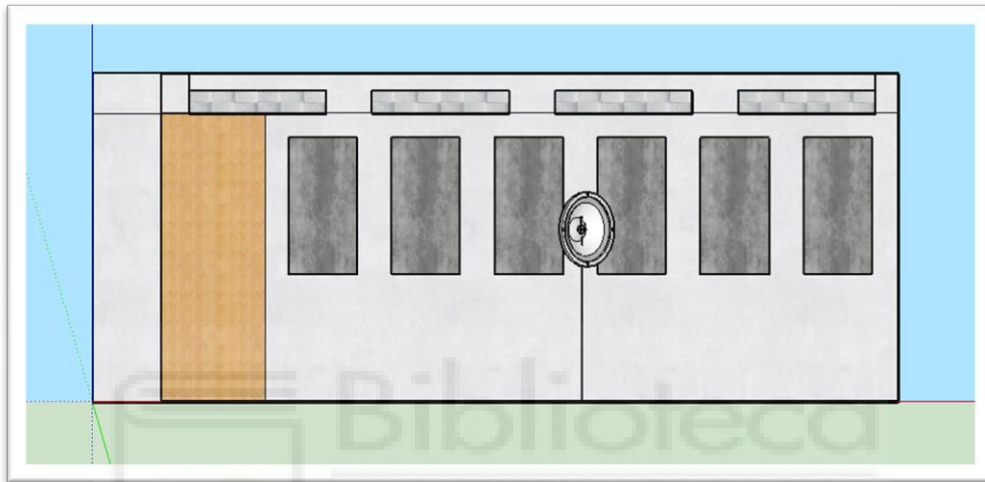


Figura 210: Vista frontal de la Sala común con la solución adoptada.

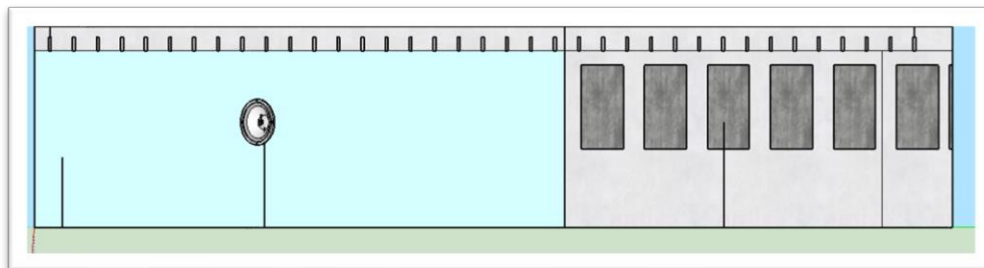
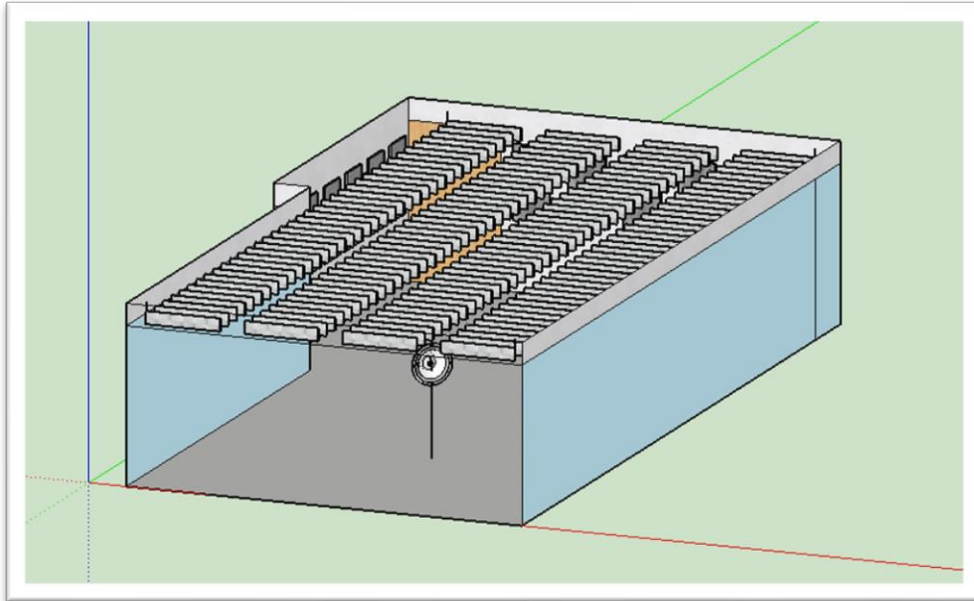
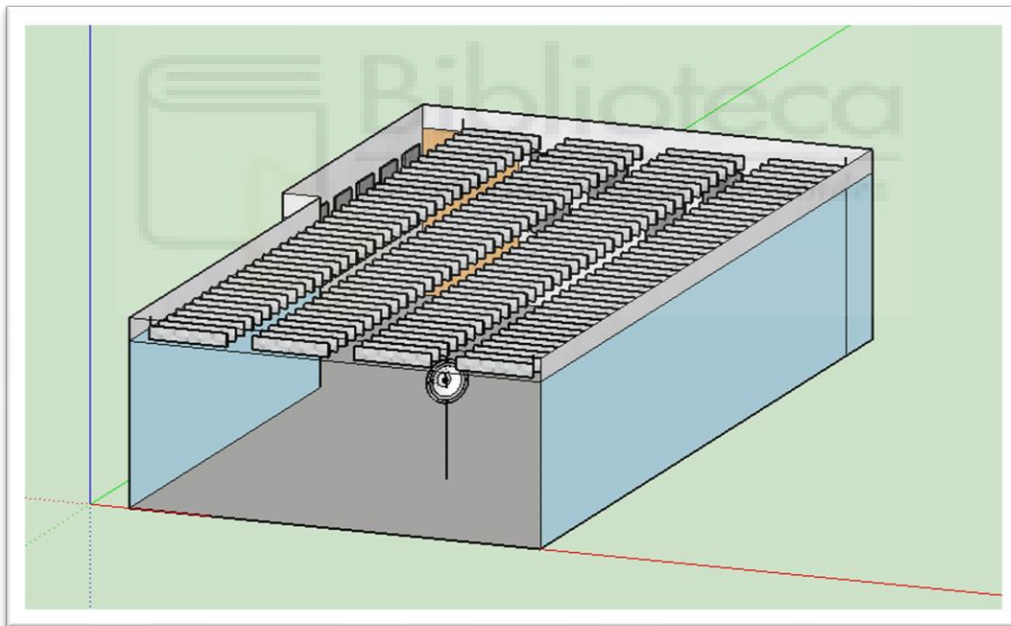


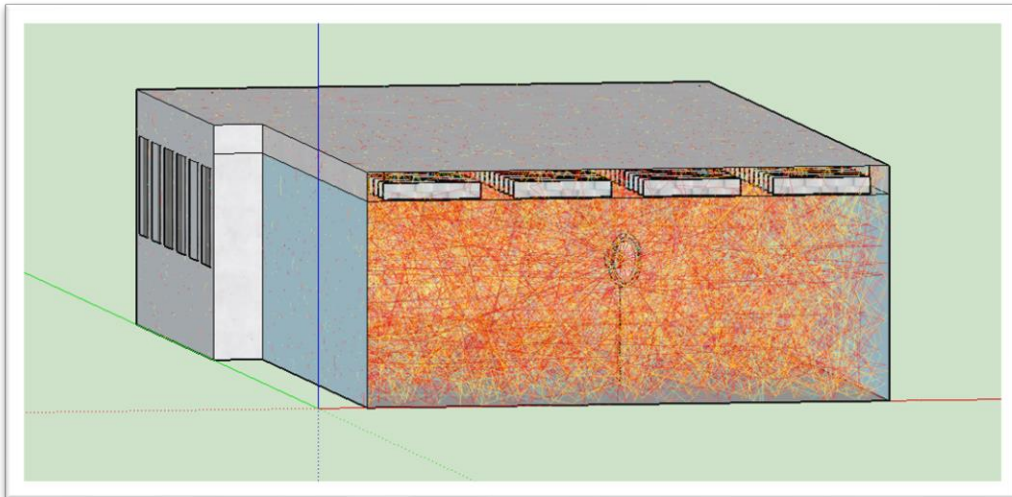
Figura 211: Vista lateral de la Sala común con la solución adoptada.



*Figura 212: Vista general 1 de la Sala común con la solución adoptada.*



*Figura 213: Vista general 2 de la Sala común con la solución adoptada.*



*Figura 214: Representación del trazado de los rayos acústicos en la Sala común con la solución adoptada.*



Para la primera posición de la fuente:

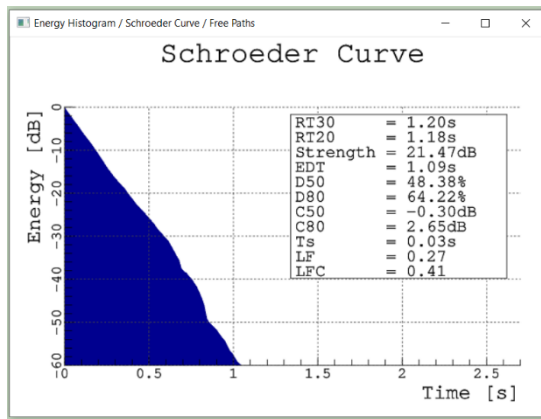


Figura 215: Curva Schroeder para banda frecuencia 125 Hz y 1º posición de la fuente en la Sala común con solución.

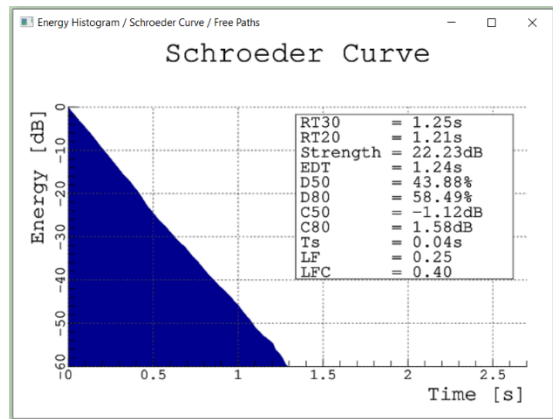


Figura 216: Curva Schroeder para banda frecuencia 250 Hz y 1º posición de la fuente en la Sala común con solución.

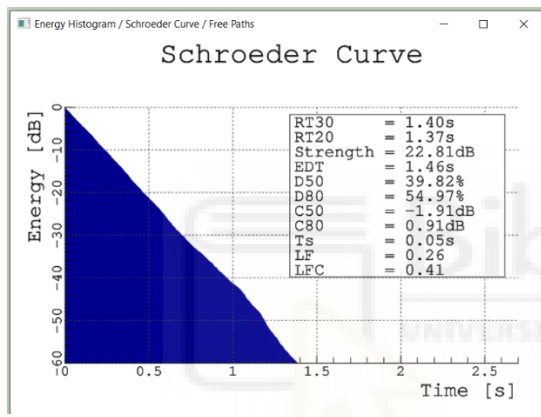


Figura 217: Curva Schroeder para banda frecuencia 500 Hz y 1º posición de la fuente en la Sala común con solución.

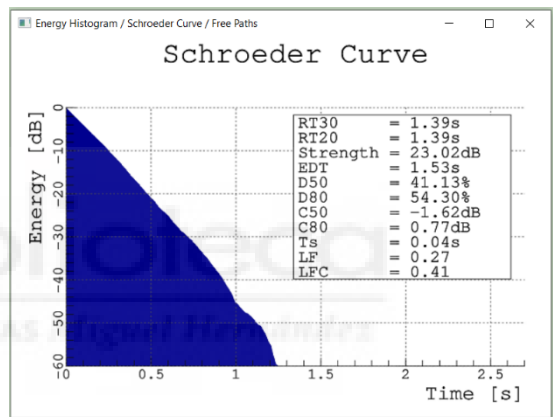


Figura 218: Curva Schroeder para banda frecuencia 1000 Hz y 1º posición de la fuente en la Sala común con solución.

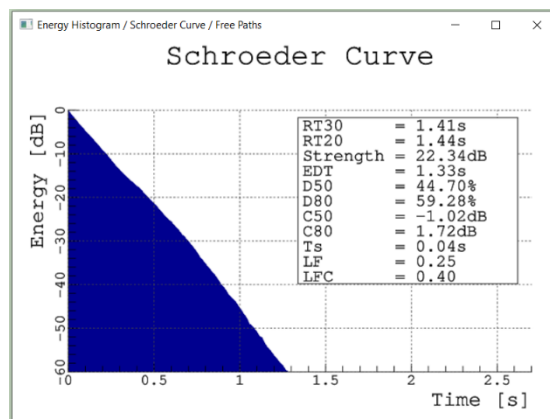


Figura 219: Curva Schroeder para banda frecuencia 2000 Hz y 1º posición de la fuente en la Sala común con solución.

Para la segunda posición de la fuente:

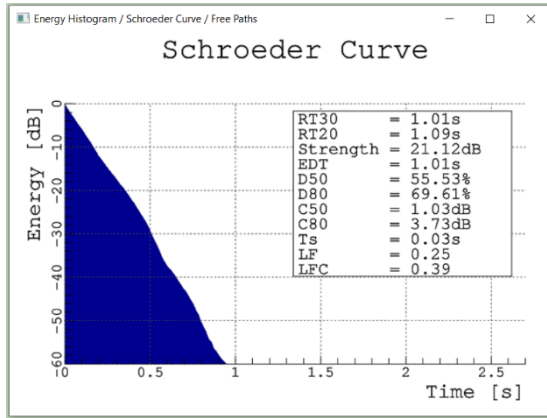


Figura 220: Curva Schroeder para banda frecuencia 125 Hz y 2ª posición de la fuente en la Sala común con solución.

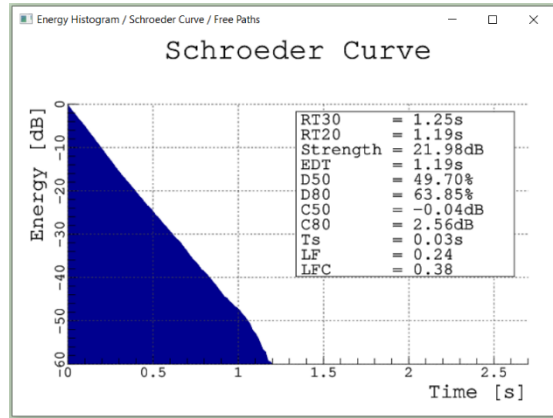


Figura 221: Curva Schroeder para banda frecuencia 250 Hz y 2ª posición de la fuente en la Sala común con solución.

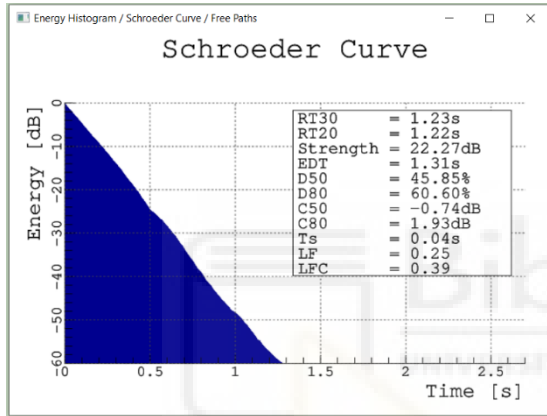


Figura 222: Curva Schroeder para banda frecuencia 500 Hz y 2ª posición de la fuente en la Sala común con solución.

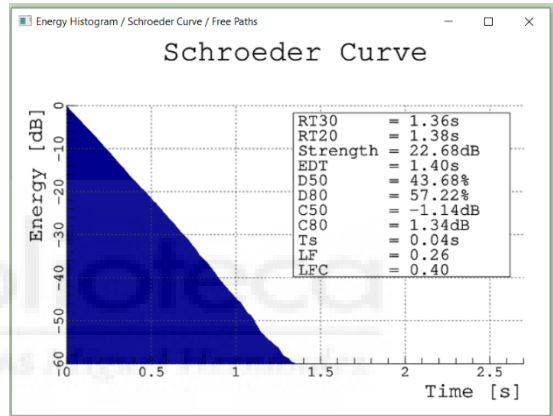


Figura 223: Curva Schroeder para banda frecuencia 1000 Hz y 2ª posición de la fuente en la Sala común con solución.

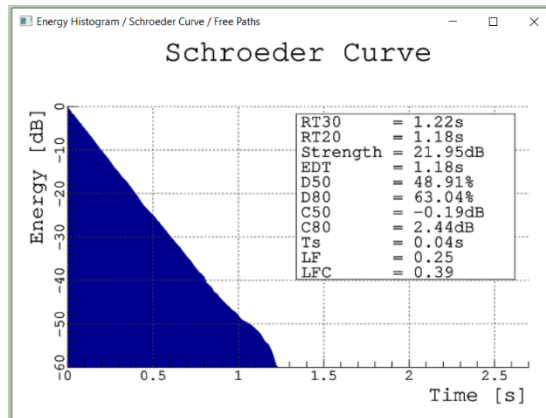


Figura 224: Curva Schroeder para banda frecuencia 2000 Hz y 2ª posición de la fuente en la Sala común con solución.

<b>SALA COMÚN / SIMULACIÓN con solución (Posición 1)</b>					
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	1,20	1,25	1,40	1,39	1,41
<b>T20 (s)</b>	1,18	1,21	1,37	1,39	1,44
<b>EDT (s)</b>	1,09	1,24	1,46	1,53	1,33

Tabla 119: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación con la solución adoptada para la 1ª posición de la fuente en la Sala común. Valores en octava.

<b>SALA COMÚN / SIMULACIÓN con solución (Posición 2)</b>					
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	1,01	1,25	1,23	1,36	1,22
<b>T20 (s)</b>	1,09	1,19	1,22	1,38	1,18
<b>EDT (s)</b>	1,01	1,19	1,31	1,40	1,18

Tabla 120: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación con la solución adoptada para la 2ª posición de la fuente en la Sala común. Valores en octava.

<b>SALA COMÚN / SIMULACIÓN con solución (Media 2 posiciones)</b>					
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
<b>T30 (s)</b>	1,11	1,25	1,32	1,38	1,32
<b>T20 (s)</b>	1,14	1,20	1,30	1,39	1,31
<b>EDT (s)</b>	1,05	1,22	1,39	1,47	1,26

Tabla 121: Parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación con la solución adoptada en la Sala común (media de las dos posiciones). Valores en octava.

SALA COMÚN / SIMULACIÓN CON SOLUCIÓN					
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000
<b>T30 (s)</b>	1,11	1,25	1,32	1,38	1,32
<b>T20 (s)</b>	1,14	1,20	1,30	1,39	1,31
<b>EDT (s)</b>	1,05	1,22	1,39	1,47	1,26

Tabla 122: Valores de los parámetros T20, T30 y EDT obtenidos de la simulación con la solución adoptada en la Sala común para validación del modelo.

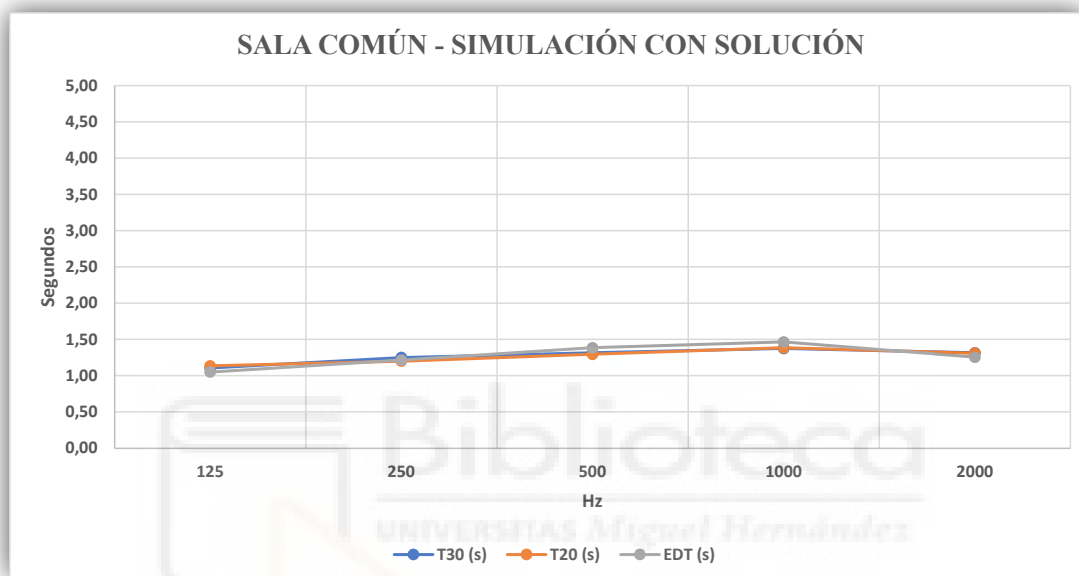


Figura 225: Curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de la simulación con la solución adoptada. – Sala común.

### 6.5.1 COMPARATIVA

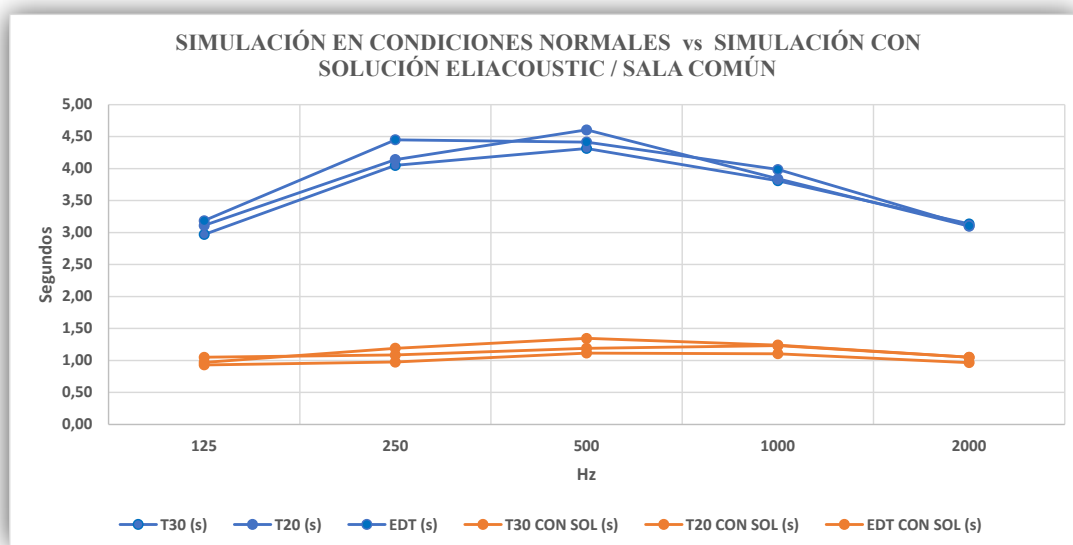


Figura 226: Comparativa entre las curvas de tiempo de reverberación (T30, T20 y EDT) en función de la frecuencia de la simulación en condiciones normales y de la simulación con la solución adoptada. – Sala común.

REDUCCIÓN DE LA REVERBERACIÓN %					
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000
<b>T30 (s)</b>	40,3	49,0	58,3	58,8	46,4
<b>T20 (s)</b>	38,0	51,0	58,7	58,5	46,9
<b>EDT (s)</b>	41,3	48,9	55,1	55,2	47,4

Tabla 123: Reducción de la reverberación en % en la Sala común.

### 6.6 PRESUPUESTOS

Los materiales utilizados en las simulaciones se han seleccionado en función de sus prestaciones acústicas y de su adecuación a las necesidades del espacio. Al no disponer de precios del fabricante tomado como referencia, la estimación económica se ha realizado a partir de productos de otro proveedor con características y prestaciones acústicas similares, pero no idóneas para los recintos estudiados. Los costes obtenidos se consideran orientativos y se utilizan únicamente para estimar el orden de magnitud de la inversión.

Para estimar el coste de la solución propuesta se han tomado como referencia los precios orientativos disponibles en los catálogos y documentación comercial del fabricante Rockfon, especializado en soluciones de acondicionamiento acústico. [22]

Presupuesto de implementación de medidas correctoras				
Productos utilizados por recinto				
Producto	IME 1 (ud)	IME 5 (ud)	Sala común (ud)	Total (ud)
Bafle 595×1190×40 mm	165	0	0	165
Bafle 198×1190×40 mm	0	149	148	297
Panel 1190×595×40 mm	64	32	12	108
Kit suspensión	165	149	148	462
Precios descompuestos				
Producto		Cantidad	Precio unitario	Importe (€)
Bafle 595×1190×40 mm		165	78	12.870
Bafle 198×1190×40 mm		297	26	7.722
Panel 1190×595×40 mm		108	39	4.212
Kit suspensión		462	8	3.696
Adhesivo (300 ml)		30	8	240
<b>TOTAL (PEM)</b>				<b>28.740 €</b>
Presupuesto total				
Concepto			% de PEM	Importe (€)
Presupuesto de Ejecución				28.740,00
Material				
Gastos generales			15%	4.311,00
Beneficio industrial			6%	1.724,40
<b>Subtotal</b>				<b>34.775,40</b>
IVA			21%	7.302,83
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>				<b>42.078,23 €</b>

Tabla 124: Presupuesto de la implementación de medidas correctoras.

## 7 CONCLUSIONES

El objetivo principal del trabajo, consistente en la caracterización acústica de los recintos y en la evaluación de los focos sonoros presentes, se ha alcanzado satisfactoriamente. Para ello, a lo largo de este TFG se ha seguido una metodología de trabajo para la realización de ensayos acústicos en recintos interiores. Esta metodología recoge el procedimiento seguido durante las mediciones, incluyendo la correcta configuración y puesta en marcha de la instrumentación, su utilización en campo y el tratamiento de los datos mediante el software asociado. Asimismo, se establecen los criterios de posicionamiento de las fuentes sonoras y de los micrófonos, así como las condiciones de medida necesarias para garantizar la fiabilidad de los resultados. Siguiendo este procedimiento, se han realizado las mediciones in situ en los tres espacios analizados, obteniéndose los índices acústicos necesarios para su caracterización.

Los resultados obtenidos muestran que, en términos generales, los índices acústicos de aislamiento son mejorables, ya que en la mayoría de los casos los valores medidos se encuentran por debajo de las mínimas exigencias, las cuales deben igualarse o superarse para cumplir con los requisitos del CTE-DBHR.

En el Laboratorio IME 1 se observan deficiencias tanto en el aislamiento entre recintos interiores como frente al exterior, obteniéndose valores de aislamiento inferiores a los mínimos exigidos, lo que indica una transmisión sonora significativa hacia los espacios colindantes y al exterior.

En el Laboratorio IME 5, los índices acústicos correspondientes a la separación entre el laboratorio grande y el pequeño y hacia el pasillo también se sitúan por debajo de los valores mínimos requeridos, sin embargo, el aislamiento frente al exterior presenta valores superiores a los mínimos exigidos, por lo que en este caso sí se cumple la exigencia.

Por otra parte, en la Sala común el índice de aislamiento respecto a la Sala I+D también se encuentra por debajo del valor mínimo exigido.

En conjunto, los resultados ponen de manifiesto que el principal déficit se localiza en el aislamiento entre recintos interiores, asociado principalmente a la presencia de puertas y a la limitada capacidad aislante de los elementos constructivos.

En cuanto a los valores de tiempo de reverberación obtenidos en condiciones reales y en la simulación en condiciones normales, se observa que en los laboratorios IME 1 y IME 5 los valores se sitúan claramente por encima del límite establecido, especialmente en las bandas de frecuencia medias, donde se alcanzan valores superiores a 3 s y 4 s. De forma similar, en la Sala común los tiempos de reverberación obtenidos superan ampliamente el valor límite establecido, con valores en torno a 2,5–3 s. Estos resultados indican que las condiciones acústicas iniciales de los recintos son mejorables desde el punto de vista del acondicionamiento, lo que justifica la necesidad de incorporar una medida correctora orientada a reducir la reverberación y mejorar el confort acústico.

Por otro lado, la comparación entre los resultados obtenidos en las mediciones in situ y los obtenidos mediante la simulación en condiciones normales muestra una buena concordancia en las tres salas analizadas. Las desviaciones observadas entre ambos conjuntos de datos son reducidas, tanto en valor absoluto como en porcentaje, lo que indica que el modelo de simulación reproduce de forma adecuada el comportamiento acústico real de los recintos. Por tanto, puede considerarse que el modelo queda validado y resulta una herramienta fiable.

Tras la aplicación de la solución de acondicionamiento, los resultados muestran una reducción significativa del tiempo de reverberación en las tres salas. En el Laboratorio IME 1 se obtienen reducciones del orden del 50–65 %, situando los valores dentro del rango recomendado. En el Laboratorio IME 5 la reducción es aún mayor, con disminuciones cercanas al 70 %, estando casi en el límite establecido. En el caso de la Sala común, la reducción se sitúa aproximadamente en un 50%, lo que permite disminuir notablemente la reverberación respecto a la situación inicial, no obstante, los valores finales continúan ligeramente por encima del límite establecido, por lo que la mejora es significativa, aunque no suficiente para cumplir completamente la exigencia. En definitiva, la aplicación de la medida correctora resulta necesaria y efectiva para mejorar las condiciones acústicas y de la misma manera se asume que el material elegido para los productos acústicos es el correcto.

Por último, a partir de la comparación de los niveles de presión sonora obtenidos para cada máquina con las curvas de referencia NC, se puede evaluar el grado de confort acústico en el puesto de trabajo del Laboratorio IME 1.

En el caso de la máquina 1, los niveles de ruido se sitúan en la mayor parte del espectro por encima de la curva NC-30, que se había establecido como límite de referencia para un entorno de trabajo y docencia. Para la máquina 2, el comportamiento es más favorable. En las bandas de frecuencia medias y altas, los niveles de ruido se sitúan por debajo o en torno a la curva NC-30. En conjunto, los resultados obtenidos muestran que la presencia de las máquinas influye de forma directa en las condiciones de confort acústico del entorno de trabajo.

En conjunto, el trabajo realizado ha permitido caracterizar acústicamente los recintos estudiados, identificando las principales deficiencias en términos de aislamiento, reverberación y confort acústico. Además, como resultado del TFG, se ha seguido una metodología de trabajo para la realización de ensayos acústicos y el uso adecuado de la instrumentación. De este modo, se puede concluir que se han cumplido los objetivos planteados y que el estudio realizado constituye una base útil para futuras actuaciones de mejora en este tipo de espacios.

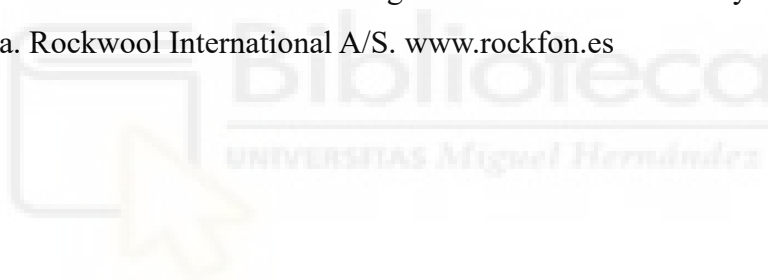




## 8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Carrión Isbert, Antonio. Diseño acústico de espacios arquitectónicos. Ediciones UPC.1998
- [2] Harris, Cyril M. Manual de medidas acústicas y control de ruido. McGraw Hill Book Company. 1995
- [3] Ministerio de Sanidad. Portal web. Gobierno de España. 2024
- [4] Kuttruff, Heinrich. Room Acoustics. Spoon Press. 2000
- [5] Beranek, Leo L. Acoustics. McGraw Hill Book Company. 1993
- [6] Rodríguez Salvador, Guillermo. Caracterización de entorno acústico y adecuación de equipo de ensayos para la realización de mediciones sonoras en máquinas. TFG. Universidad Miguel Hernández. 2025.
- [7] Martínez Rocamora, Jorge. Estudio preliminar para la puesta en marcha de un sistema de fuente sonora artificial para la medida de ruido de rodadura en banco de neumáticos. Universidad Miguel Hernández. 2020.
- [8] Puche Hernández, José Antonio. Análisis de las características acústicas de un aula para docencia semipresencial. TFG. Universidad Politécnica de Cartagena. 2022.
- [9] Barrantes Pérez, Pablo. Estudio de sala de control y estudio de grabación en la Escuela Politécnica. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Extremadura. 2022.
- [10] Norma UNE-EN ISO 16283-1:2015: Medición *in situ* del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.
- [11] Norma UNE-EN ISO 16283-3:2016: Medición *in situ* del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 3: Aislamiento a ruido de fachada.
- [12] Norma UNE-EN ISO 3382-2:2008: Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios.
- [13] Norma UNE-EN ISO 717-1:2021: Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.
- [14] Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Protección frente al Ruido (DBHR). Ministerio de Vivienda, 2007.
- [15] Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido. Boletín Oficial del Estado (BOE), núm. 276, de 18/11/2003.

- [16] Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat, de protección contra la contaminación acústica. Diari Oficial de la Generalitat Valenciana (DOGV) núm. 4394, de 09/12/2002.
- [17] Documento Técnico de Instalaciones en la Edificación (DTIE) 2.04: Acústica en instalaciones de climatización: casos prácticos. Peral Orts, Ramón. 2012.
- [18] NORMA UNE-EN ISO 3747:2010: Determinación de los niveles de potencia acústica y de los niveles de energía acústica de las fuentes de ruido utilizando la presión acústica. Métodos de ingeniería/peritaje para la utilización in situ en un entorno reverberante.
- [19] RAVEN: A Real-Time Framework for the Auralization of Interactive Virtual Environments. Institute of Technical Acoustics, RWTH Aachen University, Germany, 2011.
- [20] Sistema de Información sobre Contaminación Acústica. [www.sicaweb.cedex.es](http://www.sicaweb.cedex.es)
- [21] Empresa Eliacosutics. Acondicionamientos acústicos. [www.eliacoustics.com](http://www.eliacoustics.com)
- [22] Empresa RockFon. Rockfon. Catálogo de soluciones acústicas y documentación técnica. Rockwool International A/S. [www.rockfon.es](http://www.rockfon.es)



## 9 ANEXOS

### 9.1 DETERMINACIÓN DE LA POSICIÓN DE LA FUENTE EN FACHADA EXTERIOR

Según la norma UNE-EN ISO 16283-3 se escoge la posición del altavoz y la distancia,  $D$ , hasta la fachada, de manera que la variación del nivel de presión acústica sobre la muestra de ensayo sea mínima. Para ello, se debería colocar el altavoz preferiblemente sobre el suelo, o lo más alto del suelo como sea posible en la práctica.

La distancia,  $r$ , desde el altavoz hasta el centro de la muestra de ensayo, debe ser de al menos 5 m ( $D > 3,5$  m) para el método por elementos con altavoz, y de al menos 7 m ( $D > 5$  m) para el método global con altavoz. El ángulo de la incidencia sonora debe ser de  $45^\circ \pm 5^\circ$ .

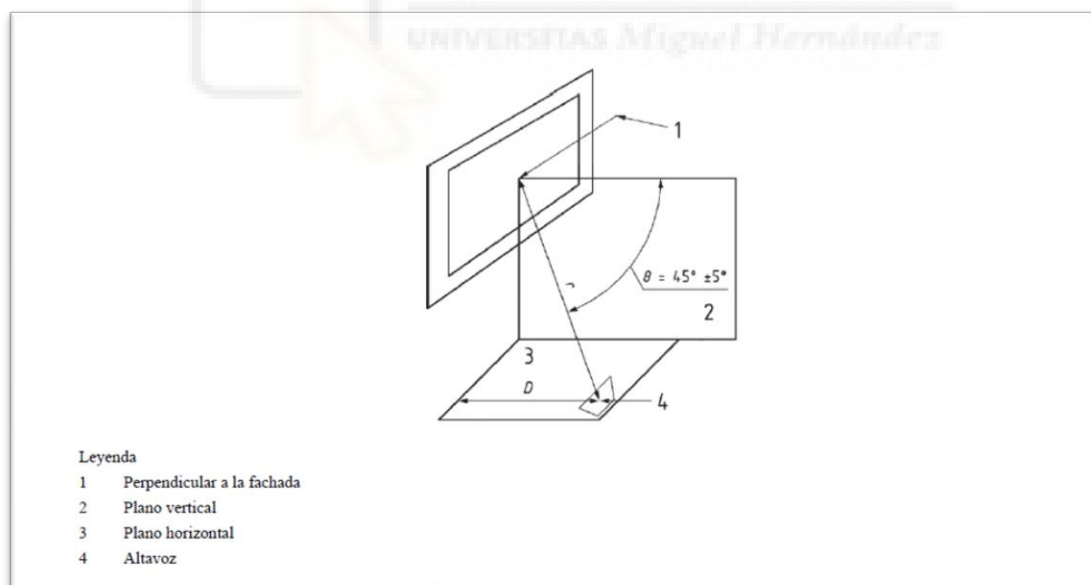


Figura 227: Configuración geométrica de la fuente sonora respecto a una fachada durante el ensayo. [11]

## RESOLUCIÓN

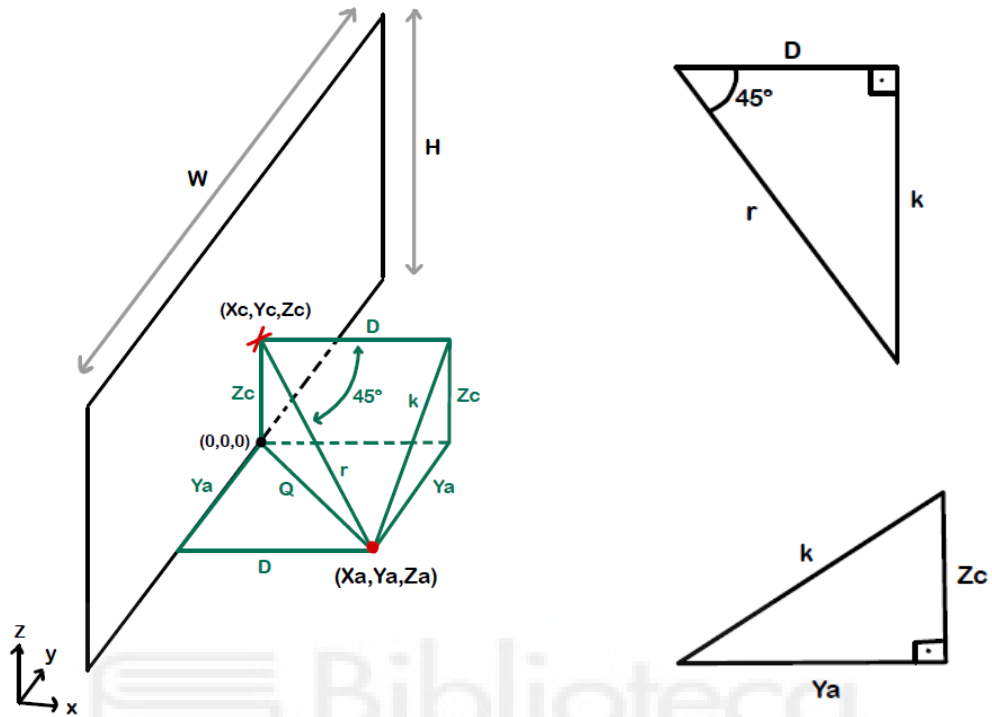


Figura 228: Resolución trigonométrica para la determinación de la posición de la fuente frente a fachada.

W → Anchura de la fachada

H → Altura de la fachada

D → Distancia perpendicular desde la fuente hasta la fachada

r → Distancia desde la fuente hasta el centro de la fachada

- Condiciones impuestas por la norma
 
$$\left\{ \begin{array}{l} D \geq 5m \\ r \geq 7m \\ Y_a \leq \frac{W}{2} \\ \frac{D}{r} = 0,707 = \cos 45^\circ \end{array} \right. \quad (13)$$

- Resolución trigonométrica de ambos triángulos  $\begin{cases} k = \sqrt{Y_a^2 + Z_c^2} \\ r = \sqrt{D^2 + k^2} \end{cases}$  (14)

$$r = \sqrt{D^2 + \left(\sqrt{Y_a^2 + Z_c^2}\right)^2}$$

$$r = \sqrt{D^2 + Y_a^2 + Z_c^2}$$

$$r = \sqrt{D^2 + Y_a^2 + \left(\frac{H}{2}\right)^2} \quad (15)$$



En todas las resoluciones se toma como valor fijo la distancia mínima permitida de manera perpendicular del altavoz hasta la fachada  $D = 5 \text{ m}$  debido al poco espacio disponible en patios y exteriores.

La distancia perpendicular entre el altavoz y la fachada,  $D$ , se identifica con la coordenada  $X_a$ . Por otro lado, se considera que la coordenada  $Z_a$  es nula, dado que el altavoz se sitúa directamente sobre el suelo. Por tanto, la única incógnita es la distancia lateral del altavoz respecto la línea central de la fachada, denominada  $Y_a$ .

### 9.1.1 LABORATORIO IME 1 - EXTERIOR PATIO

$$W = 14,65 \text{ m} \quad H = 7,50 \text{ m}$$

Valor fijo  $D = 5 \text{ m}$

$$\frac{D}{r} = \cos 45^\circ = 0,707 \rightarrow r = 7 \text{ m}$$

$$r = \sqrt{D^2 + Y_a^2 + \left(\frac{H}{2}\right)^2}$$

$$7 = \sqrt{5^2 + Y_a^2 + 3,75^2} \rightarrow Y_a = 3,15 \text{ m}$$

$$Y_a = 3,15 \text{ m} < \frac{W}{2} = \frac{14,65}{2} = 7,83 \text{ m}$$

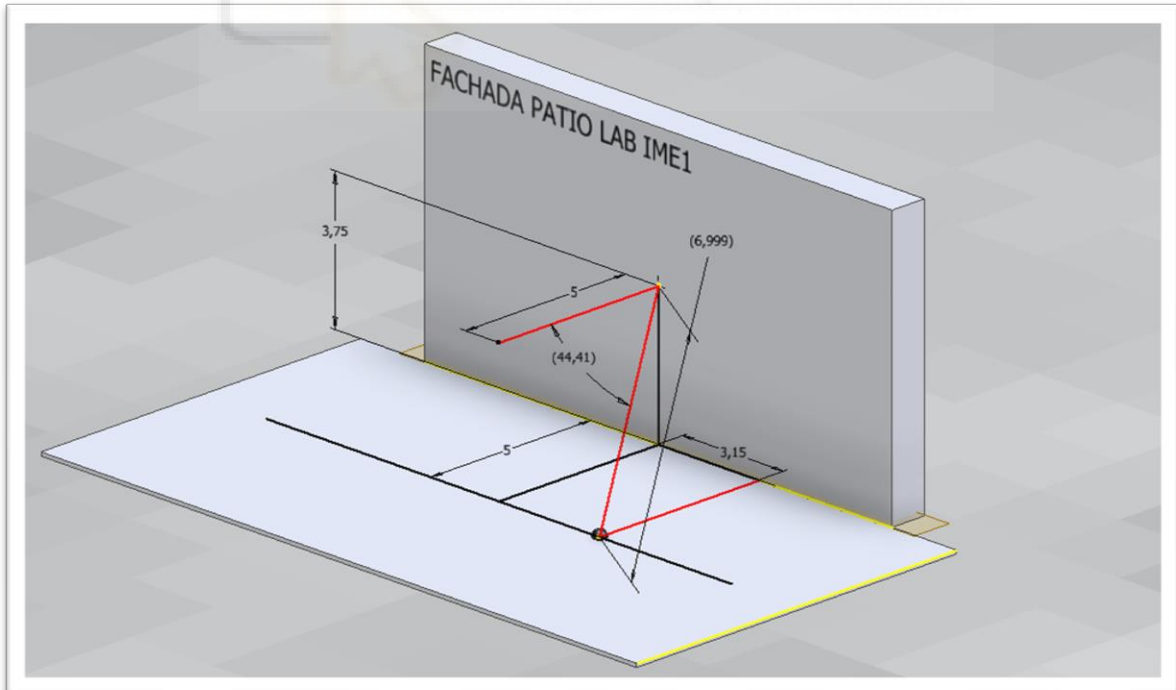


Figura 229: Posición de la fuente frente a la fachada del patio exterior del Laboratorio IME 1.

### 9.1.2 LABORATORIO IME 1 - EXTERIOR PORTÓN

$$W = 7,15 \text{ m} \quad H = 7,50 \text{ m}$$

$$\text{Valor fijo } D = 5 \text{ m}$$

$$\frac{D}{r} = \cos 45^\circ = 0,707 \rightarrow r = 7 \text{ m}$$

$$r = \sqrt{D^2 + Y_a^2 + \left(\frac{H}{2}\right)^2}$$

$$7 = \sqrt{5^2 + Y_a^2 + 3,75^2} \rightarrow Y_a = 3,15 \text{ m}$$

$$Y_a = 3,15 \text{ m} < \frac{W}{2} = \frac{7,15}{2} = 3,58 \text{ m}$$

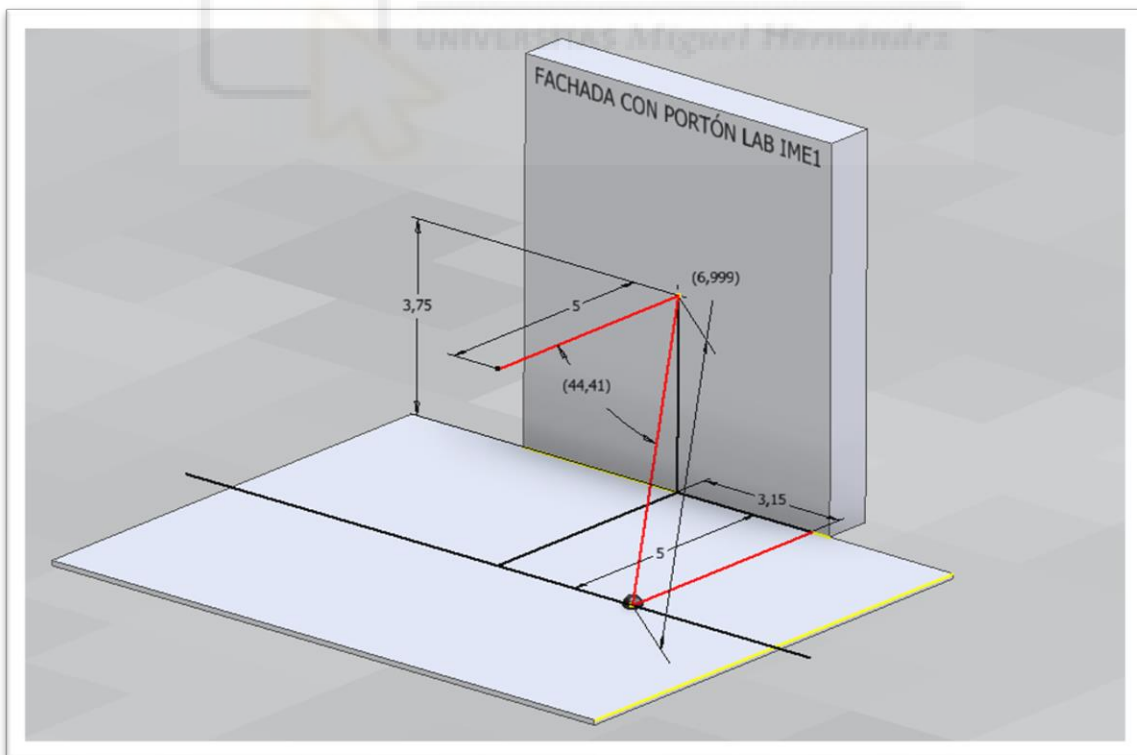


Figura 230: Posición de la fuente frente a la fachada con portón del Laboratorio IME 1.

### 9.1.3 LABORATORIO IME 5 GRANDE - EXTERIOR PATIO

$$W = 13,10 \text{ m} \quad H = 6,15 \text{ m}$$

Valor fijo  $D = 5 \text{ m}$

$$\frac{D}{r} = \cos 45^\circ = 0,707 \rightarrow r = 7 \text{ m}$$

$$r = \sqrt{D^2 + Y_a^2 + \left(\frac{H}{2}\right)^2}$$

$$7 = \sqrt{5^2 + Y_a^2 + 3,1^2} \rightarrow Y_a = 3,80 \text{ m}$$

$$Y_a = 3,80 \text{ m} < \frac{W}{2} = \frac{13,10}{2} = 6,55 \text{ m}$$

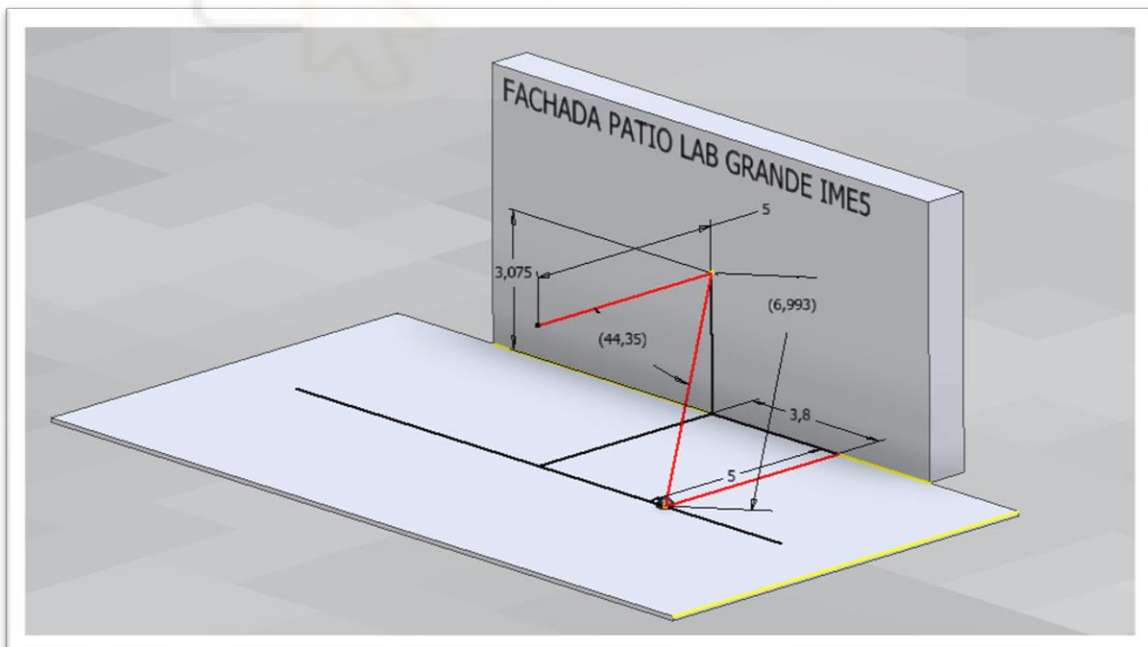


Figura 231: Posición de la fuente frente a la fachada del patio exterior del Laboratorio IME 5 grande.

9.1.4 LABORATORIO IME 5 GRANDE - EXTERIOR DESNIVEL

$$W = 7,15 \text{ m} \quad H = 7,65 \text{ m}$$

Valor fijo  $D = 5 \text{ m}$

$$\frac{D}{r} = \cos 45^\circ = 0,707 \rightarrow r = 7 \text{ m}$$

$$r = \sqrt{D^2 + Y_a^2 + \left(\frac{H}{2}\right)^2}$$

$$7 = \sqrt{5^2 + Y_a^2 + 3,83^2} \rightarrow Y_a = 3,10 \text{ m}$$

$$Y_a = 3,10 \text{ m} < \frac{W}{2} = \frac{7,15}{2} = 3,58 \text{ m}$$

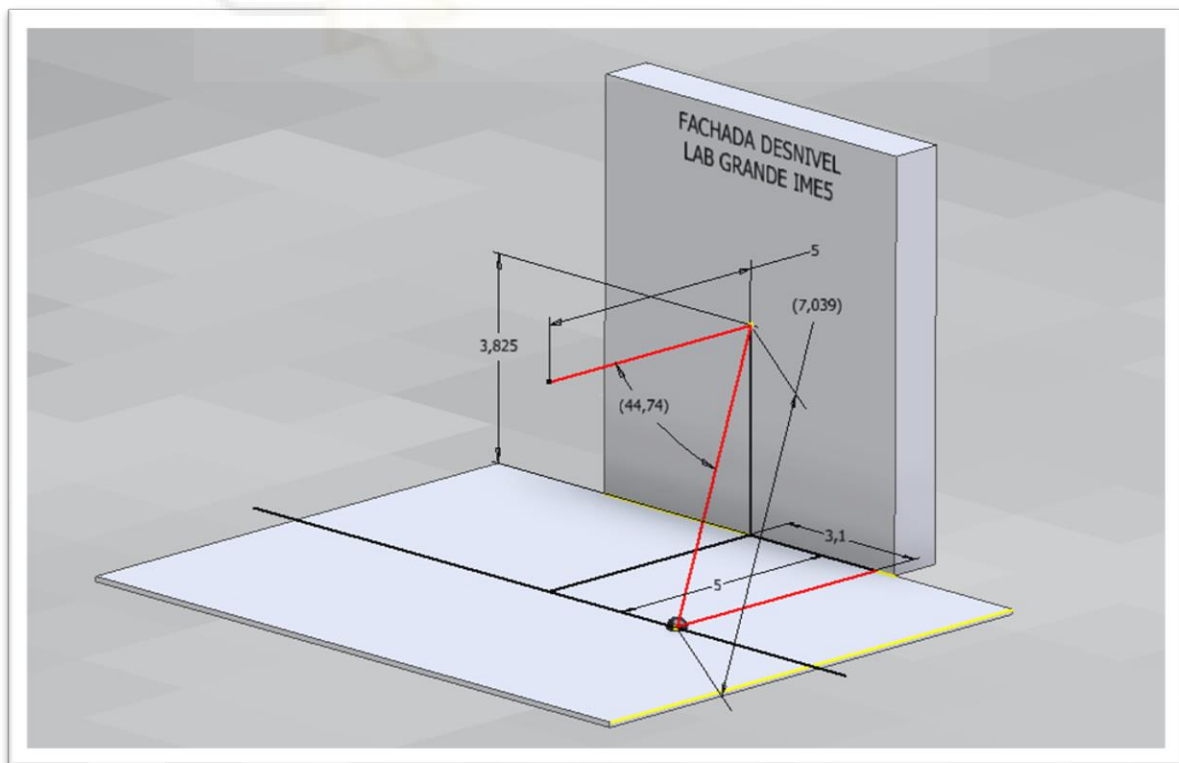


Figura 232: Posición de la fuente frente a la fachada con desnivel del Laboratorio IME 5 grande.

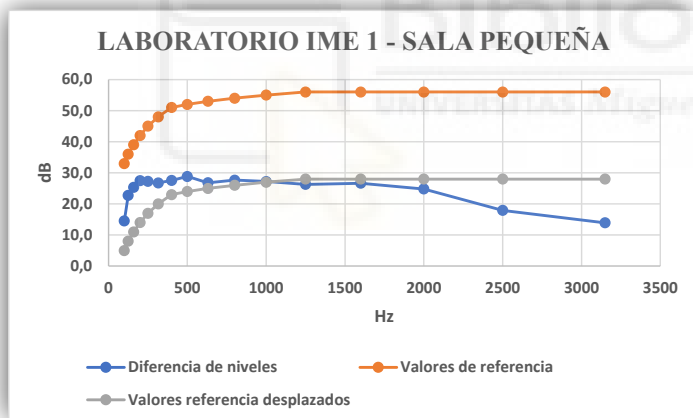
## 9.2 CÁLCULOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE AISLAMIENTO GLOBALES

En este anexo se recogen los cálculos para la obtención de los valores de aislamiento globales, así como las gráficas correspondientes, cuyos procedimientos se describen en el apartado 6.1.1.

Para el Laboratorio IME 1:

Laboratorio IME 1- Sala pequeña																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Diferencia de niveles (dB)	14,6	22,8	25,3	27,4	27,2	26,8	27,5	28,9	26,8	27,6	27,2	26,3	26,6	24,8	17,9	13,9
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0
Valores referencia desplazados (dB)	5,0	8,0	11,0	14,0	17,0	20,0	23,0	24,0	25,0	26,0	27,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	1,4	3,2	10,1	14,1
<b>Suma Total</b>																30,5

Tabla 125: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles entre el Lab. IME 1 y la Sala pequeña.



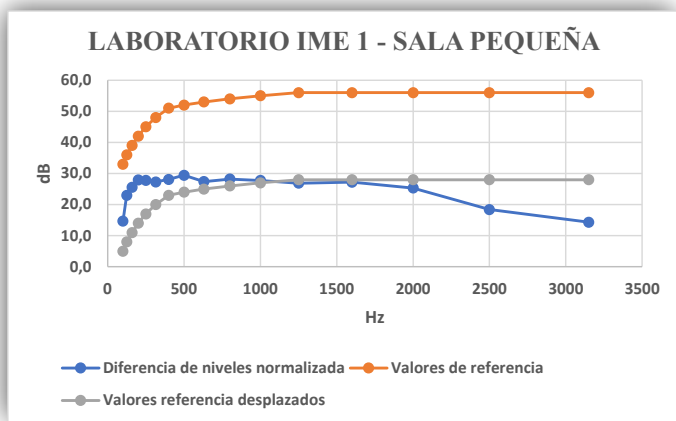
<b>Xa,nº1</b>	20,5
<b>C,nº1</b>	-3,48
<b>Xa,nº2</b>	23,6
<b>Ctr,nº2</b>	-0,40
<b>D,w</b>	24 (-3;0)

Tabla 126: Términos de adaptación espectral en D entre Lab. IME 1 y la Sala pequeña.

Figura 233: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el Lab. IME 1 y la Sala pequeña.

Laboratorio IME 1- Sala pequeña																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Diferencia de niveles normalizada (dB)	14,7	23,0	25,6	27,9	27,8	27,3	28,1	29,4	27,4	28,2	27,8	26,9	27,2	25,3	18,4	14,3
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0
Valores referencia desplazados (dB)	5,0	8,0	11,0	14,0	17,0	20,0	23,0	24,0	25,0	26,0	27,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,8	2,7	9,6	13,7
<b>Suma Total</b>	<b>27,9</b>															

Tabla 127: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles normalizada entre el Lab. IME 1 y la Sala pequeña.



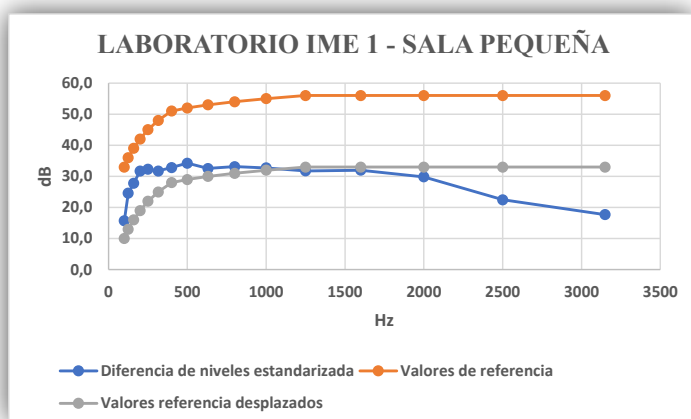
<b>Xa,nº1</b>	21,0
<b>C,nº1</b>	-3,03
<b>Xa,nº2</b>	24,1
<b>Ctr,nº2</b>	0,05
<b>Dn,w</b>	24 (-3;0)

Tabla 128: Términos de adaptación espectral en Dn entre Lab. IME 1 y la Sala pequeña.

Figura 234: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el Lab. IME 1 y la Sala pequeña.

Laboratorio IME 1- Sala pequeña																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Diferencia de niveles estandarizada (dB)	15,7	24,6	27,8	31,7	32,3	31,7	32,8	34,2	32,5	33,1	32,7	31,8	32,0	29,8	22,5	17,7
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0
Valores referencia desplazados (dB)	10,0	13,0	16,0	19,0	22,0	25,0	28,0	29,0	30,0	31,0	32,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	1,0	3,2	10,5	15,3
<b>Suma Total</b>	<b>31,3</b>															

Tabla 129: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles estandarizada entre el Lab. IME 1 y la Sala pequeña.



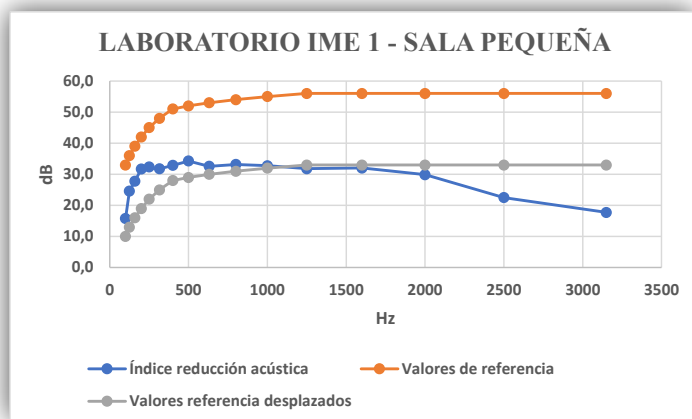
<b>Xa,nº1</b>	24,7
<b>C,nº1</b>	-4,30
<b>Xa,nº2</b>	27,7
<b>Ctr,nº2</b>	-1,26
<b>Dnt,w</b>	29 (-4;-1)

Tabla 130: Términos de adaptación espectral en Dnt entre Lab. IME 1 y la Sala pequeña.

Figura 235: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para el Lab. IME 1 y la Sala pequeña.

Laboratorio IME 1- Sala pequeña																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Índice de reducción acústica (dB)	15,8	24,6	27,8	31,7	32,3	31,7	32,9	34,3	32,6	33,2	32,8	31,8	32,0	29,9	22,5	17,7
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0
Valores referencia desplazados (dB)	10,0	13,0	16,0	19,0	22,0	25,0	28,0	29,0	30,0	31,0	32,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	1,0	3,1	10,5	15,3
<b>Suma Total</b>																31,1

Tabla 131: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global del índice de reducción acústica entre el Lab. IME 1 y la Sala pequeña.



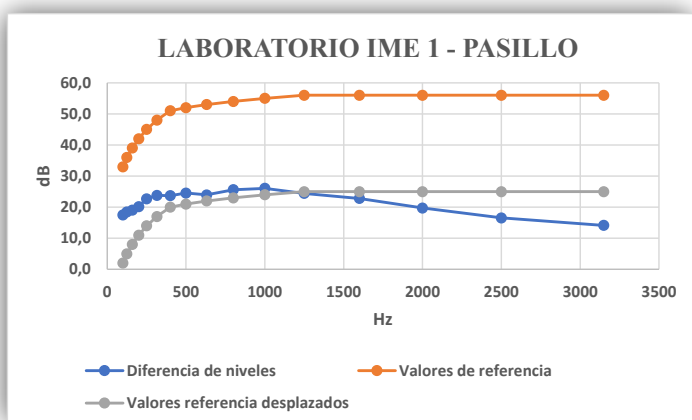
<b>Xa,nº1</b>	24,7
<b>C,nº1</b>	-4,27
<b>Xa,nº2</b>	27,8
<b>Ctr,nº2</b>	-1,23
<b>R,w</b>	29 (-4;-1)

Tabla 132: Términos de adaptación espectral en R entre Lab. IME 1 y la Sala pequeña.

Figura 236: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica, para el Lab. IME 1 y la Sala pequeña.

Laboratorio IME 1- Pasillo																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Diferencia de niveles (dB)	17,5	18,5	19,0	20,2	22,7	23,8	23,7	24,5	23,9	25,6	26,1	24,4	22,8	19,7	16,5	14,1
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0
Valores referencia desplazados (dB)	2,0	5,0	8,0	11,0	14,0	17,0	20,0	21,0	22,0	23,0	24,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	2,2	5,3	8,5	10,9
<b>Suma Total</b>																27,4

Tabla 133: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles entre el Lab. IME 1 y el Pasillo.



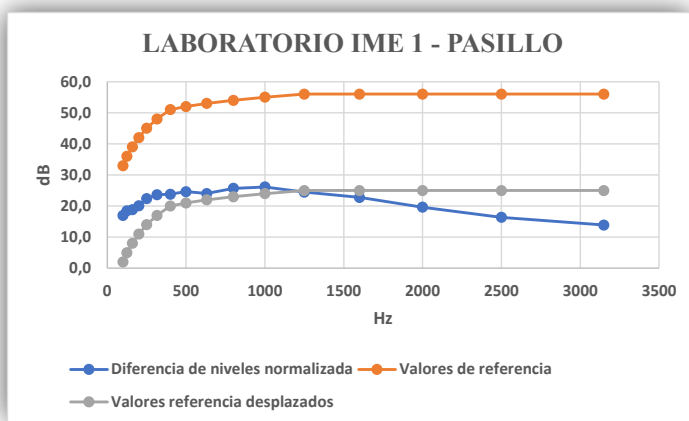
<b>Xa,nº1</b>	19,4
<b>C,nº1</b>	-1,6
<b>Xa,nº2</b>	21,7
<b>Ctr,nº2</b>	0,70
<b>D,w</b>	21 (-2;1)

Tabla 134: Términos de adaptación espectral en D entre Lab. IME 1 y el Pasillo.

Figura 237: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el Lab. IME 1 y el pasillo.

Laboratorio IME 1- Pasillo																	
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
Diferencia de niveles normalizada (dB)	17,0	18,5	18,8	20,1	22,4	23,6	23,8	24,6	24,0	25,7	26,1	24,5	22,8	19,6	16,3	13,9	
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Valores referencia desplazados (dB)	2,0	5,0	8,0	11,0	14,0	17,0	20,0	21,0	22,0	23,0	24,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	2,2	5,4	8,7	11,1	
<b>Suma Total</b>																	27,9

Tabla 135: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles normalizada entre el Lab. IME 1 y el Pasillo.



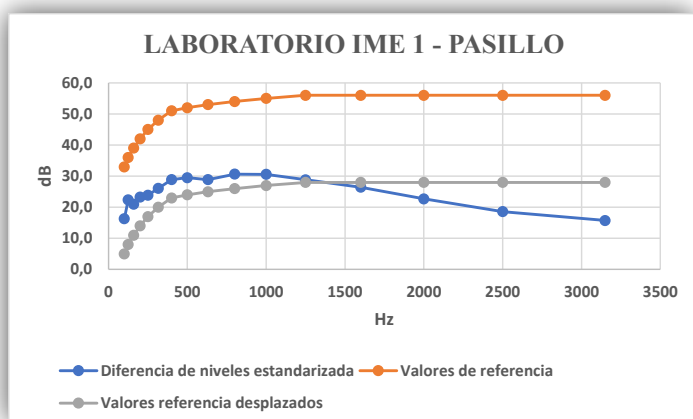
<b>Xa,nº1</b>	19,2
<b>C,nº1</b>	-1,77
<b>Xa,nº2</b>	21,6
<b>Ctr,nº2</b>	0,60
<b>Dn,w</b>	21 (-2;1)

Tabla 136: Términos de adaptación espectral en Dn entre Lab. IME 1 y el Pasillo.

Figura 238: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el Lab. IME 1 y el pasillo.

Laboratorio IME 1- Pasillo																	
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
Diferencia de niveles estandarizada (dB)	16,3	22,4	21,0	23,2	23,9	26,1	28,9	29,5	28,9	30,7	30,6	28,9	26,4	22,7	18,6	15,7	
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Valores referencia desplazados (dB)	5,0	8,0	11,0	14,0	17,0	20,0	23,0	24,0	25,0	26,0	27,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	5,3	9,4	12,3	
<b>Suma Total</b>																	28,6

Tabla 137: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de nivel estandarizada entre el Lab. IME 1 y el Pasillo.



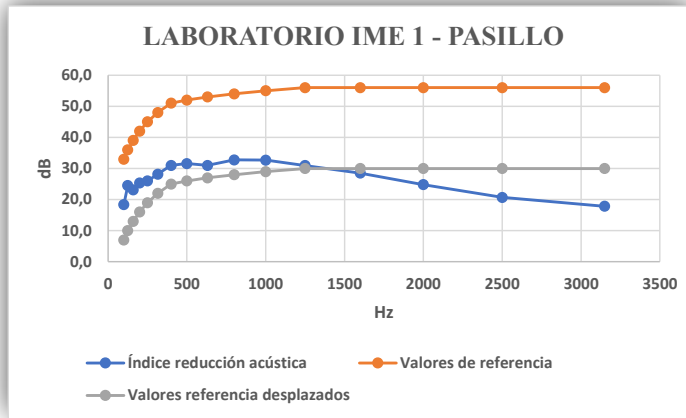
<b>Xa,nº1</b>	21,7
<b>C,nº1</b>	-2,33
<b>Xa,nº2</b>	24,4
<b>Ctr,nº2</b>	0,42
<b>Dnt,w</b>	24 (-2;0)

Tabla 138: Términos de adaptación espectral en Dnt entre Lab. IME 1 y el Pasillo.

Figura 239: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para el Lab. IME 1 y el pasillo.

Laboratorio IME 1 - Pasillo																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Índice de reducción acústica (dB)	18,4	24,5	23,1	25,3	26,0	28,2	31,0	31,6	31,0	32,8	32,7	31,0	28,5	24,8	20,7	17,8
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0
Valores referencia desplazados (dB)	7,0	10,0	13,0	16,0	19,0	22,0	25,0	26,0	27,0	28,0	29,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	5,2	9,3	12,2
Suma Total	28,2															

Tabla 139: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia del índice de reducción acústica entre el Lab. IME 1 y el Pasillo.



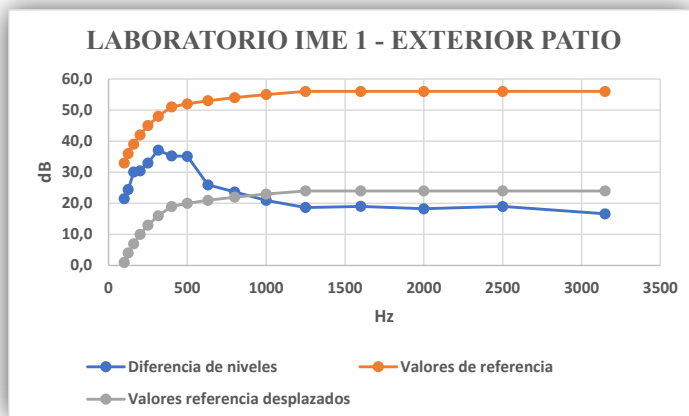
<b>Xa,nº1</b>	23,8
<b>C,nº1</b>	-2,22
<b>Xa,nº2</b>	26,5
<b>Ctr,nº2</b>	0,53
<b>R,w</b>	26 (-2;1)

Tabla 140: Términos de adaptación espectral en R entre Lab. IME 1 y el Pasillo.

Figura 240: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica, para el Lab. IME 1 y el pasillo.

Laboratorio IME 1 - Exterior Patio																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Diferencia de niveles (dB)	21,5	24,5	30,1	30,4	33,0	37,1	35,3	35,1	26,0	23,6	20,9	18,7	19,0	18,2	19,0	16,6
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0
Valores referencia desplazados (dB)	1,0	4,0	7,0	10,0	13,0	16,0	19,0	20,0	21,0	22,0	23,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	5,3	5,0	5,8	5,0	7,4
Suma Total	30,5															

Tabla 141: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles entre el Lab. IME 1 y el Patio exterior.



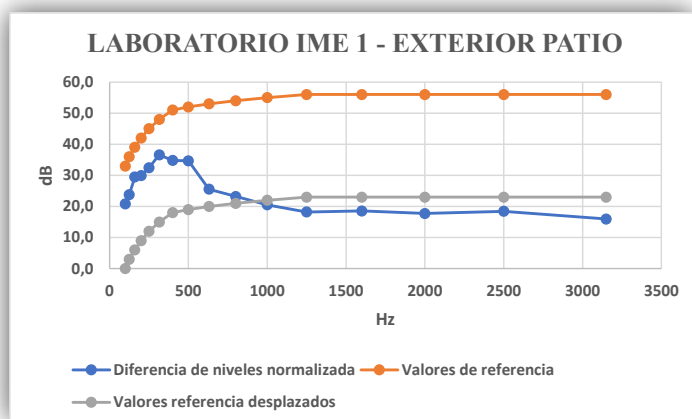
<b>Xa,nº1</b>	19,6
<b>C,nº1</b>	-0,37
<b>Xa,nº2</b>	21,1
<b>Ctr,nº2</b>	1,13
<b>D2m,w</b>	20 (0;1)

Tabla 142: Términos de adaptación espectral en D entre Lab. IME 1 y el Patio exterior.

Figura 241: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el Lab. IME 1 y el patio exterior.

Laboratorio IME 1 - Exterior Patio																	
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
Diferencia de niveles normalizada (dB)	20,8	23,8	29,5	29,9	32,5	36,6	34,8	34,7	25,5	23,2	20,5	18,2	18,5	17,7	18,4	16,0	
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Valores referencia desplazados (dB)	0,0	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0	19,0	20,0	21,0	22,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	4,8	4,5	5,3	4,6	7,0	
<b>Suma Total</b>																	27,6

Tabla 143: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles normalizada entre el Lab. IME 1 y el Patio exterior.



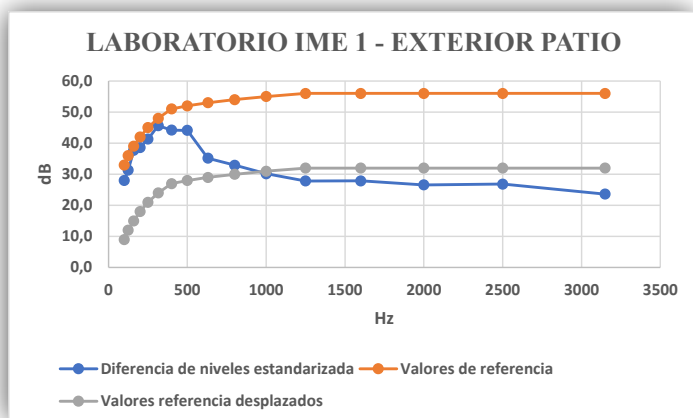
<b>Xa,nº1</b>	19,1
<b>C,nº1</b>	0,10
<b>Xa,nº2</b>	20,6
<b>Ctr,nº2</b>	1,64
<b>D2m,n,w</b>	19 (0;2)

Tabla 144: Términos de adaptación espectral en Dn entre Lab. IME 1 y el Patio exterior exterior.

Figura 242: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el Lab. IME 1 y el patio exterior:

Laboratorio IME 1 - Exterior Patio																	
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
Diferencia de niveles estandarizada (dB)	28,0	31,4	37,7	38,6	41,3	45,7	44,2	44,1	35,2	32,9	30,2	27,8	27,9	26,6	26,8	23,6	
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Valores referencia desplazados (dB)	9,0	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0	28,0	29,0	30,0	31,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	4,2	4,1	5,4	5,2	8,4	
<b>Suma Total</b>																	28,1

Tabla 145: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles estandarizada entre el Lab. IME 1 y el Patio exterior.



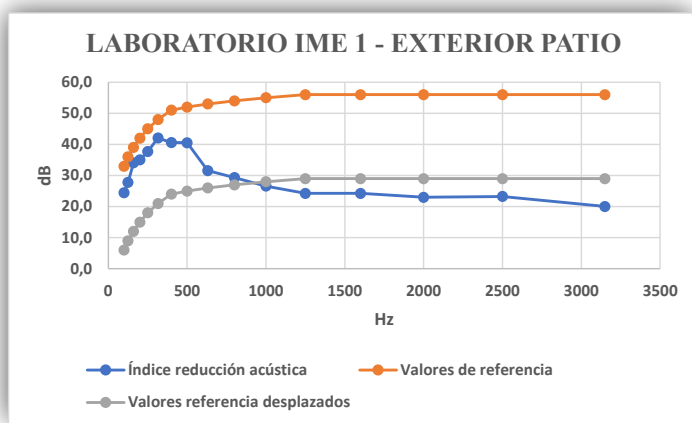
<b>Xa,nº1</b>	27,8
<b>C,nº1</b>	-0,21
<b>Xa,nº2</b>	29,7
<b>Ctr,nº2</b>	1,73
<b>D2m,nt,w</b>	28 (0;2)

Tabla 146: Términos de adaptación espectral en Dnt entre Lab. IME 1 y el Patio exterior.

Figura 243: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para el Lab. IME 1 y el patio exterior.

Laboratorio IME 1 - Exterior Patio																	
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
Índice de reducción acústica (dB)	24,4	27,8	34,1	35,0	37,7	42,1	40,6	40,5	31,6	29,3	26,6	24,2	24,3	23,0	23,2	20,0	
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Valores referencia desplazados (dB)	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	25,0	26,0	27,0	28,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	4,8	4,7	6,0	5,8	9,0	
Suma Total																	31,6

Tabla 147: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global del índice de reducción acústica entre el Lab. IME 1 y el Patio exterior.



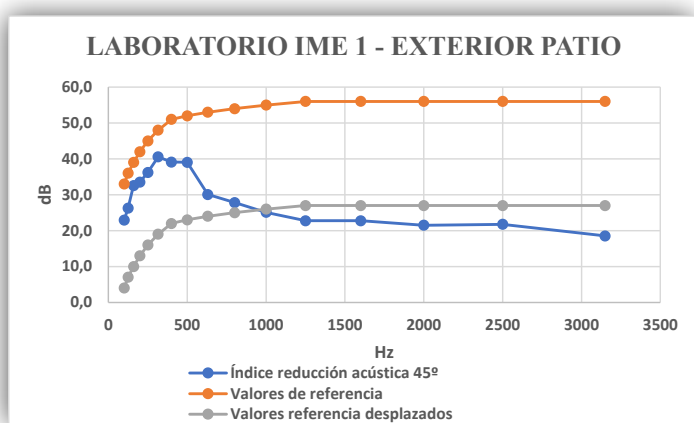
<b>Xa,nº1</b>	24,2
<b>C,nº1</b>	-0,81
<b>Xa,nº2</b>	26,1
<b>Ctr,nº2</b>	1,14
<b>R,w</b>	25 (-1;1)

Tabla 148: Términos de adaptación espectral en R entre Lab. IME 1 y el Patio exterior.

Figura 244: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica, para el Lab. IME 1 y el patio exterior.

Laboratorio IME 1 - Exterior Patio																	
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
Índice de reducción acústica 45º (dB)	22,9	26,3	32,6	33,5	36,2	40,6	39,1	39,0	30,1	27,8	25,1	22,7	22,8	21,5	21,7	18,5	
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Valores referencia desplazados (dB)	4,0	7,0	10,0	13,0	16,0	19,0	22,0	23,0	24,0	25,0	26,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	4,3	4,2	5,5	5,3	8,5	
Suma Total																	28,6

Tabla 149: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global del índice de reducción acústica 45º entre el Lab. IME 1 y el Patio exterior.



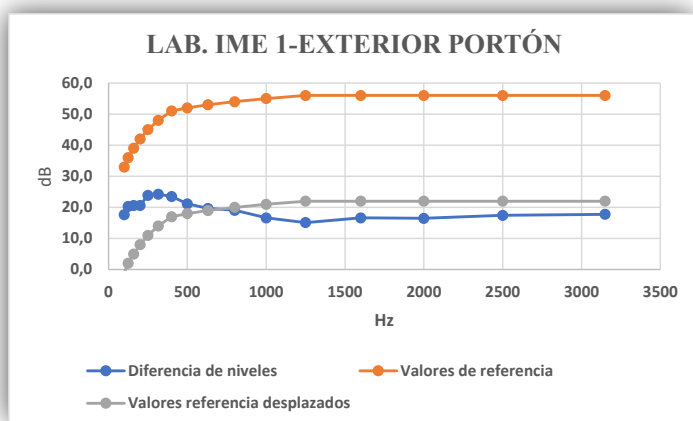
<b>Xa,nº1</b>	22,7
<b>C,nº1</b>	-2,31
<b>Xa,nº2</b>	24,6
<b>Ctr,nº2</b>	1,64
<b>R45,w</b>	23 (-2;2)

Tabla 150: Términos de adaptación espectral en R45 entre Lab. IME 1 y el Patio exterior.

Figura 245: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica 45º, para el Lab. IME 1 y el patio exterior.

Laboratorio IME 1 - Exterior Portón																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Diferencia de niveles (dB)	17,6	20,3	20,6	20,6	23,9	24,2	23,5	21,1	19,7	19,1	16,6	15,1	16,6	16,5	17,5	17,8
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0
Valores referencia desplazados (dB)	-1,0	2,0	5,0	8,0	11,0	14,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	4,4	6,9	5,4	5,5	4,5	4,2
Suma Total																31,9

Tabla 152: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles entre el Lab. IME 1 y la Zona exterior (portón).



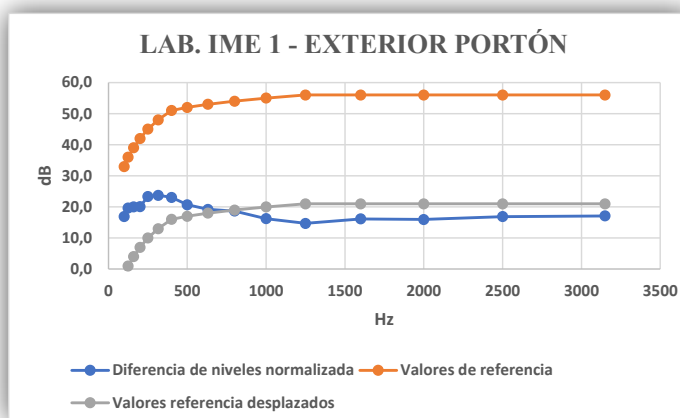
<b>Xa,nº1</b>	17,3
<b>C,nº1</b>	-0,66
<b>Xa,nº2</b>	17,8
<b>Ctr,nº2</b>	-0,24
<b>D2m,w</b>	18 (-1;0)

Tabla 153: Términos de adaptación espectral en D entre Lab. IME 1 y la Zona exterior (portón).

Figura 246: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el Lab. IME 1 y el exterior del edificio (portón).

Laboratorio IME 1 - Exterior Portón																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Diferencia de niveles normalizada (dB)	16,9	19,7	20,0	20,1	23,3	23,7	23,0	20,7	19,2	18,6	16,2	14,7	16,1	16,0	16,9	17,1
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0
Valores referencia desplazados (dB)	-2,0	1,0	4,0	7,0	10,0	13,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	3,8	6,3	4,9	5,0	4,1	3,9
Suma Total																28,4

Tabla 151: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles normalizada entre el Lab. IME 1 y la Zona exterior (portón).



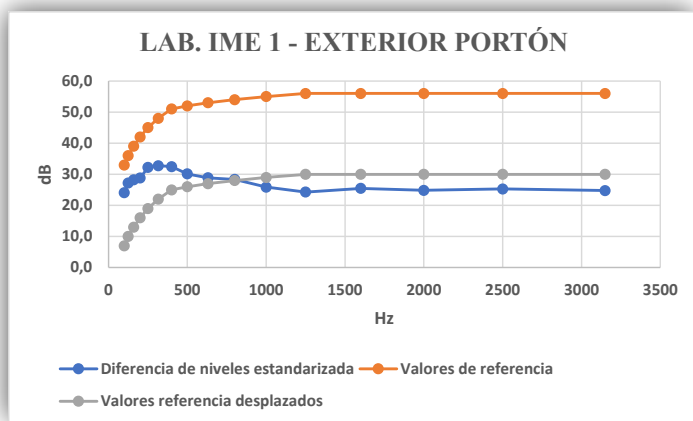
<b>Xa,nº1</b>	16,8
<b>C,nº1</b>	-0,17
<b>Xa,nº2</b>	17,3
<b>Ctr,nº2</b>	0,29
<b>D2m,n,w</b>	17 (0;0)

Tabla 154: Términos de adaptación espectral en Dn entre Lab. IME 1 y la Zona exterior (portón).

Figura 247: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el Lab. IME 1 y el exterior del edificio (portón).

Laboratorio IME 1 - Exterior Portón																	
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
Diferencia de niveles estandarizada (dB)	24,1	27,2	28,2	28,8	32,2	32,8	32,5	30,1	28,9	28,3	25,9	24,3	25,5	24,8	25,3	24,8	
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Valores referencia desplazados (dB)	7,0	10,0	13,0	16,0	19,0	22,0	25,0	26,0	27,0	28,0	29,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	5,7	4,5	5,2	4,7	5,2	
Suma Total																	28,5

Tabla 155: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles estandarizada entre el Lab. IME 1 y la Zona exterior (portón).



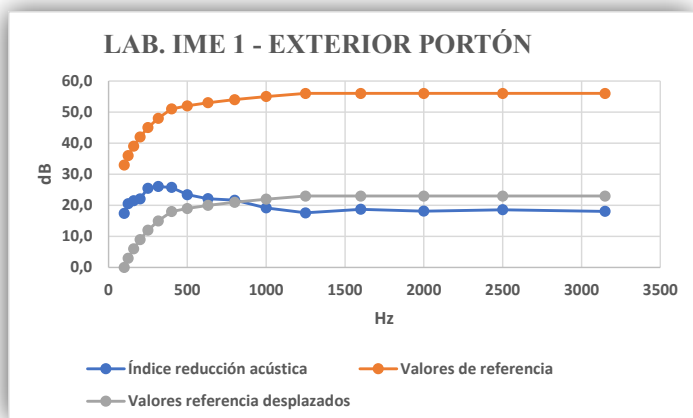
<b>Xa,nº1</b>	25,8
<b>C,nº1</b>	-0,15
<b>Xa,nº2</b>	26,6
<b>Ctr,nº2</b>	0,56
<b>D2m,nt,w</b>	26 (0;1)

Tabla 156: Términos de adaptación espectral en Dnt entre Lab. IME 1 y la Zona exterior (portón).

Figura 248: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia estandarizada, para el Lab. IME 1 y el exterior del edificio (portón).

Laboratorio IME 1 - Exterior Portón																	
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
Índice de reducción acústica (dB)	17,4	20,5	21,5	22,1	25,5	26,1	25,8	23,4	22,2	21,6	19,2	17,6	18,7	18,1	18,6	18,0	
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Valores referencia desplazados (dB)	0,0	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0	19,0	20,0	21,0	22,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	5,4	4,3	4,9	4,4	5,0	
Suma Total																	26,7

Tabla 157: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global del índice de reducción acústica entre el Lab. IME 1 y la Zona exterior (portón).



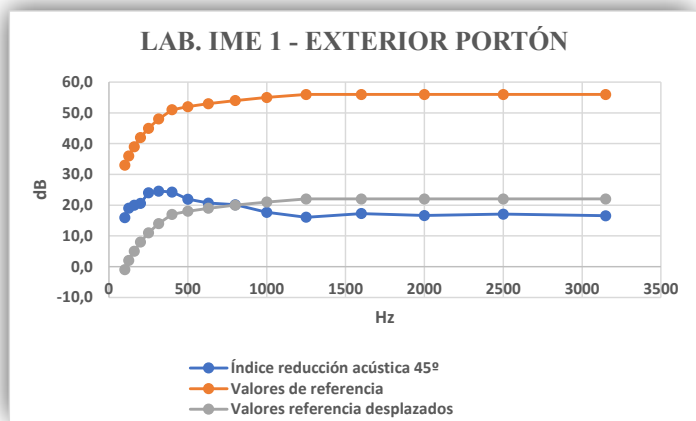
<b>Xa,nº1</b>	19,1
<b>C,nº1</b>	0,14
<b>Xa,nº2</b>	19,8
<b>Ctr,nº2</b>	0,85
<b>R,w</b>	19 (0;1)

Tabla 158: Términos de adaptación espectral en R entre Lab. IME 1 y la Zona exterior (portón).

Figura 249: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica, para el Lab. IME 1 y el exterior del edificio (portón).

Laboratorio IME 1 - Exterior Portón																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Índice de reducción acústica 45° (dB)	15,9	19,0	20,0	20,6	24,0	24,6	24,3	21,9	20,7	20,1	17,7	16,1	17,2	16,6	17,1	16,5
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0
Valores referencia desplazados (dB)	-1,0	2,0	5,0	8,0	11,0	14,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	5,9	4,8	5,4	4,9	5,5
<b>Suma Total</b>																29,7

Tabla 159: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global del índice de reducción acústica 45° entre el Lab. IME 1 y la Zona exterior (portón).



<b>Xa,nº1</b>	17,6
<b>C,nº1</b>	-1,36
<b>Xa,nº2</b>	18,3
<b>Ctr,nº2</b>	0,35
<b>R45,w</b>	18 (-1;0)

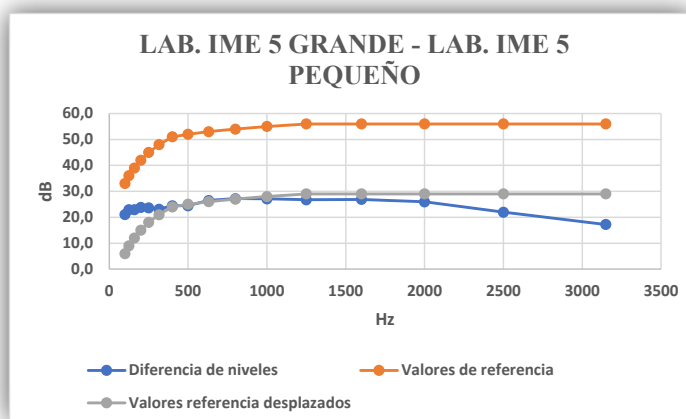
Tabla 160: Términos de adaptación espectral en R entre Lab. IME 1 y la Zona exterior (portón).

Figura 250: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica 45°, para el Lab. IME 1 y el exterior del edificio (portón).

Para el Laboratorio IME 5 grande:

Laboratorio grande IME 5- Laboratorio pequeño IME 5																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Diferencia de niveles (dB)	21,0	22,9	22,9	23,8	23,6	23,1	24,4	24,4	26,5	27,2	27,1	26,8	26,9	26,0	22,0	17,2
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0
Valores referencia desplazados (dB)	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	25,0	26,0	27,0	28,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,9	2,2	2,1	3,0	7,0	11,8
<b>Suma Total</b>																27,7

Tabla 161: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles entre el Lab. IME 5 grande y el Lab. IME 5 pequeño.



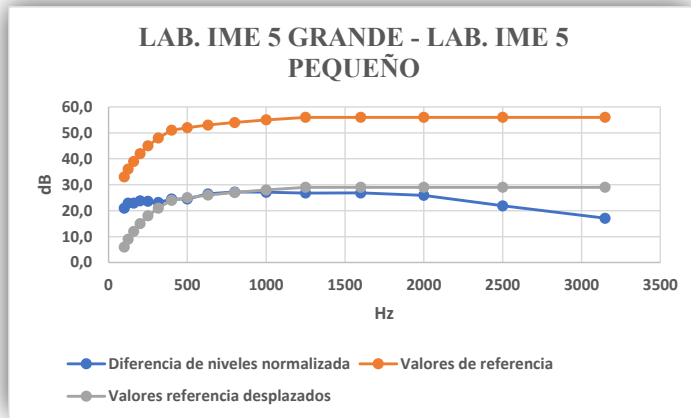
<b>Xa,nº1</b>	23,0
<b>C,nº1</b>	-2,03
<b>Xa,nº2</b>	24,7
<b>Ctr,nº2</b>	-0,28
<b>D,w</b>	25 (-2;0)

Tabla 162: Términos de adaptación espectral en D entre Lab. IME 5 grande y Lab. IME 5 pequeño.

Figura 251: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el Lab. IME 5 grande y Lab. IME 5 pequeño.

Laboratorio grande IME 5- Laboratorio pequeño IME 5																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Diferencia de niveles normalizada (dB)	20,9	22,9	22,9	23,8	23,6	23,2	24,5	24,5	26,5	27,2	27,1	26,8	26,9	25,9	21,9	17,1
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0
Valores referencia desplazados (dB)	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	25,0	26,0	27,0	28,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,9	2,2	2,1	3,1	7,1	11,9
<b>Suma Total</b>	<b>27,9</b>															

Tabla 164: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles normalizada entre el Lab. IME 5 grande y el Lab. IME 5 pequeño.



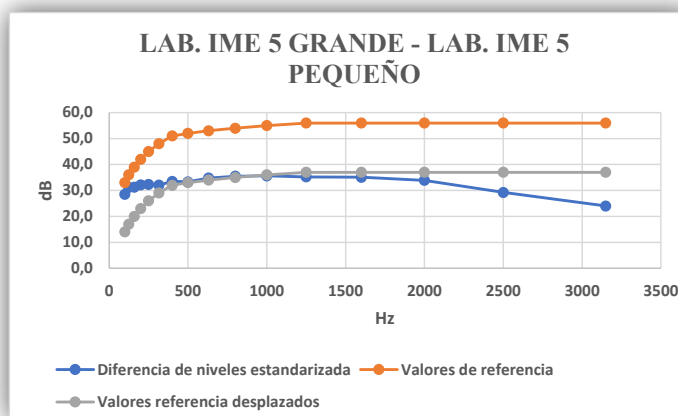
<b>Xa,nº1</b>	22,9
<b>C,nº1</b>	-2,12
<b>Xa,nº2</b>	24,7
<b>Ctr,nº2</b>	-0,31
<b>Dn,w</b>	25 (-2;0)

Tabla 165: Términos de adaptación espectral en Dn entre Lab. IME 5 grande y Lab. IME 5 pequeño.

Figura 252: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el Lab. IME 5 grande y Lab. IME 5 pequeño.

Laboratorio grande IME 5- Laboratorio pequeño IME 5																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Diferencia de niveles estandarizada (dB)	28,5	31,2	31,2	32,2	32,3	32,0	33,5	33,3	34,8	35,5	35,6	35,2	35,1	33,9	29,2	24,0
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0
Valores referencia desplazados (dB)	14,0	17,0	20,0	23,0	26,0	29,0	32,0	33,0	34,0	35,0	36,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,8	1,9	3,1	7,8	13,0
<b>Suma Total</b>	<b>27,9</b>															

Tabla 163: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles estandarizada entre el Lab. IME 5 grande y el Lab. IME 5 pequeño.



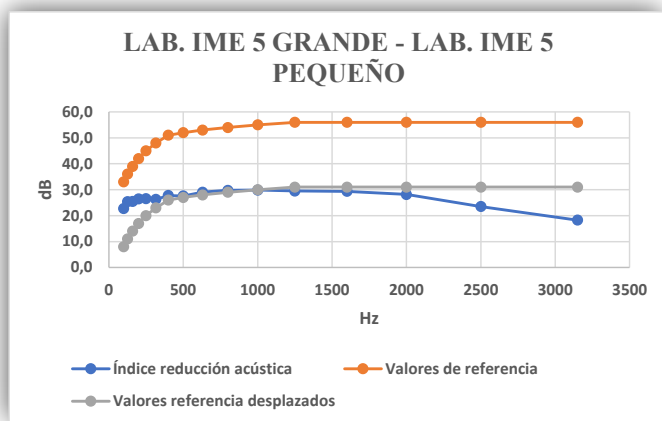
<b>Xa,nº1</b>	24,6
<b>C,nº1</b>	-2,37
<b>Xa,nº2</b>	27,0
<b>Ctr,nº2</b>	-0,03
<b>R,w</b>	27 (-2;0)

Tabla 166: Términos de adaptación espectral en Dnt entre Lab. IME 5 grande y Lab. IME 5 pequeño.

Figura 253: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para el Lab. IME 5 grande y Lab. IME 5 pequeño.

Laboratorio grande IME 5- Laboratorio pequeño IME 5																	
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
Índice de reducción acústica (dB)	22,7	25,4	25,5	26,4	26,6	26,3	27,8	27,6	29,0	29,8	29,9	29,5	29,4	28,2	23,5	18,3	
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Valores referencia desplazados (dB)	8,0	11,0	14,0	17,0	20,0	23,0	26,0	27,0	28,0	29,0	30,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,5	1,6	2,8	7,5	12,7	
<b>Suma Total</b>																	<b>26,3</b>

Tabla 167: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global del índice de reducción acústica entre el Lab. IME 5 grande y el Lab. IME 5 pequeño.



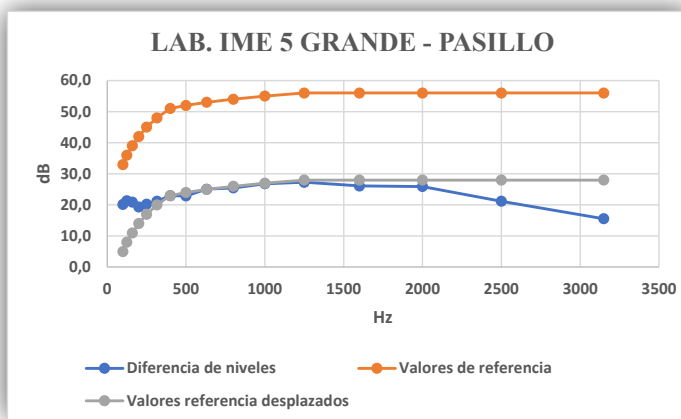
<b>Xa,nº1</b>	24,6
<b>C,nº1</b>	-2,37
<b>Xa,nº2</b>	27,0
<b>Ctr,nº2</b>	-0,03
<b>R,w</b>	27 (-2;0)

Tabla 168: Términos de adaptación espectral en R entre Lab. IME 5 grande y Lab. IME 5 pequeño.

Figura 254: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica, para el Lab. IME 5 grande y Lab. IME 5 pequeño.

Laboratorio grande IME 5- Pasillo																	
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
Diferencia de niveles (dB)	20,1	21,4	20,9	19,3	20,2	21,2	23,0	22,9	25,1	25,4	26,8	27,3	26,1	25,9	21,2	15,5	
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Valores referencia desplazados (dB)	5,0	8,0	11,0	14,0	17,0	20,0	23,0	24,0	25,0	26,0	27,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,6	0,2	0,7	1,9	2,1	6,8	12,5	
<b>Suma Total</b>																	<b>25,9</b>

Tabla 169: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles entre el Lab. IME 5 grande y el Pasillo.



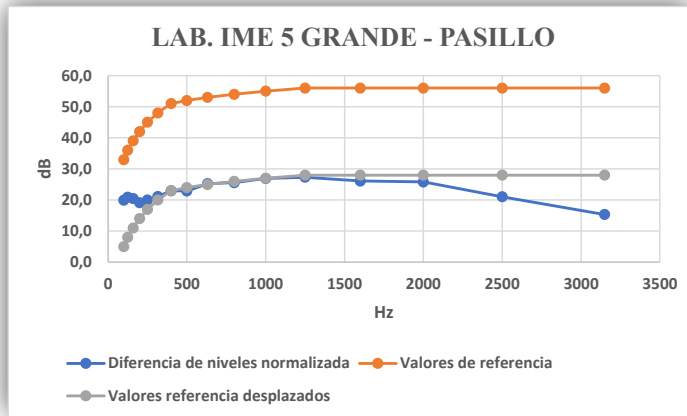
<b>Xa,nº1</b>	24,1
<b>C,nº1</b>	0,07
<b>Xa,nº2</b>	23,3
<b>Ctr,nº2</b>	-0,69
<b>D,w</b>	24 (0;-1)

Tabla 170: Términos de adaptación espectral en D entre Lab. IME 5 grande y el Pasillo.

Figura 255: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el Lab. IME 5 grande y pasillo.

Laboratorio grande IME 5- Pasillo																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Diferencia de niveles normalizada (dB)	20,2	21,2	20,7	19,4	20,3	21,4	23,3	23,1	25,5	25,8	27,2	27,6	26,3	26,1	21,3	15,6
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0
Valores referencia desplazados (dB)	5,0	8,0	11,0	14,0	17,0	20,0	23,0	24,0	25,0	26,0	27,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,2	0,0	0,4	1,7	1,9	6,7	12,4
<b>Suma Total</b>																<b>24,2</b>

Tabla 172: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles normalizada entre el Lab. IME 5 grande y el Pasillo.



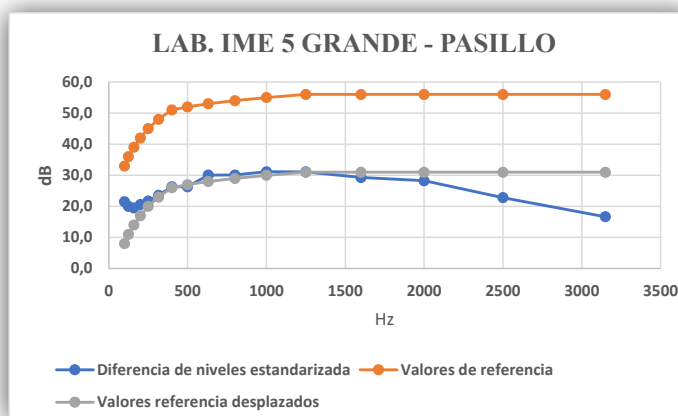
<b>Xa,nº1</b>	21,5
<b>C,nº1</b>	-2,48
<b>Xa,nº2</b>	23,2
<b>Ctr,nº2</b>	-0,77
<b>Dn,w</b>	<b>24 (-2;-1)</b>

Tabla 173: Términos de adaptación espectral en Dn entre Lab. IME 5 grande y el Pasillo.

Figura 256: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el Lab. IME 5 grande y pasillo.

Laboratorio grande IME 5- Pasillo																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Diferencia de niveles estandarizada (dB)	21,5	20,0	19,5	20,6	21,7	23,6	26,3	26,3	30,1	30,1	31,1	31,1	29,3	28,3	22,8	16,7
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0
Valores referencia desplazados (dB)	8,0	11,0	14,0	17,0	20,0	23,0	26,0	27,0	28,0	29,0	30,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	2,7	8,2	14,3
<b>Suma Total</b>																<b>27,7</b>

Tabla 171: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles estandarizada entre el Lab. IME 5 grande y el Pasillo.



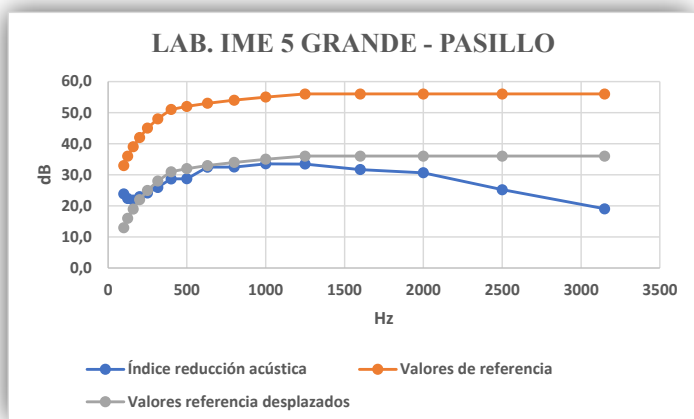
<b>Xa,nº1</b>	23,4
<b>C,nº1</b>	-3,57
<b>Xa,nº2</b>	25,5
<b>Ctr,nº2</b>	-1,51
<b>Dnt,w</b>	<b>27 (-4;-2)</b>

Tabla 174: Términos de adaptación espectral en Dnt entre Lab. IME 5 grande y el Pasillo.

Figura 257: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para el Lab. IME 5 grande y pasillo.

Laboratorio grande IME 5- Pasillo																	
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
Índice de reducción acústica (dB)	26,4	25,0	24,4	25,5	26,7	28,5	31,2	31,3	35,0	35,0	36,1	36,0	34,2	33,2	27,8	21,6	
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Valores referencia desplazados (dB)	13,0	16,0	19,0	22,0	25,0	28,0	31,0	32,0	33,0	34,0	35,0	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0	Suma Total
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	2,8	8,2	14,4	27,9

Tabla 176: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global del índice de reducción acústica entre el Lab. IME 5 grande y el Pasillo.



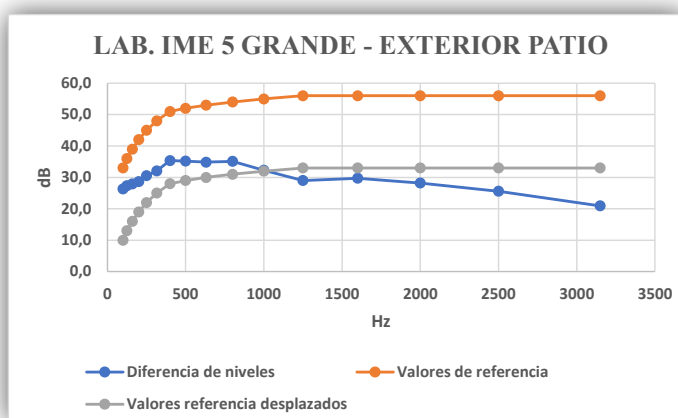
<b>Xa,nº1</b>	25,8
<b>C,nº1</b>	-6,17
<b>Xa,nº2</b>	27,9
<b>Ctr,nº2</b>	-4,11
<b>R,w</b>	32 (-4;-2)

Tabla 177: Términos de adaptación espectral en R entre Lab. IME 5 grande y el Pasillo.

Figura 258: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica, para el Lab. IME 5 grande y pasillo.

Laboratorio IME 5 grande - Exterior Patio																	
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
Diferencia de niveles (dB)	26,3	27,3	27,9	28,6	30,5	32,1	35,4	35,2	34,8	35,1	32,3	29,0	29,7	28,2	25,6	20,9	
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Valores referencia desplazados (dB)	10,0	13,0	16,0	19,0	22,0	25,0	28,0	29,0	30,0	31,0	32,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	Suma Total
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	3,3	4,8	7,4	12,1	31,6

Tabla 175: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles entre el Lab. IME 5 grande y el Patio exterior.



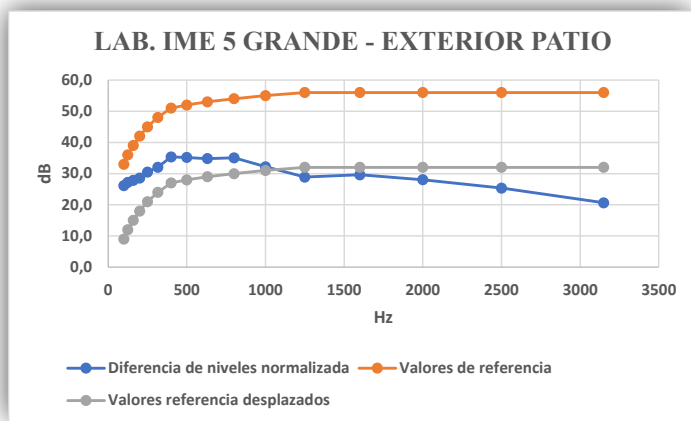
<b>Xa,nº1</b>	26,9
<b>C,nº1</b>	-2,07
<b>Xa,nº2</b>	29,5
<b>Ctr,nº2</b>	0,48
<b>D2m,w</b>	29 (-2;-0)

Tabla 178: Términos de adaptación espectral en D entre Lab. IME 5 grande y el Patio exterior.

Figura 259: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el Lab. IME 5 grande y el patio exterior.

Laboratorio IME 5 grande - Exterior Patio																	
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
Diferencia de niveles normalizada (dB)	26,2	27,2	27,8	28,6	30,5	32,0	35,4	35,2	34,8	35,1	32,2	28,9	29,6	28,0	25,4	20,6	
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Valores referencia desplazados (dB)	9,0	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0	28,0	29,0	30,0	31,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	2,4	4,0	6,6	11,4	
<b>Suma Total</b>																	27,4

Tabla 180: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles normalizada entre el Lab. IME 5 grande y el Patio exterior.



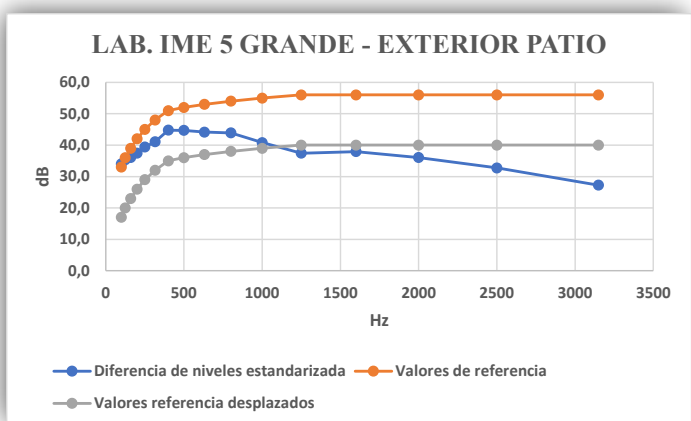
<b>Xa,nº1</b>	26,7
<b>C,nº1</b>	-1,29
<b>Xa,nº2</b>	29,3
<b>Ctr,nº2</b>	1,33
<b>D2m,n,w</b>	28 (-1;1)

Tabla 181: Términos de adaptación espectral en Dn entre Lab. IME 5 grande y el Patio exterior.

Figura 260: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el Lab. IME 5 grande y el patio exterior.

Laboratorio IME 5 grande - Exterior Patio																	
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
Diferencia de niveles estandarizada (dB)	34,0	35,3	36,1	37,5	39,4	41,1	44,8	44,7	44,1	43,9	40,8	37,4	37,9	36,0	32,7	27,3	
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Valores referencia desplazados (dB)	17,0	20,0	23,0	26,0	29,0	32,0	35,0	36,0	37,0	38,0	39,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	2,1	4,0	7,3	12,7	
<b>Suma Total</b>																	28,6

Tabla 179: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles estandarizada entre el Lab. IME 5 grande y el Patio exterior.



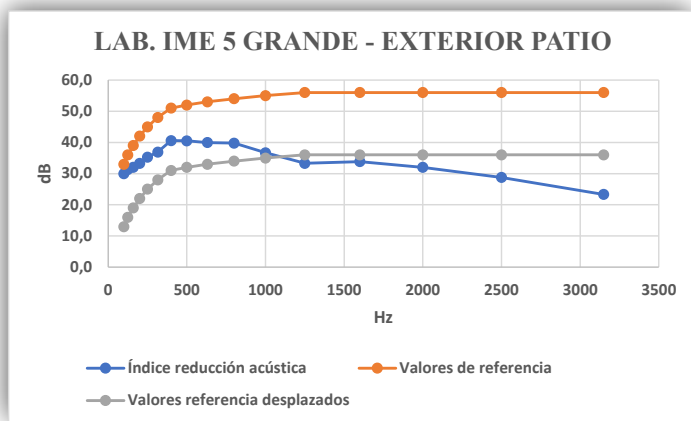
<b>Xa,nº1</b>	34,0
<b>C,nº1</b>	-2,04
<b>Xa,nº2</b>	37,2
<b>Ctr,nº2</b>	1,17
<b>D2m,nt,w</b>	36 (-2;1)

Tabla 182: Términos de adaptación espectral en Dnt entre Lab. IME 5 grande y el Patio exterior.

Figura 261: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para el Lab. IME 5 grande y el patio exterior.

Laboratorio IME 5 grande - Exterior Patio																	
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
Índice de reducción acústica (dB)	30,0	31,3	32,0	33,3	35,3	36,9	40,6	40,5	40,0	39,8	36,7	33,3	33,9	32,0	28,8	23,3	
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Valores referencia desplazados (dB)	13,0	16,0	19,0	22,0	25,0	28,0	31,0	32,0	33,0	34,0	35,0	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0	
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	2,1	4,0	7,2	12,7	
<b>Suma Total</b>																	<b>28,8</b>

Tabla 184: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global del índice de reducción acústica entre el Lab. IME 5 grande y el Patio exterior.



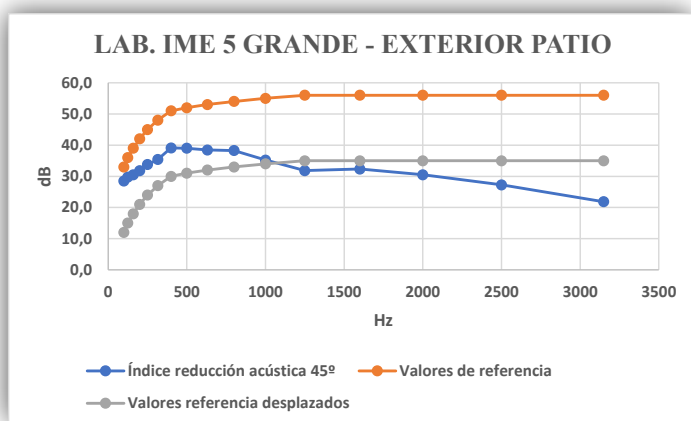
<b>Xa,nº1</b>	30,0
<b>C,nº1</b>	-2,01
<b>Xa,nº2</b>	33,1
<b>Ctr,nº2</b>	1,14
<b>R,w</b>	32 (-2;1)

Tabla 185: Términos de adaptación espectral en R entre Lab. IME 5 grande y el Patio exterior.

Figura 262: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica, para el Lab. IME 5 grande y el patio exterior.

Laboratorio IME 5 grande - Exterior Patio																	
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
Índice de reducción acústica 45º (dB)	28,5	29,8	30,5	31,8	33,8	35,4	39,1	39,0	38,5	38,3	35,2	31,8	32,4	30,5	27,3	21,8	
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Valores referencia desplazados (dB)	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0	30,0	31,0	32,0	33,0	34,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	2,6	4,5	7,7	13,2	
<b>Suma Total</b>																	<b>31,3</b>

Tabla 183: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global del índice de reducción acústica 45º entre el Lab. IME 5 grande y el Patio exterior



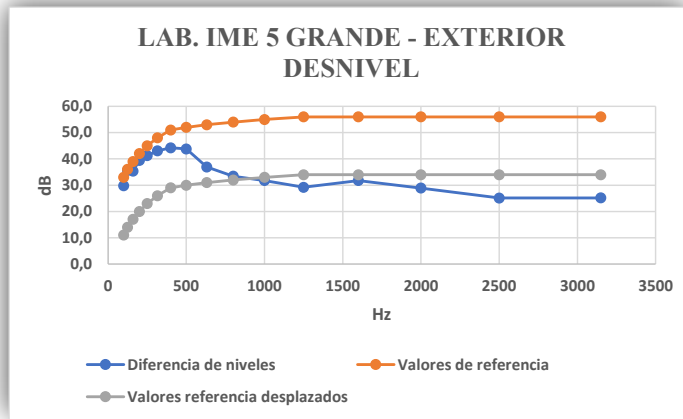
<b>Xa,nº1</b>	28,5
<b>C,nº1</b>	-3,51
<b>Xa,nº2</b>	31,6
<b>Ctr,nº2</b>	0,64
<b>R45,w</b>	31 (-4;1)

Tabla 186: Términos de adaptación espectral en R45 entre Lab. IME 5 grande y el Patio exterior.

Figura 263: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica 45º, para el Lab. IME 5 grande y el patio exterior.

Laboratorio IME 5 grande - Exterior desnivel																	
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
Diferencia de niveles (dB)	29,8	35,6	35,4	39,4	41,3	43,1	44,2	43,8	36,9	33,4	31,7	29,2	31,8	28,9	25,1	25,2	
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Valores referencia desplazados (dB)	11,0	14,0	17,0	20,0	23,0	26,0	29,0	30,0	31,0	32,0	33,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	4,8	2,2	5,1	8,9	8,8	
Suma Total																	31,1

Tabla 188: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles entre el Lab. IME 5 grande y la Zona exterior (desnivel).



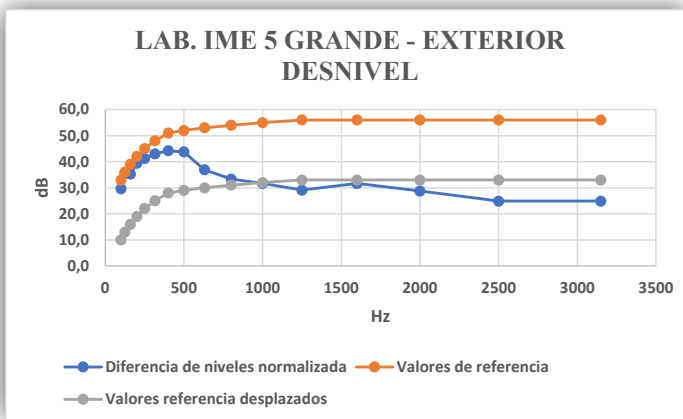
<b>Xa,nº1</b>	28,9
<b>C,nº1</b>	-1,11
<b>Xa,nº2</b>	31,1
<b>Ctr,nº2</b>	1,08
<b>D2m,w</b>	30 (-1;1)

Tabla 189: Términos de adaptación espectral en D entre Lab. IME 5 grande y la Zona exterior (desnivel).

Figura 264: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para el Lab. IME 5 grande y el exterior del edificio (desnivel).

Laboratorio IME 5 grande - Exterior desnivel																	
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
Diferencia de niveles normalizada (dB)	29,6	35,5	35,2	39,4	41,2	43,0	44,2	43,8	36,9	33,3	31,7	29,1	31,6	28,7	24,9	24,9	
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Valores referencia desplazados (dB)	10,0	13,0	16,0	19,0	22,0	25,0	28,0	29,0	30,0	31,0	32,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	3,9	1,4	4,3	8,1	8,1	
Suma Total																	26,1

Tabla 187: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles normalizada entre el Lab. IME 5 grande y la Zona exterior (desnivel).



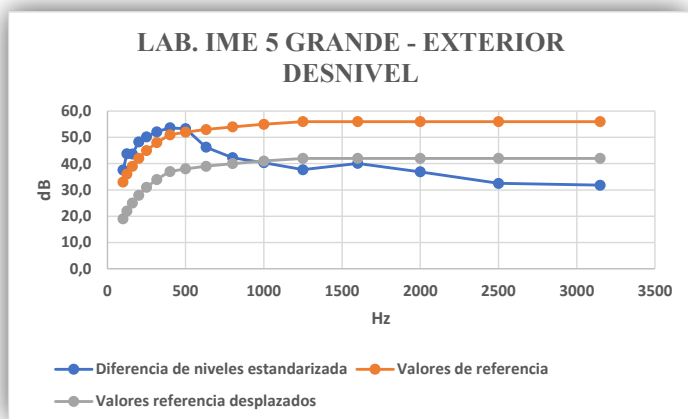
<b>Xa,nº1</b>	28,7
<b>C,nº1</b>	-0,31
<b>Xa,nº2</b>	30,9
<b>Ctr,nº2</b>	1,93
<b>D2m,n,w</b>	29 (0;2)

Tabla 190: Términos de adaptación espectral en Dn entre Lab. IME 5 grande y la Zona exterior (desnivel).

Figura 265: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para el Lab. IME 5 grande y el exterior del edificio (desnivel).

Laboratorio IME 5 grande - Exterior desnivel																	
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
Diferencia de niveles estandarizada (dB)	37,6	43,8	43,6	48,3	50,2	52,1	53,6	53,3	46,3	42,3	40,4	37,7	40,1	36,9	32,5	31,8	
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Valores referencia desplazados (dB)	19,0	22,0	25,0	28,0	31,0	34,0	37,0	38,0	39,0	40,0	41,0	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	Suma Total
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	4,3	1,9	5,1	9,5	10,2	31,6

Tabla 192: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles estandarizada entre el Lab. IME 5 grande y la Zona exterior (desnivel).



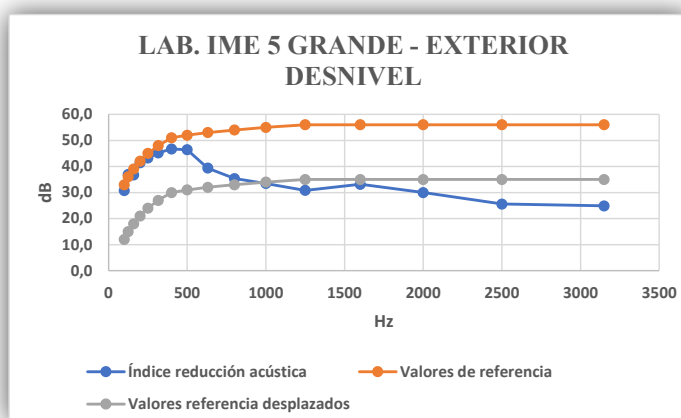
<b>Xa,nº1</b>	36,4
<b>C,nº1</b>	-1,62
<b>Xa,nº2</b>	39,0
<b>Ctr,nº2</b>	1,05
<b>D2m,nt,w</b>	38 (-2;1)

Tabla 193: Términos de adaptación espectral en Dnt entre Lab. IME 5 grande y la Zona exterior (desnivel).

Figura 266: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para el Lab. IME 5 grande y el exterior del edificio (desnivel).

Laboratorio IME 5 grande - Exterior desnivel																	
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
Índice de reducción acústica (dB)	30,7	36,9	36,7	41,4	43,3	45,2	46,7	46,4	39,4	35,4	33,5	30,8	33,2	30,0	25,6	24,9	
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Valores referencia desplazados (dB)	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0	30,0	31,0	32,0	33,0	34,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	Suma Total
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	4,2	1,8	5,0	9,4	10,1	31,1

Tabla 191: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global del índice de reducción acústica entre el Lab. IME 5 grande y la Zona exterior (desnivel).



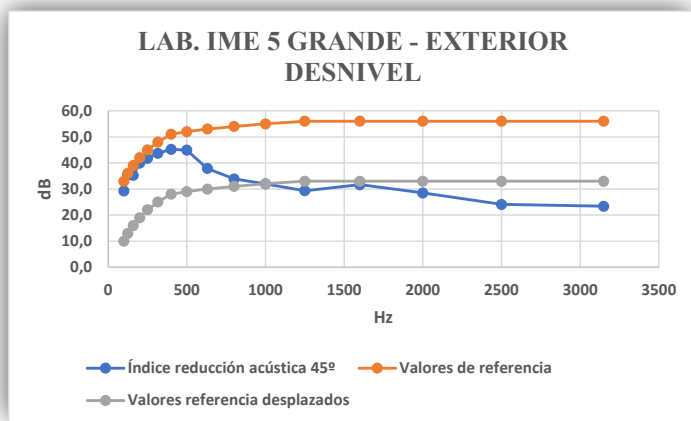
<b>Xa,nº1</b>	29,5
<b>C,nº1</b>	-1,53
<b>Xa,nº2</b>	32,1
<b>Ctr,nº2</b>	1,14
<b>R,w</b>	31 (-2;1)

Tabla 194: Términos de adaptación espectral en R entre Lab. IME 5 grande y la Zona exterior (desnivel).

Figura 267: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica, para el Lab. IME 5 grande y el exterior del edificio (desnivel).

Laboratorio IME 5 grande - Exterior desnivel																	
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
Índice de reducción acústica 45° (dB)	29,2	35,4	35,2	39,9	41,8	43,7	45,2	44,9	37,9	33,9	32,0	29,3	31,7	28,5	24,1	23,4	
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Valores referencia desplazados (dB)	10,0	13,0	16,0	19,0	22,0	25,0	28,0	29,0	30,0	31,0	32,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	Suma Total
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	1,3	4,5	8,9	9,6	28,1

Tabla 195: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global del índice de reducción acústica 45° entre el Lab. IME 5 grande y la Zona exterior (desnivel).



<b>Xa,nº1</b>	28,0
<b>C,nº1</b>	-3,03
<b>Xa,nº2</b>	30,6
<b>Ctr,nº2</b>	1,64
<b>R45,w</b>	29 (-3;2)

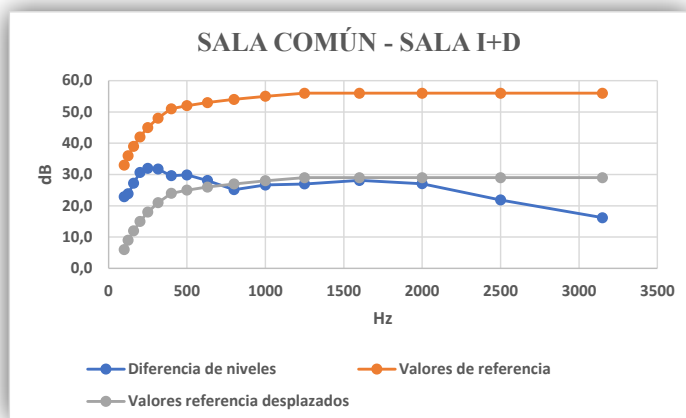
Tabla 196: Términos de adaptación espectral en R45 entre Lab. IME 5 grande y la Zona exterior (desnivel).

Figura 268: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica 45°, para el Lab. IME 5 grande y el exterior del edificio (desnivel).

Para la Sala común:

Sala común - Sala I+D																	
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
Diferencia de niveles (dB)	22,9	23,9	27,2	30,7	32,0	31,7	29,6	29,9	28,1	25,2	26,6	27,0	28,1	27,0	21,9	16,2	
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	
Valores referencia desplazados (dB)	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	25,0	26,0	27,0	28,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	Suma Total
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	1,4	2,0	0,9	2,0	7,1	12,8	28,0

Tabla 197: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles entre la Sala común y la Sala I+D.



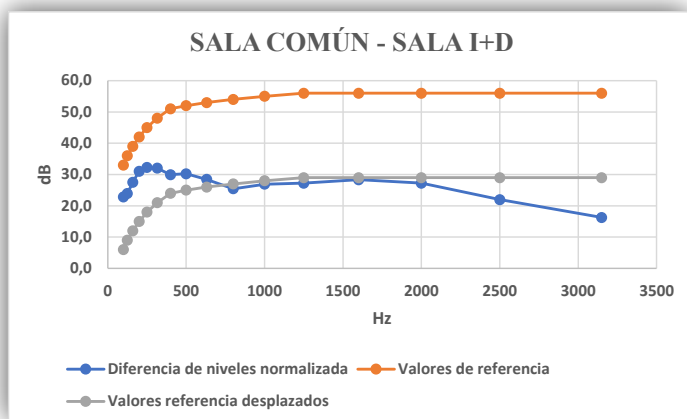
<b>Xa,nº1</b>	22,8
<b>C,nº1</b>	-2,20
<b>Xa,nº2</b>	22,8
<b>Ctr,nº2</b>	-2,20
<b>Dw</b>	25 (-2;-2)

Tabla 198: Términos de adaptación espectral en D entre la Sala común y la Sala I+D.

Figura 269: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles, para la Sala común y la Sala I+D.

Sala común - Sala I+D																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Diferencia de niveles normalizada (dB)	22,9	24,0	27,6	31,0	32,3	32,0	30,0	30,2	28,4	25,5	26,9	27,2	28,3	27,2	22,0	16,3
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0
Valores referencia desplazados (dB)	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	25,0	26,0	27,0	28,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,1	1,8	0,7	1,8	7,0	12,7
<b>Suma Total</b>																26,6

Tabla 200: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles normalizada entre la Sala común y la Sala I+D.



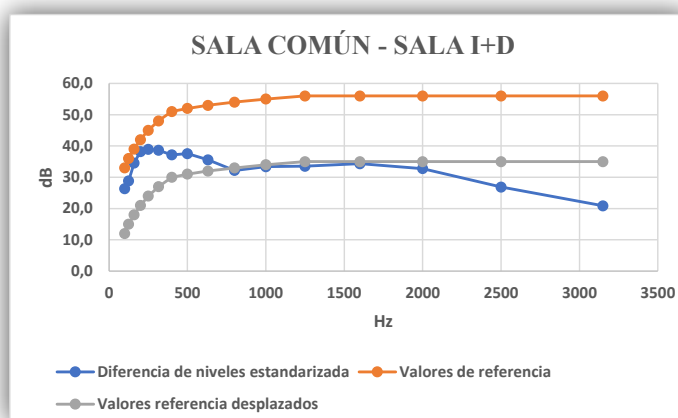
<b>Xa,nº1</b>	22,9
<b>C,nº1</b>	-2,07
<b>Xa,nº2</b>	22,9
<b>Ctr,nº2</b>	-2,07
<b>Dn,w</b>	25 (-2;-2)

Tabla 201: Términos de adaptación espectral en Dn entre la Sala común y la Sala I+D.

Figura 270: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles normalizada, para la Sala común y la Sala I+D.

Sala común - Sala I+D																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Diferencia de niveles estandarizada (dB)	26,4	28,9	34,6	38,2	39,0	38,7	37,2	37,5	35,6	32,2	33,4	33,5	34,3	32,8	26,9	20,9
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0
Valores referencia desplazados (dB)	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0	30,0	31,0	32,0	33,0	34,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,6	1,5	0,7	2,2	8,1	14,1
<b>Suma Total</b>																28,1

Tabla 199: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global de diferencia de niveles estandarizada entre la Sala común y la Sala I+D.



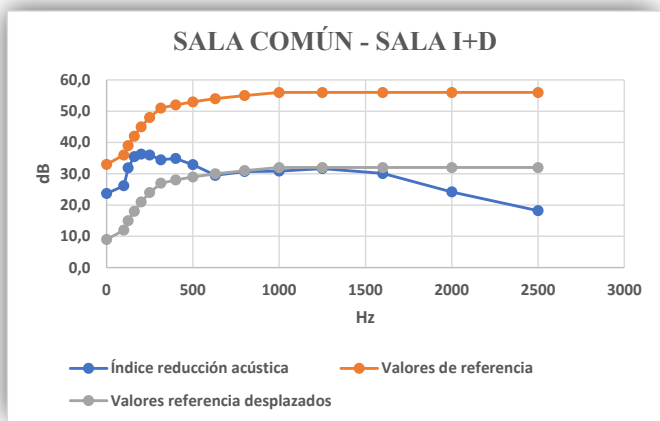
<b>Xa,nº1</b>	28,0
<b>C,nº1</b>	-3,03
<b>Xa,nº2</b>	28,0
<b>Ctr,nº2</b>	-3,03
<b>Dnt,w</b>	31 (-3;-3)

Tabla 202: Términos de adaptación espectral en DnT entre la Sala común y la Sala I+D.

Figura 271: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los de la diferencia en los niveles estandarizada, para la Sala común y la Sala I+D.

Sala común - Sala I+D																
Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Índice de reducción acústica (dB)	23,7	26,2	31,9	35,5	36,3	36,0	34,5	34,9	32,9	29,5	30,7	30,9	31,7	30,1	24,2	18,2
Valores referencia (dB)	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0
Valores referencia desplazados (dB)	9,0	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0	28,0	29,0	30,0	31,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0
Desviaciones desfavorables (dB)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,3	1,1	0,3	1,9	7,8	13,8
<b>Suma Total</b>	<b>25,7</b>															

Tabla 203: Valores de desplazamiento de la curva de referencia para la obtención del valor global del índice de reducción acústica entre la Sala común y la Sala I+D.



<b>Xa,nº1</b>	25,3
<b>C,nº1</b>	-2,69
<b>Xa,nº2</b>	25,3
<b>Ctr,nº2</b>	-2,69
<b>R,w</b>	28 (-3;-3)

Tabla 204: Términos de adaptación espectral en R entre la Sala común y la Sala I+D

Figura 272: Representación de los valores de referencia desplazados para ajustarse a los del índice de reducción acústica, para la Sala común y la Sala I+D.



### 9.3 LEYENDAS DE PARÁMETROS Y SU DISTRIBUCIÓN ESPACIAL EN FUNCIÓN DE LA MAGNITUD EN LOS RECINTOS

En este anexo se presentan las leyendas de los parámetros T20, T30 Y EDT, junto a su distribución espacial correspondiente para la simulación en condiciones normales y la simulación con la solución adoptada. Se muestran para cada banda de octava de frecuencia y para la primera y la segunda posición de la fuente en cada recinto.

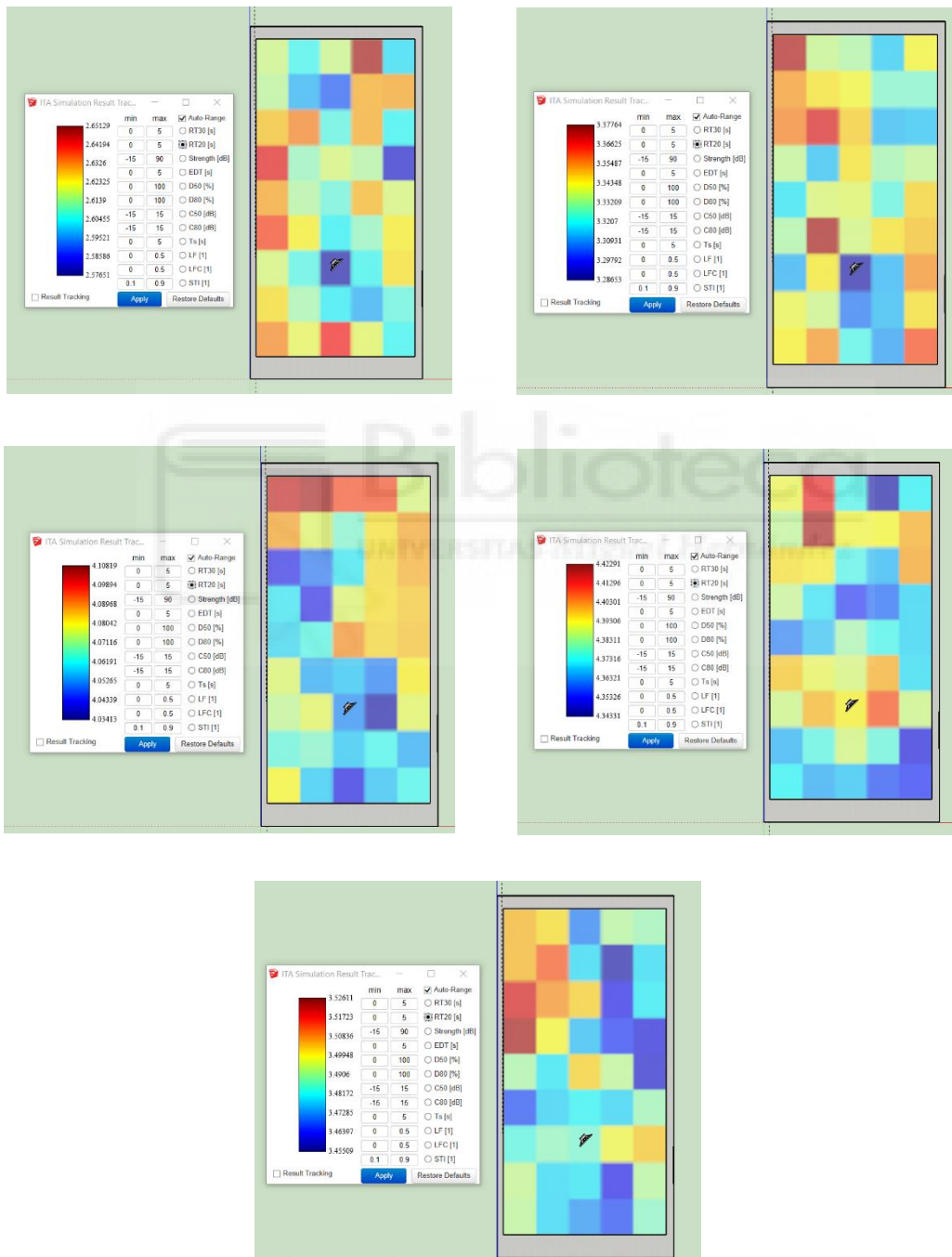


Figura 273: Conjunto de leyendas del parámetro T20 para la 1ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 1 en condiciones normales. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

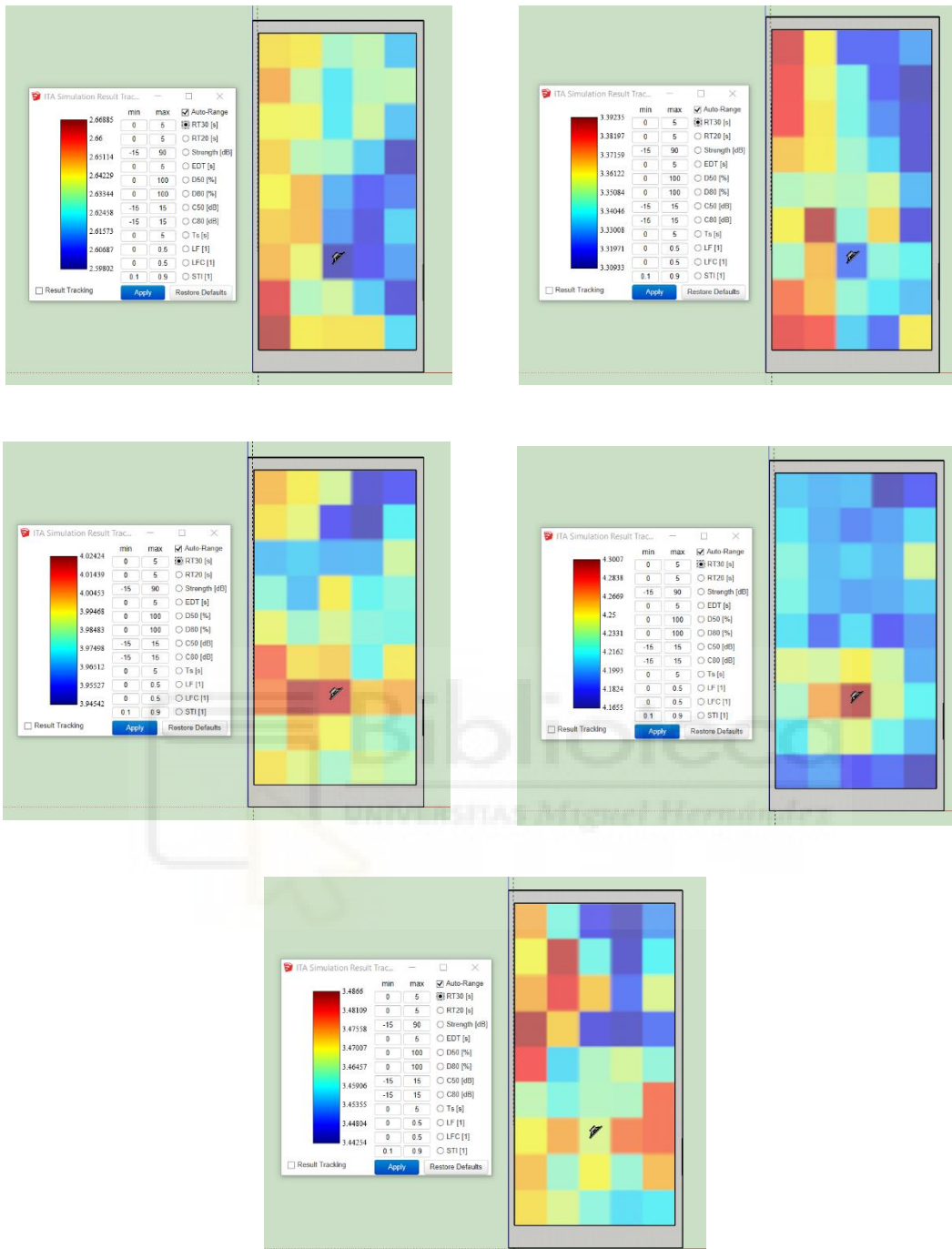


Figura 274: Conjunto de leyendas del parámetro T30 para la 1ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 1 en condiciones normales. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

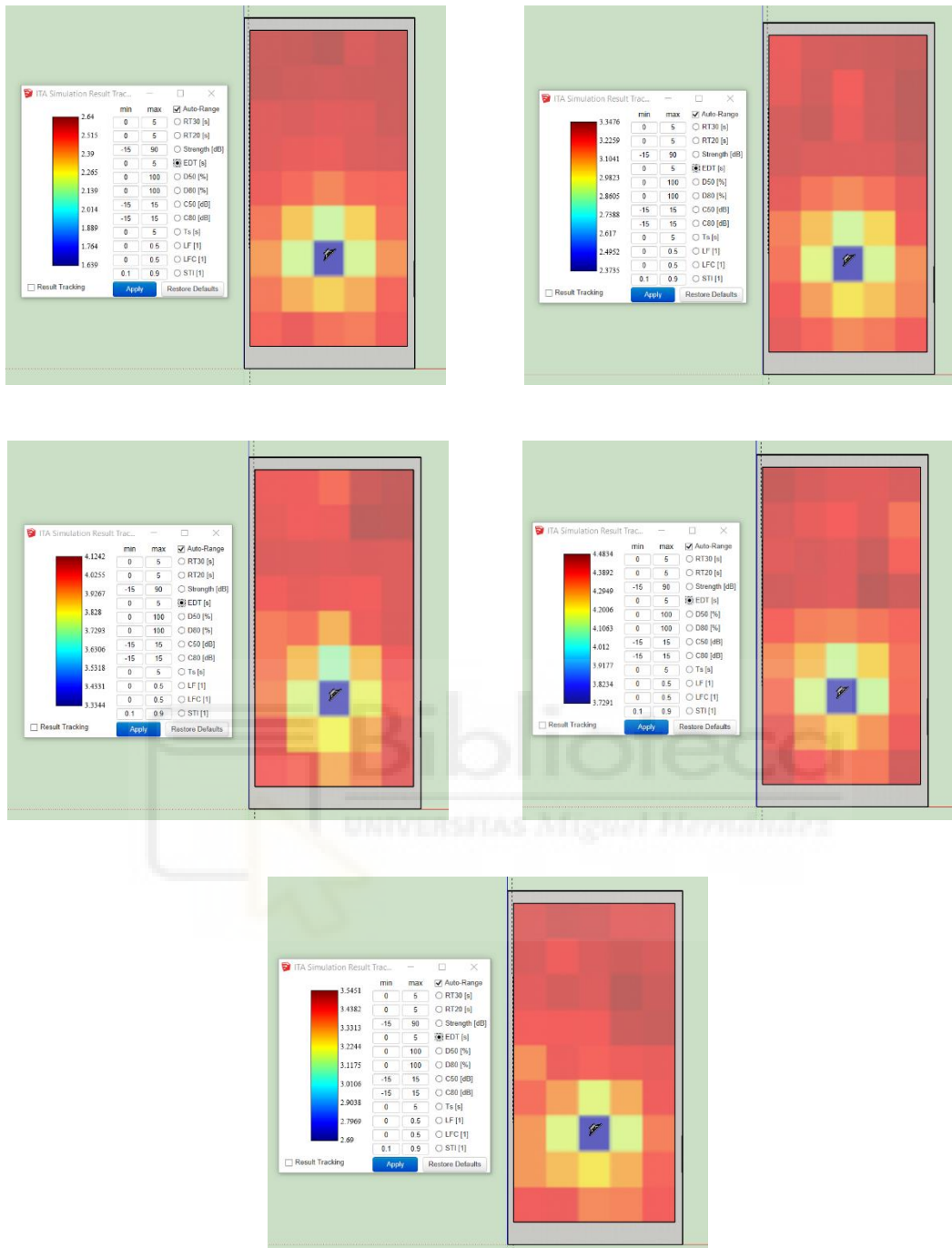


Figura 275: Conjunto de leyendas del parámetro EDT para la 1ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 1 en condiciones normales. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

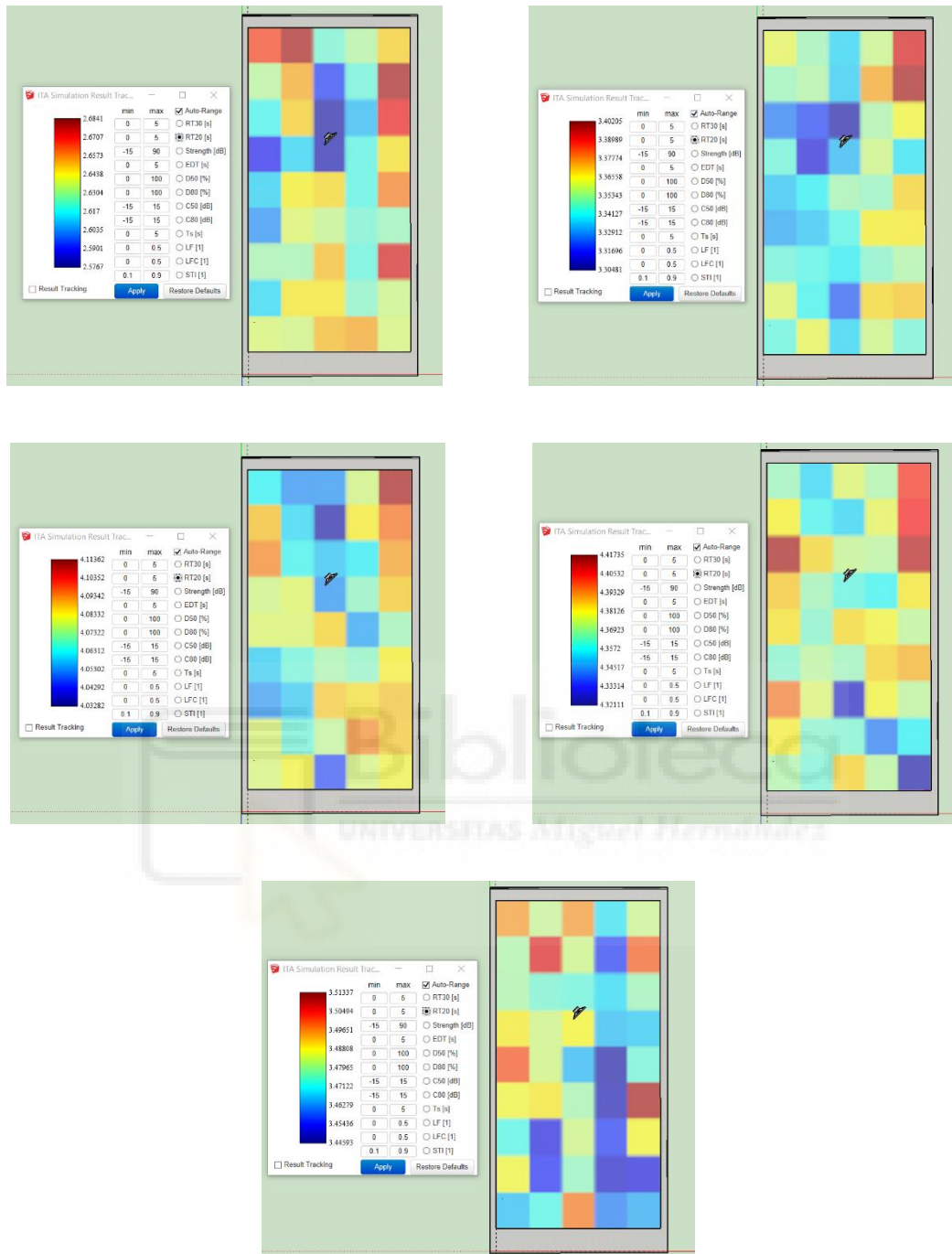


Figura 276: Conjunto de leyendas del parámetro T20 para la 2ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 1 en condiciones normales. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

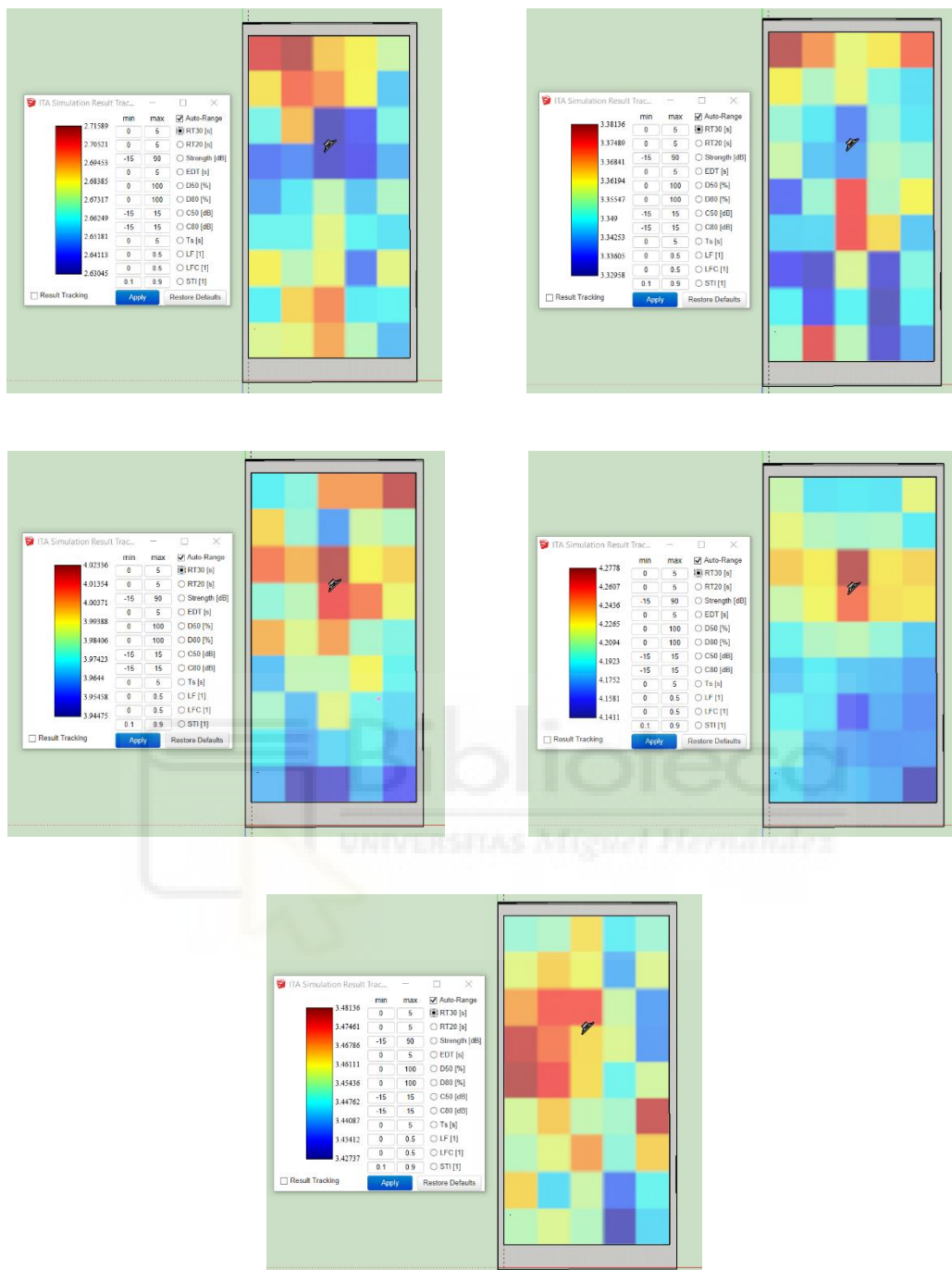


Figura 277: Conjunto de leyendas del parámetro T30 para la 2ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 1 en condiciones normales. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

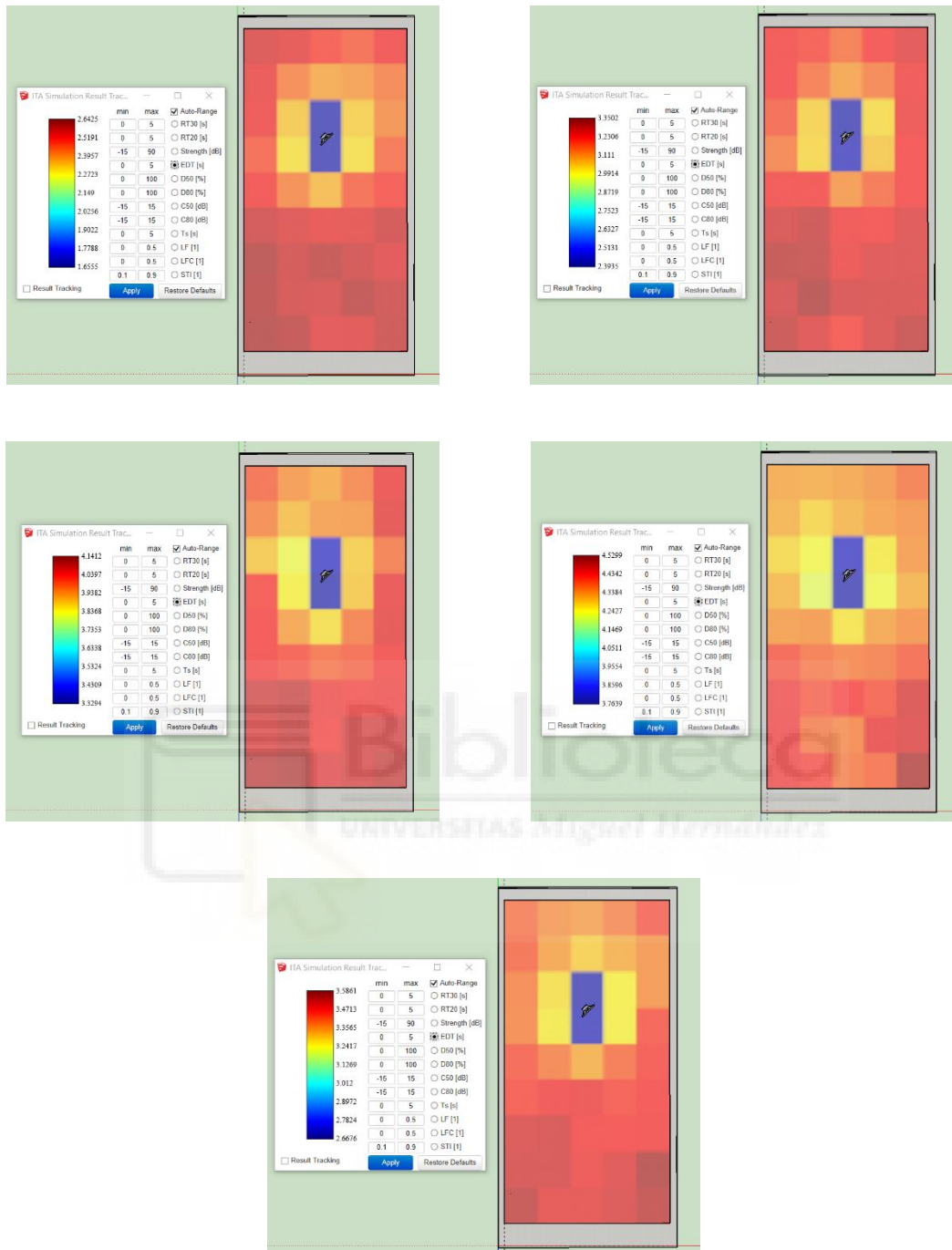


Figura 278: Conjunto de leyendas del parámetro EDT para la 2ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 1 en condiciones normales. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

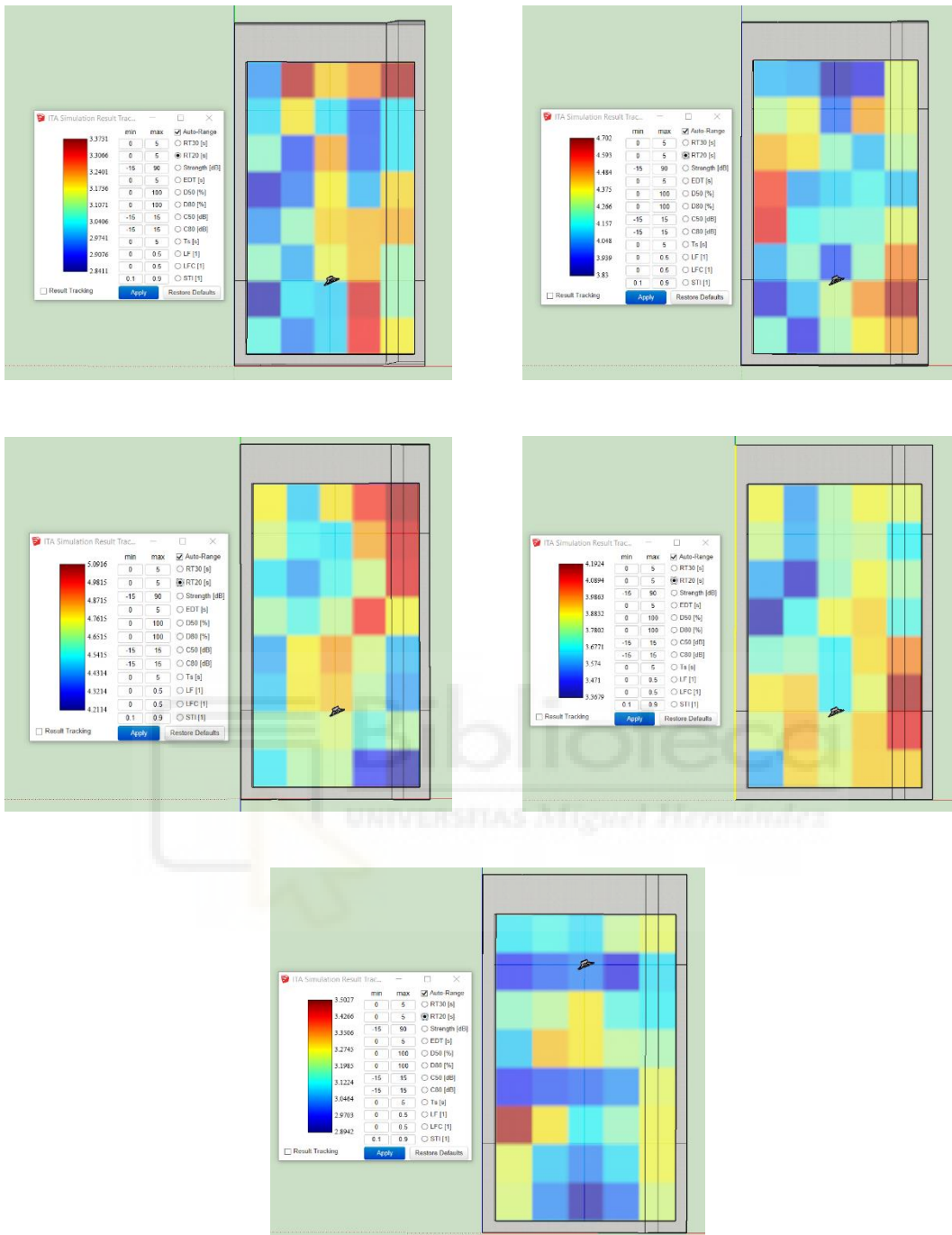


Figura 279: Conjunto de leyendas del parámetro T20 para la 1ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 5 grande en condiciones normales. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

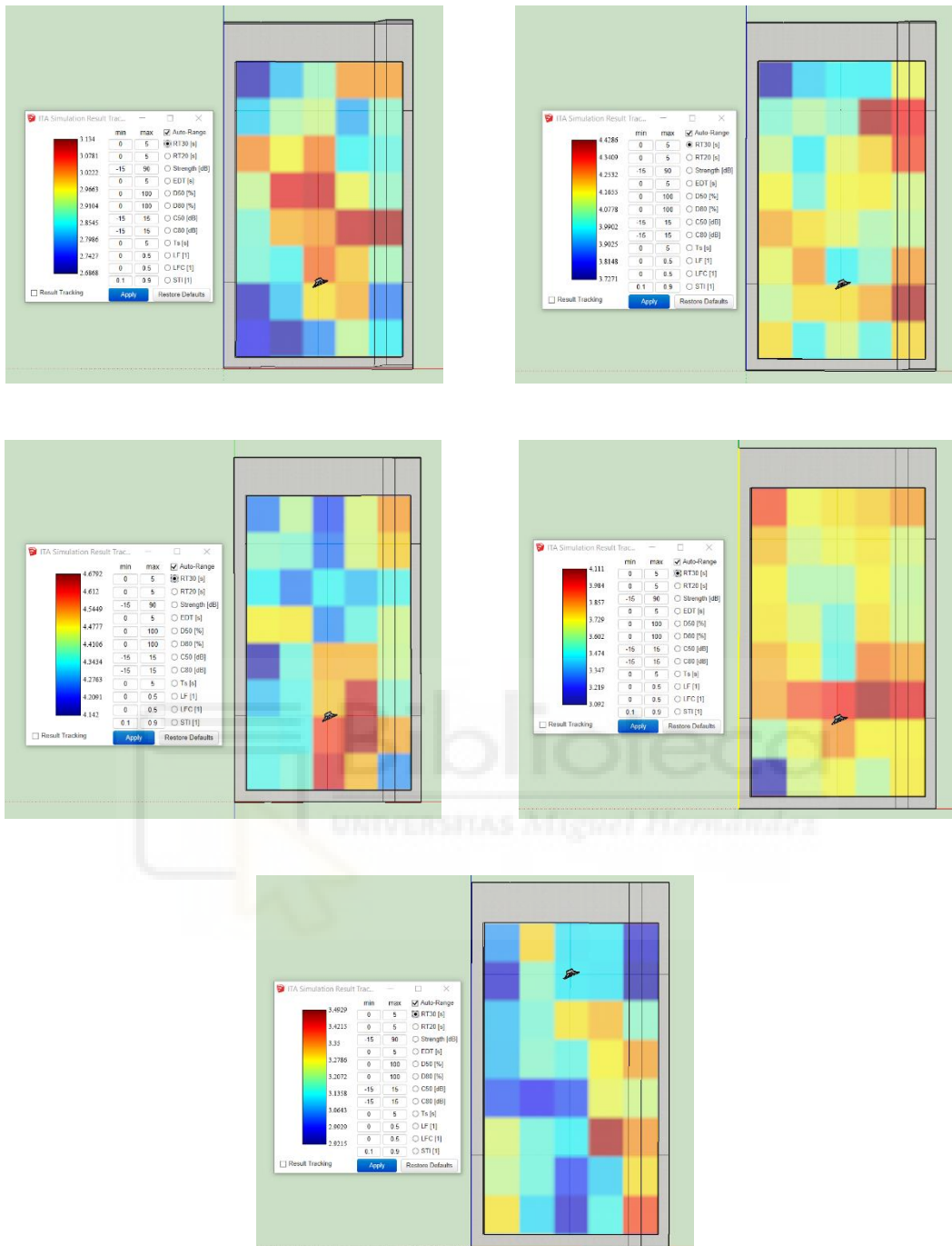


Figura 280: Conjunto de leyendas del parámetro T30 para la 1ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 5 grande en condiciones normales. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

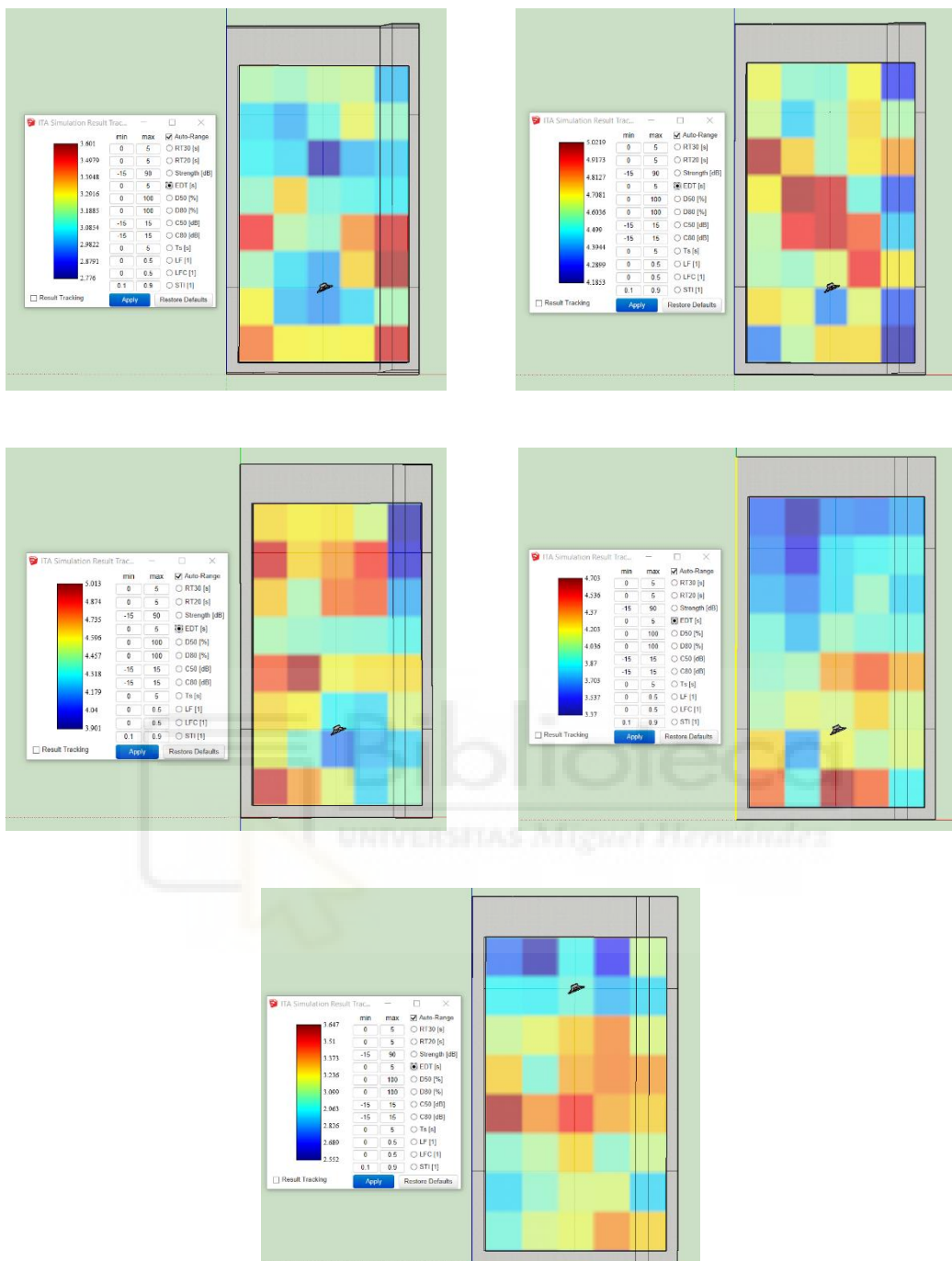


Figura 281: Conjunto de leyendas del parámetro EDT para la 1ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 5 grande en condiciones normales. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

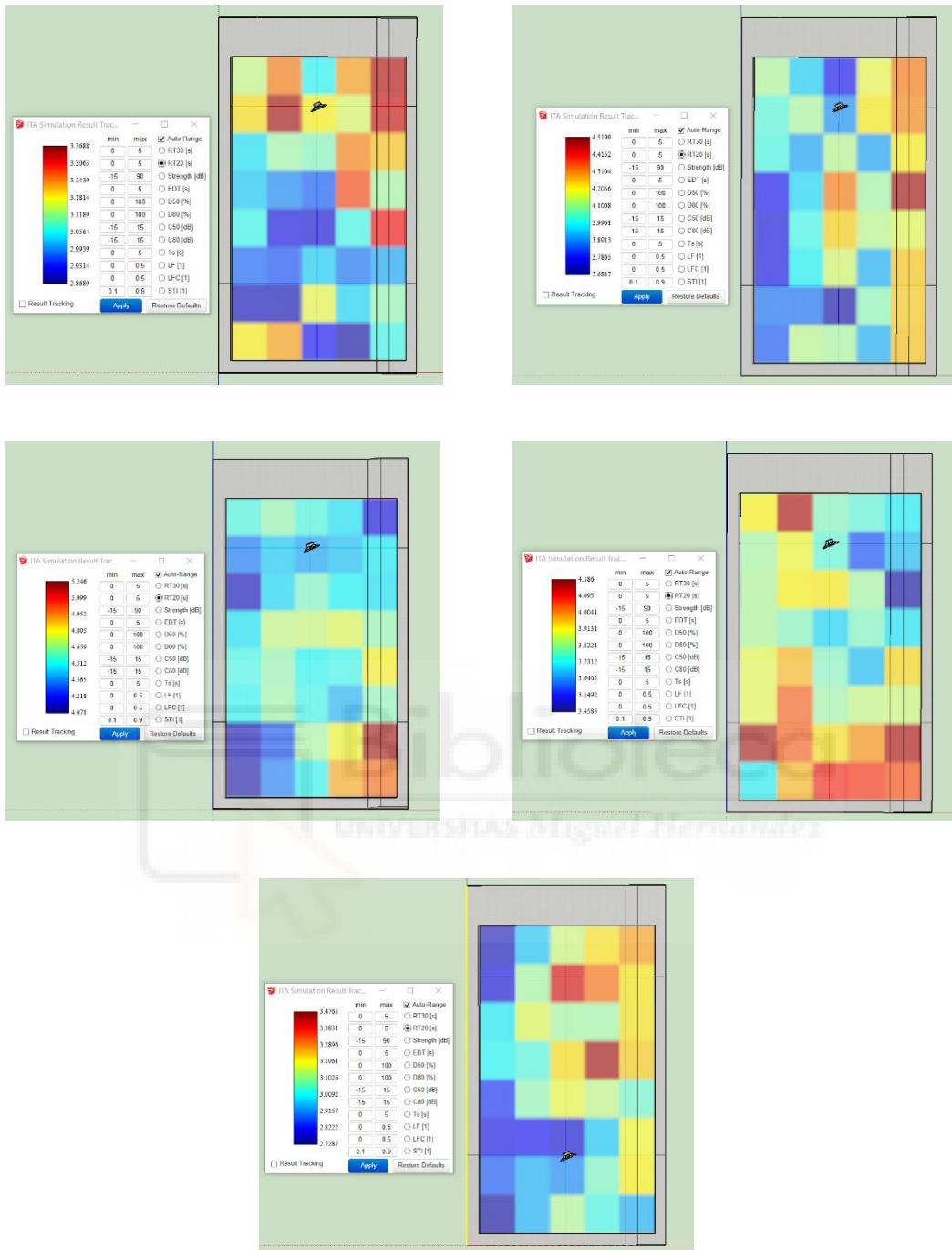


Figura 282: Conjunto de leyendas del parámetro T20 para la 2ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 5 grande en condiciones normales. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

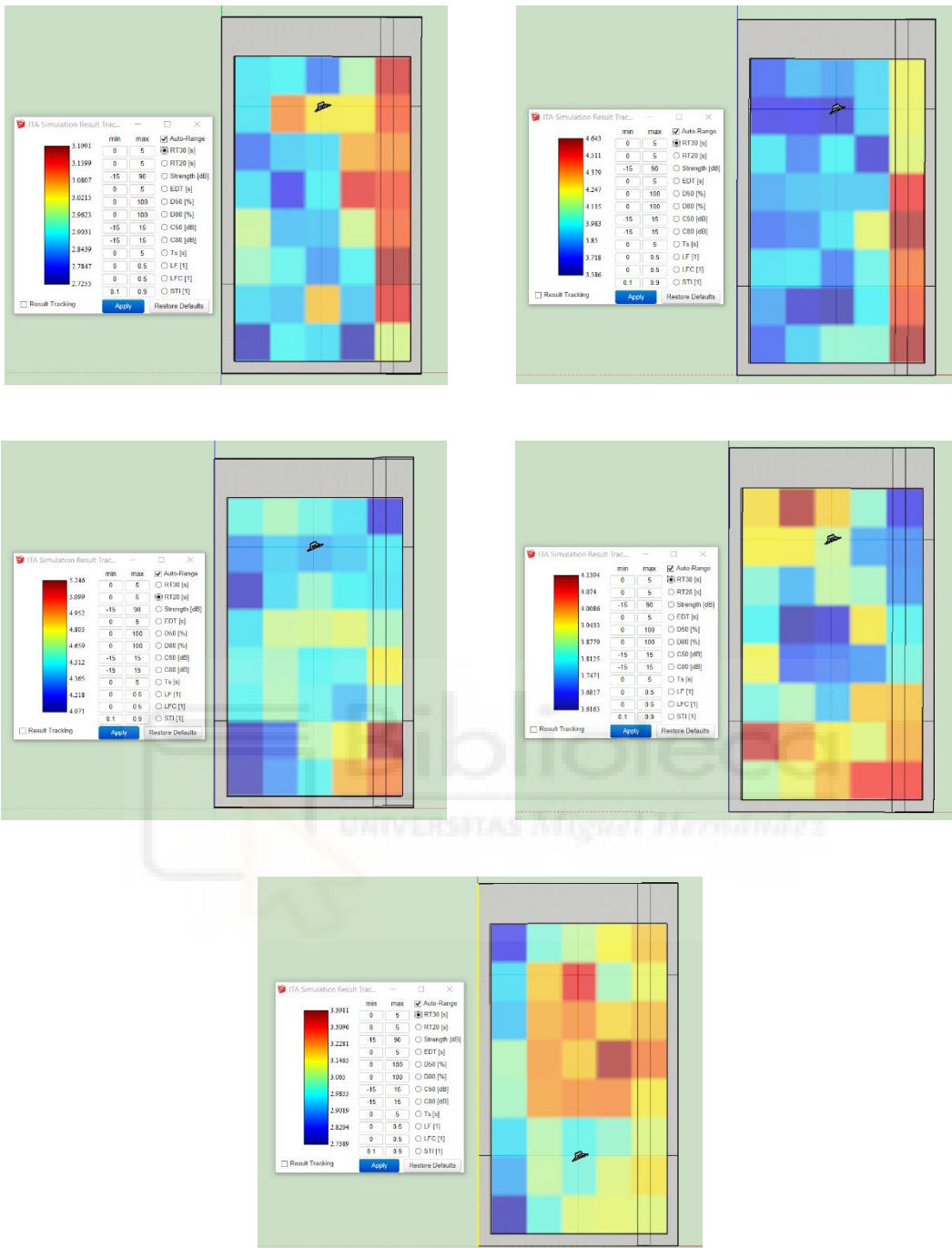


Figura 283: Conjunto de leyendas del parámetro T30 para la 2ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 5 grande en condiciones normales. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

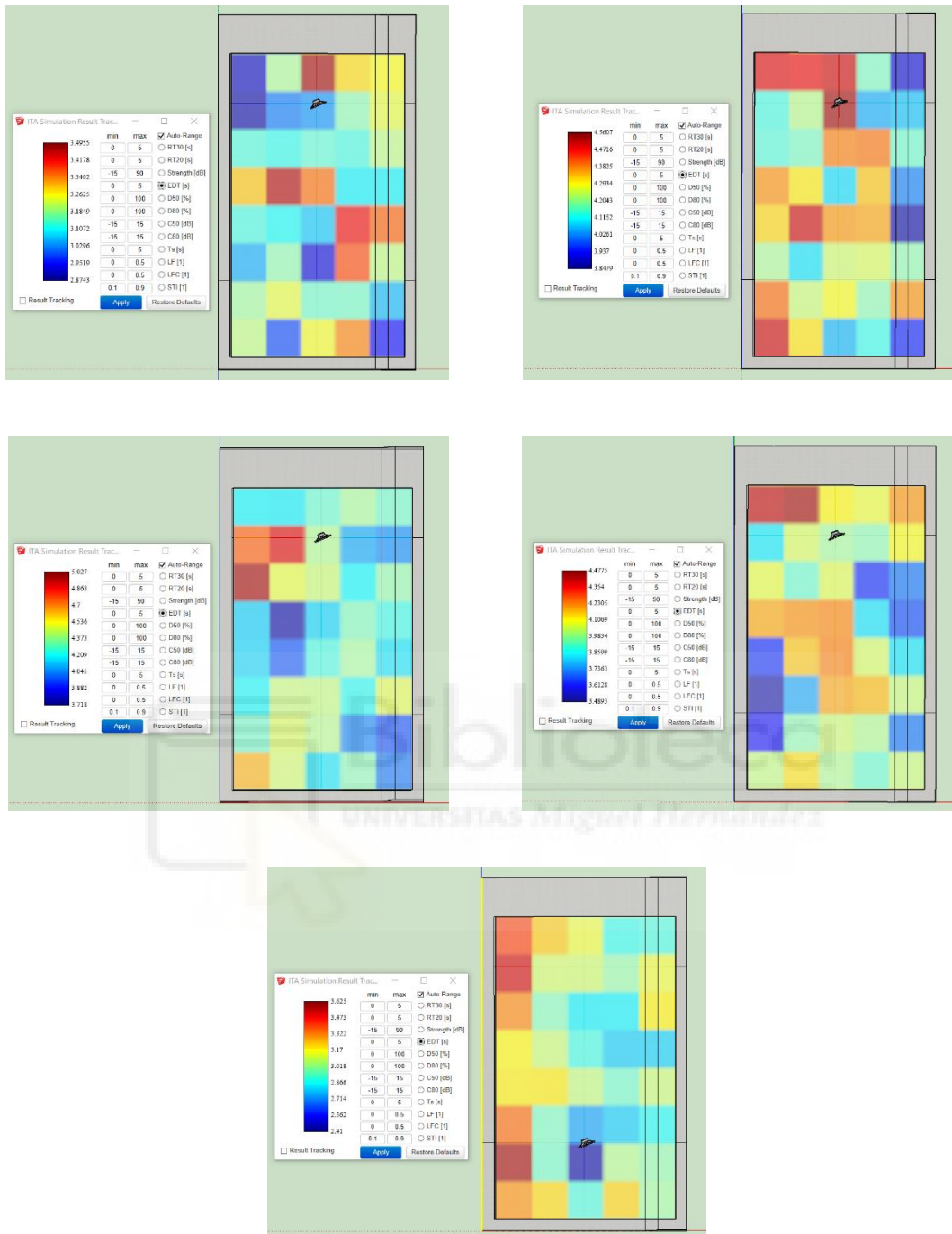


Figura 284: Conjunto de leyendas del parámetro EDT para la 2ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 5 grande en condiciones normales. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

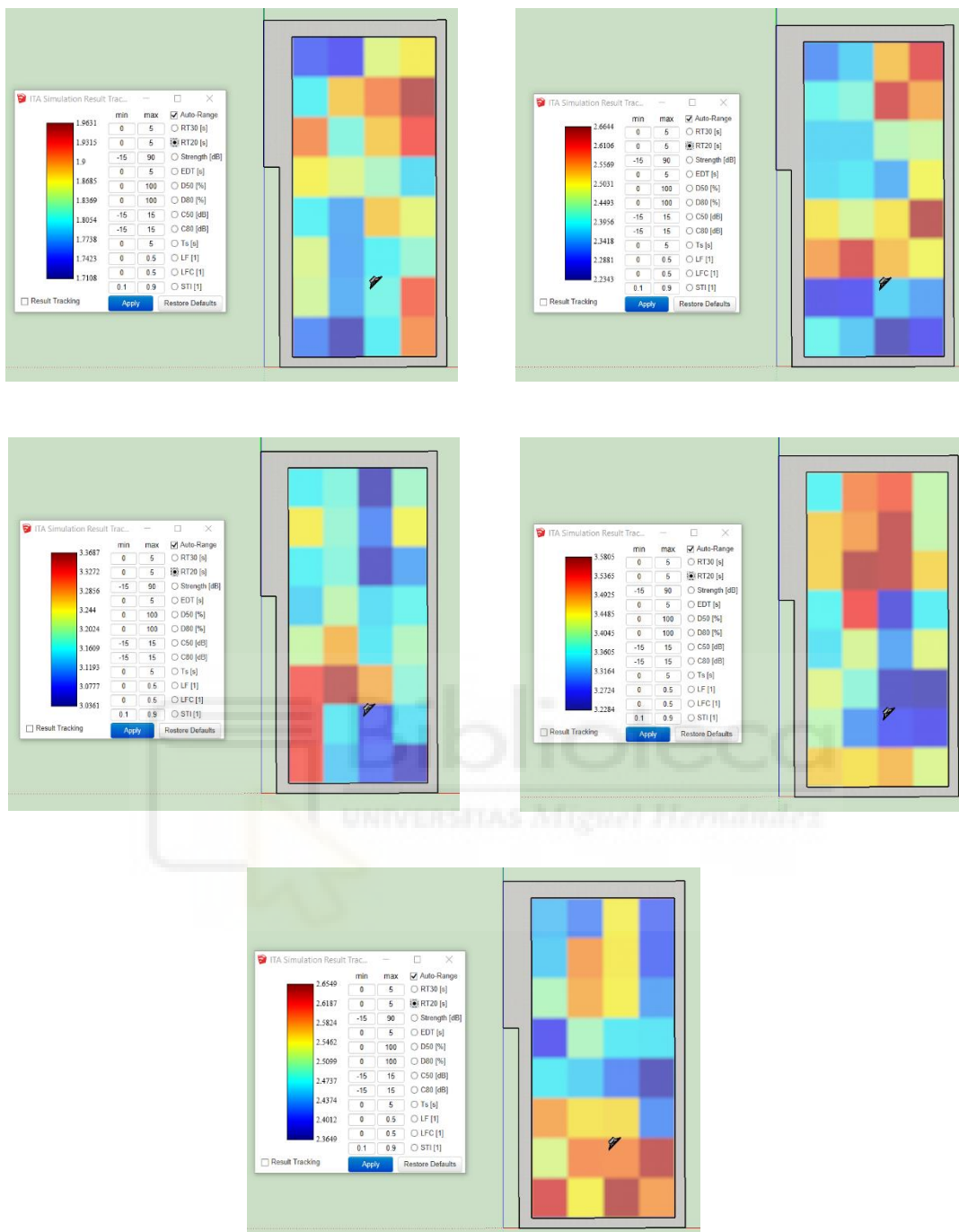


Figura 285: Conjunto de leyendas del parámetro T20 para la 1ª posición de la fuente en la simulación acústica de la Sala común en condiciones normales. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

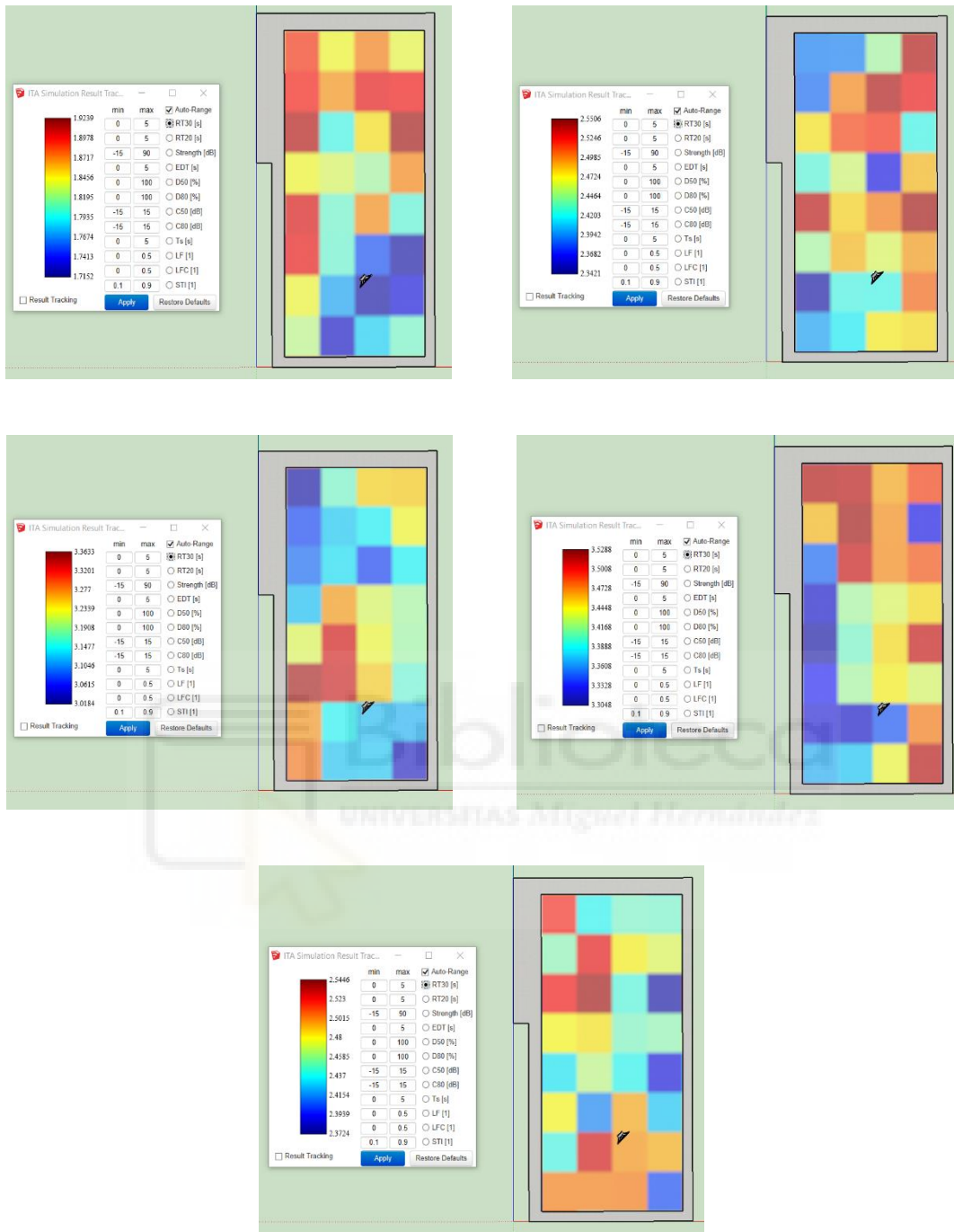


Figura 286: Conjunto de leyendas del parámetro  $T_{30}$  para la 1ª posición de la fuente en la simulación acústica de la Sala común en condiciones normales. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

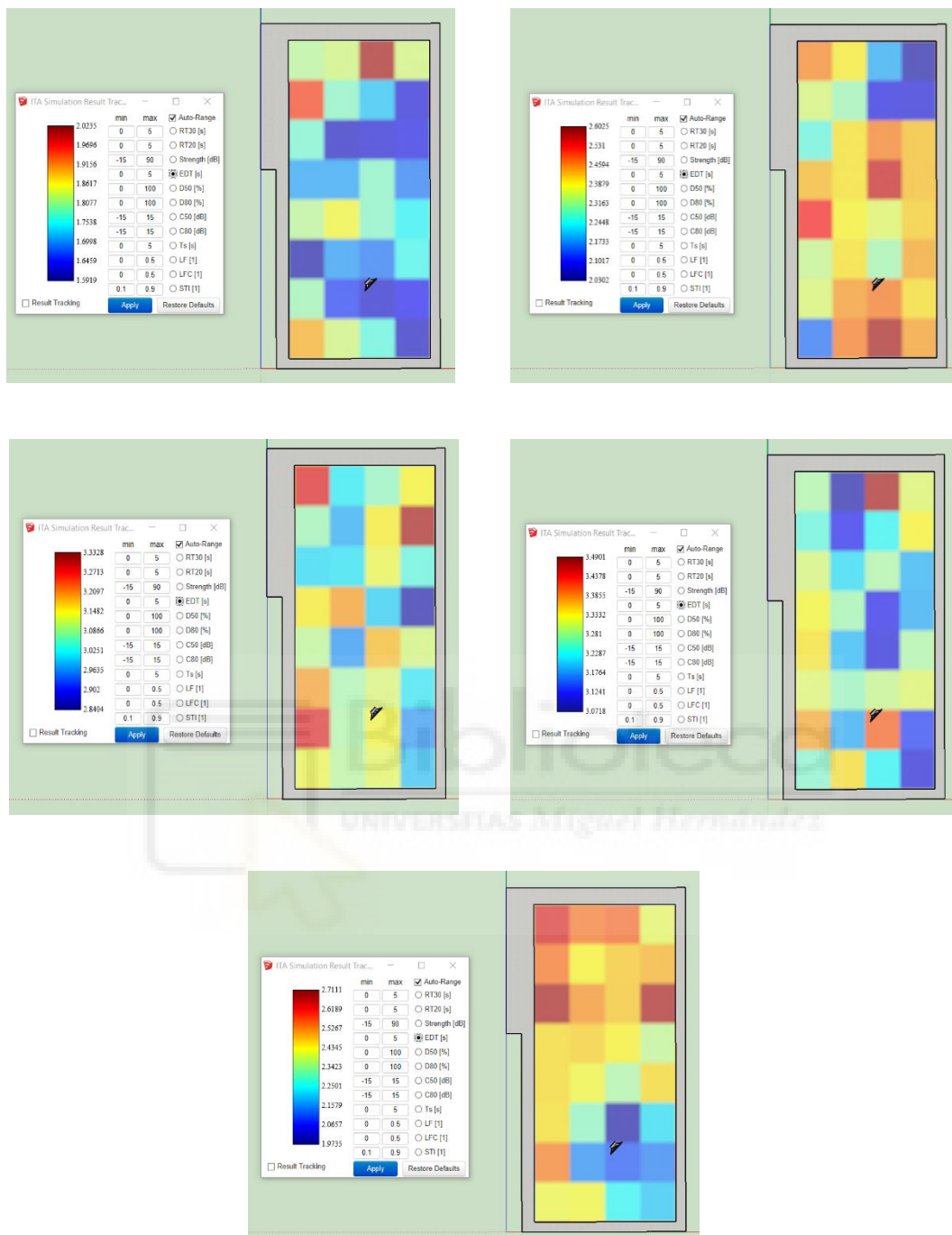


Figura 287: Conjunto de leyendas del parámetro EDT para la 1ª posición de la fuente en la simulación acústica de la Sala común en condiciones normales. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

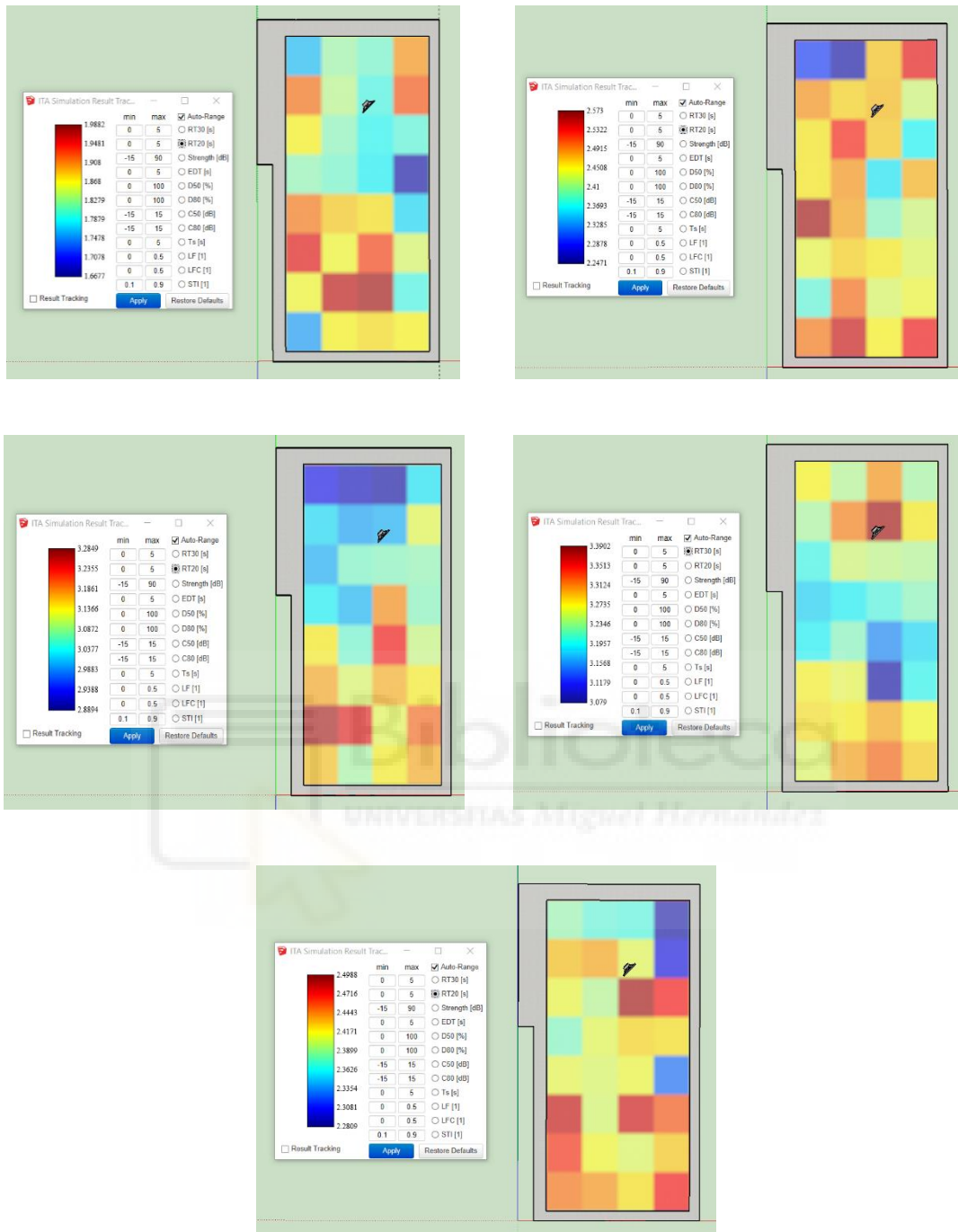


Figura 288: Conjunto de leyendas del parámetro T20 para la 2ª posición de la fuente en la simulación acústica de la Sala común en condiciones normales. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

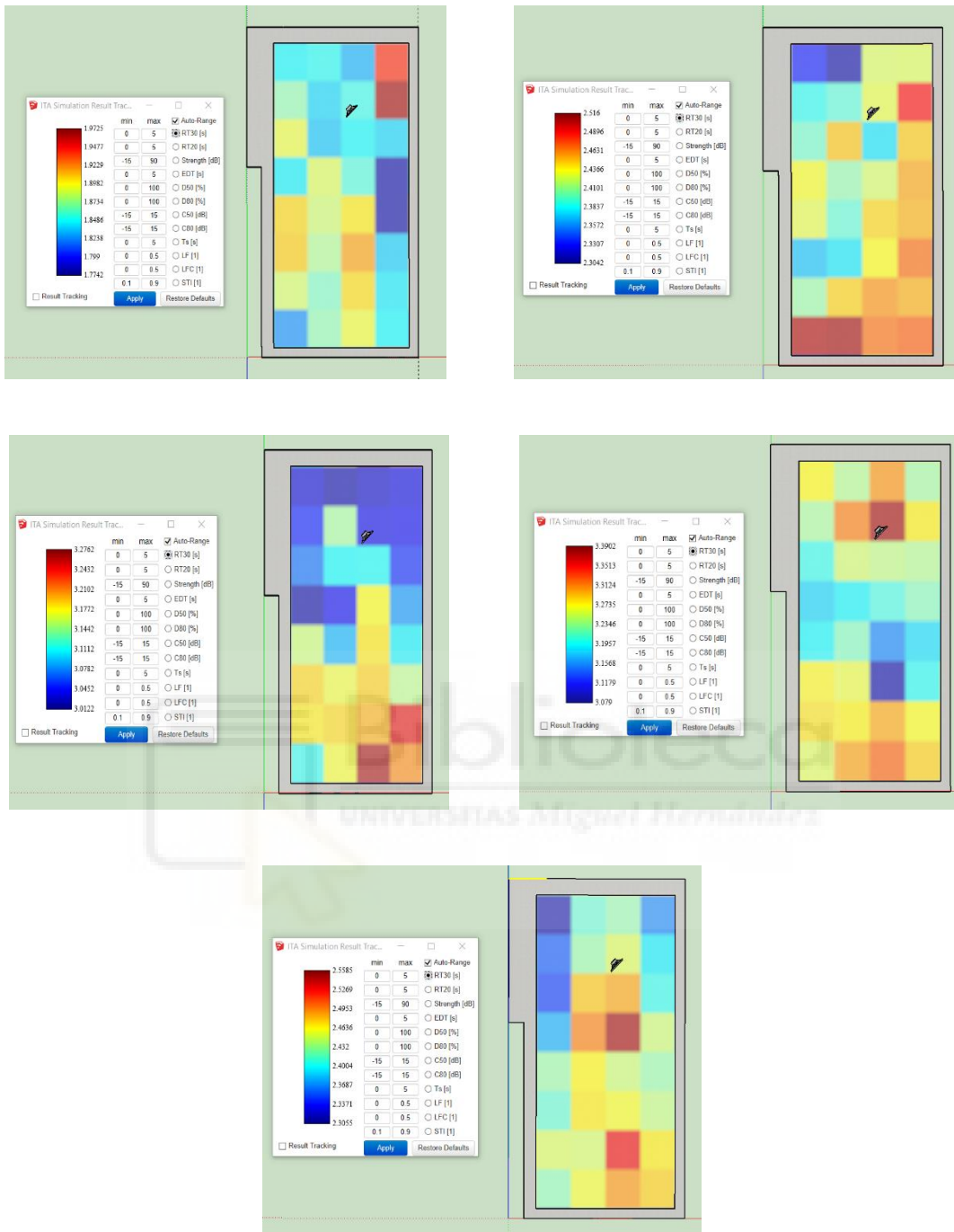


Figura 289: Conjunto de leyendas del parámetro T30 para la 2ª posición de la fuente en la simulación acústica de la Sala común en condiciones normales. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

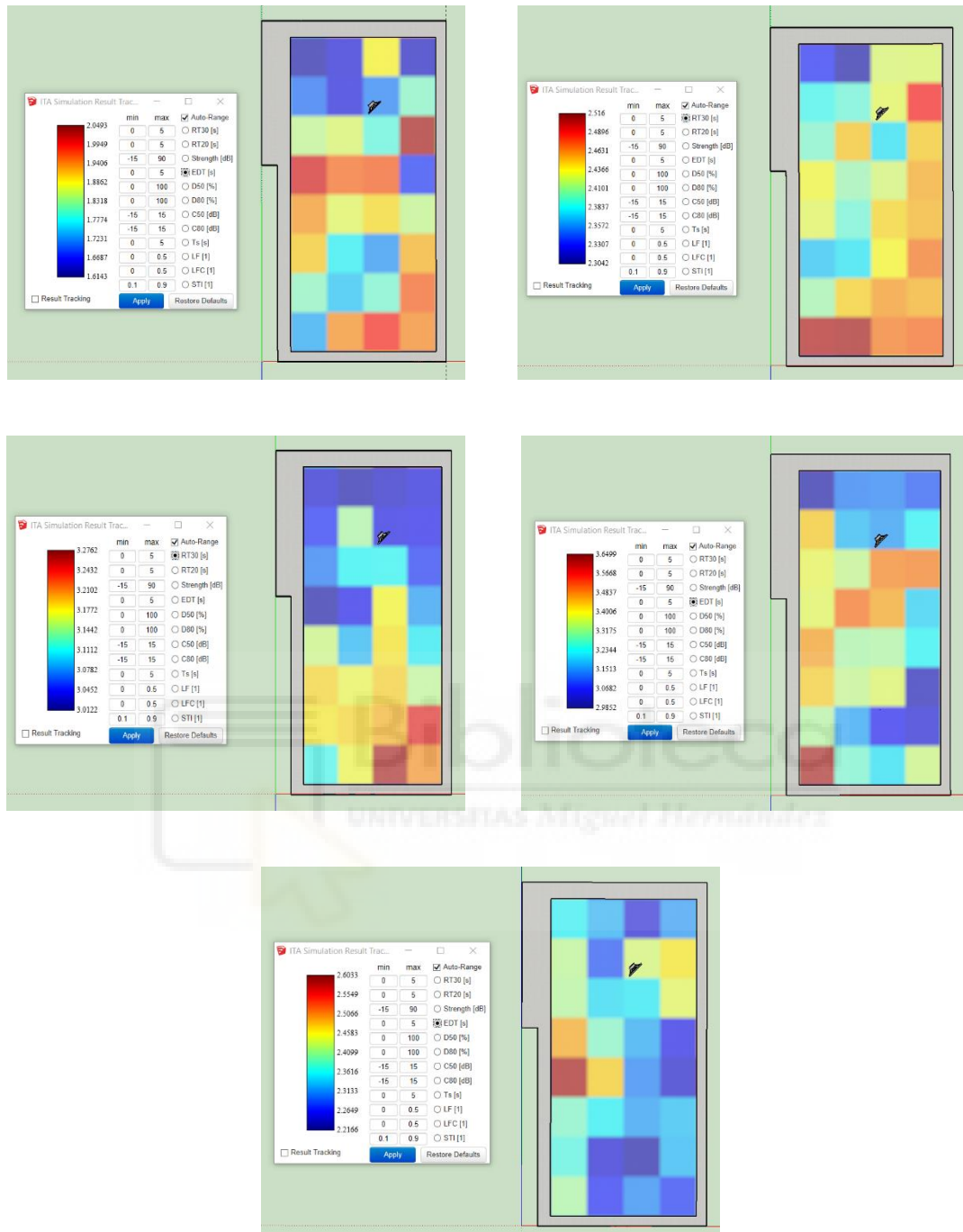


Figura 290: Conjunto de leyendas del parámetro EDT para la 2ª posición de la fuente en la simulación acústica de la Sala común en condiciones normales. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

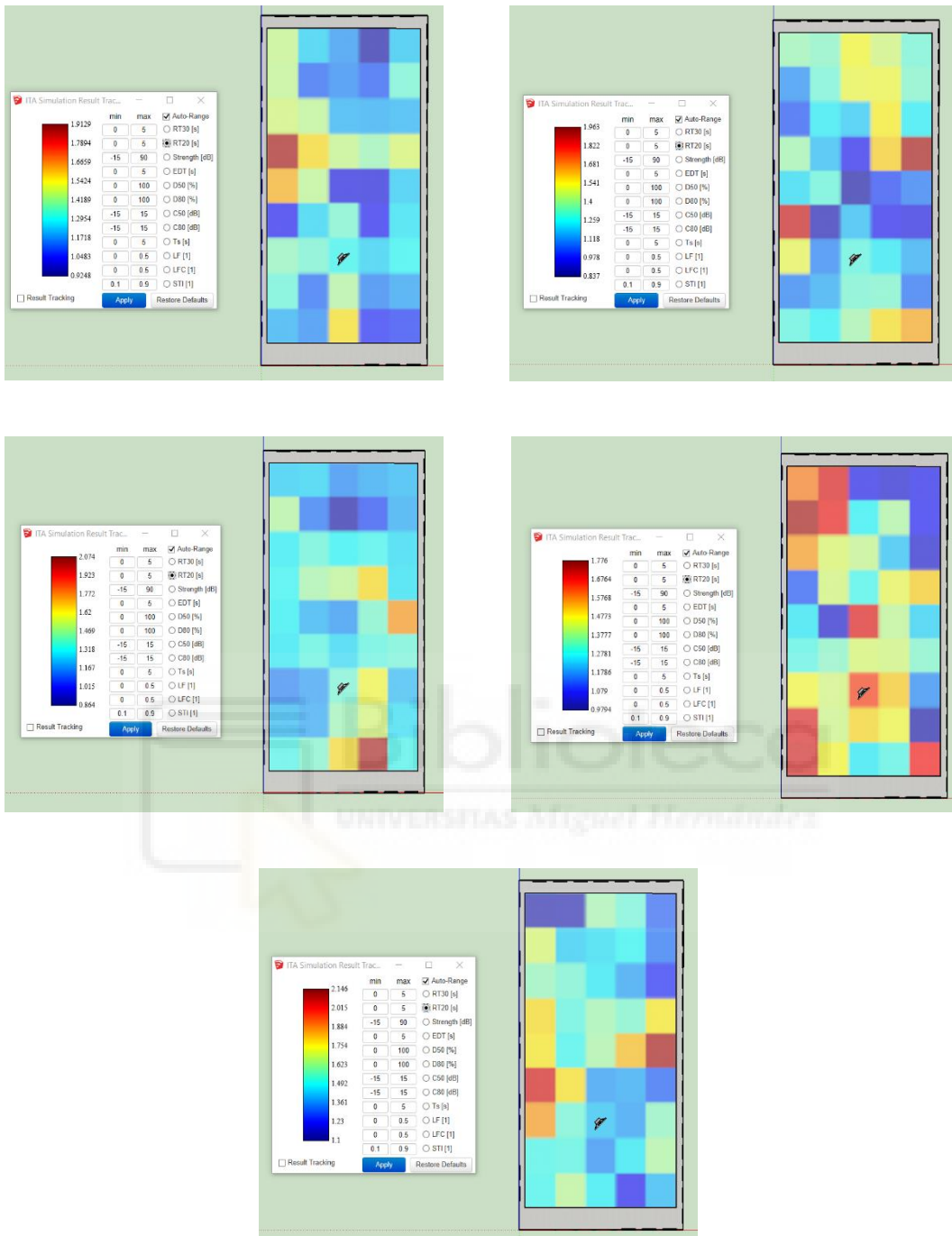


Figura 291: Conjunto de leyendas del parámetro T20 para la 1ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 1 con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

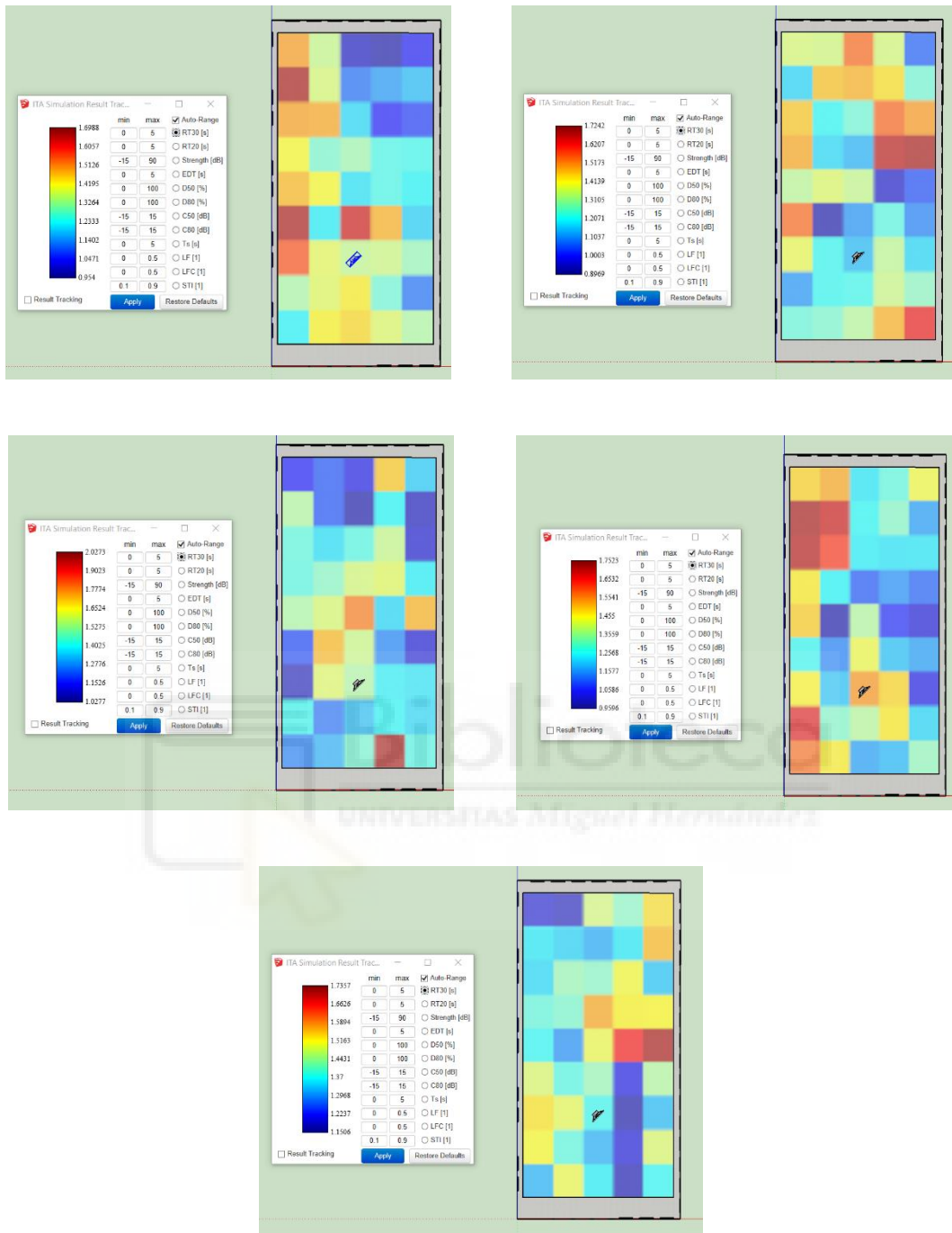


Figura 292: Conjunto de leyendas del parámetro T30 para la 1ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 1 con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

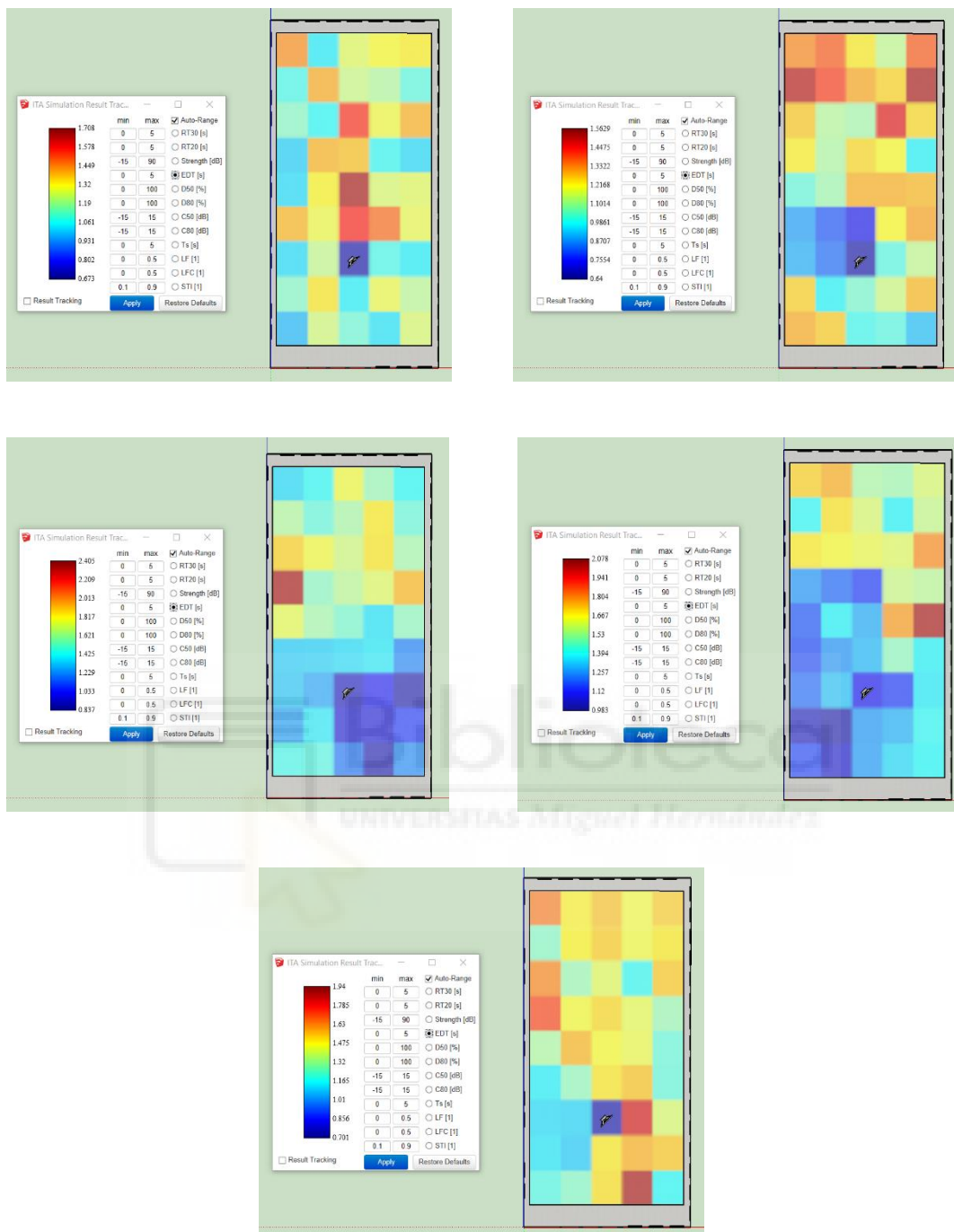


Figura 293: Conjunto de leyendas del parámetro EDT para la 1ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 1 con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

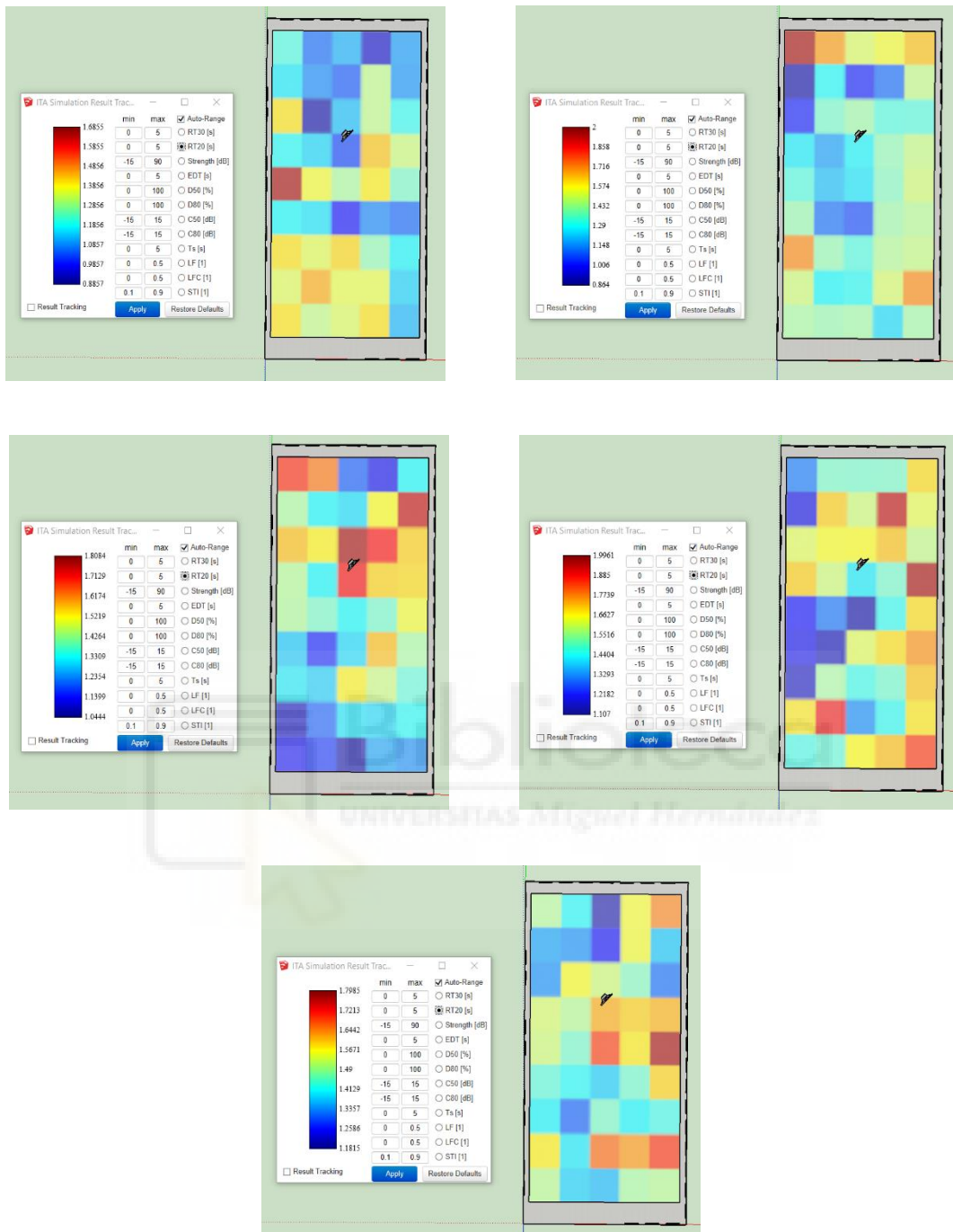


Figura 294: Conjunto de leyendas del parámetro T20 para la 2ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 1 con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

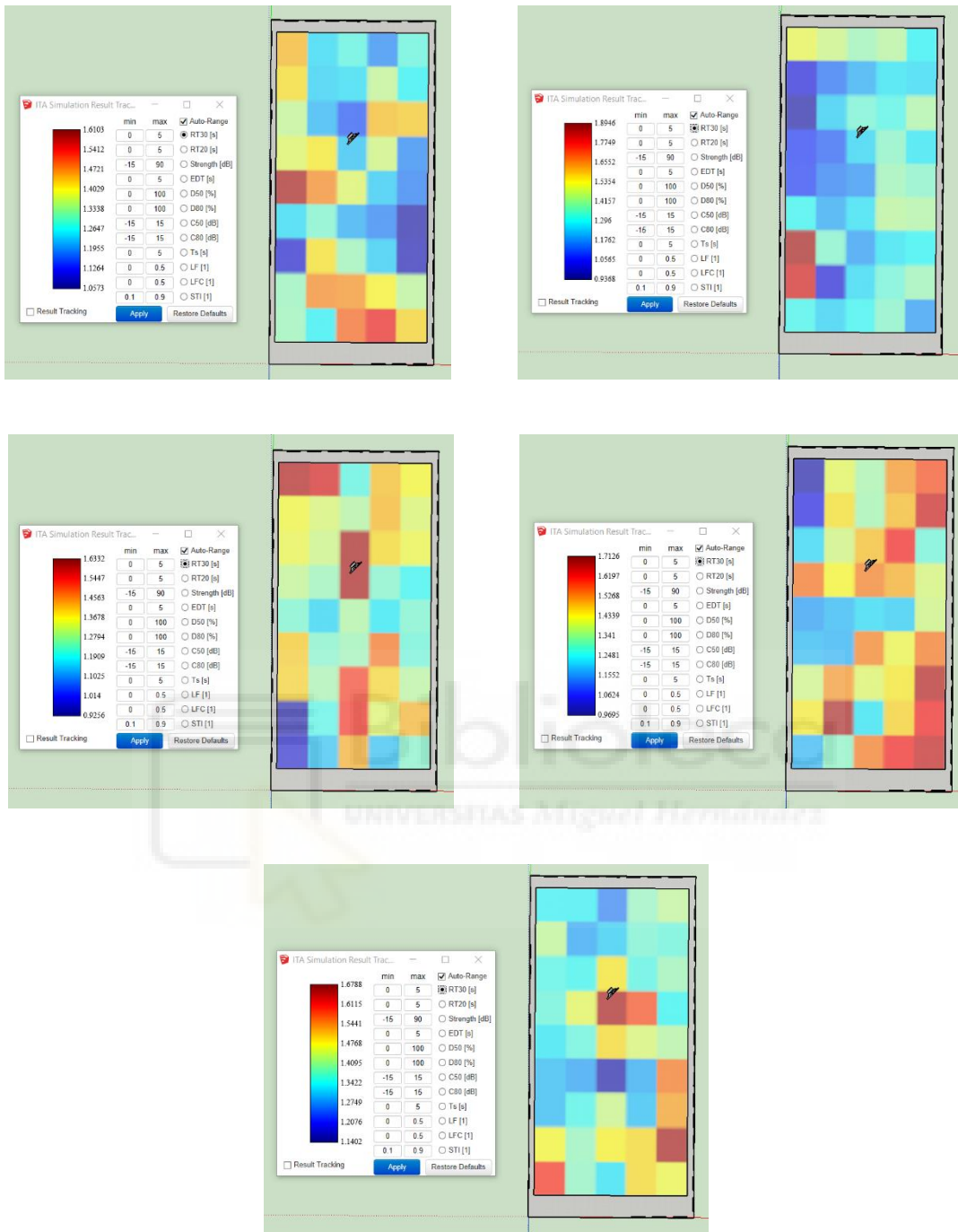


Figura 295: Conjunto de leyendas del parámetro T30 para la 2ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 1 con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

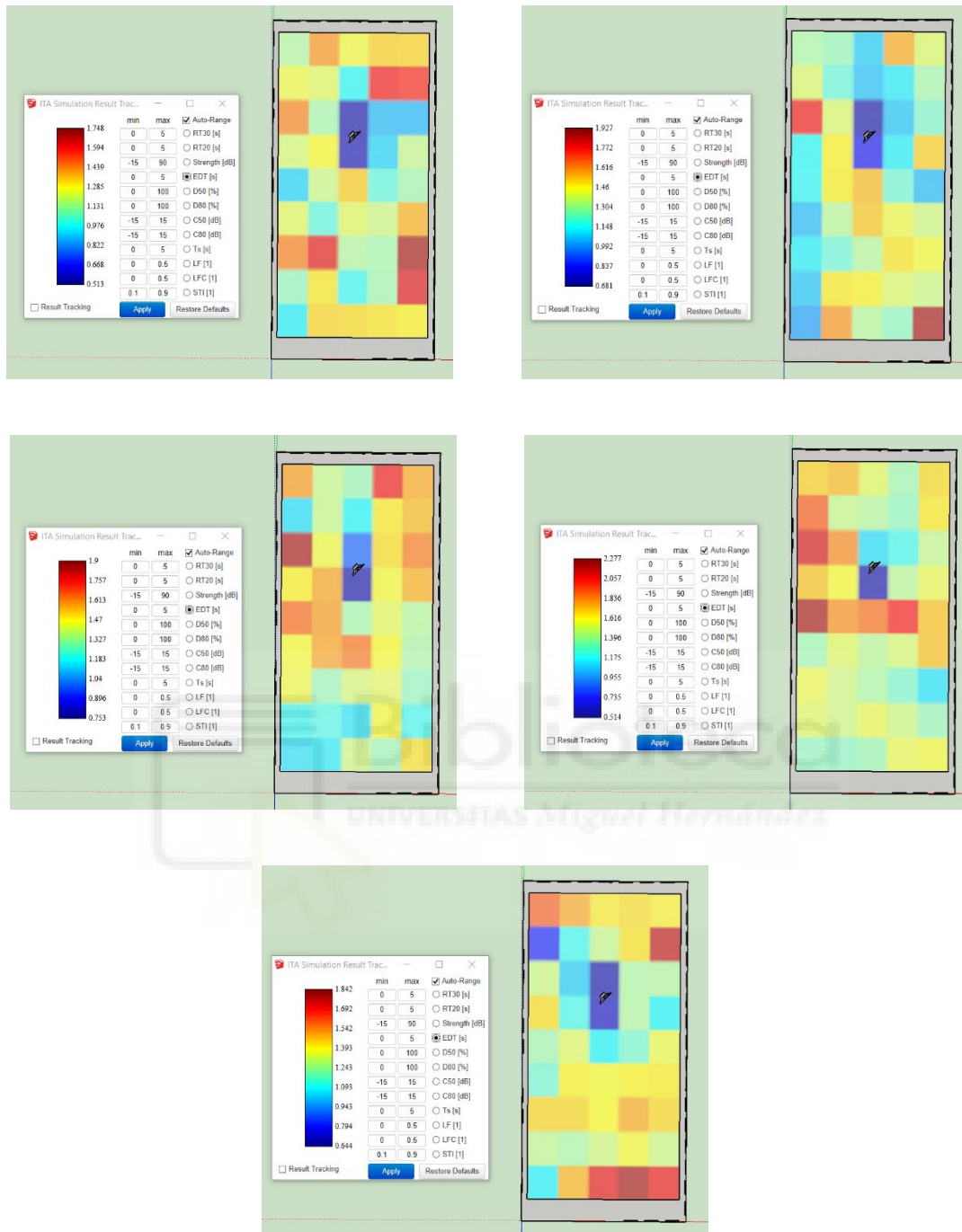


Figura 296: Conjunto de leyendas del parámetro EDT para la 2ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 1 con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

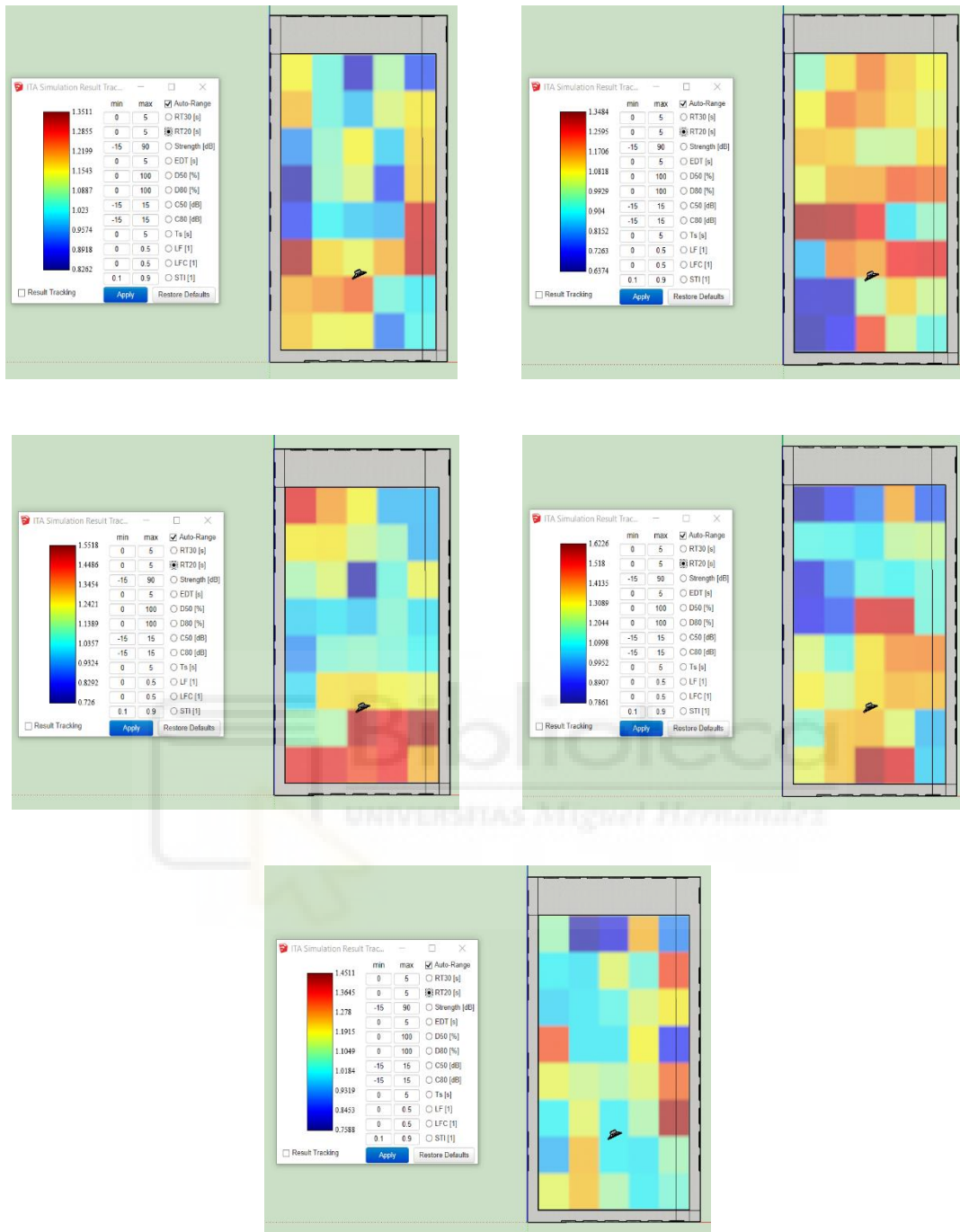


Figura 297: Conjunto de leyendas del parámetro T20 para la 1ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 5 grande con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

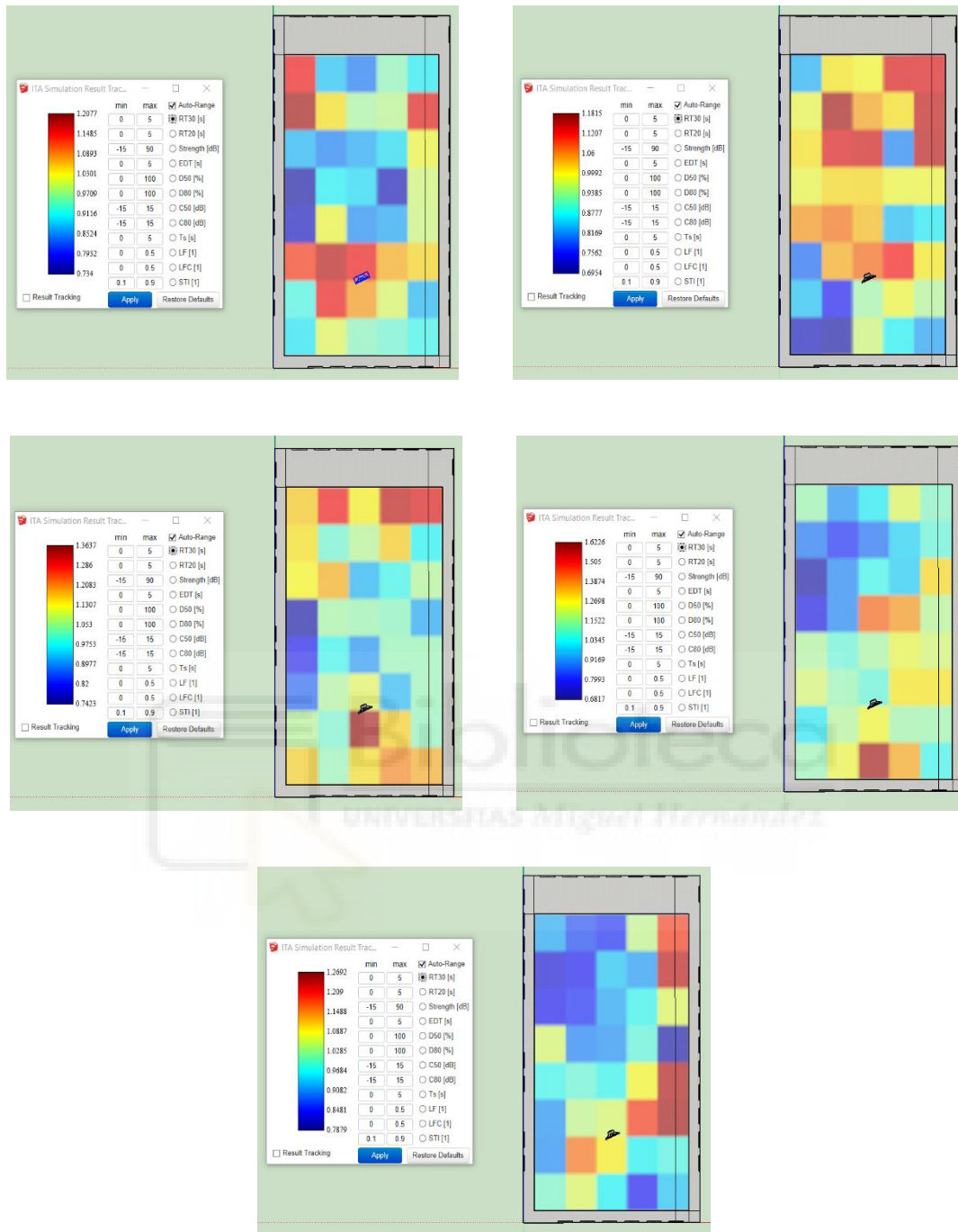


Figura 298: Conjunto de leyendas del parámetro T30 para la 1ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 5 grande con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

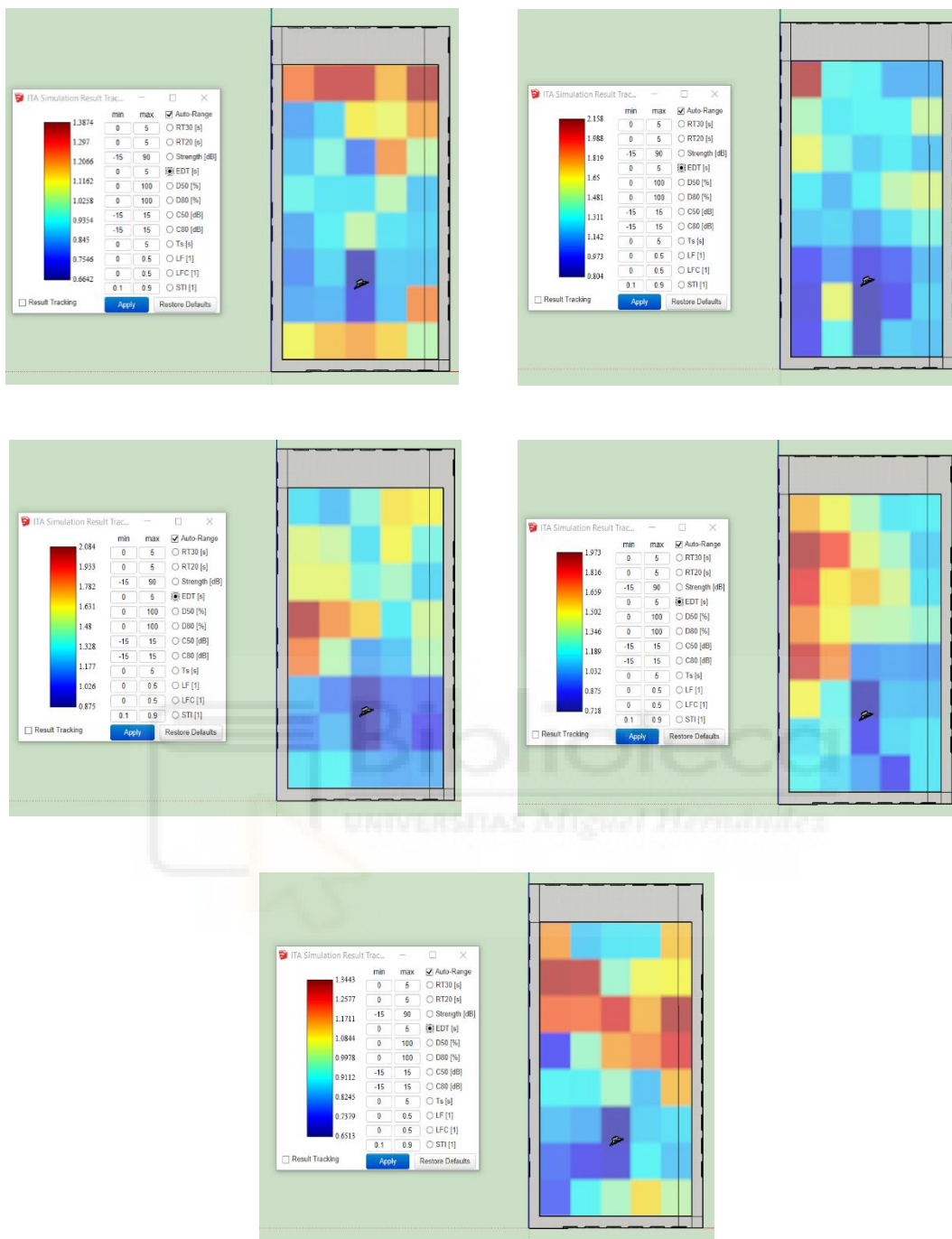


Figura 299: Conjunto de leyendas del parámetro EDT para la 1ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 5 grande con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

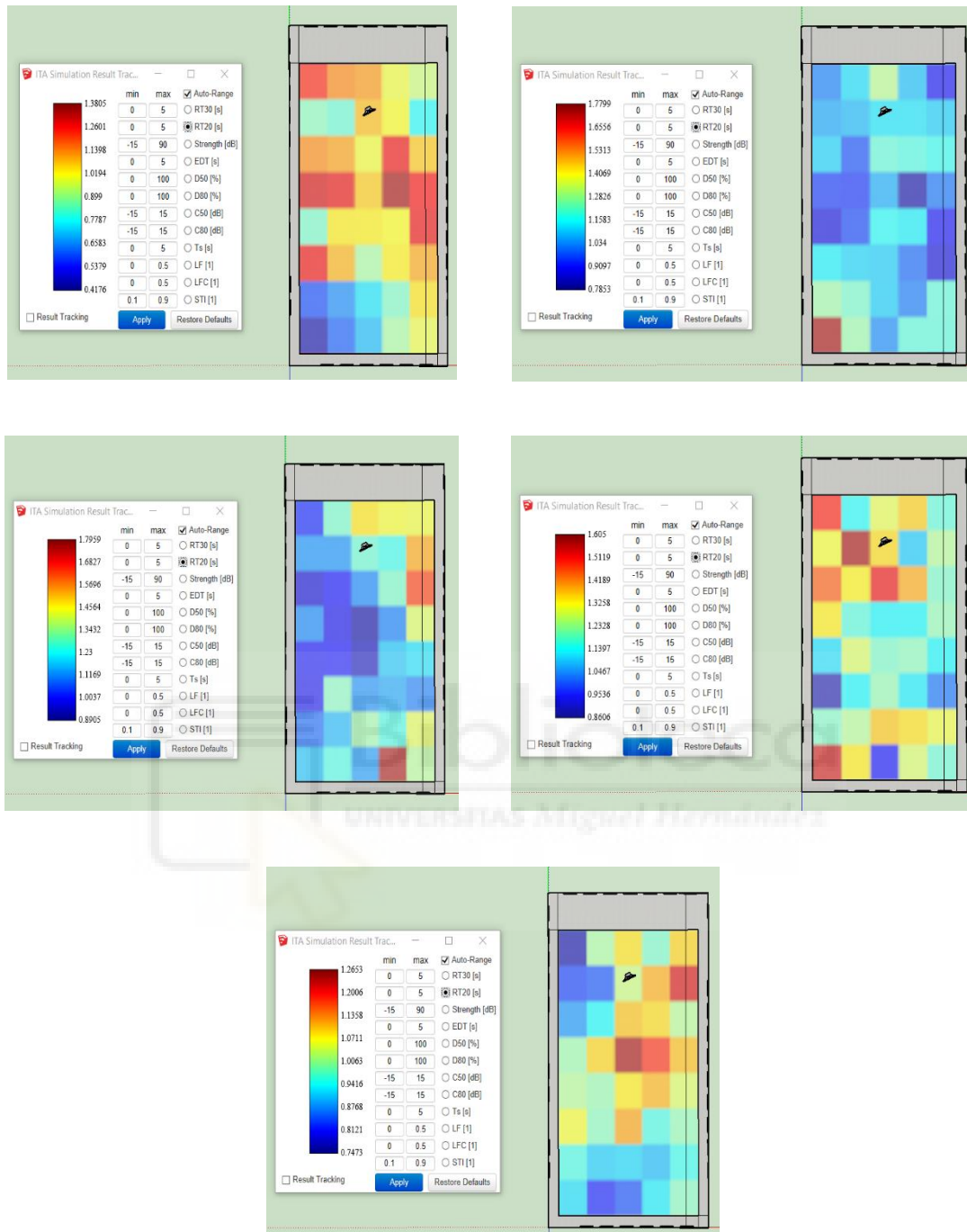


Figura 300: Conjunto de leyendas del parámetro T20 para la 2ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 5 grande con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

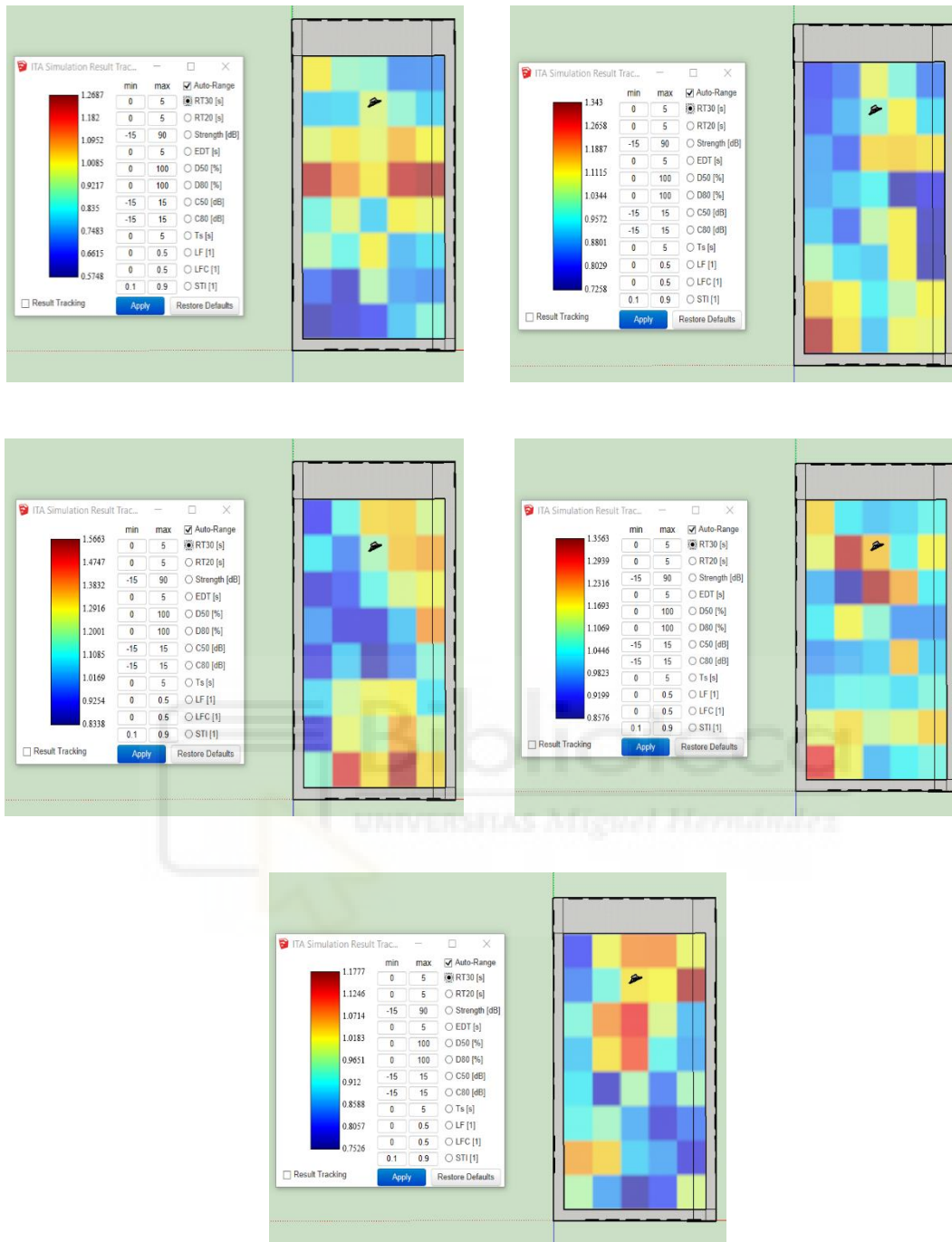


Figura 301: Conjunto de leyendas del parámetro T30 para la 2ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 5 grande con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

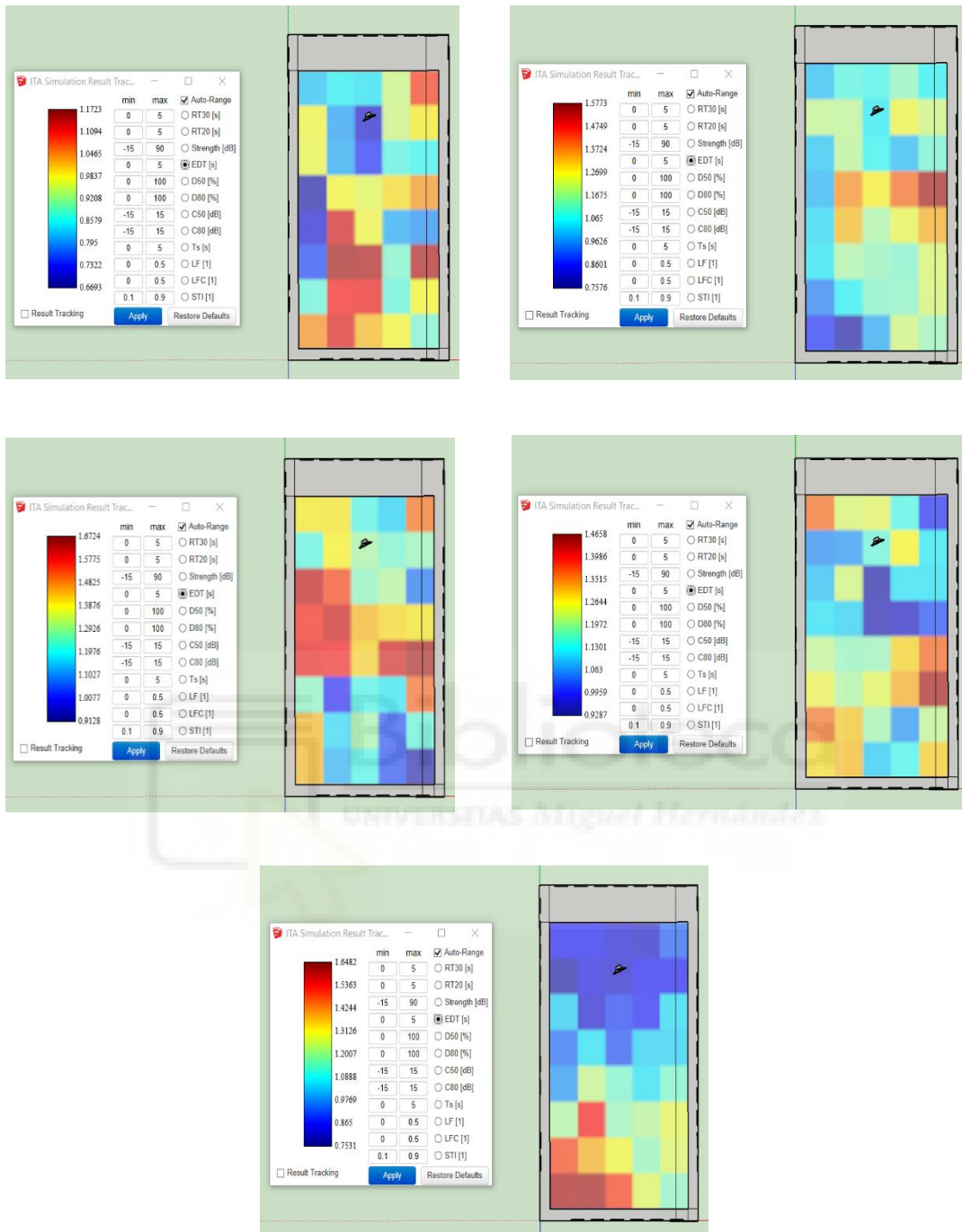


Figura 302: Conjunto de leyendas del parámetro EDT para la 2ª posición de la fuente en la simulación acústica del Laboratorio IME 5 grande con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

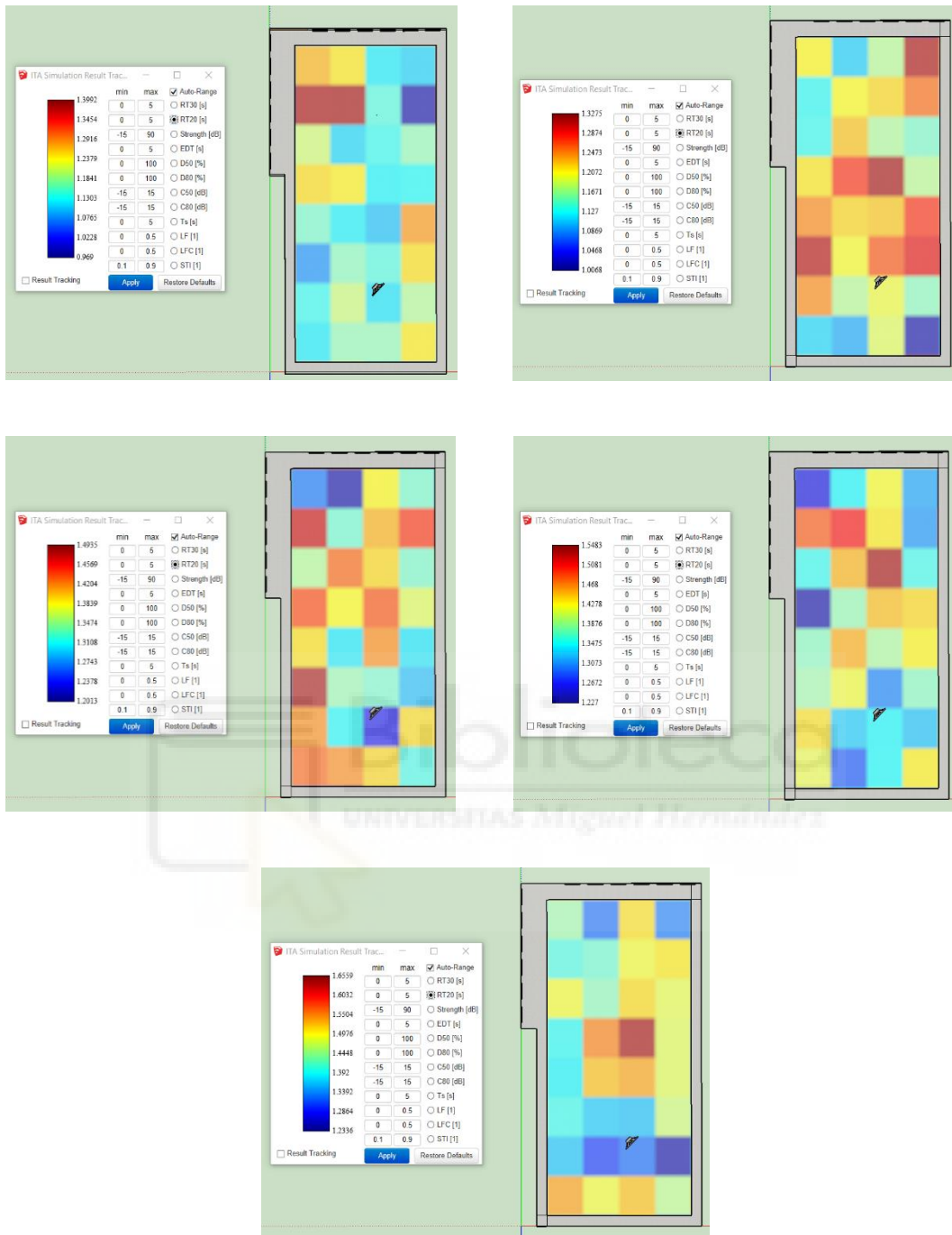


Figura 303: Conjunto de leyendas del parámetro T20 para la 1ª posición de la fuente en la simulación acústica de la Sala común con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

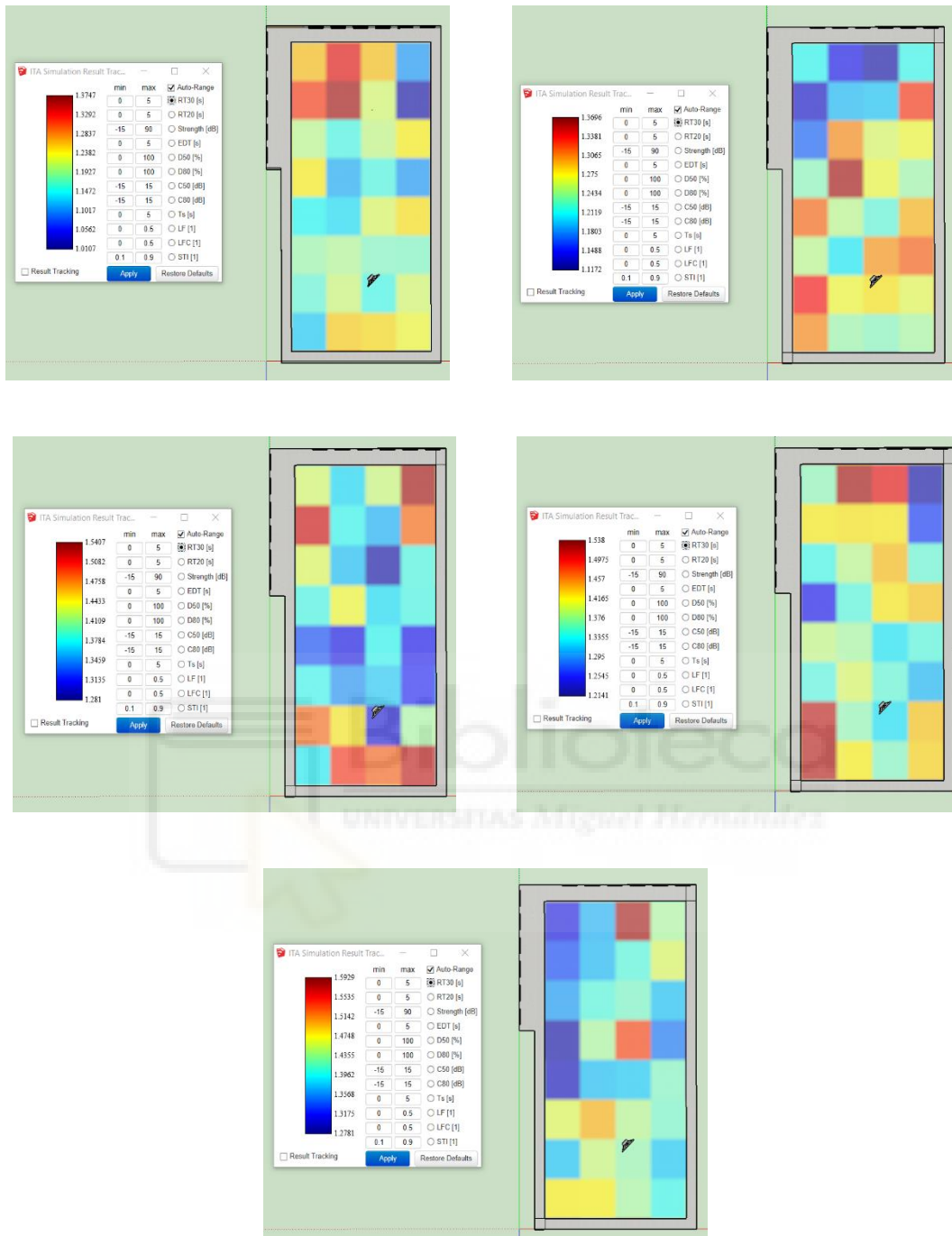


Figura 304: Conjunto de leyendas del parámetro T30 para la 1ª posición de la fuente en la simulación acústica de la Sala común con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

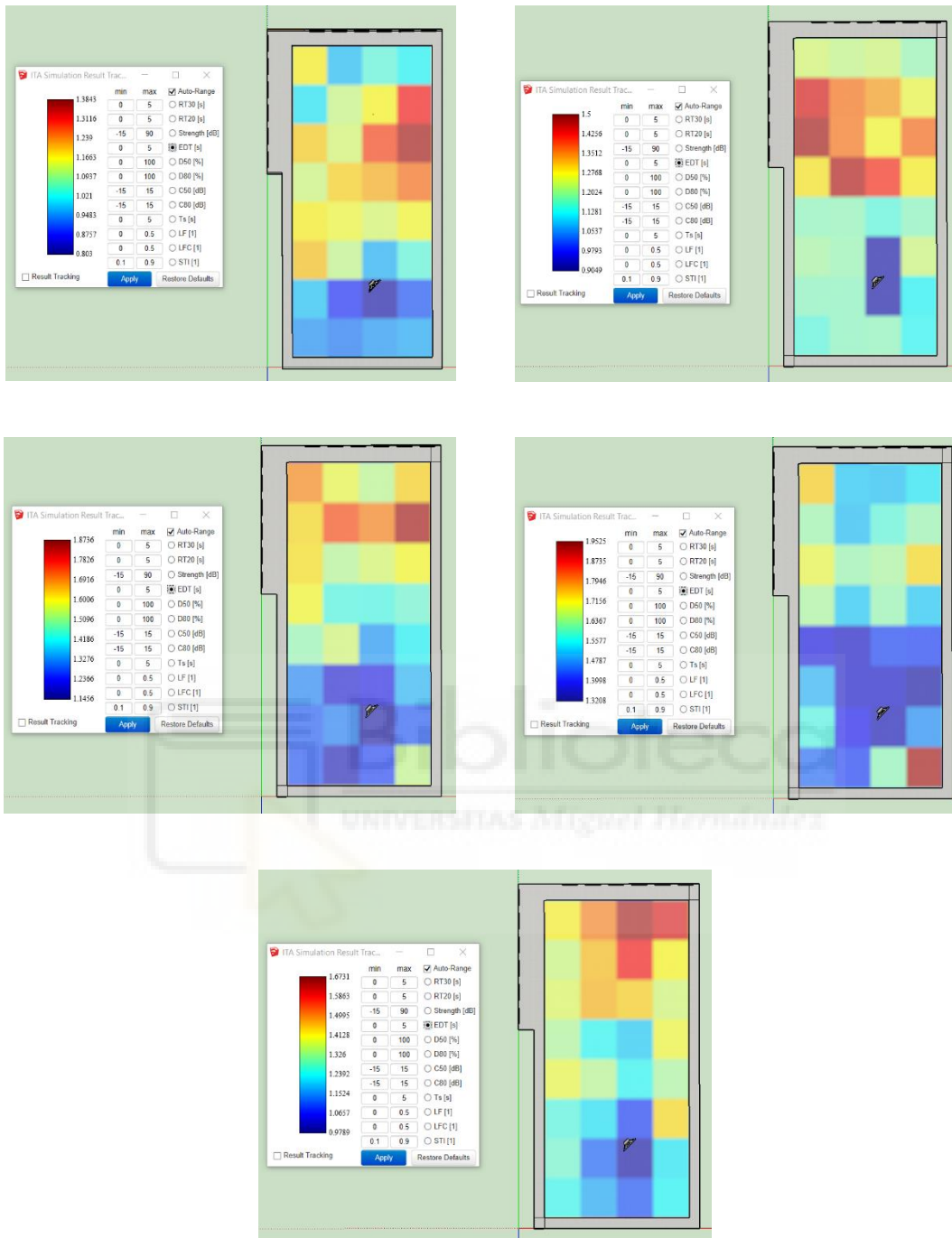


Figura 305: Conjunto de leyendas del parámetro EDT para la 1ª posición de la fuente en la simulación acústica de la Sala común con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

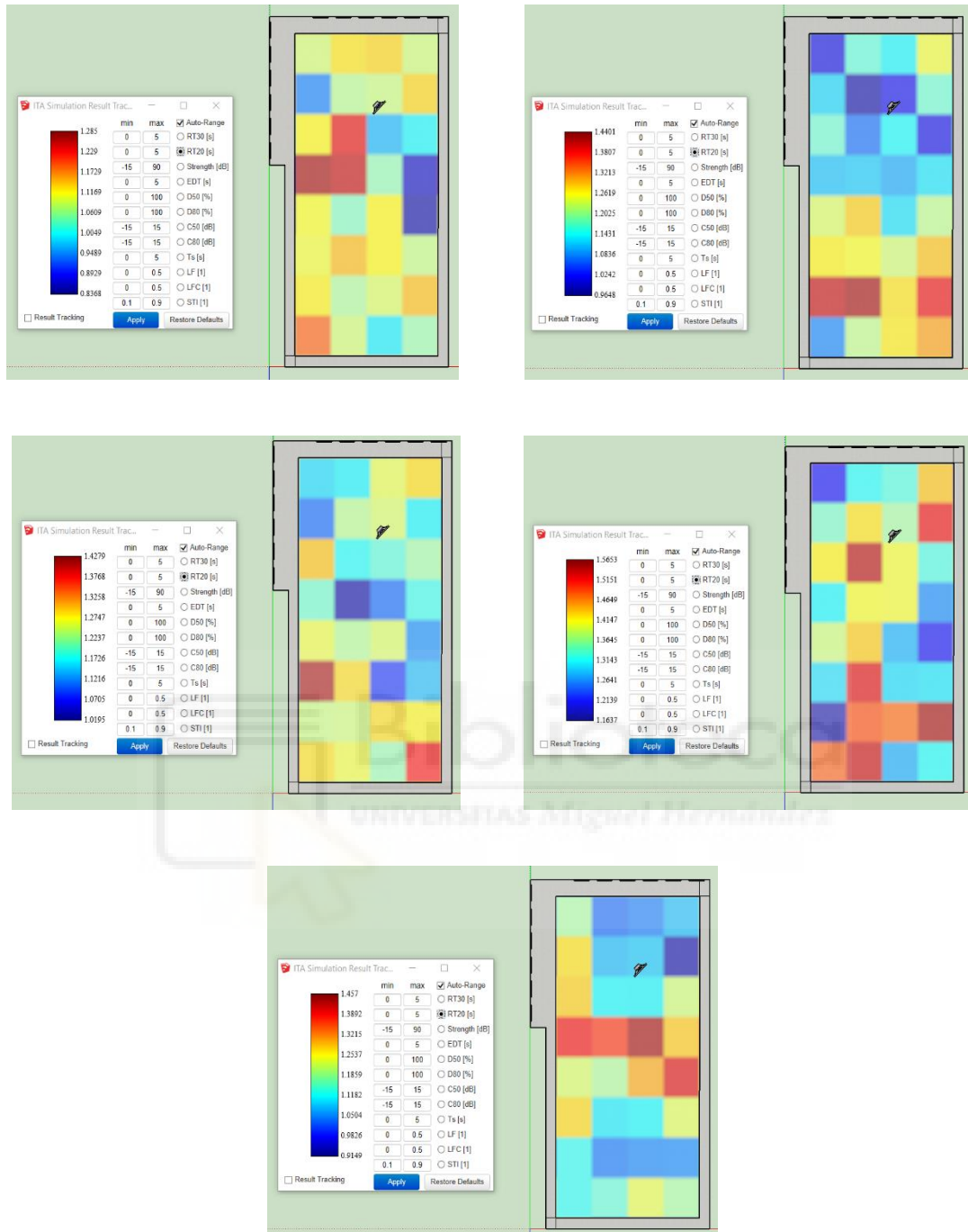


Figura 306: Conjunto de leyendas del parámetro T20 para la 2ª posición de la fuente en la simulación acústica de la Sala común con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

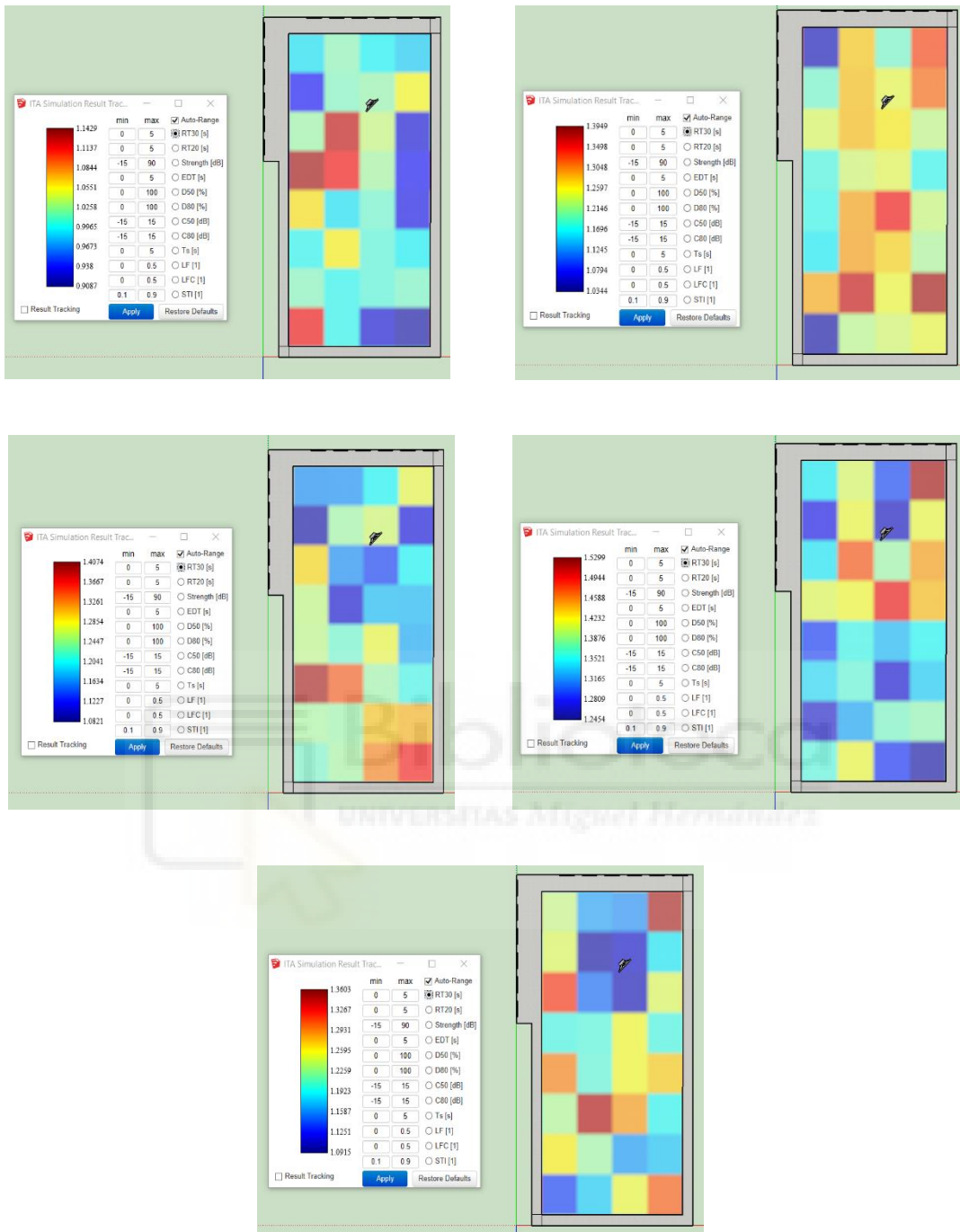


Figura 307: Conjunto de leyendas del parámetro  $T_{30}$  para la 2ª posición de la fuente en la simulación acústica de la Sala común con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

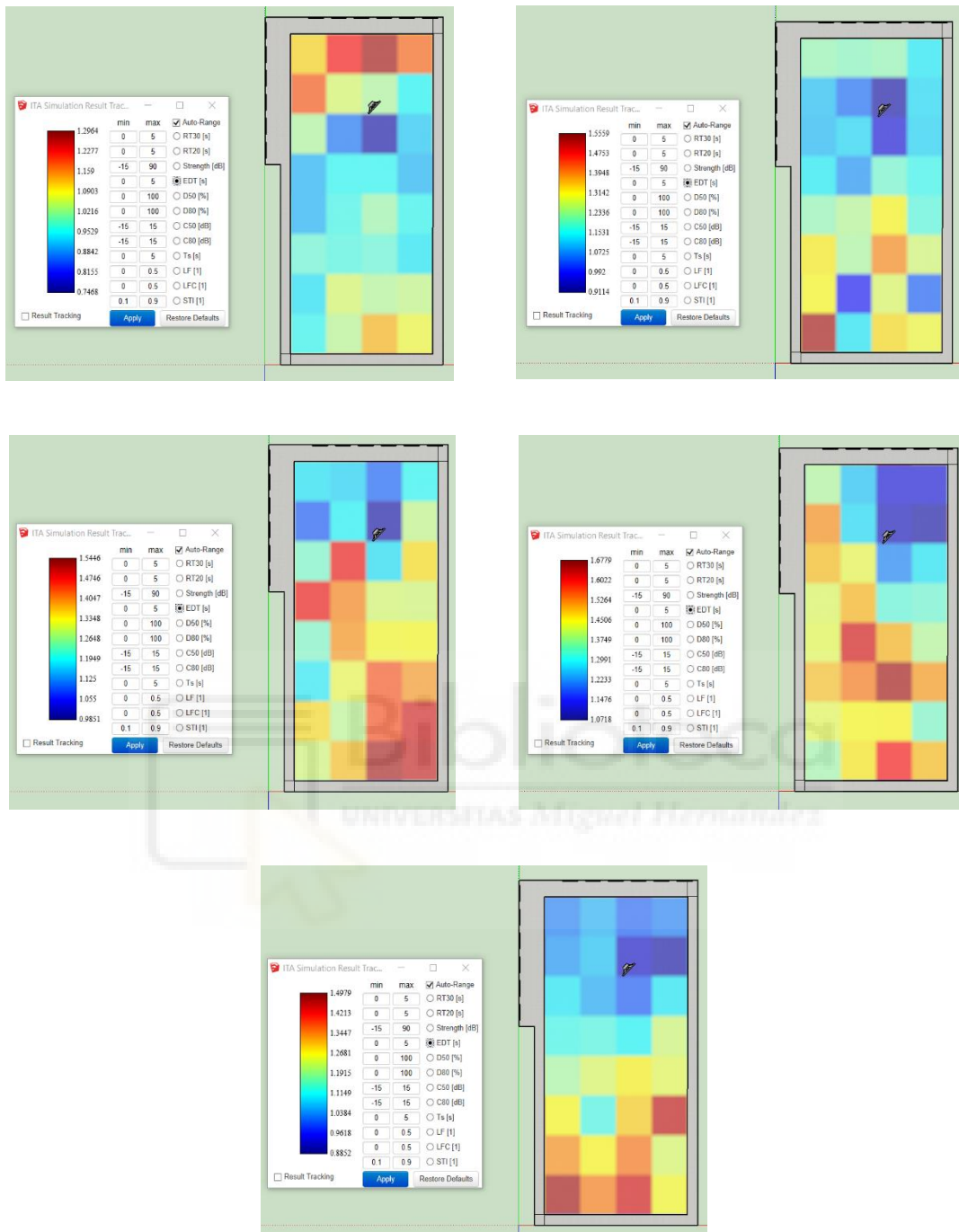


Figura 308: Conjunto de leyendas del parámetro EDT para la 2ª posición de la fuente en la simulación acústica de la Sala común con la solución adoptada. Frecuencias: 125/250/500/1000/2000 Hz.

#### 9.4 FICHAS TÉCNICAS

En este anexo se exponen todas las fichas técnicas de instrumentación y productos utilizados.

*Ficha técnica de sonómetro “BRÜEL & KJÆR 2250”:*



## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

### Analizadores portátiles Tipo 2250 y 2270

para los Tipos 2250-S, 2250-S-C, 2270-S y 2270-S-C

Los analizadores Tipo 2250 y 2270 son unos innovadores analizadores portátiles de Brüel & Kjær. La filosofía de diseño sencilla, segura e inteligente de estos analizadores se basa en una investigación exhaustiva. El Tipo 2250 ha sido galardonado con varios premios por su excelente ergonomía y su diseño.

Ambos analizadores pueden alojar varias aplicaciones, entre las que se incluyen, el análisis de frecuencia, el registro de datos, TRF, la acústica de edificios y la grabación de señales. Además, el analizador Tipo 2270 permite realizar mediciones de forma simultánea con dos micrófonos, dos acelerómetros o con un micrófono y un acelerómetro. Todos los módulos de aplicación se pueden pedir como parte de instrumento completamente preconfigurado o por separado en cualquier momento, en función de las necesidades.

La combinación de los módulos de aplicación con el hardware innovador convierte a estos analizadores en soluciones especializadas para tareas de medición de alta precisión, en entornos y áreas ocupacionales e industriales. Junto con la aplicación de campo de Measurement Partner, la compatibilidad con MP Cloud, y Measurement Partner Suite, que permite el postprocesamiento, estos módulos ofrecen una solución completa capaz de abordar todas sus necesidades de mediciones.



### Usos y características

#### Usos

- Mediciones del sonido de Clase 1 de acuerdo con las normas internacionales más recientes
- Evaluación del ruido ambiental y evaluación de tono (1/3 de octava y TRF)
- Mediciones del nivel de volumen y de ruido
- Evaluación del ruido en puestos de trabajo
- Mediciones de tiempo de reverberación (consulte BP 2194)
- Acústica de edificios (consulte BP 2194)
- Control de calidad de productos (consulte BP 2456)
- Identificación de fuentes de ruido mediante la intensidad sonora (consulte BP 2476)\*
- Calibración de audiómetros
- Análisis en tiempo real en bandas de 1/1 y 1/3 de octava
- Análisis de perfiles de registro para parámetros de banda ancha y espectros
- Mediciones de criterios de vibración
- Vibración de edificios de baja frecuencia de acuerdo con las normas ISO 8041:05 y DIN 45669-1:2010-09
- Mediciones de vibración humana de mano-brazo y de cuerpo entero (RMS, MTVV y factor de cresta)
- Mediciones de infrasonido (ponderación G) según las normas ISO 7196:1995 y ANSI S1.42-2001 (R2011)

\* Solo para el Tipo 2270.

#### Características

- Hardware:
  - Funcionalidad de 2 canales con cualquier combinación de micrófonos y acelerómetros\*
  - Pantalla táctil de color, grande y de alta resolución
  - Comunicación mediante USB, LAN y opciones para la comunicación por Wi-Fi o 4G
  - Cámara digital integrada para documentación y referencia\*
  - Detección y corrección automática de la pantalla antiviento
  - Sólido y hermético (IP 44)
- Software:
  - Rango dinámico superior a 123 dB(A)
  - Rango lineal de banda ancha entre 0,5 Hz y 20 kHz
  - Configuración personalizada de la medida, la visualización y el trabajo
  - Indicadores de calidad mediante emoticonos con consejos y advertencias
  - Temporizadores para el inicio automático de la medición
  - Measurement Partner Cloud (MP Cloud)
  - Measurement Partner Field App
  - Measurement Partner Suite para postprocesamiento
  - Coordenadas GPS almacenadas con los datos de medición
  - Adquisición simultánea de datos de ruidos y meteorológicos
  - Grabación de 24 o 16 bits durante todas las partes de la medición

### Introducción

Los analizadores Tipo 2250 y Tipo 2270 son analizadores portátiles flexibles capaces de cubrir todas sus necesidades de medición y análisis: desde los usos tradicionales de evaluación del ruido ambiental o en el puesto de trabajo hasta el control y desarrollo de la calidad industrial.

La pantalla táctil de alta resolución permite navegar con facilidad por el menú de configuración y personalizar una de las numerosas plantillas predefinidas según sus requisitos de medición. El amplio rango dinámico admite tanto los ruidos más intensos como aquellos que apenas superan el ruido de fondo. Por su parte, el rango de frecuencias, ampliado con la opción de baja frecuencia, abarca desde los 20 kHz hasta el infrasonido, lo que le permitirá medir fuentes de ruido sospechosas de emitir ruidos a muy baja frecuencia.

El kit de estación meteorológica facilita la medición de parámetros de condiciones climatológicas in situ para el almacenamiento en el analizador junto con los datos de ruidos. La aplicación de campo de Measurement Partner facilita el control y la anotación de mediciones, lo que le mantiene alejado del campo de sonido y mejora la calidad de la medición. Tras finalizar la medición, podrá cargar los datos a MP Cloud y compartirlos con compañeros para su postprocesamiento mediante Measurement Partner Suite, que ofrece herramientas que le ayudarán a extraer de los datos la información que necesita.

Estas características técnicas describen las diferentes combinaciones de módulos de software (aplicaciones) disponibles para los analizadores del Tipo 2250 y el Tipo 2270. Todos los analizadores se suministran con el Software de sonómetro BZ-7222 habilitado. Estos modernos sonómetros de Clase 1 cumplen los requisitos de las normas más recientes como, por ejemplo, la norma IEC 61672-1 (consulte la sección de especificaciones para obtener información detallada acerca del cumplimiento de normas) y se suministran con numerosas plantillas de medición adaptadas a sus necesidades específicas.

### Hardware del analizador portátil

Se han realizado grandes esfuerzos para garantizar la optimización del hardware, desde el punto de vista ergonómico, en el uso sobre el terreno. Los analizadores del Tipo 2250 y el Tipo 2270 utilizan el mismo diseño galardonado. En la Fig. 1 se detallan sus principales características.

### Supervisión del ruido continua y de larga duración

Para la supervisión del ruido continua y de larga duración, Brüel & Kjær ofrece una amplia gama de soluciones de control de ruido y de terminal de supervisión de ruido (NMT) capaces de ajustarse a sus necesidades actuales y futuras. Para obtener más información, consulte las [características técnicas BP 2379](#) acerca de soluciones NMT y las [características técnicas BP 2389](#) acerca de soluciones de supervisión de ruido.

### Alertas al operador

Es posible enviar correos electrónicos o mensajes SMS/de texto a un PC o dispositivo móvil para informar de inmediato a los operadores acerca de sucesos de ruido que requieren una respuesta rápida, niveles de batería que requieren atención, el estado de almacenamiento de memoria, el estado de calibración y muchas más condiciones de disparo programadas por el usuario. Se trata de una solución muy económica para recibir alertas importantes.

### Aplicaciones estándar

Las siguientes aplicaciones se incluyen con todos los analizadores Tipo 2250 y Tipo 2270 nuevos:

- **Software de sonómetro BZ-7222** – software de sonómetro estándar conforme con la normativa IEC 61672-1/ANSI
- **Software de análisis de frecuencia BZ-7223** – permite analizar en tiempo real las bandas de filtros de 1/1 y 1/3 de octava con un rango dinámico superior a 135 dB, desde el ruido de fondo hasta los 140 dB, que es el máximo nivel mensurable
- **Opción de 2 canales BZ-7229 (solo analizadores del Tipo 2270)** – permite liberar todo el potencial del analizador gracias a la opción de 2 canales, que permite el uso de los software de sonómetro, análisis de frecuencia, registro, registro mejorado y acústica de edificios

- **Opción de evaluación de tono BZ-7231** – utilizado en conjunto con el Software de análisis FFT, este software provee una evaluación de campo objetiva de los componentes del ruido tonal
- **Software de monitoreo de ruido BZ-7232** – para utilización con Sentinel y Sentinel on Demand

**Fig. 1** Características clave del Analizador portátil Tipo 2250 y 2270



120261/2

## Aplicaciones opcionales

En caso necesario, podrá adquirir una amplia gama de aplicaciones que se pueden usar en cualquier combinación y que se suministran en forma de licencias de fácil instalación. Las aplicaciones descritas en las presentes características técnicas son las siguientes:

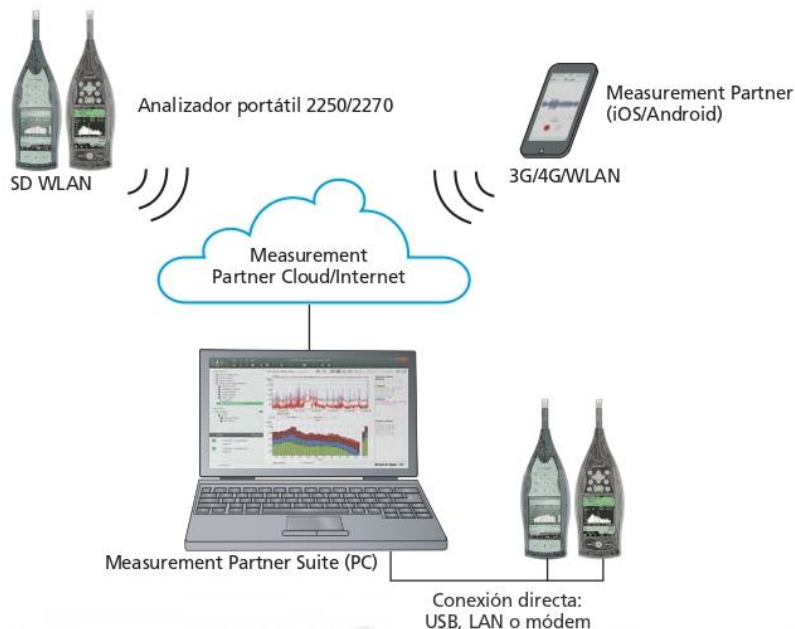
- **Software de registro BZ-7224** – permite seleccionar libremente los parámetros que desea registrar en periodos que van desde 1 s a 24 h. Si se utiliza con el software de sonómetro, es posible registrar todos los parámetros de banda ancha. Si también está habilitado el programa de análisis de frecuencia, es posible registrar espectros a las mismas velocidades. El registro (o creación de perfiles de ruido) se utiliza para realizar históricos temporales del ruido ambiental y de ruidos en el puesto de trabajo
- **Software de registro mejorado BZ-7225** – además de las características del Software de registro, permite la supervisión continua y el registro de informes periódicos. Se calculan parámetros como, por ejemplo,  $L_{dn}$  y  $L_{den}$
- **Opción de grabación de señal BZ-7226** – permite adjuntar muestras reales de la señal medida a sus mediciones gracias al transductor de medición real
- **Opción mejorada de vibración y baja frecuencia BZ-7234** – permite la medición de infrasonidos (ponderación G) y vibraciones en edificios (ponderación  $w_m$ ) con espectros de 1/3 de octava a muy bajas frecuencias y proporciona a su instrumento capacidades de vibración mejoradas, incluyendo la integración en el dominio del tiempo y el filtrado de paso de banda

Encontrará información sobre las aplicaciones en sus respectivas características técnicas:

- **Software de tiempo de reverberación BZ-7227** – permite iniciar una medición básica con una simple palmada. El “semáforo” muestra el estado de la medición de un vistazo, y se muestra el espectro del tiempo de reverberación resultante, así como el tiempo de reverberación medio de la sala. Esta característica resulta especialmente útil para la evaluación de la calidad acústica de auditorios, salones, espacios públicos y puestos de trabajo ([características técnicas BP 2194](#))
- **Software de acústica de edificios BZ-7228** – permite evaluar el aislamiento acústico de edificios y construcciones. Es posible medir el aislamiento acústico a ruido aéreo y a ruido de impacto, y los resultados finales se muestran en el acto de acuerdo con las normas internacionales (ISO) y con 13 normas nacionales. Podrá disponer de las fuentes de sonido necesarias y del programa de informes para PC, así como de sistemas completos de acústica de edificios ([características técnicas BP 2194](#))
- **Software de análisis FFT BZ-7230** – permite analizar la frecuencia mediante el algoritmo transformada rápida de Fourier (FFT), la mejor herramienta para la medición y el diagnóstico de ruido y vibración de maquinaria. El “perfil” de frecuencia de una máquina es su rasgo distintivo. Dicho perfil revela las fuentes de ruido y vibración, así como las rutas que siguen hasta la posición en la que se realiza la medición. Resulta útil en el desarrollo de productos, la resolución de problemas, el control de calidad y las mediciones del ruido ambiental. Con la Opción de evaluación de tono BZ-7231, el análisis FFT ofrece una indicación objetiva del nivel de percepción del ruido tonal y de la molestia que este supone ([características técnicas BP 2456](#))
- **Software de intensidad sonora BZ-7233 (solo para el Tipo 2270)** – permite medir la intensidad sonora de principio a fin. Un único usuario puede realizar mediciones completas de la intensidad para ubicar las fuentes de ruido y potencia acústica total. Puede utilizar la cámara incorporada en el dispositivo para tomar una foto y facilitar la colocación de la sonda durante la medición y usarla como fondo para un mapa de los resultados ([características técnicas BP 2476](#))

## Conectividad

**Fig. 2**  
Acceso seguro a datos de medida desde cualquier lugar



### Comunicación remota por Internet

Acceda a sus datos desde cualquier lugar con todo tipo de tecnologías. Los analizadores Tipo 2250 y Tipo 2270 permiten la utilización directa mediante Wi-Fi, módem (por ejemplo, 3G) o LAN (Ethernet).

### Measurement Partner Cloud (MP Cloud)

Aproveche todas las capacidades en la nube de los analizadores del Tipo 2250 y 2270. Los analizadores pueden comunicarse con MP Cloud mediante Wi-Fi, conexión móvil o LAN (Ethernet). De este modo, podrá cargar sus mediciones directamente en MP Cloud para fusionarlas en Measurement Partner Suite con las anotaciones recopiladas con la aplicación de campo de Measurement Partner.

Gracias a MP Cloud, podrá almacenar los datos con seguridad y compartir los archivos en la nube con cualquier usuario en el mundo.

## Programa de postprocesamiento

**Fig. 3**  
Measurement Partner Suite BZ-5503



Measurement Partner Suite BZ-5503, en su configuración básica, se suministra con el analizador portátil (consulte las [características técnicas BP 2443](#)). Este programa incluye las herramientas de última generación de Brüel & Kjær para el postprocesamiento y la visualización de datos de vibraciones y ruido ambiental.

La configuración básica y gratuita incluye funciones de archivo, previsualización y exportación de datos, así como mantenimiento de programas y visualización en línea. Los archivos pueden almacenarse de forma local en unidades de red o en MP Cloud para, de este modo, facilitar el uso compartido con cualquier usuario en el mundo.

Measurement Partner Suite también permite fusionar anotaciones realizadas con la aplicación de campo con el proyecto correspondiente del instrumento.

También están disponibles herramientas de postprocesamiento y análisis de datos mediante suscripciones de tiempo limitado. Con estas suscripciones, solo pagará por lo que necesite y cuando lo necesite, sin penalizaciones en el periodo de caducidad de su suscripción.

## Anotación de los datos de mediciones

La aplicación de campo de Measurement Partner (Measurement Partner Field App) es la solución recomendada para la anotación in situ de los datos de mediciones.

### Measurement Partner Field App

Measurement Partner Field App transformará su forma de trabajar con el analizador portátil. Este programa actuará como su compañero avanzado de análisis profesional de ruidos y vibraciones al ofrecer características como las siguientes:

- Control remoto del analizador
- Pantalla remota
- Anotación remota de datos de mediciones
- Compatibilidad con la nube

Siempre que permanece junto al analizador para utilizarlo, el campo de sonido se ve alterado. Por ello hemos publicado una aplicación de campo que le permitirá mantenerse alejado del analizador. Una vez encendido el analizador, usted podrá conectarse al mismo de forma inalámbrica mediante el Adaptador inalámbrico USB-A UL-1050, para la versión de hardware G4, o la Tarjeta CF WLAN UL-1019, para las versiones de hardware G1 – G3.

**Fig. 4**  
Visualización y edición de anotaciones recopiladas con la aplicación de campo



Una vez establecida la conexión con el analizador, podrá iniciar, detener o pausar la medición desde una distancia segura. Durante las mediciones de ruido, el perfil LAF instantáneo se mostrará en la aplicación de campo. Durante las mediciones de vibraciones, se mostrará el perfil de instantánea rápida.

Esto le permitirá controlar el estado de la medición sin estar cerca del analizador. Esto resulta especialmente importante al medir niveles de ruido bajos como, por ejemplo, en mediciones interiores.

Measurement Partner Field App permite adjuntar notas, comentarios de voz, imágenes, vídeos y coordenadas de GPS. Todas las anotaciones pueden cargarse a MP Cloud para fusionarlas con el proyecto en Measurement Partner Suite.

También es posible anotar las mediciones directamente en el analizador mediante notas, comentarios de voz e imágenes (solo Tipo 2270). Este contenido se transferirá a Measurement Partner Suite junto con los datos de las mediciones.

## Carga de datos de mediciones a Measurement Partner Cloud

Los Tipos 2250 y 2270 permiten enviar los datos de las mediciones a Measurement Partner Cloud (MP Cloud), donde los proyectos estarán disponibles de inmediato para el postprocesamiento, el uso compartido o el almacenamiento de datos en función de la capacidad de la cuenta. Solo los usuarios autorizados podrán acceder a los datos almacenados en MP Cloud.

Visite el sitio web de MP Cloud en [cloud.bksv.com](http://cloud.bksv.com) para crear una cuenta en la nube. Abra una cuenta, registre los números de serie de su analizador y realice el proceso de emparejamiento del analizador con la cuenta para garantizar la seguridad de los datos. También podrá administrar el acceso a la cuenta desde el servicio web y pedir suscripciones para incrementar la capacidad de la cuenta.

El analizador portátil puede conectarse a Internet mediante módem, LAN o a través de la conexión al router mediante Wi-Fi. En el campo, el analizador puede conectarse a zonas Wi-Fi mediante dispositivos inteligentes (Wi-Fi con la Tarjeta CF WLAN UL-1019 para las versiones de hardware G1 – G3 y el Adaptador inalámbrico USB-A UL-1050 para la versión de hardware G4, respectivamente).

Una vez realizada la medición y almacenado el proyecto, sincronice el analizador en la nube para cargar los proyectos en la nube desde el analizador. Para ello, basta con mover los datos a la carpeta Cloud del analizador que se crea automáticamente al iniciar sesión en la cuenta. De este modo, los datos estarán listos para que cualquier usuario con acceso al archivo de nube relevante pueda realizar su posterior análisis en Measurement Partner Suite.

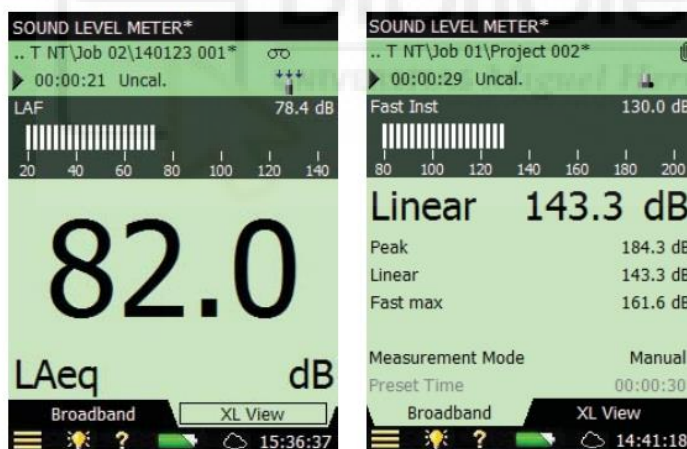
### Opción de medición de 2 canales BZ-7229

La Opción de 2 canales BZ-7229 añade un canal de medición adicional al Analizador portátil Tipo 2270 y es una aplicación estándar incluida con todos los analizadores Tipo 2270 nuevos. Los dos canales aceptan las entradas de transductores del mismo tipo (por ejemplo, dos micrófonos) o de distintos transductores (por ejemplo, un micrófono y un acelerómetro).

La función de 2 canales está disponible para los siguientes módulos de software: Software de sonómetro BZ-7222, Software de análisis de frecuencia BZ-7223, Software de registro BZ-7224, Software de registro mejorado BZ-7225 y Software de acústica de edificios BZ-7228. La opción BZ-7229 es compatible con la Opción de grabación de señal BZ-7226 y la Opción mejorada de vibración y baja frecuencia BZ-7234.

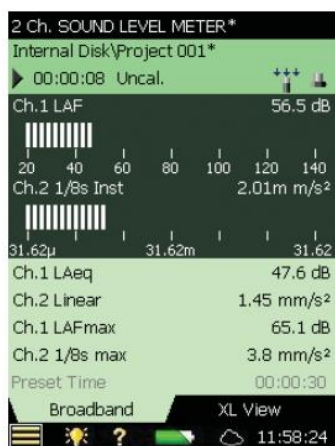
### Software de sonómetro BZ-7222

**Fig. 5**  
Pantallas del Software de sonómetro que muestran una medición de sonido (izquierda) y una medición de vibración (derecha) con un acelerómetro, incluyendo los iconos de anotaciones añadidas, visibles en la esquina superior derecha



Todos los Analizadores portátiles Tipo 2250 y Tipo 2270 se suministran con el Software de sonómetro habilitado. Esto convierte a su analizador en un versátil sonómetro de banda ancha. Al conectar un acelerómetro a la conexión trasera, podrá utilizar el acelerómetro como medidor de vibraciones capaz de mostrar los parámetros en unidades de ingeniería o de forma logarítmica en dB. El software cumple con las normas internacionales más recientes (IEC 61672-1), así como con las normas nacionales. Para ver una lista completa de los parámetros medidos, consulte la sección Especificaciones.

**Fig. 6**  
Pantalla del Software de sonómetro que muestra mediciones de 2 canales. El canal 1 indica el ruido y el canal 2 muestra las vibraciones en unidades de ingeniería

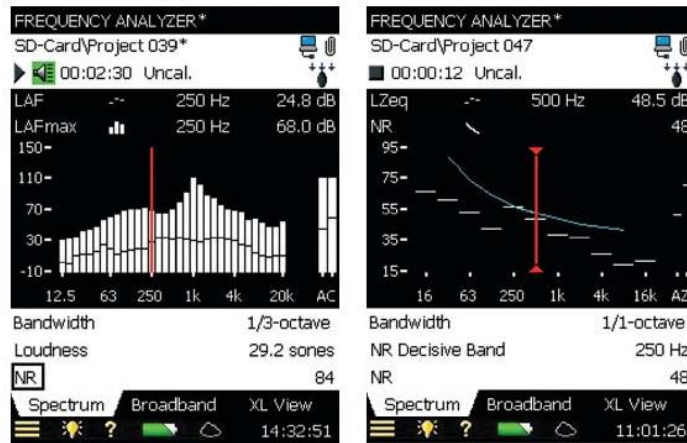


### Mediciones de 2 canales con el software BZ-7222

Los usuarios de analizadores Tipo 2270 pueden medir dos canales de valores de banda ancha con cualquier combinación de transductores: dos micrófonos, dos acelerómetros o un micrófono y un acelerómetro.

## Software de análisis de frecuencia BZ-7223

**Fig. 7**  
Pantallas del Software de análisis de frecuencia BZ-7223 que muestran (izquierda) 1/3 de octava con dos espectros e icono del generador, lecturas del cursor y resultados del volumen y del nivel de ruido (derecha) La banda decisiva y la curva de nivel de ruido correspondiente



Esta aplicación permite realizar mediciones en tiempo real en bandas de 1/1 y 1/3 de octava, por lo que añade información de frecuencia a los datos y facilita la recopilación del espectro, sea cual sea la tarea realizada.

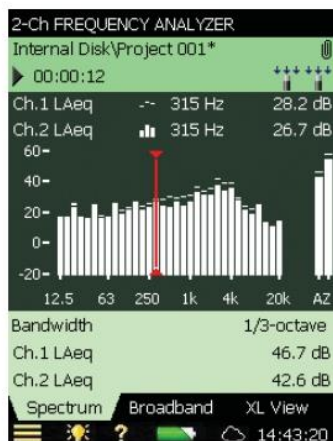
Cada banda de 1/1 y 1/3 de octava cuenta con un rango dinámico superior a 135 dB, desde el ruido de fondo hasta los 140 dB, que es el máximo nivel mensurable.

Los rangos disponibles son las frecuencias centrales de 8 Hz a 16 kHz (1/1 de octava) y las frecuencias centrales de 6,3 Hz a 20 kHz (1/3 de octava). La opción de baja frecuencia amplía los rangos a 1 y 0,8 Hz, respectivamente.

Los espectros pueden tener ponderación A, B, C, G o Z. Se miden y se almacenan cinco espectros y estadísticas espectrales completas. Además, es posible visualizar siete espectros  $L_N$  diferentes y valores instantáneos. En la pantalla se pueden superponer dos espectros (por ejemplo, un espectro mínimo y otro máximo). Todas las cantidades de banda ancha medidas con el Software de sonómetro BZ-7222 se calculan en paralelo con el análisis. Es posible documentar análisis espectrales mediante notas y anotaciones de voz.

Es posible calcular y visualizar parámetros de un solo número como, por ejemplo, el nivel de ruido, el nivel de interferencia de la palabra y el volumen de un espectro medido a fin de analizar el impacto del ruido y comparar los límites. Existe un generador programable para las medidas que requieren una fuente de sonido. Puede optar entre ruido blanco o rosa y establecer los límites superior e inferior.

**Fig. 8**  
Pantalla del analizador de frecuencias de 2 canales



### Mediciones de 2 canales con el software BZ-7223

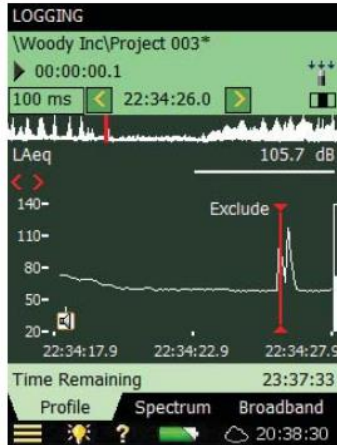
Los usuarios de analizadores Tipo 2270 pueden medir dos espectros simultáneamente con cualquier combinación de transductores. Si los transductores son un micrófono y un acelerómetro, se muestran dos ejes Y que pueden adaptarse de manera independiente.

Existen cálculos de diferencias disponibles cuando los tipos de transductores y sus ponderaciones son compatibles.

## Software de registro mejorado BZ-7225

**Fig. 9**

*Pantalla de registro de un único canal que muestra un perfil LAeq con funcionalidad de marcador en el analizador*



Con el software de registro habilitado, el analizador se convierte en un instrumento versátil para obtener datos históricos de cualquier parámetro (perfiles de registro). El Software de registro permite seleccionar cualquiera de los parámetros de banda ancha disponibles y registrarlos a intervalos de entre 1 s y 24 h. Además, es posible registrar de forma simultánea a intervalos de 100 ms perfiles  $L_{Aeq}$  y/o  $L_{AF}$ .

Con el Software de análisis de frecuencia BZ-7223, el Software de registro también permite registrar espectros igual que los valores de banda ancha a intervalos de entre 1 s y 24 h.

El Software de registro mejorado BZ-7225 incorpora una serie de características diseñadas para que el trabajo de campo difícil sea lo más asequible posible:

- Es posible establecer cinco marcadores definidos por el usuario mientras se toman mediciones. Estos marcadores pueden utilizarse para anotar fuentes de vibración o ruido específicas
- Es posible establecer marcadores en el campo mediante el puntero y la pantalla táctil. Basta con “tocar y arrastrar” hasta la parte del perfil que se desea marcar y seleccionar un marcador de la lista desplegable
- Los marcadores se pueden configurar incluso después del suceso. La pantalla presenta las últimas 100 muestras (100 s de perfil cuando se registra a intervalos de 1 s; o más si se hace de otro modo); por lo tanto, en la mayoría de los casos se puede esperar a que finalice el suceso (o ruido) antes de colocar el marcador. De manera alternativa, también es posible volver atrás en el perfil y establecer el marcador
- Es posible incluir anotaciones de voz, mediante el micrófono para comentarios, en el punto exacto del perfil en el que se realiza la anotación

Todos los marcadores y las anotaciones se guardarán con la medición y se importarán a Measurement Partner Suite BZ-5503, donde permanecerán disponibles directamente en el perfil.

Los datos de registro pueden almacenarse directamente en tarjetas SD y se pueden leer directamente desde la tarjeta SD con Measurement Partner Suite. Esto permite transmitir rápidamente grandes volúmenes de datos directamente desde el analizador a través el cable USB o mediante un lector de tarjetas estándar. Tarjetas de memoria SDHC que cumplen con la nueva norma SD 2.0 y ofrecen hasta 32 GB de almacenamiento de datos extraíbles, lo cual permite realizar grabaciones de señal de larga duración y configurar las medidas.

Por ejemplo, un proyecto en el que se han medido todos los parámetros de banda ancha, un parámetro de 100 ms, todos los espectros de 1/3 de octava y todas las estadísticas durante un periodo de registro de 1 s durante un total de 24 h ocupará unos 88 MB.

Las plantillas de registro mejorado permiten que su analizador registre datos durante periodos más prolongados, lo que, a su vez, permite la medición continua, el almacenamiento de datos en tarjetas de memoria SD o dispositivos USB.

Entre las funciones adicionales se incluyen las siguientes:

- Medición continua, almacenamiento de datos en tarjetas de memoria SD o dispositivos USB
- Reinicio automático y reanudación de la operación en caso de fallo en la alimentación
- Almacenamiento de los datos en cantidades manejables (cada 24 horas), con posibilidad de selección para la descarga
- Creación de informes periódicos, es decir, registro de todos los datos de medición en un periodo predefinido
- Medición de  $L_{dn}$ ,  $L_{den}$ ,  $L_{day}$ ,  $L_{evening}$  y  $L_{night}$

Un informe periódico es similar a la Medición total del Software de registro, salvo que se realiza periódicamente. Por ejemplo, es posible que necesite conocer los valores de  $L_{Aeq}$  en intervalos de 1 h durante un periodo de registro extendido. El software de registro mejorado realizará esta tarea en su lugar.

La combinación de los informes periódicos con los marcadores de sucesos y la Opción de grabación de señal BZ-7226 ofrece un resumen y una visión clara de los detalles esenciales.

Una configuración típica para 24 horas de supervisión desatendida sería:

- Medición continua
- Informes periódicos cada hora
- Marcador con disparador de nivel para sucesos por encima de  $L_{AF} = 60$  dB(A)
- Grabación de señal de sucesos (consulte la Opción de grabación de señal BZ-7226)
- Registro de otros parámetros si es necesario

Tras realizar la medición, podrá comprobar los datos de  $L_{dn}$  o  $L_{den}$ , los informes totales o periódicos y examinar los sucesos, así como las grabaciones de sonidos, para comprobar la calidad de las mediciones. Para los registros semicontinuos, la licencia de Measurement Partner Suite BZ-5503-A permite programar de forma remota la descarga automática de proyectos desde el analizador a Measurement Partner.

**Fig. 10**  
Pantalla de registro de  
2 canales



### Registro de mediciones de 2 canales

Los usuarios de analizadores Tipo 2270 pueden registrar datos de mediciones mediante ambos canales de entradas con cualquier combinación de transductores: dos micrófonos, dos acelerómetros o un micrófono y un acelerómetro.

Podrá alternar entre los dos canales de medición en la pantalla del analizador y podrá ver ambos canales de medición en el mismo gráfico cuando se transfieran los datos a Measurement Partner Suite BZ-5503 para el postprocesamiento.

### Opción de grabación de señal BZ-7226

La Opción de grabación de señal BZ-7226 puede utilizarse con todas las aplicaciones y permite realizar grabaciones de la señal real medida con el micrófono utilizado para realizar mediciones acústicas (es decir, no con el micrófono para comentarios) o con el acelerómetro utilizado para las mediciones de vibraciones. Las grabaciones de señal se transmitirán automáticamente con los datos a Measurement Partner Suite y pueden resultar útiles para la identificación de fuentes de ruido durante el postprocesamiento.

Otra utilidad de la grabación de señal es la posibilidad de grabar señales para su posterior procesamiento. Entre las posibles aplicaciones de esta característica destacan las aplicaciones industriales (análisis del funcionamiento de motores o de ciclos de procesamiento de maquinaria) o medioambientales (grabación de ruidos para su posterior procesamiento en Measurement Partner Suite). Con la licencia de Measurement Partner Suite BZ-5503-C, podrá realizar evaluaciones de tonos puros basadas en TRF de archivos .WAV.

Además de la grabación manual y automática de señales, el Software de registro BZ-7224 y el Software de registro mejorado BZ-7225 pueden iniciar la grabación de señales según la superación de nivel, lo que significa que las grabaciones pueden iniciarse automáticamente aun cuando el operador no esté presente.

La Opción de grabación de señal ofrece una elección de grabación de 24 o 16 bits con posibilidad de realizar tareas de postprocesamiento en Measurement Partner. Puede utilizar una grabación de 24 bits para capturar todo el rango dinámico de 120 dB del Tipo 2250/2270, lo que resulta adecuado para los análisis de señales posteriores. Puede utilizar una grabación de 16 bits para consumir menos memoria; sin embargo, esto requiere la selección de un rango de nivel para la grabación (o el uso del control automático de ganancia).

## Opción de evaluación de tono BZ-7231

**Fig. 11**  
Medición de  
evaluación de tono en  
el exterior



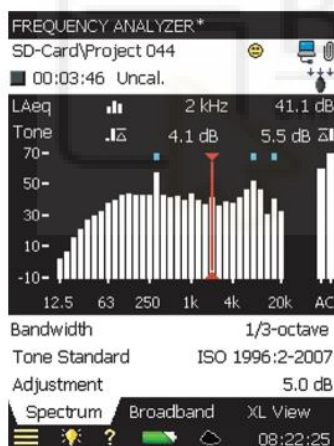
El ruido se puede describir como tonal si contiene una nota continua y discreta o destacable. Puede incluir ruidos tales como murmullos, silbidos, gritos, zumbidos, etc. Toda descripción subjetiva de esta clase está abierta a discusión y contradicciones cuando se informa.

La norma ISO 1996-2 (2007) Anexo C, *Método objetivo para evaluar la percepción de tonos en el ruido. Método de referencia*, desarrolla los procedimientos de medición que se utilizarán para comprobar la percepción de tonos y su cuantificación. De esta forma, se pueden componer los resultados de las mediciones y ayudar así a explicar reacciones subjetivas.

### Configurado automáticamente para evaluaciones según la norma ISO 1996

La Opción de evaluación de tono BZ-7231 permite una evaluación objetiva in situ rápida y fácil de los componentes del ruido tonal de acuerdo con la norma ISO 1996 y es una aplicación estándar incluida con todos los nuevos analizadores. La facilidad para llevar a cabo la evaluación de tono según la norma ISO ofrece una respuesta objetiva acerca de si se ha hallado el problema o se deben realizar más mediciones. Además, el analizador permite configurar de forma sencilla el análisis para que se realice de acuerdo con la norma ISO 1996-2. Al seleccionar esta opción, con solo pulsar Inicio, el analizador selecciona automáticamente la configuración adecuada para la medición, tras lo cual se inician tanto ésta como el análisis.

**Fig. 12**  
Opción de evaluación  
de tono BZ-7231 que  
muestra las bandas de  
1/3 de octava con  
tonos audibles por  
encima de un límite  
establecido (los tonos  
se identifican por los  
puntos azules)



### Se usa con BZ-7223: Bandas de 1/3 de octava

La evaluación de tonos identifica todas las bandas de 1/3 de octava con tonos audibles por encima de un límite de nivel establecido. La evaluación se basa en la prominencia de la banda frente a las bandas adyacentes. El ajuste es la penalización que se añadirá a  $L_{Aeq}$ . El nivel de cada banda de 1/3 de octava se compara con los niveles de las bandas adyacentes y se indican todos los tonos, así como la penalización global (ajuste). El usuario puede ajustar los parámetros de búsqueda para adaptarse a los requisitos de su país.

### Se usa con BZ-7230: TRF

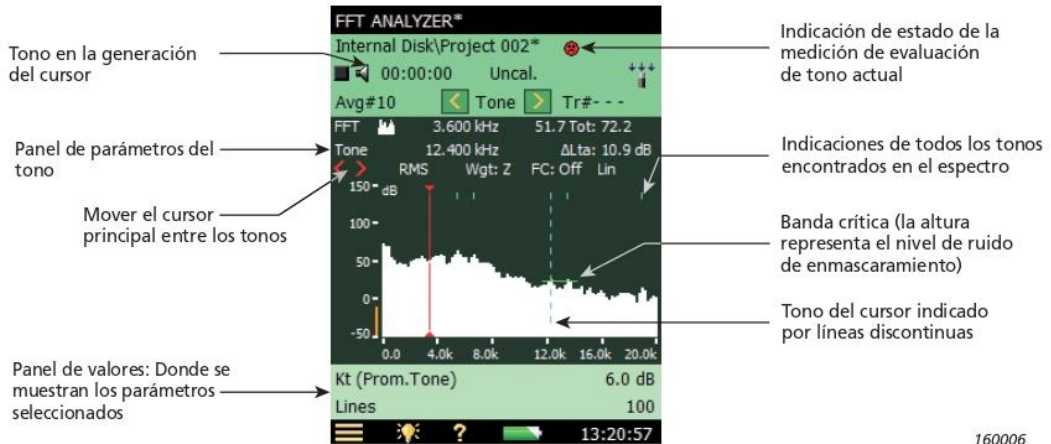
Tras una medición, el cálculo de los parámetros tonales para todos los candidatos tonales posibles del análisis solo tarda unos segundos, tras los cuales se mostrará la siguiente lista completa:

- $K_t$ : el valor añadido a la  $L_{Aeq}$  para generar el nivel de velocidad de tono corregido
- $\Delta L_{ta}$ : la percepción de todos los tonos hallados en la misma banda crítica que el tono seleccionado
- $L_{pn}$ : el nivel total del ruido de enmascaramiento en la banda que contiene el tono seleccionado
- $L_{pti}$ : el nivel del tono seleccionado
- $L_{pt}$ : el nivel total de todos los ruidos en la banda crítica que contiene el tono destacado
- Banda crítica: el principio y el fin de la banda crítica que contiene el tono seleccionado

El analizador mide la  $L_{Aeq}$  y el resto de los parámetros de banda ancha de forma simultánea, y el nivel de velocidad de tono corregido se puede calcular in situ.

**Fig. 13**

Pantalla del espectro de TRF para la opción de evaluación de tono en la que se muestran varios campos y parámetros



160006

## Opción mejorada de vibración y baja frecuencia BZ-7234

**Fig. 14**

Opción de baja frecuencia que muestra los parámetros ponderados  $G$ ,  $L_{GF}$  y  $L_{Geq}$



La Opción mejorada de vibración y baja frecuencia BZ-7234 permite la funcionalidad de sonido de vibración y baja frecuencia en el Software de sonómetro BZ-7222, Software de análisis de frecuencia BZ-7223, Software de registro BZ-7224 y Software de registro mejorado BZ-7225.

Con la opción de baja frecuencia habilitada y la selección del transductor adecuado, se pueden realizar las mediciones de infrasonido (incluida la ponderación  $G$ ) de acuerdo con las más importantes normas internacionales. Para mediciones de infrasonido, utilice el Micrófono de baja frecuencia Tipo 4193 o el Micrófono de infrasonido Tipo 4964 opcionalmente con el Adaptador de baja frecuencia UC-0211.

BZ-7234 también añade funcionalidad adicional de vibración de eje único y dual (con el Tipo 2270). La integración en el dominio de tiempo y el filtrado de paso de banda permiten la medición de:

- Velocidad pico de partículas (PPV). Útil para supervisar edificios cerca de detonaciones, construcción y minería. Para las mediciones de PPV, utilice acelerómetros de la familia del Tipo 4533/4534 de Brüel & Kjær (consulte [características técnicas BP 2464](#))
- Criterios de vibración (requiere el Software de análisis de frecuencia BZ-7223). Se utiliza cuando se realizan análisis de ubicación para instrumentos sensibles a vibraciones (por ejemplo, microscopios electrónicos) y herramientas. También resulta útil al registrar la vibración cerca de instrumentos sensibles a las vibraciones instalados mediante el software opcional de registro, BZ-7224

Para la vibración de edificios, utilice el Acelerómetro Tipo 8344 (consulte [características técnicas BP 2262](#)).

También hay una amplia gama de ponderaciones de vibraciones humanas disponibles:

- Ponderación  $W_m$  para las mediciones de las vibraciones de cuerpo entero en edificios
- $W_b$ ,  $W_c$ ,  $W_d$ ,  $W_e$ ,  $W_k$  para la vibración de cuerpo entero
- $W_h$  para la vibración de mano-brazo
- $W_j$  para la vibración de cabeza vertical

Para la vibración humana, utilice acelerómetros de la familia del Tipo 4533/4534 de Brüel & Kjær (consulte [características técnicas BP 2464](#)).

## Incorporación de parámetros de condiciones climatológicas a los datos de mediciones

**Fig. 15**  
*Utilización del  
analizador portátil  
para medir el ruido  
exterior con un kit  
de estación  
meteorológica*



Las condiciones climatológicas influyen en la propagación del sonido. Por ello es importante tener en cuenta la velocidad y la dirección del viento cuando se realicen mediciones en exteriores. En consecuencia, la mayoría de las normas de medición de ruido ambiental definen límites específicos de velocidad y dirección del viento. Para identificar las partes de la medición que se encuentran dentro de los límites permitidos de velocidad y dirección del viento, utilice el Kit de estación meteorológica MM-0316-A (dos parámetros) o MM-0256-A (seis parámetros).

**Fig. 16**  
*Kit de estación  
meteorológica  
MM-0316-A*



Las estaciones meteorológicas se basan en tecnologías de ultrasonido y funcionan bien por encima del límite de frecuencia superior del micrófono. Conecte la estación meteorológica al analizador, enciéndalo y ya estará listo para realizar mediciones sin tener que realizar ningún tipo de instalación de software. La estación meteorológica se alimenta de la batería del analizador, por lo que no necesitará ninguna batería adicional.

### Postprocesamiento de datos climatológicos

Los parámetros de ruido y de condiciones climatológicas se capturan de forma simultánea en el analizador y estarán disponibles para la visualización y el postprocesamiento en Measurement Partner Suite BZ-5503 junto con los datos de ruido cuando esté de vuelta en la oficina. Para identificar rápidamente las partes del perfil de registro en las que la dirección y la velocidad del viento están dentro de los límites permitidos, utilice el informe de Measurement Partner y el asistente de marcador (necesitará licencia de BZ-5503-A).

### Protección en exteriores

Para realizar mediciones exteriores del ruido ambiental, su analizador puede requerir una protección meteorológica adicional, tal como ofrecen el estuche resistente a la intemperie del Tipo 3535-A y el Micrófono exterior Tipo 4952. Para obtener más información, consulte las [características técnicas BP 2251](#) y las [características técnicas BP 2099](#), respectivamente.

## Resumen de las características del software


La siguiente tabla ofrece un resumen de las principales características de cada módulo de aplicación disponible con los analizadores Tipo 2250/2270. Consulte las especificaciones para obtener más detalles.

Característica	Software de sonómetro BZ-7222	Software de análisis de frecuencia BZ-7223	Software de registro BZ-7224	Software de registro mejorado BZ-7225
Estándares SLM IEC/ANSI de tipo/clase 1	•	•	•	•
Rango dinámico de más de 120 dB (sin necesidad de cambiar de rango)	•	•	•	•
Niveles sonoros de hasta 140 dB con micrófono Tipo 4189 suministrado	•	•	•	•
Niveles sonoros de hasta 152 dB con micrófono opcional Tipo 4191	•	•	•	•
Ponderación de frecuencia A, B, C, Z (lineal) y ponderación en el tiempo F, S, I	•	•	•	•
Corrección de campo libre/aleatorio	•	•	•	•
Detección y corrección automática de la pantalla antiviento	•	•	•	•
Tiempo de inicio/parada predeterminado	•	•	•	•
Interfaz de usuario multilingüe	•	•	•	•
Ayuda contextual	•	•	•	•
Anotaciones de voz, metadatos y texto de las medidas	•	•	•	•
Pantalla con esquemas de colores optimizada para el día, la noche y para el uso en interiores y exteriores	•	•	•	•
Acceso personal: protege su configuración personal de otros usuarios	•	•	•	•
Estadísticas de banda ancha basadas en $L_{Aeq}$ , $L_{AF}$ o $L_{AS}$	•	•	•	•
Rango de banda ancha máximo: 0,5 Hz – 20 kHz	•	•	•	•
Control remoto mediante módem GPRS/EDGE/3G	•	•	•	•
Transferencia de archivos de datos durante la medición (USB, LAN o módem)	•	•	•	•
Grabación de la señal medida durante la medición – 16 o 24 bits	•*	•*	•*	•*
Temporizadores para el inicio automático de la medición	•	•	•	•
Parámetros de salud en el puesto de trabajo	•	•	•	•
Entrada de datos meteorológicos y de GPS	•	•	•	•
Ponderación G para parámetros de infrasonido	•†	•†	•†	•†
Ponderación $W_m$ para parámetros de vibraciones de edificios	•†	•†	•†	•†
Borrado previo (últimos 5 segundos de datos de medición)	•	•	•	•
Evaluación de tonos		•‡	•‡	•‡
Espectros de 1/1 de octava (rango máx. de 1 Hz a 16 kHz)		•	•**	•**
Espectros de 1/3 de octava (rango máx. de 0,8 Hz a 20 kHz)		•	•**	•**
Estadísticas espectrales basadas en $L_{AF}$ o $L_{AS}$		•	•**	•**
Resultados del nivel de volumen y de ruido		•	•**	•**
Calibración de la inyección de carga			•	•
Disparadores de nivel y grabaciones			•*	•*
Registro de todos los parámetros y espectros de banda ancha o de los seleccionados por el usuario			•	•
Periodo de registro de 1 s a 24 h			•	•
Registro de $L_{Aeq}$ , $L_{AS}$ , $L_{AF}$ cada 100 ms			•	•
Pantalla del perfil			•	•
Resumen del perfil de toda la medición			•	•
Marcadores en la pantalla del perfil			•	•
Grabación de señal durante sucesos de ruido			•*	•*
Informes periódicos de todos los datos medidos				•
Periodo de informe de 1 min a 24 h, periodo de registro de hasta 31 días				•
Disparador de temporizador para las grabaciones				•*
$L_{dn}$ , $L_{den}$ , $L_{day}$ , $L_{evening}$ , $L_{night}$				•
Medición continua				•

\* Si la Opción de grabación de señal está habilitada  
 ‡ Si la Opción de evaluación de tono está habilitada

† Si la Opción mejorada de vibración y baja frecuencia está habilitada  
 \*\* Si el Software de análisis de frecuencia está habilitado

## Conformidad con la normativa

	<p>La marca CE es la declaración del fabricante que indica conformidad con los requisitos de las directivas de la UE pertinentes.</p> <p>La marca RCM indica conformidad con las normas técnicas ACMA pertinentes, es decir, para telecomunicaciones, comunicaciones por radio, EMC y EME.</p> <p>La marca RoHS (Restricción de sustancias nocivas) de la China indica conformidad con las medidas administrativas en cuanto al control de la contaminación causada por los productos de información electrónica, según el Ministerio de Industria de la Información de la República Popular de China.</p> <p>La marca WEEE indica conformidad con la directiva WEEE de la UE.</p>
<b>Seguridad</b>	EN/IEC 61010-1, ANSI/UL 61010-1 y CSA C22.2 No.1010.1: requisitos de seguridad para equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio.
<b>Emisión EMC</b>	EN/IEC 61000-6-3: norma genérica sobre emisiones para entornos residenciales, comerciales y de industria ligera. EN/IEC 61326: Equipo eléctrico de medida, control y uso en laboratorio: requisitos EMC. CISPR 22: Características de perturbaciones de radiofrecuencia en equipos informáticos. Límites de Clase B. IEC 61672-1, IEC 61260, IEC 60651 y IEC 60804: Normas de instrumentación <b>Nota:</b> lo anterior solo se garantiza con el uso de accesorios que figuran en este documento.
<b>Inmunidad EMC</b>	EN/IEC 61000-6-2: Norma genérica: inmunidad para entornos industriales. EN/IEC 61326: Equipo eléctrico de medida, control y uso en laboratorio: requisitos EMC. IEC 61672-1, IEC 61260, IEC 60651 y IEC 60804: Normas de instrumentación <b>Nota:</b> lo anterior solo se garantiza con el uso de accesorios que figuran en este documento.
<b>Temperatura</b>	IEC 60068-2-1 e IEC 60068-2-2: Ensayos ambiental. Frío y calor seco. Temperatura de funcionamiento: -10 y +50 °C (14 y 122 °F) Temperatura de almacenamiento: -25 y +70 °C (-13 y 158 °F)
<b>Humedad</b>	IEC 60068-2-78: Calor húmedo: 93% RH (sin condensación a +40 °C [104 °F]) Tiempo de recuperación entre 2-4 horas
<b>Características mecánica</b>	En reposo: IEC 60068-2-6: Vibración: 0,3 mm, 20 m/s <sup>2</sup> , 10-500 Hz IEC 60068-2-27: Impactos: 1000 impactos a 400 m/s <sup>2</sup> IEC 60068-2-27: Caídas: 1000 m/s <sup>2</sup> , 6 direcciones
<b>Carcasa:</b>	IEC 60529 (1989): protección proporcionada por las cajas: IP44*

\* Con el preamplificador, el cable prolongador o el tapón de protección conectado a la conexión superior y la cubierta abatible de protección de los conectores inferiores

### NORMAS ADICIONALES PARA EL ADAPTADOR INALÁMBRICO USB-A UL-1050\*

<b>Seguridad</b>	EN 60950-1:2006+A11:2009 +A1:2010+A12:2011
<b>Emisión EMC</b>	EN 301 489-1 V1.9.2 EN 301 489-17 V2.2.1 EN 55022: 2010+AC:2011
<b>Espectro y salud</b>	EN 300 328 V1.7.1 EN 62311:2008
<b>Restricción de sustancias peligrosas</b>	EN 50581:2012

### CONCESIÓN DE AUTORIZACIÓN DEL EQUIPO DE LA FCC PARA EL ADAPTADOR INALÁMBRICO USB-A UL-1050\*

<b>Identificador de la FCC</b>	KA2WA121A1
<b>Secciones de la norma de la FCC</b>	15c
<b>Rango de frecuencia (MHz)</b>	2412,0 - 2462,0
<b>Vatios de salida</b>	0,269
<b>Declaración de conformidad de la CE</b>	Adaptador USB 1Tx1R 802.11bgn
<b>Autorización C-Tick</b>	AS/NZS 4268: 2008+A1:2010

\* Datos tomados de la declaración de conformidad inalámbrica de D-Link Corporation para el Adaptador inalámbrico N 150 USB DWA-121.

## Especificaciones: plataforma de Analizador portátil Tipo 2250/2270

Las especificaciones se aplican a los analizadores Tipo 2250/2270 equipados con el Micrófono Tipo 4189 y el Preamplificador ZC-0032

### Transductor

#### TRANSDUCTOR SUMINISTRADO

Uno de los siguientes micrófonos:

- Tipo 4189: Micrófono prepolarizado de campo libre de ½"
- Tipo 4190: Micrófono de campo libre de ½"

- Tipo 4966: Micrófono de campo libre de ½"
- Sensibilidad nominal de circuito abierto:** 50 mV/Pa (correspondiente a -26 dB re 1 V/Pa) ±1,5 dB  
**Capacitancia:** 14 pF (a 250 Hz)

#### PREAMPLIFICADOR DE MICRÓFONO SUMINISTRADO

N.º de pieza: ZC-0032

**Atenuación nominal del preamplificador:** 0,25 dB

**Conector:** LEMO de 10 pines

**Cables de prolongación:** hasta 100 m de longitud entre el preamplificador del micrófono y el analizador Tipo 2250/2270, sin menoscabo de las especificaciones

**Detección de accesorios:** es posible detectar automáticamente la Pantalla antiviento UA-1650 cuando se coloca en el ZC-0032

#### TENSIÓN DE POLARIZACIÓN DEL MICRÓFONO

Selección entre 0 V y 200 V

#### NIVEL DE RUIDO AUTOGENERADO

Valores normales a 23 °C de la sensibilidad nominal de circuito abierto del micrófono:

Ponderación	Micrófono	Eléctrica	Total
"A"	14,6 dB	12,4 dB	16,6 dB
"B"	13,4 dB	11,5 dB	15,6 dB
"C"	13,5 dB	12,9 dB	16,2 dB
"Z" 5 Hz – 20 kHz	15,3 dB	18,3 dB	20,1 dB
"Z" 3 Hz–20 kHz	15,3 dB	25,5 dB	25,9 dB

#### Interfaz de hardware

##### PULSADORES

11 pulsadores con retroiluminación, optimizadas para controlar la medición y navegar por la pantalla

##### BOTÓN DE ENCENDIDO/APAGADO

**Función:** púlselo 1 s para encender el analizador, 1 s para entrar en el modo de espera y durante más de 5 s para apagar el analizador

##### INDICADORES DE ESTADO

**LED:** rojo, amarillo y verde

##### PANTALLA

**Tipo:** pantalla de color táctil retroiluminada de 240 × 320 puntos

**Patrón de color:** cinco distintos, optimizados para diferentes situaciones (día, noche, etc.)

**Retroiluminación:** nivel ajustable y tiempo de encendido

##### INTERFAZ DE USUARIO

**Control de medición:** mediante los pulsadores

**Configuración y visualización de resultados:** mediante el puntero en la pantalla táctil o los pulsadores

**Bloqueo:** los pulsadores y la pantalla táctil pueden bloquearse y desbloquearse

##### INTERFAZ USB

tomas USB 2.0 OTG micro AB y USB 2.0 estándar A para la Adaptador inalámbrico USB-A UL-1050, impresora o estación meteorológica

##### INTERFAZ DE MÓDEM

Conexión a Internet a través de módem GPRS/EDGE/HSPA conectado a través de la conexión USB A estándar .

Compatible con DynDNS para la actualización automática de la dirección IP del nombre de host

##### INTERFAZ DE IMPRESORA

La toma USB admite la conexión de impresoras PCL, impresoras térmicas Mobile Pro Spectrum o impresoras térmicas DPU S245/S445 de Seiko

##### MICRÓFONO PARA COMENTARIOS

En la parte inferior del analizador se incluye un micrófono que utiliza el control automático de ganancia (CAG). Se utiliza para crear anotaciones de voz y adjuntarlas en las mediciones

##### CÁMARA (SOLO EN EL TIPO 2270)

En la parte inferior del analizador se incluye una cámara con enfoque fijo y exposición automática.

Se utiliza para crear anotaciones de imagen y adjuntarlas en las mediciones

**Tamaño de imagen:** versión de hardware 4: 212 × 160 píxeles

**Formato:** jpg con información exif

##### RANURA SECURE DIGITAL

2 × conexiones SD

Para la conexión de tarjetas de memoria SD y SDHC

##### TOMA DE INTERFAZ LAN

• Conector: RJ45 Auto-MDIX

• Velocidad: 100 Mbps

• Protocolo: TCP/IP

##### TOMA DE ENTRADA

Una toma con el Tipo 2250; dos tomas con el Tipo 2270

**Conector:** LEMO triaxial

**Impedancia de entrada:**  $\geq 1 \text{ M}\Omega$

**Entrada directa:** tensión máxima de entrada:  $\pm 14,14 \text{ V}_{\text{peak}}$

**Entrada CCLD:** tensión máxima de entrada:  $\pm 7,07 \text{ V}_{\text{peak}}$

**Corriente/tensión CCLD:** 4 mA/25 V

##### TOMA DE DISPARO (TRIGGER)

**Conector:** LEMO triaxial

**Tensión máxima de entrada:**  $\pm 20 \text{ V}_{\text{pico}}$

**Impedancia de entrada:**  $> 47 \text{ k}\Omega$

**Precisión:**  $\pm 0,1 \text{ V}$

##### TOMA DE SALIDA

**Conector:** LEMO triaxial

**Nivel de pico máximo de salida:**  $\pm 4,46 \text{ V}$

**Impedancia de salida:**  $50 \Omega$

##### CONECTOR DE AURICULARES

**Conector:** conector estéreo Minijack de 3,5 mm

**Nivel de pico máximo de salida:**  $\pm 1,4 \text{ V}$

#### Impedancia de salida: $32 \Omega$ en cada canal **Almacenamiento**

##### MEMORIA FLASH RAM INTERNA (NO VOLÁTIL)

512 MB: para configuraciones de usuario y datos de medición

##### TARJETA DE MEMORIA EXTERNA SECURE DIGITAL

**Tarjeta SD y SDHC:** para el almacenamiento/recuperación de datos de medición

##### UNIDAD DE ALMACENAMIENTO USB

Para el almacenamiento/recuperación de datos de medición

#### Alimentación

##### REQUISITOS DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE CC EXTERNA

Para cargar la batería del analizador

**Tensión:** 8 – 24 V CC, tensión rizada  $< 20 \text{ mV}$

Requisito actual: mín. 1,5 A

**Consumo de potencia:**  $< 2,5 \text{ W}$  sin cargar la batería;  $< 10 \text{ W}$  si se carga

**Conector del cable:** LEMO Tipo FFA.00, positivo en el pin central

##### ADAPTADOR DE CORRIENTE ELÉCTRICA EXTERNA DE CA

**N.º de pieza:** ZG-0426

**Tensión de alimentación:** 100 – 120/200 – 240 V CA; 47 – 63 Hz

**Conector:** IEC 320 de 2 pines

##### BATERÍA

Batería recargable de ion de litio

**N.º de pieza:** QB-0061

**Tensión:** 3,7 V

**Capacidad:** nominal de 5200 mAh

**Tiempo de funcionamiento normal:**

• Un canal:  $> 11 \text{ h}$  (retroiluminación de la pantalla atenuada);  $> 10 \text{ h}$  (retroiluminación a pantalla completa)

• Dos canales:  $> 10 \text{ h}$ ;  $> 7,5 \text{ h}$  (pantalla completa con retroiluminación)

El uso de interfaces externas (LAN, USB, Wi-Fi) reduce el tiempo de funcionamiento de la batería. La conexión de estaciones meteorológicas o receptores GPS puede reducir el tiempo de funcionamiento de la batería en hasta un 20 %.

La conexión del Adaptador inalámbrico USB-A UL-1050 puede reducir el tiempo de funcionamiento de la batería en hasta un 35 %

El uso de interfaces externas (LAN, USB, Wi-Fi) reduce el tiempo de funcionamiento de la batería en hasta un 20 %.

La conexión de estaciones meteorológicas o receptores GPS puede reducir el tiempo de funcionamiento de la batería en hasta un 35 %

El uso de interfaces externas (LAN, USB, Wi-Fi) reduce el tiempo de funcionamiento de la batería en hasta un 35 %

**Ciclo de vida de la batería:**  $> 500$  ciclos completos de carga/descarga

**Envejecimiento de la batería:** aproximadamente el 20% de pérdida de capacidad cada año

**Indicador de batería:** la capacidad restante de la batería y el tiempo de funcionamiento esperado se pueden leer en forma de porcentaje y tiempo

**Indicador de carga de la batería:** la batería está equipada con un indicador del nivel de carga integrado, que mide y almacena continuamente la capacidad real de la batería

**Tiempo de carga:** normalmente, si está vacía, la batería del analizador tarda 10 horas en cargarse a temperaturas ambiente inferiores a 30 °C. Para proteger la batería, la carga finalizará por completo si la temperatura ambiente supera los 40 °C. A temperaturas de entre 30 y 40 °C, el tiempo de carga aumentará. Con el Cargador externo ZG-0444 (accesorio opcional), el tiempo de carga normal es de 5 horas

**Nota:** no es recomendable cargar la batería a temperaturas inferiores a 0 °C (32 °F) o superiores a 50 °C (122 °F). De lo contrario, se podría reducir la vida útil de la batería

#### RELOJ

Reloj con batería de reserva. Deriva <0,45 s por cada periodo de 24 horas

### Especificaciones ambientales

#### TIEMPO DE CALENTAMIENTO

**Desde el modo apagado:** <2 min

**Desde el modo de espera:** <10 s para los micrófonos prepolarizados

#### PESO Y DIMENSIONES

650 g (23 oz) incluida la batería recargable  
300 × 93 × 50 mm (11,8 × 3,7 × 1,9 pulgadas) incluido el preamplificador y el micrófono

### Conexión inalámbrica a un dispositivo móvil

Las especificaciones se aplican al Adaptador inalámbrico USB-A UL-1050

**Frecuencia de funcionamiento:** 2,4 GHz

#### Transferencia de datos:

- IEEE 802.11n: hasta 150 Mbps
- IEEE 802.11g: hasta 54 Mbps
- IEEE 802.11b: hasta 11 Mbps

#### Cifrado/autenticación:

- WEP de 64/128 bits
- WPA-PSK
- WPA2-PSK

**Rango:** el rango es similar al de la unidad WLAN estándar, de 10 a 50 m (33 a 164 ft), dependiendo del entorno y del número de transmisores WLAN presentes en la zona (smartphones, Wi-Fi, etc.)

**Requisitos de alimentación:** Consumo de potencia: <1 W

### Interfaz de software

#### USUARIOS

Concepto de usuario múltiple con inicio de sesión. Los usuarios pueden tener sus propios ajustes con trabajos y proyectos totalmente independientes de otros usuarios

#### PREFERENCIAS

El usuario puede especificar los formatos de fecha, hora y número

#### IDIOMAS

Interfaz de usuario en alemán, catalán, checo, chino (República Popular de China), chino (Taiwán), coreano, croata, danés, esloveno, español, flamenco, francés, húngaro, inglés, italiano, japonés, polaco, portugués, rumano, ruso, serbio, sueco, turco y ucraniano

#### AYUDA

Ayuda contextual detallada en alemán, chino (República Popular de China), esloveno, español, francés, inglés, italiano, japonés, polaco, rumano, serbio y ucraniano

### ACTUALIZACIÓN DEL SOFTWARE

Actualización a cualquier versión con el BZ-5503 a través de USB o actualización a través de Internet

#### ACCESO REMOTO

Conexión al analizador mediante:

- Measurement Partner Suite BZ-5503
  - Measurement Partner Field App (aplicación para smartphone iOS o Android)
  - el SDK (Kit de desarrollo de software) 2250/2270
  - la interfaz REST a través de HTTP
  - un explorador de Internet compatible con JavaScript
- La conexión está protegida mediante contraseña con dos niveles de protección:
- Nivel de invitado: solo para visualización
  - Nivel de administrador: para visualización y control del analizador

#### NUBE

Conexión a Measurement Partner Cloud en [cloud.bksv.com](http://cloud.bksv.com) para la transferencia de datos a archivos en la nube para su almacenamiento o para la sincronización con Measurement Partner Suite BZ-5503

### Entrada

#### CANALES DUALES (solo el Tipo 2270)

Todas las mediciones se llevan a cabo desde el canal 1 o el canal 2

#### BASE DE DATOS DEL TRANSDUCTOR

Los transductores se describen en la base de datos del transductor con información acerca del número de serie, sensibilidad nominal, voltaje de polarización, tipo de campo libre, CCLD requerido, capacidad e información adicional.

El hardware analógico se configura automáticamente de acuerdo con el transductor seleccionado

#### FILTROS DE CORRECCIÓN

Para el micrófono de Tipos 4189, 4190, 4191, 4192, 4193, 4193 + UC-0211, 4950, 4952, 4952+EH-2152, 4955-A, 4964, 4964 + UC-0211, 4966 y 4184-A, BZ-7222 puede corregir la respuesta de frecuencia para compensar los accesorios y campos de sonido:

**Campo sonoro:** campo libre, campo difuso o campo aleatorio (solo para el Tipo 4192). Para los Tipos 4952 y 4184-A: dirección de referencia de 0° (superior) y dirección de referencia de 90° (lateral)

#### Accesorios:

- Solo los Tipos 4189, 4190, 4964 y 4964 + UC-0211: ninguno, Pantalla antiviento UA-1650 o Micrófono para exteriores UA-1404
  - Solo los Tipos 4191, 4193, 4193 + UC-0211, 4966 y 4955-A: ninguno o Pantalla antiviento UA-1650
  - Solo para el Tipo 4950: ninguno o Pantalla antiviento UA-0237
- Para el acelerómetro de Tipos 4397-A, 4513, 4513-001, 4513-002, 4514, 4514-001, 4514-002, 4533-B, 4533-B-001, 4533-B-002, 4534-B, 4534-B-001, 4534-B-002, 8324, 8341, 8344, 8347-C + 2647-D, el límite de frecuencia inferior se optimizará para que coincida con las especificaciones para el acelerómetro

### Calibración

La calibración inicial se almacena para compararla con calibraciones posteriores

#### ACÚSTICA

Mediante el Calibrador de sonido Tipo 4231 o un calibrador personalizado. El proceso de calibración detecta automáticamente el nivel de calibración cuando se utiliza el Calibrador de sonido Tipo 4231

#### ELÉCTRICA

Utiliza una señal eléctrica generada internamente combinada con un valor de sensibilidad del micrófono introducido manualmente

#### HISTORIAL DE CALIBRACIÓN

Pueden indicarse y verse en el analizador hasta 20 de las últimas calibraciones realizadas

## Gestión de datos

### METADATOS

Se pueden establecer hasta 30 anotaciones de metadatos por proyecto (texto del teclado o de la lista de selección, números del teclado o generados automáticamente)

### PLANTILLA DEL PROYECTO

Define las configuraciones de la visualización y la medición. Es posible bloquear las configuraciones y protegerlas mediante contraseñas

### PROYECTO

Los datos de medición se almacenan junto con la plantilla del proyecto

### TRABAJO

Los proyectos se organizan en trabajos.

Herramientas de exploración para una gestión de datos fácil (copiar, cortar, pegar, eliminar, dar nuevo nombre, abrir proyecto, crear trabajo, establecer nombre de proyecto predeterminado)

## Control de la medición

### MANUAL

Medida única controlada manualmente

### AUTOMÁTICO

Tiempo de medición predefinido comprendido entre 1 s y 24 h en pasos de 1 s

### CONTROLES MANUALES

Reinicio, Inicio, Pausa, Borrado previo, Continuar y Guardar para gestionar la medición manualmente

### INICIO AUTOMÁTICO

Un total de 10 temporizadores permiten configurar las horas de inicio de las medidas hasta con un mes de antelación. Cada temporizador se puede repetir. Una vez finalizadas, las medidas se almacenan automáticamente

### BORRADO PREVIO

Pueden borrarse hasta los últimos 5 s de datos sin comenzar la medición de cero

## Estado de la medición

### EN PANTALLA

Información como la saturación y el estado en ejecución/pausa se visualiza en la pantalla en forma de iconos

## SEMÁFORO

Los testigos LED de color rojo, amarillo y verde muestran el estado de la medición y la saturación de forma instantánea tal como se indica a continuación:

- LED amarillo parpadea cada 5 s = se encuentra parado, está listo para medir
- El LED verde parpadea lentamente = espera una señal del disparo o de la calibración
- LED verde iluminado constantemente = midiendo
- Parpadeo lento del LED amarillo = sistema en pausa, medición no almacenada
- Parpadeo rápido del LED rojo = sobrecarga intermitente, fallo en la calibración

## NOTIFICACIONES

Es posible enviar un SMS o un correo electrónico cuando se cumple una condición de alarma.

Condiciones de alarma:

- Espacio en disco por debajo del valor establecido
- Tensión de disparo por debajo del valor establecido
- La batería interna pasa al estado establecido
- Cambio en el estado de medición
- Reinicio del analizador

## Anotaciones

### ANOTACIONES DE VOZ

Es posible adjuntar anotaciones de voz a las mediciones para almacenar comentarios de voz a la medición

**Reproducir:** Pueden escucharse reproducciones de anotaciones de voz mediante audífonos/auriculares conectados a la salida del auricular

**Ajuste de ganancia:** entre -60 dB y 60 dB

### ANOTACIONES DE TEXTO

Es posible adjuntar anotaciones de texto a las mediciones para almacenar comentarios escritos con ellas

### ANOTACIONES GPS

Es posible adjuntar una anotación de texto con información GPS (latitud, longitud, altitud y error de posición). Requiere conexión a un receptor GPS

### ANOTACIONES DE IMAGEN (SOLO PARA EL TIPO 2270)

Es posible adjuntar anotaciones de imagen a las mediciones. Las imágenes pueden verse en la pantalla

## Especificaciones de software: Software de sonómetro BZ-7222

Cumple con las siguientes normas nacionales e internacionales:

- IEC 61672-1 (2013) Clase 1
- IEC 60651 (1979) junto con la Enmienda 1 (1993-02) y la Enmienda 2 (2000-10), Tipo 1
- IEC 60804 (2000-10), Tipo 1
- DIN 45657 (1997-07)
- ANSI S1.4-1983 más ANSI S1.4A-1985 Enmienda Tipo 1
- ANSI S1.43-1997, Tipo 1

**Nota:** CENELEC adopta las normas IEC internacionales como normas europeas. Cuando esto sucede, las letras IEC se sustituyen por EN y se conserva el número. El Tipo 2250/2270 también cumple con estas normas EN

## Análisis

### DETECTORES

Detectores paralelos en cada medición:

- **Ponderación A o B (intercambiable):** canal detector de banda ancha con tres ponderaciones de tiempo exponenciales (Fast, Slow, Impulse), un detector con promediado lineal y un detector de pico
- **Ponderación C o Z (intercambiable):** igual que para la ponderación A o B
- **Detector de saturación:** supervisa las salidas de saturación de todos los canales con ponderación de frecuencia

### MEDICIONES PARA LA ENTRADA DE SONIDO

X = ponderaciones de frecuencia A o B

Y = ponderaciones de frecuencia C o Z

V = ponderaciones de frecuencia A, B, C o Z

U = ponderaciones de tiempo F o S

Q = tasa de intercambio de 4, 5 o 6 dB

N = número entre 0,1 y 99,9

#### Para la visualización y el almacenamiento:

Hora de inicio	Hora de parada	% de saturación
Tiempo transcurrido	$L_{Xeq}$	$L_{Yeq}$
$L_{XE}$	$L_{YE}$	$L_{Ceq} - L_{Aeq}$
$L_{XSmax}$	$L_{XFmax}$	$L_{XImax}$
$L_{YSmax}$	$L_{YFmax}$	$L_{YImax}$
$L_{XSmin}$	$L_{XFmin}$	$L_{XImin}$
$L_{YSmin}$	$L_{YFmin}$	$L_{YImin}$
$L_{Xleq}$	$L_{Yleq}$	$L_{Aeq} - L_{Aeq}$
$L_{AFTeq}$	$L_{AFTeq} - L_{Aeq}$	Tiempo restante
$L_{ep,d}$	$L_{ep,dv}$	E
Dose	Proj. Dose	$L_{Vpeak}$
#VPeaks (>NNndB)	#VPeaks (>137 dB)	#VPeaks (>135 dB)
$T_{Vpeak}$	$L_{avUQ}$	TWA
TWAv	DoseUQ	Proj. DoseUQ
$L_{Aeq,T1,mov,max}$	$L_{Aeq,T2,mov,max}$	$L_{Ceq,T1,mov,max}$
$L_{Ceq,T2,mov,max}$	$\Delta L_{eq,T1,mov,max}$	$\Delta L_{eq,T2,mov,max}$
Media RPM		

#### Datos meteorológicos (requiere estación meteorológica):

Dirección media del viento	Dirección mín. del viento	Dirección máx. del viento
Velocidad media del viento	Velocidad mín. del viento	Velocidad máx. del viento
Temp. ambiental	Humedad ambiental	Presión ambiental
Lluvia		

#### Solo para visualización como números o barras cuasi analógicas:

$L_{XS}$	$L_{XF}$	$L_{XI}$
$L_{YS}$	$L_{YF}$	$L_{YI}$
$L_{XS(SPL)}$	$L_{XF(SPL)}$	$L_{XI(SPL)}$
$L_{YS(SPL)}$	$L_{YF(SPL)}$	$L_{YI(SPL)}$
$L_{XN1}$ o $L_{XUN1}$	$L_{XN2}$ o $L_{XUN2}$	$L_{XN3}$ o $L_{XUN3}$
$L_{XN4}$ o $L_{XUN4}$	$L_{XN5}$ o $L_{XUN5}$	$L_{XN6}$ o $L_{XUN6}$
$L_{XN7}$ o $L_{XUN7}$	$L_{Vpeak,1s}$	Tensión de entrada de disparo
Std.Dev.	$L_{Aeq,T1,mov}$	$L_{Aeq,T2,mov}$
$L_{Ceq,T1,mov}$	$L_{Ceq,T2,mov}$	$\Delta L_{eq,T1,mov}$
$\Delta L_{eq,T2,mov}$	Inst. RPM	

#### Datos meteorológicos instantáneos:

Dirección del viento	Velocidad del viento
----------------------	----------------------

#### Datos GPS instantáneos:

Latitud	Longitud
---------	----------

#### MEDICIONES PARA LA ENTRADA DE VIBRACIÓN

##### Para la visualización y el almacenamiento:

Hora de inicio	Hora de parada	% de saturación
Tiempo transcurrido	Tiempo restante	
aLineal	aLin (1 – 20 kHz)	
aFast max	aF max (1 – 20 kHz)	
aSlow max	aS max (1 – 20 kHz)	
aFast min	aF min (1 – 20 kHz)	
aPeak	a $T_{Peak}$	
Factor de cresta	Media RPM	

##### Solo para visualización como números o barras cuasi analógicas:

aFast Inst	aF Inst (1 – 20 kHz)
aSlow Inst	aS Inst (1 – 20 kHz)
Inst RPM	Tensión de entrada de disparo

#### Datos GPS instantáneos:

Latitud	Longitud
---------	----------

#### MEDICIONES PARA ENTRADA DIRECTA

##### Para la visualización y el almacenamiento:

Hora de inicio	Hora de parada	% de saturación
Tiempo transcurrido	Tiempo restante	
Lineal	Máx. rápida	Máx. lenta
Mín. rápida	Mín. lenta	Pico
$T_{Peak}$	Factor de cresta	Media RPM

##### Solo para visualización como números o barras cuasi analógicas:

Inst rápida	Inst lenta
Inst RPM	Tensión de entrada de disparo

#### Datos GPS instantáneos:

Latitud	Longitud
---------	----------

#### RANGOS DE MEDICIÓN

Con el Micrófono Tipo 4189:

**Rango dinámico:** desde el ruido de fondo típico hasta el nivel máximo para una señal de tono puro de 1 kHz, con ponderación A: entre 16,6 y 140 dB

**Intervalo de indicador principal:** de acuerdo con la norma IEC 60651: Con ponderación A: desde 23,5 dB hasta 122,3 dB

**Rango de linealidad:** de acuerdo con la norma IEC 60804: Con ponderación A: desde 21,4 dB hasta 140,8 dB

**Rango lineal de funcionamiento:** de acuerdo con la norma IEC 61672:

- Con ponderación A: 1 kHz: desde 24,8 dB hasta 139,7 dB
- Con ponderación C: desde 25,5 dB hasta 139,7 dB
- Con ponderación Z: desde 30,6 dB hasta 139,7 dB

**Rango de pico C:** de acuerdo con la norma IEC 61672: 1 kHz: desde 42,3 dB hasta 142,7 dB

#### MUESTREO PARA ESTADÍSTICAS

Las estadísticas se pueden basar en  $L_{XF}$ ,  $L_{XS}$  o  $L_{Xeq}$ :

- Las estadísticas  $L_{XFN1-7}$  o  $L_{XSN1-7}$  se basan en muestreo de  $L_{XF}$  o  $L_{XS}$ , respectivamente, cada 10 ms en clases de 0,2 dB de ancho por encima de 130 dB

- Las estadísticas  $L_{XN1-7}$  se basan en el muestreo de  $L_{Xeq}$  cada segundo en clases de 0,2 dB de ancho por encima de 130 dB

Cada medición guarda la distribución completa.

El parámetro Std.Dev. (desviación estándar) se calcula a partir de las estadísticas

#### MEDICIÓN DE RPM

Las RPM se miden a partir de la señal conectada a la entrada del disparador cuando el tacómetro se establece en On.

**Rango:** entre 1 y 6000000 RPM

**Relación de transmisión:** entre  $10^{-5}$  y  $10^{38}$ . Las RPM que se muestran en pantalla corresponden a las RPM medidas divididas por su relación de transmisión

#### Visualización de la medición

**SLM:** Datos de medición visualizados en forma de números en varios tamaños y de una barra cuasi analógica

Los datos de sonido medidos se muestran como valores dB, los datos de vibración como valores dB o en unidades físicas (unidades SI ( $m/s^2$ ) o unidades US/UK (g)), los datos directos como tensión en dB o V, los datos de mantenimiento como números en el formato pertinente. La medición instantánea  $L_{XF}$  o Fast Inst se visualiza en forma de barra cuasi analógica

#### Supervisión de señal

La señal de entrada se puede visualizar mediante auriculares conectados a un conector de auriculares, o alimentada mediante la salida del conector

## SEÑAL DE SALIDA

**Entrada condicionada:** Con ponderación A, B, C o Z.

**Ajuste de ganancia:** entre -60 dB y 60 dB

Salida  $L_{XF}$  (cada ms) como tensión de CC entre 0 V y 4 V.

Salida de CC con fines de calibración: 0 dB ~ 0 V y 200 dB ~ 4 V

## SEÑAL DE AURICULARES

La señal de entrada se puede monitorizar mediante el uso de esta toma con auriculares/audífonos

**Ajuste de ganancia:** entre -60 dB y 60 dB

## Especificaciones de software: Software de análisis de frecuencia BZ-7223

Las especificaciones aplicables al software BZ-7223 incluyen las especificaciones para el Software de sonómetro BZ-7222. El software BZ-7223 añade las características siguientes:

### Normas

Cumple las siguientes normas nacionales e internacionales:

- IEC 61260-1 (2014), bandas de 1/1 de octava y de 1/3 de octava, Clase 1
- IEC 61260 (1995-07) más Enmienda 1 (2001-09), bandas de 1/1 de octava y bandas de 1/3 de octava, Clase 0
- ANSI S1.11-1986, bandas de 1/1 y 1/3 de octava, Orden 3, Tipo 0-C
- ANSI S1.11-2004, bandas de 1/1 de octava y bandas de 1/3 de octava, Clase 0
- ANSI/ASA S1.11-2014, Apartado 1, bandas de 1/1 de octava y de 1/3 de octava, Clase 1

### Entrada

#### CANALES (SOLO EN EL ANALIZADOR TIPO 2270)

Todas las mediciones se efectúan desde el Canal1 o el Canal2

### Análisis de frecuencia

#### FRECUENCIAS CENTRALES

**Frecuencias centrales de banda de 1/1 de octava:** de 8 Hz a 16 kHz

**Frecuencias centrales de banda de 1/3 de octava:** de 6,3 Hz a 20 kHz

#### MEDICIONES DE ENTRADA DE SONIDO

X = ponderaciones de frecuencia A, B, C o Z, Y = ponderaciones de tiempo F o S

Datos para el registro

Estadísticas espectrales completas

#### Espectros para la visualización y el almacenamiento:

$L_{Xeq}$	$L_{XSmax}$	$L_{XFmax}$
$L_{XSmin}$	$L_{XFmin}$	

#### Espectros solo para la visualización:

$L_{XS}$	$L_{XF}$	$L_{XYN1}$
$L_{XYN2}$	$L_{XYN3}$	$L_{XYN4}$
$L_{XYN5}$	$L_{XYN6}$	$L_{XYN7}$

#### Valores individuales:

SIL	PSIL	SIL3
-----	------	------

$L_{Xeq}(f1-f2)^*$

NR Banda decisiva de NR

RC Clasificación RC

NCB Clasificación NCB

NC Banda decisiva de NC

Volumen Nivel de volumen

\* donde  $f1$  y  $f2$  son bandas de frecuencia del espectro.

## MEDICIONES DE VIBRACIÓN Y ENTRADA DIRECTA

### Espectros para la visualización y el almacenamiento:

Lineal	Fast máx.	Slow máx.
Fast mín.	Slow mín.	

### Espectros solo para la visualización:

Fast Inst.	Slow Inst.
------------	------------

### Valores individuales:

Lineal ( $f1 - f2$ )\*

\* donde  $f1$  y  $f2$  son bandas de frecuencia del espectro.

### RANGOS DE MEDICIÓN

Con el Micrófono Tipo 4189:

**Rango dinámico:** desde el ruido de fondo típico hasta el nivel máximo para una señal de tono puro a 1 kHz de 1/3 de octava: de 1,1 a 140 dB

**Rango de funcionamiento lineal:** conforme a la norma IEC 61260, 1/3 de octava:  $\leq 20,5$  a 140 dB

### MUESTREO PARA ESTADÍSTICAS DE OCTAVAS O 1/3 DE OCTAVA

X = ponderaciones de frecuencia A o B

Las estadísticas se pueden basar en  $L_{XF}$  o  $L_{XS}$ : las estadísticas  $L_{XFN1-7}$  o  $L_{XSN1-7}$  se basan en el muestreo de  $L_{XF}$  o  $L_{XS}$ , respectivamente, cada

100 ms en clases de 1 dB de ancho por encima de 150 dB

La distribución completa se puede guardar con la medición

### Visualizaciones

#### VISUALIZACIÓN DE MEDIDAS

**Espectro:** uno o dos espectros superpuestos + barras de banda ancha A/B y C/Z

**Tabla:** uno o dos espectros de formato tabular

**Eje Y:** rango: 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160 o 200 dB. Zoom automático o escala automática disponible. Los datos de sonido se muestran como valores en dB, los datos de vibraciones como valores en dB o en unidades físicas (unidades SI  $[m/s^2]$  o unidades imperiales [g]) y los datos directos como tensión en dB o V

**Cursor:** lectura de la banda seleccionada

### Generador

#### GENERADOR INTERNO

Generador de ruido pseudoaleatorio incorporado

**Espectro:** se puede seleccionar entre Rosa y Blanco

**Factor de cresta:**

- Ruido rosa: 4,4 (13 dB)
- Ruido blanco: 3,6 (11 dB)

**Ancho de banda:** se puede seleccionar entre:

- Límite inferior: 50 Hz (1/3 de octava) o 63 Hz (octava)
- Límite superior: 10 kHz (1/3 de octava) o 8 kHz (octava)

**Nivel de salida:** independiente del ancho de banda

- Máximo:  $1 V_{rms}$  (0 dB)
- Ajuste de ganancia: entre -60 y 0 dB

Al cambiar el ancho de banda, el nivel de todas las bandas se ajusta automáticamente para adaptarse al nivel de salida establecido

**Filtros de corrección:** para Fuentes de sonido Tipo 4292, Tipo 4295 y Tipo 4296: planos u óptimos

**Periodo de repetición:** 175 s

**Conector de salida:** Toma de salida

## GENERADOR EXTERNO

Posibilidad de selección entre generador interno o alternativo (solo para la entrada de micrófono).

Para control el generador de ruido externo, establezca la siguiente configuración:

- **Niveles:** 0 V (generador apagado), 4,5 V (generador encendido)
- **Tiempo de subida y tiempo de caída:** 10  $\mu$ s

El generador de ruido se enciende y apaga automáticamente durante la medición

**Tiempo de escape:** entre 0 y 60 s

**Tiempo programado:** entre 1 y 10 s

El generador se puede encender y apagar manualmente para comprobar el equipo y los niveles de sonido

## Especificaciones de software: Software de registro BZ-7224

Las especificaciones aplicables a BZ-7224 incluyen las especificaciones para el Software de sonómetro BZ-7222. BZ-7224 añade:

### Registro

#### MEDICIONES

**Registro:** Los datos de medición se registran a intervalos predefinidos dentro de archivos en:

- Tarjeta SD
- Unidad de almacenamiento USB

**Período de registro:** de 1 s a 24 h con resolución de 1 s

**Registro rápido:**  $L_{AF}$ ,  $L_{AS}$  y  $L_{Aeq}$  (entrada de sonido) o Fast Inst, Slow Inst y lineal (vibración y entrada directa) se pueden registrar cada 100 ms, independientemente del período de registro. Para la entrada de sonido, también puede registrar LAF cada 10 ms. El LAF de 10 ms y el espectro de 100 ms solo se pueden guardar y no mostrar en el analizador; se pueden mostrar en Measurement Partner Suite BZ-5503

**Datos de banda ancha almacenados en cada intervalo de registro:**

Todos los datos de sonido de banda ancha o hasta 10 seleccionables, incluida la tensión de entrada de disparo, promedio de RPM, datos meteorológicos y  $L_{Aeq,T,mov}$  (para vibración y entrada directa: hasta 5 parámetros)

**Estadísticas de banda ancha almacenadas en cada intervalo de registro:** distribución completa o ninguna (solo entrada de sonido)

**Datos de espectros almacenados en cada intervalo de registro:** todos, o hasta tres espectros seleccionables (se requiere licencia para el BZ-7223)

**Estadísticas espectrales almacenadas en cada intervalo de registro:** distribución completa o ninguna (solo entrada de sonido, se requiere licencia para el BZ-7223)

**Tiempo de registro:** de 1 s a 31 días con una resolución de 1 s

**Medición total:** para el tiempo de registro, en paralelo con el registro: todos los datos de banda ancha, las estadísticas y los espectros (se requiere licencia para el BZ-7223)

#### MARCADORES

Un marcador de exclusión de datos y cuatro marcadores definibles por el usuario para marcar en línea las categorías de sonido oídas durante la medición

Los sucesos se pueden establecer manualmente

#### DISPARADORES

Es posible establecer los marcadores e iniciar las grabaciones de señal (se requiere licencia para el BZ-7226) cuando el nivel de banda ancha se encuentra por encima o por debajo de un nivel especificado

#### ANOTACIONES

Anotaciones en línea con comentarios hablados, notas escritas o imágenes (solo para el Tipo 2270)

#### Calibración

##### CALIBRACIÓN DE LA INYECCIÓN DE CARGA (CIC)

Permite inyectar una señal eléctrica generada internamente en paralelo con el diafragma del micrófono. Es posible realizar una CIC manual cuando no hay ninguna medición en curso. Es posible realizar una CIC automática al inicio y al final de una medición de registro

#### Visualizaciones de medición

**Perfil:** vista gráfica de los datos de medición elegidos frente al tiempo. Rápida visualización del marcador anterior o siguiente, resumen del perfil de toda la medición

**Eje Y:** Rango: 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160 o 200 dB. Zoom o escala automática disponible. Los datos de sonido se muestran como valores dB, los datos de vibración como valores dB o en unidades físicas (unidades SI ( $m/s^2$ ) o unidades US/UK (g)), los datos directos como tensión en dB o V

**Eje X:** herramientas de desplazamiento

**Cursor:** lectura de datos de medición en el tiempo seleccionado

#### Notificaciones

**Condiciones de alarma** (además de las especificadas para el BZ-7222):

- Fallo en la CIC
- Nivel de disparo superado

## Especificaciones de software: Software de registro mejorado BZ-7225

Las especificaciones aplicables al software BZ-7225 incluyen las especificaciones para el Software de registro BZ-7224. El software BZ-7225 añade las características siguientes:

### Registro

#### PARA VISUALIZACIÓN EN PANTALLA Y ALMACENAMIENTO

$L_{dn}$ ,  $L_{den}$ ,  $L_{day}$ ,  $L_{evening}$  y  $L_{night}$

Es posible seleccionar los periodos de día, tarde y noche y las penalizaciones (solo entrada de sonido)

**Informes periódicos:** datos de medición registrados en periodos de informes predefinidos en archivos en:

- Tarjeta SD
- Unidad de almacenamiento USB

**Periodo de informes:** entre 1 min y 24 h con resolución de 1 min

**Datos y estadísticas de banda ancha almacenadas en cada intervalo de registro:** todos, incluidos los datos meteorológicos

**Datos de espectro almacenados en cada intervalo de informe:** todos (se requiere licencia para el software BZ-7223)

**Estadísticas espectrales almacenadas en cada intervalo de informe:** distribución completa o ninguna (solo entrada de sonido, requiere licencia para el software BZ-7223)

**Tiempo de registro:** entre 1 s y 31 días con resolución de 1 s o continuo.

Los datos se guardan en proyectos separados para cada 24 horas de registro (en una hora del día definida por el usuario).

En caso de que se produzca un fallo de alimentación, es necesario un rearranque y una reanudación automática del funcionamiento

#### DISPARADORES

**Temporizador de grabación de señal:** Para iniciar una grabación de señal de forma periódica (se requiere licencia para la opción BZ-7226)

**Disparadores de nivel:** Es posible establecer los marcadores e iniciar las grabaciones de señal (se requiere licencia para la opción BZ-7226) cuando el nivel de banda ancha o de banda de frecuencia se

encuentran por encima o por debajo de un nivel especificado. Es posible establecer un tiempo de espera entre un disparador y otro. Puede especificar que estén activos hasta cuatro disparadores de nivel a cuatro horas diferentes durante el día

## Calibración

### CALIBRACIÓN DE LA INYECCIÓN DE CARGA (CIC)

Permite inyectar una señal eléctrica generada internamente en paralelo con el diafragma del micrófono. Es posible realizar una CIC manual siempre que no haya una medición en curso. Es posible realizar

una CIC automática al comienzo y al final de una medición de registro. Es posible configurar la CIC para que se produzca hasta 4 veces en cada periodo de 24 horas

**Duración de la CIC:** 10 s

## Notificaciones

**Condiciones de alarma:** (además de las especificadas para el software BZ-7224):  $L_{Aeq}$  para el último periodo de informes que supera un umbral establecido

## Especificaciones de software: Opción de grabación de señal BZ-7226

La Opción de grabación de señal BZ-7226 se activa con una licencia independiente. Funciona con todos los programas de analizadores: Software de sonómetro, Software de análisis de frecuencia, Software de registro, Software de registro mejorado y Software de tiempo de reverberación

Para el almacenamiento de datos, la grabación de señales requiere:

- Tarjeta SD
- Unidad de almacenamiento USB

### SEÑAL GRABADA

Señal ponderada A, B, C o Z procedente del transductor de medición

### CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA

El nivel promedio de la señal se mantiene dentro de un rango de 40 dB, o bien se puede fijar la ganancia

### VELOCIDAD DE MUESTREO Y PREGRABACIÓN

La señal se almacena en la memoria intermedia para la grabación previa de la señal, lo que permite que se grabe el comienzo de los sucesos incluso si se detectan más tarde

Velocidad de muestreo ( kHz)	8	16	24	48
Grabación previa máxima (s) 16 bits	470	230	150	70
Grabación previa máxima (s) 24 bits	310	150	96	43
Memoria ( KB/s) 16 bits	16	32	48	96
Memoria ( KB/s) 24 bits	24	48	72	144

### REPRODUCCIÓN

Es posible escuchar la reproducción de las grabaciones de señales mediante los auriculares/audífonos conectados al conector de auriculares

### FORMATO DE GRABACIÓN

El formato de grabación es de archivos de onda de 16 o 24 bits (extensión .wav) adjuntos a los datos en el proyecto y que se pueden

reproducir fácilmente más tarde en un PC mediante un BZ-5503, Tipo 7820 o 7825. La información de calibración y la posible información del disparador del tacómetro se guardan en el archivo .wav, lo que permite a BZ-5503 y PULSE analizar las grabaciones

## Funciones con BZ-7222 y BZ-7223

**Control manual de la grabación:** La grabación se puede iniciar y detener manualmente durante una medición utilizando un pulsador o una señal externa

**Control automático de la grabación:** Permite el inicio de la grabación al comenzar la medición. Es posible preajustar el tiempo de grabación mínimo y máximo

## Funciones con BZ-7224 y BZ-7225

**Control manual de la grabación (utilizando el pulsador Suceso manual o Borrado previo o una señal externa):** Grabación durante todo el suceso, o durante la duración mínima y máxima predefinida. Durante la grabación se establece un marcador de sonido. Tiempo de pregrabación y postgrabación seleccionable por el usuario

**Control manual de la grabación (mediante la pantalla táctil):** Grabación durante el periodo de tiempo seleccionado (sujeto a las limitaciones de la memoria intermedia de grabación previa). Se establece un marcador de sonido para el periodo de tiempo seleccionado

**Control automático de la grabación:** Es posible activar un suceso cuando el nivel de banda ancha se encuentra por encima o por debajo de un nivel específico. Grabación durante todo el suceso o durante un tiempo mínimo y máximo predefinido. Tiempo de pregrabación y postgrabación seleccionable por el usuario

## Funciones con BZ-7227

**Control automático de la grabación:** La grabación se inicia al comenzar la medición.

Solo admite el formato de grabación de 16 bits

## Especificaciones de software: Software de tiempo de reverberación BZ-7227

### Normas

La unidad cumple los apartados correspondientes de las siguientes normas:

- IEC 61672-1 (2013), Clase 1
- IEC 60651 (1979) más la Enmienda 1 (1993-02) y la Modificación 2 (2000-10), Tipo 1
- IEC 61260-1 (2014), bandas de 1/1 de octava y de 1/3 de octava, Clase 1
- ANSI S1.4-1983 más la Enmienda ANSI S1.4A-1985, Tipo 1
- IEC 61260 (1995-07) más Enmienda 1 (2001-09), bandas de 1/1 de octava y bandas de 1/3 de octava, Clase 0
- ANSI S1.11-1986, bandas de 1/1 y 1/3 de octava, Orden 3, Tipo 0-C

- ANSI S1.11-2004, bandas de 1/1 de octava y bandas de 1/3 de octava, Clase 0
- ANSI/ASA S1.11-2014, apartado 1, bandas de 1/1 de octava y de 1/3 de octava, Clase 1
- ISO 140
- ISO 3382
- ISO 354

### FILTROS DE CORRECCIÓN

Para los Micrófonos Tipo 4189, 4190, 4191, 4192, 4193, 4950, 4952, 4952+EH-2152, 4955-A, 4964, 4966 y 4184-A, el software BZ-7227 puede corregir la respuesta de frecuencia para compensar la incidencia sonora y los accesorios

## Mediciones de banda ancha

### DETECTORES

Detectores de banda ancha con **ponderación A y C** y ponderación temporal exponencial F

**Detector de saturación:** supervisa las salidas de saturación de todos los canales de frecuencia ponderada

### MEDICIONES

$L_{AF}$  y  $L_{CF}$  para la visualización numérica o con barras pseudoanalógicas

### RANGOS DE MEDICIÓN

Con el Micrófono Tipo 4189:

**Rango dinámico:** desde el ruido de fondo normal hasta el nivel máximo para una señal de tono puro de 1 kHz, con ponderación A: de 16,6 a 140 dB

**Rango de indicador principal:** conforme a la norma IEC 60651, con ponderación A: de 23,5 a 122,3 dB

**Rango de funcionamiento lineal:** conforme a la norma IEC 61672:

- Con ponderación A: de 23,5 a 122,3 dB
- Con ponderación C: de 25,5 a 139,7 dB
- Con ponderación Z: de 30,6 a 139,7 dB

## Análisis de frecuencia

### FRECUENCIAS CENTRALES

**Frecuencias centrales de banda de 1/1 de octava:** de 63 Hz a 8 kHz

**Frecuencias centrales de banda de 1/3 de octava:** de 50 Hz a 10 kHz

### MEDICIONES

Espectro de  $L_{ZF}$  solo con fines de consulta

Espectros de  $L_{Zeq}$  muestreados a intervalos de 5 ms

### RANGOS DE MEDICIÓN

Con el Micrófono Tipo 4189:

**Rango dinámico:** desde el ruido de fondo típico hasta el nivel máximo para una señal de tono puro a 1 kHz de 1/3 de octava: de 1,1 a 140 dB

**Rango de funcionamiento lineal:** conforme a la norma IEC 61260, 1/3 de octava:  $\leq 20,5$  dB a 140 dB

## Generador interno

Generador de ruido pseudoaleatorio incorporado

**Espectro:** seleccionable entre rosa y blanco

**Factor de cresta:**

- Ruido rosa: 4,4 (13 dB)
- Ruido blanco: 3,6 (11 dB)

**Ancho de banda:** según el intervalo de frecuencia de medición

- Límite inferior: 50 Hz (1/3 de octava) o 63 Hz (octava)
- Límite superior: 10 kHz (1/3 de octava) o 8 kHz (octava)

**Nivel de salida:** independiente del ancho de banda

- Máximo:  $1 V_{rms}$  (0 dB)
- Ajuste de ganancia: de -60 a 0 dB

Al cambiar el ancho de banda, el nivel de todas las bandas se ajusta automáticamente para adaptarse al nivel de salida establecido

**Filtros de corrección para fuentes de sonido Tipo 4292, Tipo 4295 y Tipo 4296:** planos u óptimos

**Tiempo de encendido y tiempo de apagado:** equivalente a  $RT = 70$  ms

**Periodo de repetición:** 175 s

**Conector de salida:** toma de salida

**Control:** véase el Control de medición

## Generador externo

Se puede seleccionar como alternativa al generador interno.

Control del generador de ruido externo

**Niveles:** 0 V (generador apagado), 4,5 V (generador encendido)

**Tiempo de subida y tiempo de caída:** 10  $\mu$ s

**Control:** véase el Control de medición

## Tiempo de reverberación

EDT, T20 y T30 en bandas de una octava o 1/3 de octava

**Decaimientos:** mediciones y almacenamientos con un promedio de tiempo de 5 ms

**Intervalo de evaluación:** de 0 a -10 dB para EDT, de -5 a -25 dB para T20 y de -5 a -35 dB para T30

**Tiempo de medición:** selección automática del tiempo de medición en los decaimientos basados en el tiempo de reverberación real de la sala

**Tiempo de medición máximo:** de 2 a 30 s

**Promedio:** Es posible realizar un promedio de las mediciones para EDT, T20 y T30 (media aritmética o promedio colectivo).

**Cálculo de EDT, T20 y T30:** a partir de la pendiente del intervalo de evaluación

**Cálculo de la pendiente:** aproximación por mínimos cuadrados

**Indicadores de calidad:** los indicadores de calidad contienen datos sobre el estado del sistema como, por ejemplo, la sobrecarga, el porcentaje de curvatura, etc. Asimismo, ofrecen una descripción exhaustiva del estado del sistema.

Los indicadores de calidad están disponibles en los espectros de tiempo de reverberación de cada banda de frecuencias o pueden ser indicadores de calidad globales de cada posición de medición y del proyecto total (sala)

**Intervalo de tiempo de reverberación:** máx. 50 s, mín. 0,1 - 0,7 s, en función del ancho de banda y la frecuencia central

**Tiempo de reverberación de banda ancha:** permite calcular el promedio aritmético del tiempo de reverberación en un rango de frecuencia seleccionable

## Visualización y control de la medición

### MAPA DE RESUMEN

Mapa de las posiciones de fuentes y receptores con lecturas de tiempo de reverberación para una banda de frecuencia seleccionable en cada posición de medición junto con el indicador de calidad

**Organización de las posiciones de fuentes y receptores:** permite realizar mediciones en todas las posiciones de los receptores de cada fuente o realizar mediciones en varias posiciones (de 1 a 10) para cada fuente.

Las posiciones de fuente y receptor se pueden añadir, mover o eliminar

### TABLA DE RESUMEN

Tabla de las posiciones de mediciones con lecturas de tiempo de reverberación para una banda de frecuencia seleccionable en cada posición junto con el indicador de calidad.

Es posible incluir o excluir posiciones del promedio de la sala

### ESPECTRO DE NIVEL SONORO

Es el espectro LZf más las barras de banda ancha A y C

**Eje Y:** rango: 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 o 160 dB. Zoom automático o escala automática disponible

**Cursor:** lectura de la banda seleccionada

Indicador de calidad de cada banda de frecuencia

### ESPECTRO DE TIEMPO DE REVERBERACIÓN

Es posible visualizar uno o dos espectros

**Eje Y:** rango: 0,5, 1, 2, 5, 10 o 20 s. Zoom automático disponible

**Cursor:** lectura de la banda seleccionada

Indicador de calidad de cada banda de frecuencia

### TABLA DE ESPECTRO DE TIEMPO DE REVERBERACIÓN

Es posible visualizar uno o dos espectros de forma tabular

### DECAIMIENTO

Se trata de la curva de decaimiento correspondiente a una posición o al promedio de la sala que ofrece el sistema para cada banda de frecuencia.

Visualización del intervalo de evaluación y la línea de regresión.

Lectura del porcentaje de curvatura

**Eje Y:** rango: 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 o 160 dB. Zoom automático o escala automática disponible

### CONTROL DE LA MEDICIÓN

**Secuencia de medición:** las mediciones pueden realizarse del siguiente modo:

- En todas las posiciones del receptor antes de utilizar otra fuente
- En una posición del receptor para todas las fuentes, antes de efectuar la medición en una nueva posición.
- En una serie de posiciones sucesivas de los receptores sin información de la fuente
- En una serie de posiciones de fuentes y receptores seleccionadas manualmente

Durante la medición, se mostrará el espectro de nivel de sonido instantáneo. Tras la medición, se mostrará el tiempo de reverberación **Excitación de la interrupción del ruido:** las mediciones se inician manualmente y pueden almacenarse automáticamente al concluir la medición.

El generador de ruido se enciende y se apaga automáticamente

**Tiempo de escape:** entre 0 y 60 s

**Tiempo de subida:** entre 1 y 10 s

**Número de decaimientos por medición:** entre 1 y 100, con promedio colectivo en un decaimiento.

El generador se puede encender y apagar manualmente para comprobar el equipo y los niveles de sonido.

**Mediciones en serie:** las bandas de frecuencias seleccionadas se pueden medir en serie, es decir, una por una en una secuencia automática. Esto se puede realizar de forma automática en combinación con la medición en paralelo

**Excitación de impulso:** la primera medición se inicia manualmente. Cuando el nivel (procedente de la pistola de salida, por ejemplo) supera el nivel de activación seleccionado por el usuario, se registra el decaimiento y se lleva a cabo una integración hacia atrás (método de Schroeder). El disparador puede activarse automáticamente para realizar mediciones en la próxima posición

**Grabación de señal:** (requiere licencia para la Opción de grabación de señal BZ-7226) la grabación de la señal medida con ponderación Z puede realizarse en cada posición. Para el almacenamiento de datos, la grabación de señales requiere:

- Tarjeta SD
- Unidad de almacenamiento USB

## Estado de la medición

### EN PANTALLA

El sistema muestra en pantalla los mensajes de sobrecarga, espera de activación y operación en curso o detenida a través de una serie de iconos

### SEMÁFORO

Los tres LED de color rojo, amarillo y verde muestran el estado de medición y la sobrecarga instantánea del siguiente modo:

- Parpadeo del LED amarillo cada 5 s = sistema detenido, listo para realizar la medición
- Parpadeo lento del LED verde = sistema en espera de disparo o señal de calibración
- LED verde encendido fijo = medición en curso
- Parpadeo lento del LED amarillo = sistema en pausa, medición no almacenada
- Parpadeo rápido del LED rojo = sobrecarga intermitente, fallo en la calibración

## Especificaciones de software: Opción de dos canales BZ-7229

La Opción de dos canales BZ-7229 es una aplicación estándar incluida con todos los analizadores Tipo 2270 nuevos. Añade funcionalidad de 2 canales al Sonómetro, al Análisis de frecuencia, al Registro, al Registro mejorado y al Software de acústica de edificios y a la opción de grabación de señales en el Tipo 2270

Consulte los datos de producto de BP 2194 para las aplicaciones de software de acústica para edificios de 2 canales.

## Calibración

La calibración inicial se almacena para compararla con calibraciones posteriores

### ACÚSTICA

Mediante el Calibrador de sonido Tipo 4231 o un calibrador personalizado. El proceso de calibración detecta automáticamente el nivel de calibración cuando se utiliza el Calibrador de sonido Tipo 4231

### ELÉCTRICA

Se utiliza una señal eléctrica generada por el sistema, combinada con el valor introducido de la sensibilidad del micrófono

### HISTORIAL DE CALIBRACIÓN

Pueden indicarse y verse en el analizador hasta 20 de las últimas calibraciones realizadas

## Supervisión de la señal

Puede controlarse una señal de entrada con ponderación A, C o Z con ayuda de unos auriculares conectados a la toma de auriculares

**Señal de los auriculares:** la señal de entrada puede controlarse a través de esta conexión con los auriculares o los audífonos

**Ajuste de ganancia:** de -60 dB a 60 dB

## Anotaciones

### ANOTACIONES DE VOZ

Es posible adjuntar anotaciones de voz al proyecto de tiempo de reverberación, a las fuentes, a los receptores y a las mediciones realizadas en cada posición

**Reproducción:** la reproducción de anotaciones de voz o grabaciones de señal puede escucharse a través de unos auriculares conectados a la toma correspondiente

**Ajuste de ganancia:** de -60 dB a 60 dB

### ANOTACIONES DE TEXTO E IMAGEN

Es posible adjuntar anotaciones de texto e imágenes (solo en analizadores del Tipo 2270) al proyecto de tiempo de reverberación, a las fuentes, a los receptores y a las mediciones realizadas en cada posición

### ANOTACIONES GPS

Es posible adjuntar al proyecto una anotación de texto con información GPS (latitud, longitud, altitud y error de posición). Requiere conexión a un receptor GPS

## Gestión de datos

**Plantilla de proyecto:** define los ajustes de visualización y medición

**Proyecto:** los datos de medición de todas las posiciones definidas en la sala se almacenan en la plantilla del proyecto

**Trabajo:** los proyectos se organizan en trabajos.

Las herramientas del explorador facilitan la gestión de datos (copiar, cortar, pegar, eliminar, cambiar nombre, abrir proyecto, crear trabajo, establecer nombre de proyecto predeterminado).

Para obtener especificaciones y detalles sobre la documentación de resultados con el software Qualifier Tipo 7830 y Qualifier Light Tipo 7831, consulte las características técnicas BP 2194

En general, la Opción de 2 canales añade un canal adicional de datos de medición. Los dos canales pueden tener entrada del mismo tipo de transductores (como dos micrófonos) o dos transductores diferentes (como un micrófono y un acelerómetro)

### NIVEL DE RUIDO AUTOGENERADO

Valores normales a 23 °C de la sensibilidad nominal de circuito abierto del micrófono:

**Rango alto:**

Ponderación	Micrófono	Eléctrica	Total
"A"	14,6 dB	28,3 dB	28,5 dB
"B"	13,4 dB	26,9 dB	27,1 dB
"C"	13,5 dB	27,0 dB	27,2 dB
"Z" 5 Hz – 20 kHz	15,3 dB	31,2 dB	31,3 dB
"Z" 3 Hz – 20 kHz	15,3 dB	32,1 dB	32,2 dB

**Rango bajo:**

Ponderación	Micrófono	Eléctrica	Total
"A"	14,6 dB	12,4 dB	16,6 dB
"B"	13,4 dB	11,5 dB	15,6 dB
"C"	13,5 dB	12,9 dB	16,2 dB
"Z" 5 Hz – 20 kHz	15,3 dB	18,3 dB	20,1 dB
"Z" 3 Hz – 20 kHz	15,3 dB	25,5 dB	25,9 dB

**INTERVALOS DE MEDIDA**

El intervalo de medición completo se cubre en dos ajustes de rango: El Rango alto corresponde al intervalo menos sensible y el Rango bajo hace alusión al más sensible

**ANÁLISIS DE BANDA ANCHA**

Con el Micrófono Tipo 4189:

**Rango dinámico:** desde el ruido de fondo típico hasta el nivel máximo para una señal de tono puro de 1 kHz, con ponderación A:

- Rango alto: entre 28,5 y 140 dB
- Rango bajo: entre 16,6 y 110 dB

**Intervalo de indicador principal:** conforme a la norma IEC 60651, con ponderación A:

- Rango alto: desde 41,7 dB hasta 122,3 dB
- Rango bajo: desde 23,5 dB hasta 92,3 dB

**Rango de linealidad:** conforme a la norma IEC 60804, con ponderación A:

- Rango alto: entre 39,6 y 140,8 dB
- Rango bajo: entre 21,4 y 110,8 dB

**Rango lineal de funcionamiento:** de acuerdo con la norma IEC 61672:

- Con ponderación A: 1 kHz
  - Rango alto: desde 43,0 dB hasta 139,7 dB
  - Rango bajo: desde 24,8 dB hasta 109,7 dB
- Con ponderación C: 1 kHz
  - Rango alto: desde 41,7 dB hasta 139,7 dB
  - Rango bajo: desde 25,5 dB hasta 109,7 dB
- Con ponderación Z: 1 kHz
  - Rango alto: desde 45,9 dB hasta 139,7 dB
  - Rango bajo: desde 30,6 dB hasta 109,7 dB

**Rango de pico C:** de acuerdo con la norma IEC 61672, 1 kHz:

- Rango alto: desde 58,5 dB hasta 142,7 dB
- Rango bajo: desde 42,3 dB hasta 112,7 dB

**ANÁLISIS DE FRECUENCIA**

**Rango dinámico:** desde el ruido de fondo típico hasta el nivel máximo para una señal de tono puro a 1 kHz de 1/3 de octava:

- Rango alto: entre 18,5 y 140 dB
- Rango bajo: entre 1,3 y 110 dB

**Rango lineal de funcionamiento:** de acuerdo con la norma IEC 61260:

- Rango alto: entre  $\leq 39,3$  y 140 dB
- Rango bajo: entre  $\leq 20,6$  y 110 dB

**Mediciones con BZ-7222 y BZ-7223**

Dos canales, cada uno de ellos con todos los datos de la medición de canal único, excepto los parámetros de mantenimiento comunes, como la hora de inicio, el tiempo transcurrido, etc., además del estado meteorológico y los datos GPS

**Detector de desbordamiento por defecto:** supervisa el desbordamiento por defecto de todos los detectores con ponderación de frecuencia. El desbordamiento por defecto se verifica cuando el nivel es menor que el límite inferior del intervalo de funcionamiento lineal. Hay detectores disponibles tanto para el canal 1 como para el canal 2

**AUTORANGO**

Se incluyen controles de rango automático y manual

**Visualización de espectro** (para BZ-7223): Se pueden superponer los espectros de ambos canales. Los datos de diferentes tipos de transductores se muestran con el eje Y individual

**Espectros para visualización** (entrada de micrófono):

- Canal 1 – Canal 2  $L_{Xeq}$
- Canal 2 – Canal 1  $L_{Xeq}$

X = A, B, C o Z

**Espectros para visualización** (acelerómetro o entrada directa):

- Canal 1 – Canal 2 Lineal
- Canal 2 – Canal 1 Lineal

**Valores únicos para visualización** (entrada de micrófono):

- Canal 1 – Canal 2  $L_{Xeq}$
- Canal 2 – Canal 1  $L_{Xeq}$
- Canal 1 – Canal 2  $L_{Yeq}$
- Canal 2 – Canal 1  $L_{Yeq}$

X = A o B. Y = C o Z

**Valores únicos para visualización** (acelerómetro o entrada directa):

- Canal 1 – Canal 2 Lineal
- Canal 2 – Canal 1 Lineal
- Canal 1 – Canal 2 Detector lineal 2 (solo acelerómetro de entrada)
- Canal 2 – Canal 1 Detector lineal 2 (solo acelerómetro de entrada)

**Mediciones con BZ-7224 y BZ-7225**

**Registro rápido:** se pueden registrar hasta un total de cuatro de los parámetros de 100 ms de los dos canales (incluido el parámetro de 10 ms para la entrada de sonido)

**Datos de banda ancha almacenados en cada intervalo de registro:** Todos los valores de banda ancha seleccionables o hasta 10 de ellos desde los dos canales

**Datos de espectros almacenados en cada intervalo de registro:** todo, o hasta los cuatro espectros seleccionables de los dos canales (se requiere licencia para BZ-7223)

**Grabación de señales de dos canales** (se requiere licencia para BZ-7226): La grabación de señales de 2 canales está disponible en el Sonómetro, el Análisis de frecuencia, el Software de registro y de registro mejorado.

Las señales de los dos canales se pueden grabar en un archivo de onda "estéreo" o en  $2 \times 24$  bits o  $2 \times 16$  bits.

## VELOCIDAD DE MUESTREO Y PREGABADO PARA LA GRABACIÓN DE DOS CANALES

Velocidad de muestreo ( kHz)	8	16	24	48
Pregrabación máxima (s) 16 bits	230	110	70	30
Pregrabación máxima (s) 24 bits	150	70	43	16
Memoria ( KB/s) 16 bits	32	64	96	192
Memoria ( KB/s) 24 bits	48	96	144	288

## Especificaciones de software: Opción de evaluación de tono BZ-7231

### LICENCIA

La Opción de evaluación de tono BZ-7231 es una aplicación estándar incluida con todos los analizadores Tipo 2250/2270 nuevos. La opción se puede utilizar con la plantilla FFT (BZ-7230) o con las plantillas de 1/3 de octava y de registro (BZ-7223, BZ-7224 y BZ-7225)

### Evaluación de tono basada en FFT (solo con el software BZ-7230)

#### NORMA

La evaluación de tono se basa en el espectro de FFT medido de acuerdo con la norma ISO 1996:2007 Acústica: descripción, evaluación y medición del ruido ambiental, parte 2: determinación de los niveles de ruido ambiental. Anexo C (informativo) Método objetivo para evaluar la percepción de tonos en el ruido. Método de referencia

#### ESPECTROS EVALUADOS

Cualquier espectro de sonido FFT (FFT, referencia o máximo) mostrado puede ser evaluado.

La evaluación se lleva a cabo en forma de postprocesamiento, es decir, cuando la medición se encuentra en pausa o detenida

#### CONFIGURACIÓN DE ACUERDO CON LAS NORMAS

Si la configuración no cumple la norma, aparecerá una indicación en la pantalla y se le ofrecerá la posibilidad de aplicar la configuración predeterminada.

Si es posible, se realizará la evaluación de tono, a pesar de no cumplir con la norma

**Criterio de búsqueda de tono:** de 0,1 a 4,0 dB por pasos de 0,1 dB.

#### TONO EN EL CURSOR

La salida del auricular dispone de un tono sinusoidal para facilitarle la confirmación de tonos identificados

**Frecuencia:** la frecuencia la selecciona el cursor principal

**Ganancia:** de -70 a +10 dB

**Opciones:** el tono generado se puede mezclar con la señal de entrada

#### CURSOR DE EVALUACIÓN DE TONO

Todos los tonos disponibles se indican en la pantalla.

El cursor del tono se sitúa inicialmente en el tono más destacado y, a continuación, puede desplazarse por el resto de tonos detectados.

También puede utilizar el cursor principal para desplazarse por los tonos

#### RESULTADOS

Los resultados se muestran en los paneles Tono y Valor.

No se guardan con la medición

**Todos los tonos:** frecuencia, nivel de tono  $L_{pt}$ , nivel de ruido de enmascaramiento  $L_{pni}$ , percepción  $\Delta L_{tar}$ , banda crítica CB, diferencia de nivel de ruido frente a tono  $\Delta L_{ts}$ , criterio de percepción  $\Delta L_{ts, krit}$

**Tono más destacado:** nivel de tono  $L_{pt}$ , ajuste  $K_t$

#### INDICADORES DE CALIDAD

En la pantalla, un indicador de calidad (emoticono) señalará que hay una sugerencia disponible para la calidad de la evaluación de tonos. Haga clic en el indicador para ver la sugerencia

### Evaluación de tono basada en 1/3 de octava (solo con el software BZ-7223/24/25)

La evaluación de tonos se basa en el espectro de 1/3 de octava medido de acuerdo con el apartado 2 del título general Acústica: descripción, medición y evaluación del ruido ambiental de la norma internacional ISO 1996:2007: determinación de los niveles de ruido ambiental. Anexo D (informativo) Método objetivo para evaluar la percepción de tonos en el ruido. Método simplificado” o bien de acuerdo con la ley italiana “DM 16-03-1998: Ministerio dell’Ambiente, Decreto 16 marzo 1998”

#### ESPECTROS EVALUADOS

El espectro de 1/3 de octava visualizado ( $L_{eq}$ ,  $L_{max}$  o  $L_{min}$ ) se puede evaluar. La evaluación se lleva a cabo en forma de postprocesamiento, es decir, cuando la medición se encuentra en pausa o detenida

#### CONFIGURACIÓN DE ACUERDO CON LAS NORMAS

Si la configuración infringe las normas, este hecho se indicará en la pantalla. En ese caso, podrá aceptar la aplicación de la configuración predeterminada. Si es posible, se llevará a cabo la evaluación de tonos, a pesar de que se incumplan las normas. Para la evaluación de tono conforme a la norma ISO 1996-2, Anexo D, puede configurar la división entre el rango de frecuencia bajo y medio, la división entre el rango de frecuencia medio y alto y los límites de las diferencias de nivel entre bandas adyacentes.

Para la evaluación de tono conforme a DM 16-03-1998, es posible probar las curvas de volumen de los tonos. Seleccione entre ISO 226: 1987 campo libre, 1987 campo aleatorio y 2003 campo libre

#### RESULTADOS

Los tonos se indican encima del espectro cuando se selecciona Tono como parámetro de espectro. El ajuste resultante se puede visualizar en el panel de valores. No se guarda con la medición

## Especificaciones de software: Opción mejorada de vibración y baja frecuencia BZ-7234

La Opción mejorada de vibración y baja frecuencia BZ-7234 está habilitada con una licencia independiente. Añade la ponderación G y parámetros de vibración humana, además de la integración y de la doble integración de la señal de aceleración para parámetros de vibración y desplazamiento para el software del Sonómetro, Análisis de frecuencia, Registro y de Registro mejorado. También agrega análisis de 1/1 y 1/3 de octava de baja frecuencia al análisis de frecuencia, y al software de Registro y de Registro mejorado

## Ponderación G

Las especificaciones para la ponderación G se aplican al Tipo 2250/2270 equipado con uno de los Micrófonos Tipo 4193 y 4964 (tanto con o sin el Adaptador de baja frecuencia UC-0211) y el Preamplificador de micrófono ZC-0032

## Normas

Cumple con las siguientes normas nacionales e internacionales:

- ISO 7196:1995
- ANSI S1.42-2001 (R2011)

## Análisis

### DETECTORES

Los detectores con ponderación G (que reemplazan la ponderación C/Z) con una ponderación de tiempo exponencial de 10 s, un detector de promedio lineal y un detector de pico.

### MEDICIONES

Y=ponderaciones de tiempo F o S

**Espectros para visualización y almacenamiento** (se requiere BZ-7223):

$L_{Geq}$                        $L_{GSmax}$                        $L_{GFmax}$   
 $L_{GSmin}$                        $L_{GFmin}$

**Espectros solo para visualización** (se requiere BZ-7223):

$L_{GS}$                        $L_{GF}$                        $L_{GYN1}$   
 $L_{GYN2}$                        $L_{GYN3}$                        $L_{GYN4}$   
 $L_{GYN5}$                        $L_{GYN6}$                        $L_{GYN7}$

**Valores únicos para visualización y almacenamiento:**

$L_{Geq}$                        $L_{G10max}$                        $L_{G10min}$   
 $L_{Gpeak}$                        $T_{Gpeak}$

**Valores únicos solo para visualización:**

$L_{G10}$                        $L_{Gpeak,1s}$

### RANGOS DE MEDICIÓN

Rango lineal de funcionamiento con ponderación G en la frecuencia de referencia de filtro G 10 Hz

**Rango único:**

Micrófono	Bajo (dB)	Alto (dB)
4193	41,0	161,0
4194 + UC-0211	44,1	151,4
4964	29,6	149,0
4964 + UC-0211	32,6	139,3

**Rango alto:**

Micrófono	Bajo (dB)	Alto (dB)
4193	41,6	161,0
4194 + UC-0211	51,8	151,4
4964	30,3	149,0
4964 + UC-0211	41,7	139,3

**Rango bajo:**

Micrófono	Bajo (dB)	Alto (dB)
4193	41,0	131,0
4194 + UC-0211	44,1	147,4
4964	29,6	119,0
4964 + UC-0211	32,6	137,3

## Vibración general

Las especificaciones para los parámetros de vibración general se aplican al Tipo 2250/2270 equipado con un acelerómetro

## Normas

Cumple con las siguientes normas internacionales:

- ISO 2954
- ISO 10816 serie

## Análisis

### DETECTORES

Adición a los ajustes de Acel lineal y Acel de 1 – 20 kHz para los dos detectores de banda ancha:

Vel 3 – 20000 Hz                      Vel 0.3 – 1000 Hz                      Vel 10 – 1000 Hz  
Vel 1 – 100 Hz                      Des 10 – 1000 Hz                      Des 30 – 300 Hz  
Des 1 – 100 Hz

La ponderación para el detector de pico se puede establecer en uno de los ajustes elegidos para los detectores de banda ancha o Acel lineal. La ponderación para los detectores de espectros se puede establecer en Acel lineal o Vel 3 – 20000 Hz, Vel 0.3 – 1000 Hz, Vel 10 – 1000 Hz o Vel 1 – 100 Hz

**Valores únicos para visualización y almacenamiento:** Pico a pico para desplazamiento

## Vibración humana

Las especificaciones para los parámetros de vibración humana se aplican al Tipo 2250/2270 equipado con un acelerómetro

## Normas

El sistema cumple las siguientes normas internacionales:

- ISO 8041:2005
- ISO 5349-1
- ISO 2631 serie
- DIN 45669-1:2010-09

## Análisis

### DETECTORES

Se pueden establecer dos detectores de banda ancha en una de las siguientes ponderaciones:

Acel lineal                      Vel 0.3 – 1000 Hz                      Vel 1 – 100 Hz  
 $W_b$                        $W_c$                        $W_d$   
 $W_e$                        $W_j$                        $W_h$   
 $W_k$                        $W_m$                        $W_{xb}$   
 $W_{hb}$                        $W_{mb}$

$W_{mb}$  es la parte limitante de banda de  $W_m$ .  $W_{hb}$  es la parte limitante de banda de  $W_h$  y  $W_{xb}$  es la parte limitante de banda de  $W_b$ ,  $W_c$ ,  $W_d$ ,  $W_e$ ,  $W_j$  y  $W_k$ .

La ponderación para el detector de pico se puede establecer en uno de los ajustes elegidos para los detectores de banda ancha o Acel lineal.

La ponderación para los detectores de espectros se puede establecer en Acel lineal o Vel 0.3 – 1000 Hz o Vel 1 – 100 Hz

## MEDICIONES

### Valores únicos para visualización y almacenamiento:

MTVV                      KBF<sub>max</sub>                      KBF<sub>Tm</sub>

Pico a pico

### Valores únicos solo para visualización:

aW, 1 s                      KBF

## Análisis de baja frecuencia de 1/1 de octava y 1/3 de octava

### Análisis de frecuencia

#### FRECUENCIAS CENTRALES

**1/1 de octava frecuencias centrales de banda:** 1 Hz a 16 kHz

**1/3 de octava frecuencias centrales de banda:** 0,8 Hz a 20 kHz

#### Normas

Cumple con las siguientes normas nacionales e internacionales:

- IEC 61260–1 (2014), bandas de 1/1 de octava y de 1/3 de octava, Clase 1
- IEC 61260 (1995–07) más la Enmienda 1 (2001–09), bandas de 1/1 de octava y de 1/3 de octava, Clase 0
- ANSI S1.11–1986, bandas de 1/1 y 1/3 de octava, Orden 3, Tipo 0–C
- ANSI S1.11–2004, bandas de 1/1 de octava y de 1/3 de octava, Clase 0

- ANSI/ASA S1.11–2014, Parte 1, bandas de 1/1 de octava y de 1/3 de octava, Clase 1

### Mediciones de sonido

Las mediciones de sonido de baja frecuencia requiere el uso de un micrófono de baja frecuencia. Este puede ser de Tipo 4193 o Tipo 4964, ambos junto con el Adaptador de baja frecuencia UC-0211

### Mediciones de vibración

Brüel & Kjær recomienda el Acelerómetro de nivel bajo de Tipo 8344 para las mediciones de vibración de baja frecuencia

## Especificaciones de software: Measurement Partner Suite BZ-5503

El módulo BZ-5503 se suministra con los analizadores Tipos 2250 y 2270 para facilitar la sincronización de las configuraciones y los datos entre el PC y el analizador portátil. El módulo BZ-5503 se suministra en ENV DVD BZ-5298

#### REQUISITOS PARA EL PC

**Sistema operativo:** Windows® 7, 8.1 u 10 (en versiones de 32 o 64 bits)  
PC Recomendado:

- Intel® Core™ i3
- Microsoft® .NET 4.5
- 2 GB de memoria
- Tarjeta de sonido
- Unidad de DVD
- Al menos un puerto USB disponible
- Unidad de estado sólido

#### VISUALIZACIÓN EN LÍNEA DE LOS DATOS DE TIPO 2250/2270

Las mediciones del analizador pueden controlarse desde el PC y visualizarse en línea con el PC, usando en el PC la misma interfaz de usuario que en el analizador

**Pantalla:** 1024 × 768 (se recomienda 1280 × 800)

#### GESTIÓN DE DATOS

**Explorador:** Las herramientas del explorador facilitan la gestión de analizadores, usuarios, trabajos, proyectos y plantillas de proyectos (copiar, cortar, pegar, eliminar, dar nuevo nombre, crear)

**Visor de datos:** Permite visualizar los datos de la medición (contenido de los proyectos)

**Sincronización:** Las plantillas de proyectos y los proyectos de usuarios específicos pueden sincronizarse entre el PC y el analizador y entre archivos locales y en la nube. Measurement Partner Suite BZ-5503 también permite fusionar anotaciones tomadas con la aplicación de campo (Field App) de Measurement Partner con el proyecto correspondiente del analizador

#### USUARIOS

Se pueden crear o eliminar usuarios del Tipo 2250/2270

#### HERRAMIENTAS DE EXPORTACIÓN

**Excel®:** Los proyectos (o las partes especificadas por el usuario) pueden exportarse a Microsoft® Excel® (compatible con Excell® 2003 – 2016)

**Software de Brüel & Kjær:** Los proyectos pueden exportarse\* a Predictor-LimA Tipo 7810, Acoustic Determinator Tipo 7816, Protector Tipo 7825, Qualifier (Light) Tipo 7830 (7831), PULSE Mapping for Hand-held Sound Intensity Tipo 7962/7752/7761 o PULSE Reflex

#### POSTPROCESAMIENTO

Measurement Partner Suite es un conjunto de módulos, incluidas las herramientas de postprocesamiento para los datos adquiridos con el analizador. Están disponibles los siguientes módulos de postprocesamiento:

- Módulo de registro BZ-5503-A
- Módulo de espectro BZ-5503-B
- Módulo de análisis de archivos WAV BZ-5503-C

Estos módulos ayudan a evaluar los datos de registro y los espectros medidos, como el cálculo de la contribución de los marcadores en un perfil de registro o la corrección de espectros para el ruido de fondo

#### ACTUALIZACIONES Y LICENCIAS DE SOFTWARE DEL ANALIZADOR PORTÁTIL

El software controla el programa de actualización y licencia de las aplicaciones del analizador

#### INTERFAZ PARA EL ANALIZADOR PORTÁTIL

Conexión USB, LAN o a través de Internet

#### TRANSFERENCIA DE LICENCIA

Para transferir una licencia de un analizador a otro, utilice el software BZ-5503 junto con el Programa de transferencia de licencia VP-0647

#### IDIOMAS

Interfaz de usuario en alemán, checo, chino (República Popular de China), chino (Taiwán), coreano, croata, danés, esloveno, español, flamenco, francés, húngaro, inglés, italiano, japonés, polaco, portugués, rumano, ruso, serbio, sueco, turco y ucraniano

#### AYUDA

Ayuda contextual concisa en inglés

\* No todos los datos están disponibles en todas las exportaciones. Los datos exportados dependen del tipo y destino de la exportación.

## Información del pedido

<b>Tipo 2250-S</b>	<b>Analizador portátil</b>
<b>Tipo 2270-S</b>	<b>Analizador portátil de 2 canales</b>
<b>Tipo 2250-S-C</b>	<b>Analizador portátil con Calibrador de sonido Tipo 4231</b>
<b>Tipo 2270-S-C</b>	<b>Analizador portátil de 2 canales con Calibrador de sonido Tipo 4231</b>

Los Tipos 2250-S, 2250-S-C, 2270-S y 2270-S-C incluyen, como estándar, lo siguiente:

### SOFTWARE INCLUIDO

- BZ-7222: Software de sonómetro
- BZ-7223: Software de análisis de frecuencia
- BZ-7231: Opción de evaluación de tono
- BZ-7232: Software de monitoreo de ruido
- BZ-7229: Opción de 2 canales (solo Tipo 2270)

### MICRÓFONO Y PREAMPLIFICADOR INCLUIDOS

- Tipo 4189: Micrófono prepolarizado de campo libre de 1/2" o
- Tipo 4190: Micrófono de campo libre de 1/2" o
- Tipo 4966: Micrófono de campo libre de 1/2"
- ZC-0032: Preamplificador de micrófono

### ACCESORIOS INCLUIDOS

- FB-0679: Cubierta abatible (solo para el Tipo 2250)
- FB-0699: Cubierta abatible (solo para el Tipo 2270)
- QB-0061: Batería
- ZG-0426: Alimentador de red
- UA-1650: Pantalla antiviento de 90 mm de diámetro con AutoDetect
- Kit de accesorios requeridos UA-1710-D01, que incluye:
  - KE-0441: Cubierta protectora
  - UL-1050: Adaptador inalámbrico USB-A (M)
  - UA-1651: Prolongador para trípode para analizador portátil
  - UA-1654: 5 punteros adicionales
  - UA-1673: Adaptador para montura de trípode estándar
  - DH-0696: Correa de mano
  - DD-0594: Tapón de protección para Analizador portátil sin Preamplificador
  - AO-1494: Cable de conexión USB 2.0, de USB estándar A (M) a USB Micro B (M), negro, 1,8 m, máx. +70 °C

**Nota:** Estos accesorios también se encuentran disponibles por separado

### Analizador solo

Si desea adquirir un analizador portátil sin micrófono ni preamplificador, pida:

<b>Tipo 2250-W</b>	Analizador portátil para medición de vibraciones
<b>Tipo 2270-W</b>	Analizador portátil de 2 canales para medición de vibraciones

### Software y accesorios disponibles por separado

#### MÓDULOS DE SOFTWARE

BZ-7224	Software de registro (incluida la tarjeta de memoria)
BZ-7225	Software de registro mejorado (incluida la tarjeta de memoria)
BZ-7225-UPG	Actualización del Software de registro BZ-7224 al Software de registro mejorado BZ-7225 (no incluye la tarjeta de memoria)
BZ-7226	Opción de grabación de señal
BZ-7227	Software de tiempo de reverberación
BZ-7228	Software de acústica de edificios
BZ-7230	Software de análisis FFT
BZ-7233	Software de intensidad sonora (solo Tipo 2270)
BZ-7234	Opción mejorada de vibración y baja frecuencia

#### SOFTWARE PARA EL PC

BZ-5503-A	Measurement Partner Suite, Módulo de registro (consulte las características técnicas BP 2443)
BZ-5503-B	Measurement Partner Suite, Módulo de espectro (consulte las características técnicas BP 2443)
BZ-5503-C	Measurement Partner Suite, Módulo de análisis de archivos WAV (consulte las características técnicas BP 2443)
BZ-5503-D	Measurement Partner Field App para iOS y Android (descarga gratuita desde App Store® y Google Play™)
BZ-5503-E	Measurement Partner Cloud Inicial, almacenamiento en la nube gratuito
BZ-5503-F-012	Measurement Partner Cloud Básico, suscripción de almacenamiento en la nube básica durante un año
BZ-5503-G-012	Measurement Partner Cloud Profesional, suscripción de almacenamiento en la nube empresarial durante un año
Tipo 7825	Protector™ (software para el cálculo de exposición personal al ruido)
Tipo 7831	Qualifier Light (postprocesamiento)
Tipo 7830	Qualifier (postprocesamiento)

#### INTERFACES

UL-1016	Tarjeta CF Ethernet 10/100 para las versiones de hardware 1 – 3
UL-1019	Tarjeta CF WLAN para analizadores portátiles, para las versiones de hardware 1 – 3
UL-0250	Convertidor de USB a RS-232 para las versiones de hardware 4

#### CALIBRACIÓN

Tipo 4231	Calibrador de sonido (alojado en KE-0440)
Tipo 4226	Calibrador acústico multifunción
Tipo 4228	Pistófono
Tipo 4294	Calibrador de aceleración
Tipo 4294-002	Calibrador de aceleración para el Tipo 8344

#### TRANSDUCTORES

Tipo 4964	Micrófono de baja frecuencia
Tipo 8344	Acelerómetro de bajo nivel

#### CABLES

AO-0440-D-015	Cable de señal, LEMO a BNC macho, 1,5 m (5 pies)
AO-0646	Cable de sonido, LEMO a MiniJack, 1,5 m (5 pies)
AO-0697-D-030	Cable prolongador para micrófono, 10 pines LEMO, 3 m (10 pies).
AO-0697-D-100	Cable prolongador para micrófono, 10 pines LEMO, 10 m (33 pies).
AO-0701-D-030	Cable para acelerómetro, LEMO a M3, 3 m (10 pies)
AO-0702-D-030	Cable para acelerómetro, LEMO a 10–32 UNF, 3 m (10 pies)
AO-0722-D-050	Cable para acelerómetro, LEMO a MIL-C-5015, 5 m (16 pies)
AO-0726-D-030	Cable de señal, LEMO a SMB (para Tacho Probe MM-0360/Tipo 2981), 3 m (10 pies)
AO-0727-D-010	Cable de señal, LEMO a BNC hembra, 1 m (3,3 pies)
AO-0727-D-015	Cable de señal, LEMO a BNC hembra, 1,5 m (5 pies)

#### OTROS ACCESORIOS

Tipo 3535-A	Estuche resistente a la intemperie (consulte las características técnicas BP 2251)
JP-1041	Adaptador dual de 10 polos
KE-0440	Bolso de transporte
UA-0587	Trípode
UA-0801	Trípode pequeño
UA-0588	Adaptador de trípode para montaje de micrófono 1/2"/preamplificador en conjunto
UA-1317	Soporte para micrófono

UA-1404	Kit de micrófono para exteriores
UA-1672	Inserción de detección automática para UA-1650
UC-0211	Adaptador de baja frecuencia
UL-1009	Tarjeta de memoria SD para analizadores portátiles
UL-1013	Tarjeta de memoria CF para analizadores portátiles, para las versiones de hardware 1 – 3
UL-1017	Tarjeta de memoria SDHC para analizadores portátiles
ZG-0444	Cargador para batería QB-0061
MM-0256-A	Kit de estación meteorológica
MM-0316-A	Kit de estación meteorológica
Elementos incluidos con los Kits MM-0256-A o MM-0316-A:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• MM-0256-002: Estación meteorológica 6 parámetros (y kit de montaje)</li> <li>• MM-0316-002: Estación meteorológica 2 parámetros (y kit de montaje)</li> <li>• AO-0657: Cable USB</li> <li>• AO-0659: Cable M12 de 8 pines (hembra) a LEMO 1-B de 8 patillas (macho), 10 m (33,3 pies)</li> <li>• BR 1779: Guía práctica de la estación meteorológica</li> <li>• DB-4364: Adaptador de polo para estación meteorológica</li> <li>• KE-4334: Maletín de transporte de estación meteorológica</li> <li>• QX-0016: Destornillador</li> <li>• QX-1171: Llave hexagonal de 2,5 mm</li> <li>• UA-1707-A: Adaptador de trípode para estación meteorológica</li> <li>• ZH-0689: Adaptador USB para estación meteorológica</li> </ul>	

#### ACCESORIOS PARA ACÚSTICA DE EDIFICIOS Y TIEMPO DE REVERBERACIÓN

Tipo 2734-A	Amplificador de potencia
Tipo 2734-B	Amplificador de potencia con sistema de sonido inalámbrico UL-0256 integrado
UL-0256	Sistema de sonido inalámbrico

Tipo 4292-L	Fuente sonora OmniPower™
KE-0449	Maletín de transporte para el Tipo 4292-L
KE-0364	Maletín de transporte de trípode para el Tipo 4292-L
Tipo 4295	Fuente sonora omnidireccional
KE-0392	Maletín de transporte para el Tipo 4295
AO-0523-D-100	Cable de conexión desde el Tipo 2250/2270 al amplificador de potencia, 10 m (33 pies)
AO-0524-D-100	Cable de conexión desde el Tipo 2250/2270 al Tipo 4224, 10 m (33 pies)
AQ-0673	Cable de conexión desde el amplificador de potencia a la fuente sonora, 10 m (33 pies)
UA-1476	Control remoto inalámbrico
Para obtener más información sobre estos accesorios, consulte las características técnicas BP 2194	

#### Productos de servicio

##### MANTENIMIENTO

2250-EW1	Garantía ampliada durante un año
2270-EW1	Garantía ampliada durante un año

##### CALIBRACIÓN ACREDITADA

2250-CAI	Calibración inicial acreditada del Tipo 2250
2250-CAF	Calibración inicial acreditada del Tipo 2250
2250-CTF	Calibración con trazabilidad del Tipo 2250
2250-TCF	Prueba de conformidad del Tipo 2250, con certificado
2270-CAI	Calibración inicial acreditada del Tipo 2270
2270-CAF	Calibración acreditada del Tipo 2270
2270-CTF	Calibración con trazabilidad del Tipo 2270
2270-TCF	Prueba de conformidad del Tipo 2270, con certificado



*Ficha técnica de amplificador “Power Amplifier Type 2716”:*



# PRODUCT DATA

## Audio Power Amplifier 100 W Stereo — Type 2716-C

*Audio Power Amplifier Type 2716-C is a high-performance power amplifier optimised for sound and vibration applications. It can be used as a general-purpose power amplifier for electroacoustic applications.*

### USES

- Driver for loudspeakers, artificial mouths, etc.
- General-purpose audio power amplifier
- Power amplifier for audio analyzers

### FEATURES

- Output-level meter
- Selectable gain
- Two balanced inputs
- Easy to install in a 19" rack



### Description

Audio Power Amplifier Type 2716-C has two channels that can be used independently or jointly. Signals enter electronically balanced inputs, Input CH.A and Input CH.B, via XLR connectors. Output is approx. 300 W and is relatively independent of load.

Audio Power Amplifier Type 2716-C is compact and fits in a 19" rack. It has the same features and protection circuits normally found only in higher powered amplifiers.



### Quiet Operation

Type 2716-C uses passive cooling during operation which removes the need for a cooling fan. The lack of a cooling fan, in turn, makes Type 2716-C very quiet during operation.

### Extensive Protection

Power Amplifier Type 2716-C has circuits that protect it against short-circuits, DC, overheating, VHF and clipping (clip limiter may be switched off).

## Compliance with Standards

 	CE-mark Indicates compliance with: EMC Directive and Low Voltage Directive. C-Tick mark Indicates compliance with the EMC requirements of Australia and New Zealand
<b>Safety</b>	EN/IEC 60065, Audio, video and similar electronic apparatus – Safety Requirements
<b>EMC Emission</b>	EN 55103–1, E3: EMC – Product family standard for audio, video, audiovisual and entertaining lighting control apparatus for professional use – Part 1: Emission
<b>EMC Immunity</b>	EN 55103–2, E3: EMC – Product family standard for audio, video, audiovisual and entertaining lighting control apparatus for professional use – Part 2: Immunity
<b>Temperature</b>	IEC 60068–2–1 & IEC 60068–2–2: Environmental Testing. Cold and Dry Heat. Operating Temperature: +5°C to +40°C (+41 to +104°F) Storage Temperature: –25 to +70°C (–13 to +158°F)
<b>Humidity</b>	IEC 60068–2–3: Damp Heat: 90% RH (non-condensing at 40°C (104°F))
<b>Mechanical</b>	Non-operating: IEC 60068–2–6: Vibration: 0.3 mm, 20 m/s <sup>2</sup> , 10–500 Hz IEC 60068–2–27: Shock: 1000 m/s <sup>2</sup> IEC 60068–2–29: Bump: 1000 bumps at 250 m/s <sup>2</sup>
<b>Enclosure</b>	IEC 60529: Protection provided by enclosures: IP20

## Specifications – Audio Power Amplifier Type 2716-C

### MAXIMUM OUTPUT POWER<sup>a</sup>

Load	EIA @ 1 kHz and 1% THD
8 Ω stereo	110 W
4 Ω stereo	160 W
2 Ω stereo	200 W
8 Ω bridged	320 W
4 Ω bridged	400 W

### SPEAKER PROTECTION

Short-circuit, DC, VHF a thermal protection is provided

### FREQUENCY RESPONSE (8 Ω, 1 W)

20 Hz – 20 kHz: +0, –1 dB

a. Measured specifications for a 230 V AC. Continuous power (1 hour) is 1/3 of this

### INPUTS AND OUTPUTS

Gain: 30 dB ± 1 dB  
Input Attenuator: 0–30 dB in 6 dB ± 0.3 dB steps  
Impedance: 20 kΩ  
Common Mode Rejection: 50 dB@1 kHz  
Slew Rate: 25 V/μs  
Output Impedance: 0.03 Ω  
Hum and Noise: More than 105 dB below max. power  
Channel Separation: 70 dB@10 kHz

### FRONT PANEL

Gain Controls: 2–channels, A and B  
Clip Indicator: 2 red LEDs, fast peak and slow release or shorted output  
Protection Indicator: 2 yellow LEDs, 80°C at heat sink or 12 kHz at full power  
Present Indicator: 2 green LEDs, –25 dB at input

On Indicator: 2 green LEDs, DC rail voltage for channel A and B

### REAR PANEL

Input Connectors: Two XLR-type, 3-pin female (pin 2+) and 1/4" Jack  
Output Connectors: Two Neutrik®, 4-pin, Speakon® sockets  
Link: Stereo – Link/Bridge A + B  
Clip Limiter: On/Off

### POWER REQUIREMENTS

Voltage Selector: 230V/115V

### DIMENSIONS

W × H × D: 48.3 × 4.4 × 28.0 cm  
(19 × 1.7 × 11 inches)

### WEIGHT

7.5 kg (16.5 lb.)

## Ordering Information

Type 2716-C-001 Audio power amplifier (no accessories)

Type 2716-C

2 × WL-1324  
2 × WL-1325

Audio Power Amplifier with the following accessories:  
BNC to XLR cable, 3 m  
2 Banana to Speakon® cable, 5 m

### OPTIONAL ACCESSORIES

AQ-0621 Bridging cable

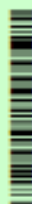
### TRADEMARKS

Neutrik and Speakon are registered trademarks of Neutrik AG

Brüel & Kjær reserves the right to change specifications and accessories without notice

HEADQUARTERS: DK-2850 Naarum · Denmark · Telephone: +45 4580 0500  
Fax: +45 4580 1405 · www.bksv.com · info@bksv.com

Australia (+61) 2 9889-8888 · Austria (+43) 1 865 74 00 · Brazil (+55) 11 5188-8181  
Canada (+1) 514 895-8225 · China (+86) 10 680 29008 · Czech Republic (+420) 28702 1100  
Finland (+358) 9-755 650 · France (+33) 1 69 90 71 00 · Germany (+49) 421 17 87 0



*Ficha técnica de altavoz “Omnipower 4296”:*



## OMNIPOWER SOUND SOURCE TYPE 4296

This powerful sound source has 12 loudspeakers in a compact dodecahedral enclosure. It radiates sound omnidirectionally as required by national and ISO standards. A lightweight, adjustable stand is included. A transport flight case is also available.

### BRIEF SPECIFICATIONS

#### Standards

Conforms to the following:  
ISO 140-3, ISO 3382, DIN 52210

#### Power Handling

300 W continuous  
1000 W short duration (duty cycle 1/10)

#### Operating Frequency Range

100 – 5000 Hz (1/3-octave band centre frequencies)

#### Sound Power Level

(with Power Amplifier Type 2716, bridge configuration, duty cycle 1/10, 100 – 3150 Hz pink noise signal)

**Broadband:** 122 dB re 1 pW

**Spectral:** Min. 100 dB re 1 pW in each 1/3-octave band

#### Diameter

Speaker Enclosure: 35 cm (13.8")

#### Weight

Speaker Enclosure: 14 kg (30.8 lb.)

**Tripod:** 2.4 kg (5.3 lb.)

#### Accessories Included

**Tripod:** Adjustable to give a speaker height of between 130 and 200 cm

#### Optional Accessories

KE 0365: Carrying Case for Type 4296

KE 0364: Carrying Case for Tripod of Type 4296

AQ 0622: 10 m Cable from Type 2716 to Type 4295, Type 4296 or equivalent



*Ficha técnica de panel acústico “Regular Foam” Eliacoustics:*



# ELIACOUSTIC

## Ficha técnica Regular Foam

### Datos técnicos

#### Características

- Absorción acústica Medias-altas y altas frecuencias
- Difusión Acústica Baja
- **Garantía ampliada de 10 años**

#### Material base

- Espuma resina de melamina

#### Dimensiones

- 595 x 595 x 40 mm
- 1190 x 595 x 40 mm

- Densidad 9,5 kg/m<sup>3</sup>
- Tolerancia +/- 3 mm

#### Tipo de instalación

- Pegado - EliGlue

#### Acabados

- First
- Pure

#### Colores

##### First

- White
- Light Grey

##### Pure

- Black
- Dark Grey
- Beige
- Pearl White
- Turquoise
- Dark Blue
- Light Blue
- Purple
- Green
- Yellow
- Orange
- Red
- Custom (RAL)

#### Espacios

- Restaurantes
- Oficinas
- Cafeterías
- Home-Cinema
- Sala - Hi end

#### Resistencia al fuego

- Espuma Acústica Basoc (B-S2-d0)

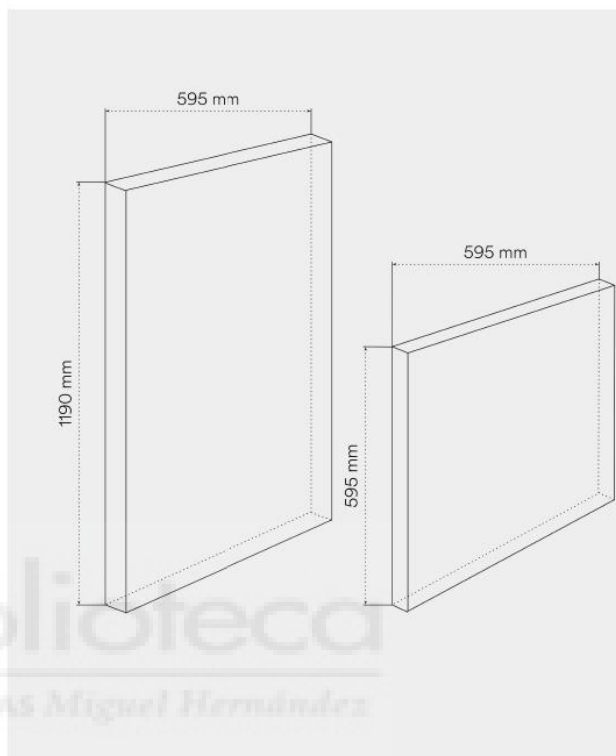
#### Limpieza

- Limpieza en seco con aspirador
- Limpieza en húmedo con agua y paño

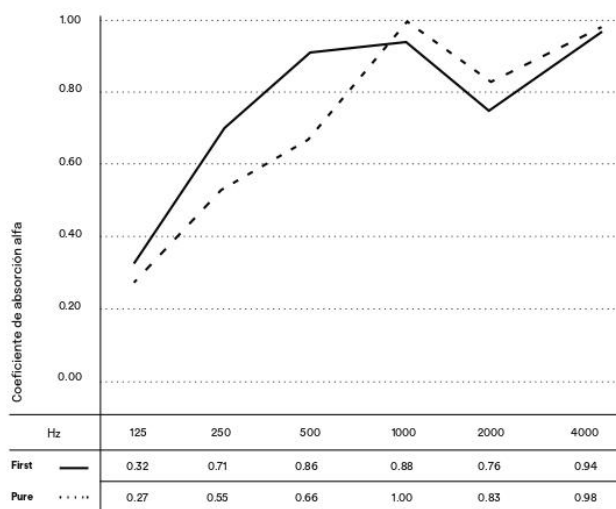
#### Embalaje

- Unidades por caja 595 x 595 mm: 5 unidades
- Unidades por caja 1190 x 595 mm: 8 unidades
- Dimensiones de la caja 595 x 595 mm: 610 x 610 x 220 mm
- Dimensiones de la caja 1190 x 595 mm: 1210 x 610 x 340 mm

### Medidas



### Coefficiente de absorción acústica



Esta tabla proporciona una representación detallada de los coeficientes de absorción acústica del producto, ofreciendo una visión clara de su capacidad para disipar el sonido en diversas frecuencias y entornos.

*Ficha técnica de bafle acústico “Baffle Foam” Eliacoustics:*



# ELIACOUSTIC

## Ficha técnica Baffle Foam

### Datos técnicos

#### Características

- Absorción acústica Medias-altas y altas frecuencias
- Difusión Acústica Baja
- Garantía ampliada de 10 años

#### Material base

- Espuma resina de melamina

#### Dimensiones

- 198 x 1190 x 40 mm
- 595 x 1190 x 40 mm
- Densidad 9,5 kg/m<sup>3</sup>
- Tolerancia +/- 3 mm

#### Tipo de instalación

- Suspensión - EliSpring Baffle

#### Acabados

- First
- Pure

#### Colores

##### First

- White

##### Pure

- Black
- Dark Grey
- Beige
- Pearl White
- Turquoise
- Dark Blue
- Light Blue
- Purple
- Green
- Yellow
- Orange
- Red
- Custom (RAL)

#### Espacios

- Pabellón deportivo
- Oficinas
- Salas de actos
- Cafeterías
- Espacios de congresos

#### Resistencia al fuego

- Espuma Acústica Basoc (B-S2-d0)

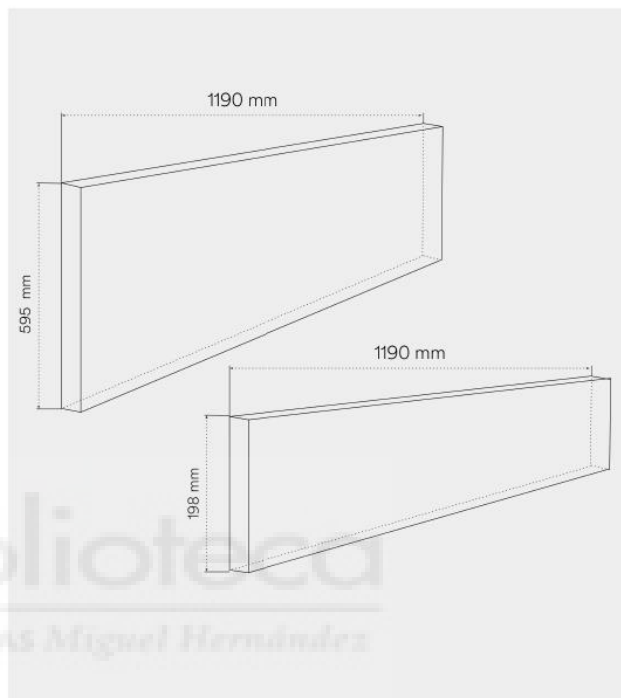
#### Limpieza

- Limpieza en seco con aspirador
- Limpieza en húmedo con agua y paño

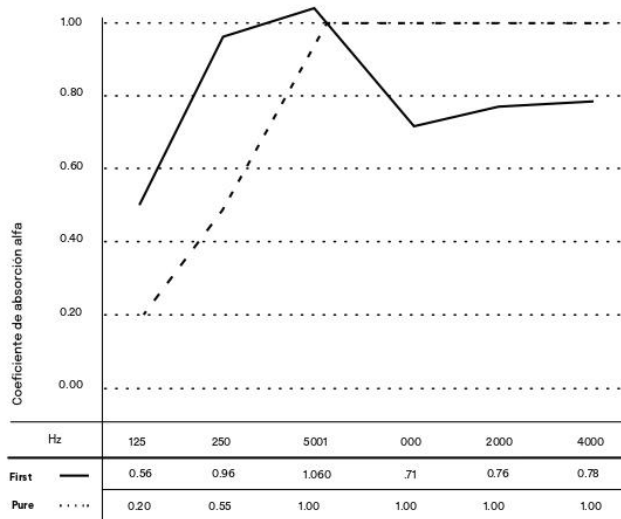
#### Embalaje

- Unidades por caja 198 x 1190 mm: 8 unidades
- Unidades por caja 595 x 1190 mm: 24 unidades
- Dimensiones de la caja 198 x 1190 mm: 1210 x 610 x 340 mm
- Dimensiones de la caja 595 x 1190 mm: 1210 x 610 x 340 mm

### Medidas



### Coefficiente de absorción acústica



Esta tabla proporciona una representación detallada de los coeficientes de absorción acústica del producto, ofreciendo una visión clara de su capacidad para disipar el sonido en diversas frecuencias y entornos.

*Ficha técnica de panel acústico “Regular ECO”:*



# ELIACOUSTIC

## Ficha técnica Regular [ECO]Panel

### Datos técnicos

#### Características

- Absorción acústica Medias-altas y altas frecuencias
- Difusión Acústica Baja
- **Garantía ampliada de 10 años**

#### Material base

- PET

#### Dimensiones

- 800 × 800 × 12 mm
- 1200 × 1200 × 12 mm
- 2400 × 1200 × 12 mm

- Densidad 2.400 g/m<sup>2</sup>
- Tolerancia +/- 3 mm

#### Tipo de instalación

- Pegado - EliGlue Forte
- Suspendido - EliSpring

#### Acabados

- First
- Pure

#### Colores

##### First

- Milk White (Ref 005)
- Shallow Camel (Ref 006)
- Beige (Ref 606)
- Marble (Ref 610)
- Light Grey Water (Ref 003)
- Grey (Ref 011)
- Green (Ref. 613)
- Turquoise (Ref 001)
- Dark Turquoise (Ref 002)
- Water Blue (Ref 044)
- Medium Blue (Ref 05)
- Deep Blue (Ref 616)
- Black (Ref 627)
- Red (Ref 033)

##### Pure

- Custom (RAL)

#### Espacios

- Cafeterías
- Restaurantes
- Oficinas
- Halls
- Comedores escolares
- Comercios
- Salas de reuniones
- Salas de conferencias

#### Resistencia al fuego

- B-S1-d0

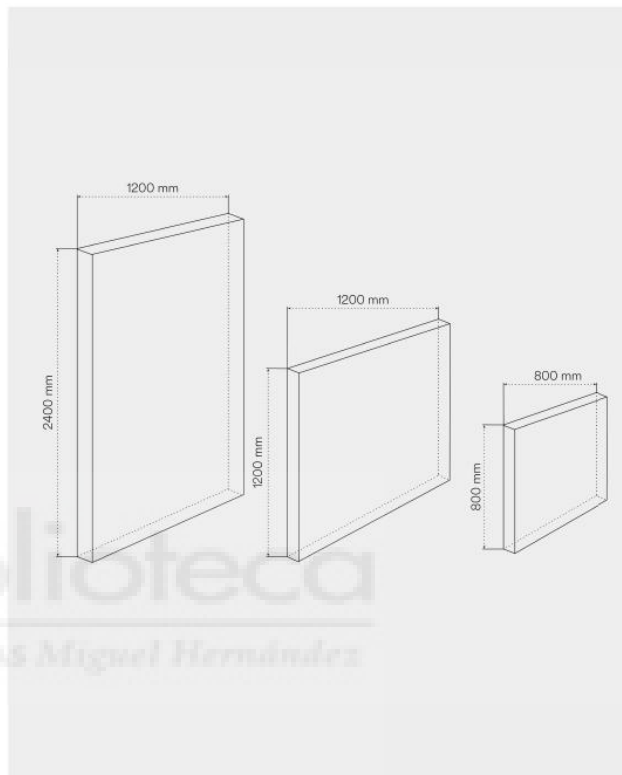
#### Limpeza

- Limpieza en seco con aspirador
- Limpieza en húmedo con agua y paño

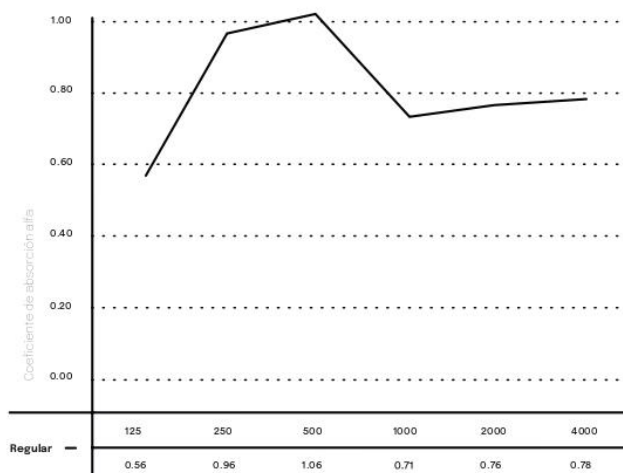
#### Embalaje

- Unidades por caja: 1 unidad
- Dimensiones de la caja: 2460 × 1240 × 20 mm

### Medidas



### Coefficiente de absorción acústica



Esta tabla proporciona una representación detallada de los coeficientes de absorción acústica del producto, ofreciendo una visión clara de su capacidad para disipar el sonido en diversas frecuencias y entornos.

\* Todos los derechos reservados. Las características técnicas y la apariencia del panel pueden ser modificadas sin previo aviso.

*Ficha técnica de bafle acústico “Baffle ECO”:*



# ELIACOUSTIC

## Ficha técnica Baffle [ECO]Panel

### Datos técnicos

#### Características

- Absorción acústica Medias-altas y altas frecuencias
- Difusión Acústica Baja
- **Garantía ampliada de 10 años**

#### Material base

- PET

#### Dimensiones

- 200 x 1200 x 12 mm

- Densidad 2.400 g/m<sup>2</sup>
- Tolerancia +/- 3 mm

#### Tipo de instalación

- Suspendido - EliSpring Baffle

#### Acabados

- First
- Pure

#### Colores

##### First

- Milk White (Ref 005)
- Shallow Camel (Ref 006)
- Beige (Ref 606)
- Marble (Ref 610)
- Light Grey Water (Ref 003)
- Grey (Ref 011)
- Green (Ref. 613)
- Turquoise (Ref 001)
- Dark Turquoise (Ref 002)
- Water Blue (Ref 044)
- Medium Blue (Ref 05)
- Deep Blue (Ref 616)
- Black (Ref 627)
- Red (Ref 033)

##### Pure

- Custom (RAL)

#### Espacios

- Cafeterías
- Restaurantes
- Oficinas
- Halls
- Comedores escolares
- Comercios
- Salas de reuniones
- Salas de conferencias

#### Resistencia al fuego

- B-S1-d0

#### Limpieza

- Limpieza en seco con aspirador
- Limpieza en húmedo con agua y paño

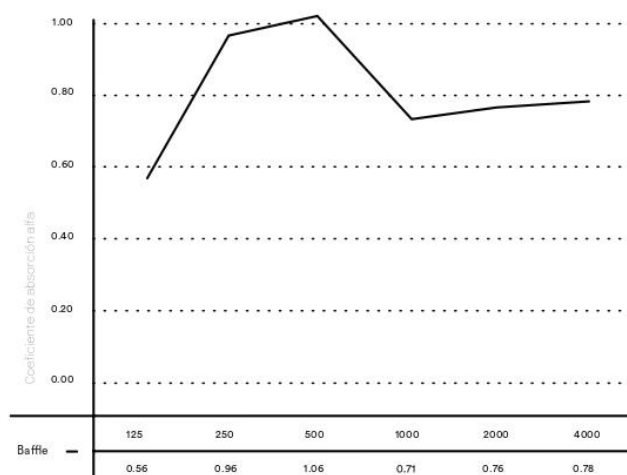
#### Embalaje

- Unidades por caja: 1 unidad
- Dimensiones de la caja máximo: 1210 x 610 x 340 mm

### Medidas



### Coefficiente de absorción acústica



Esta tabla proporciona una representación detallada de los coeficientes de absorción acústica del producto, ofreciendo una visión clara de su capacidad para disipar el sonido en diversas frecuencias y entornos.