"Informe y Estudio acústico del acondicionamiento del Auditorio del Ministerio de Ambiente"

1. OBJETIVO.

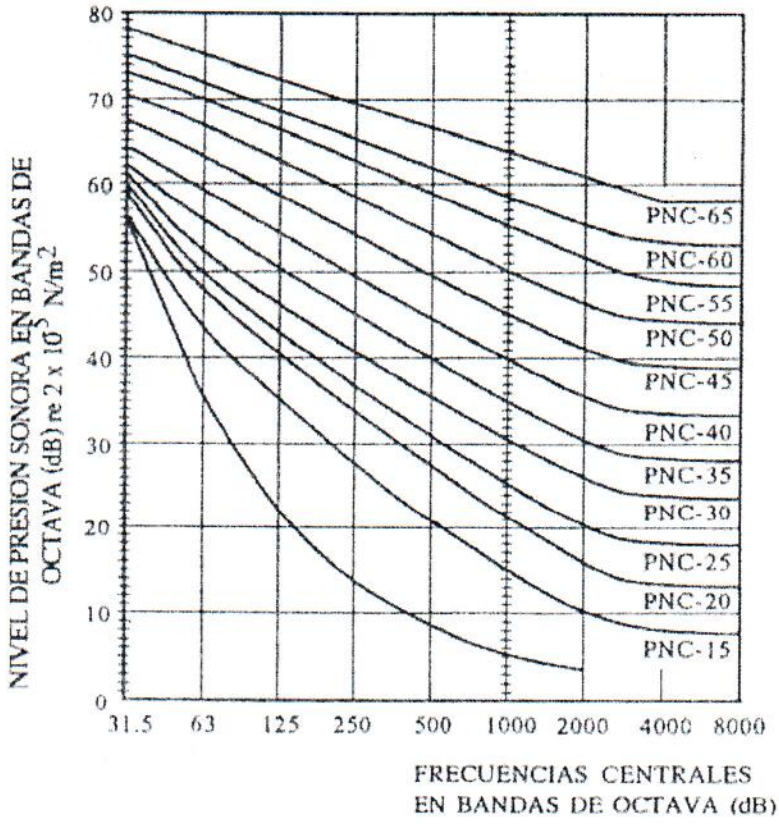
Factores tenidos en cuenta en el diseño del aislamiento y acondicionamiento.

- Normatividad aplicable.
- Ruido exterior.
- Ruido generado en el interior.

Para el análisis del aislamiento acústico requerido se tuvieron en cuenta los siguientes factores:

- El ruido proveniente del exterior que pueda afectar el desarrollo de las actividades dentro del Auditorio del Ministerio de Medio ambiente.
- El Nivel de presión sonora SPL (Sound Pressure Level), generado al interior del Auditorio del Ministerio de Medio ambiente que pueda afectar las oficinas y espacios contiguos.

Para evaluar el primer requerimiento aplicamos las curvas PNC (Prefered Noise Criteria), que definen el nivel máximo de ruido de fondo permitido dentro de un recinto:



Recinto	NR	PNC	dB	dB(A)
Estudios de radio, televisión	30	30	30	25
Salas de música, auditorios	25	30	35	25
Teatros	**25**	**20**	**35**	**40**
Hospitales	20	40	40	45
Iglesias	35	35	40	45
Viviendas, hoteles	45	40	45	45
Salas de lectura, aulas	30	40	40	45

Salas de conferencias pequeñas	35	30	45	50
Oficinas, restaurantes	45	45	45	50
Juzgados	40	40	40	45
Oficinas medias	50	50	45	50
Bibliotecas	40	40	40	45
Bancos, tiendas, oficinas grandes	55	45	50	55
Gimnasios y piscinas	50	45	55	60
Cines	35	35	35	45

Teniendo en cuenta lo anterior, se requiere un paramento que cumpla con el siguiente TL (Transmisión Loss o Pérdida de transmisión):

	Frec (Hz)						
	125	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**
TL Requerido dBA	25	27	29	30	34	36	40

El TL requerido, es definido teniendo en cuenta que cada paramento en general está conformado por más de un elemento: Pared, Puertas, ventanas y fugas o ranuras.

Ya teniendo un TL requerido y sabiendo que el auditorio debe cumplir con el PNC-20, se procede a la selección de materiales acústicos, los cuales tienen ciertas propiedades que nos ayudan a disminuir el ruido externo logrando así los niveles óptimos según la tabla antes mencionada y las curvas PNC. En este caso, se utilizará un material fonoabsorbente llamado black theater.

2. Pérdidas de trasmisión sonora requeridas en cada uno de los paramentos del proyecto

La pérdida de transmisión sonora conocida como TL, es la relación entre la energía sonora incidente sobre la pared y la energía sonora transmitida, cuanto menor energía se transmite mayor es la perdida por transmisión.

Para el análisis de la perdida por transmisión de los paramentos definimos 4 paramentos verticales y el cielo raso, que componen el confinamiento acústico del Auditorio del Ministerio de Medio ambiente.

En cada uno de los paramentos, se encuentran ubicadas las siguientes aperturas que generan una deficiencia en el aislamiento ya que permiten que una mayor cantidad de energía pase por el paramento.

- Puertas
- Ranuras

Para que las puertas aporten al aislamiento acústico del recinto, estas deben tener un TL de 35 dB como mínimo, las juntas entre la hoja y el marco deben garantizar la hermeticidad del aislamiento.

3. SIMULACIONES RT60 Y MODOS DE RESONANCIA

Estas muestras se tornan como referencia para el aislamiento en el auditorio del Ministerio de Medio ambiente

Example room

Replace bold faced values with your own numbers

Room dimensions in feet	**L =**	**21,70** m	21,70 m		
	W =	**12,60** m	12,60 m		
	H =	**4,15** m	4,15 m		
Floor area A =		273 m^2	273,4 m^2		
Volume V =		1135 m^3	1135 m^3		
Surface area S =		832 m^2	832 m^2	**8**	**2,713 y**
Edge length Le =		154 m	154 m	**6**	**2,100 x**
				10	**0,415 z**
Below frequency fm =		**150 Hz**			
Total number of modes N =		527			
Avg. mode spacing df =		0,1 Hz at fm			
Estimated reverberation time T60 =		**700 ms**			
Resonance bandwidth bw =		3,1 Hz			
Rise time Trise =		224 ms			
Schroeder frequency fs =		47 Hz			
Monopole reverb distance Rm =		2,27 m			
Dipole reverb distance Rd =		3,93 m			
Avg wall absorption a =		32%			
Estimated avg wall absorption a =		**10%**			
Reverberation time T60 =		2224 ms			

Acceptable room if:
1.1*(W/H) < (L/H) < 4.5*(W/H)-4
3,3 5,2 9,7
(R. Walker, BBC, 1996)

Speed of sound c = **344** m/s
344 m/s

Modes in rectangular room

	l	w	h	Hz
1	0	1	0	14
2	0	2	0	27
3	0	3	0	41
4	0	4	0	55
5	0	5	0	68
6	0	0	1	41
7	0	1	1	44
8	0	2	1	50
9	0	3	1	58
10	0	4	1	69
11	0	5	1	80
12	0	0	2	83
13	0	1	2	84
14	0	2	2	87
15	0	3	2	92
16	0	4	2	99
17	0	5	2	107
18	0	0	3	124
19	0	1	3	125
20	0	2	3	127
21	0	3	3	131
22	0	4	3	136
23	0	5	3	142
24	0	0	4	166
25	0	1	4	166

Re-sort table below by ascending frequency after room dimensions have been changed

Sorted by frequency				Mode spacing
l	w	h	Hz	Hz
0	**0**	**1**	**41,4**	
1	**0**	**0**	**7,9**	-33,5
0	**0**	**2**	**82,9**	75,0
1	0	1	42,2	-40,7
1	0	2	83,3	41,1
0	**1**	**0**	**13,7**	-69,6
0	**0**	**3**	**124,3**	110,7
0	1	1	43,6	-80,7
1	1	0	15,8	-27,9
0	1	2	84,0	68,2
1	0	3	124,6	40,6
1	1	1	44,4	-80,2
2	**0**	**0**	**15,9**	-28,5
0	**0**	**4**	**165,8**	149,9
2	0	1	44,4	-121,4
1	1	2	84,4	40,0
0	1	3	125,1	40,7
2	0	2	84,4	-40,7
1	0	4	166,0	81,6
1	1	3	125,3	-40,6
2	1	0	20,9	-104,4
2	0	3	125,3	104,4
0	1	4	166,3	41,0
2	1	1	46,4	-119,9
0	0	5	207,2	160,8

26	0	2	4	168	
27	0	3	4	171	
28	0	4	4	175	
29	0	5	4	179	
30	0	0	5	207	
31	0	1	5	208	**rango critico para**
32	0	2	5	209	**resoancia**
33	0	3	5	211	**en frecuencias**
34	0	4	5	214	**bajas**
35	0	5	5	218	
36	1	0	0	8	
37	1	1	0	16	
38	1	2	0	28	
39	1	3	0	42	
40	1	4	0	55	
41	1	5	0	69	
42	1	0	1	42	
43	1	1	1	44	
44	1	2	1	50	
45	1	3	1	59	
46	1	4	1	69	
47	1	5	1	80	
48	1	0	2	83	
49	1	1	2	84	
50	1	2	2	88	
51	1	3	2	93	
52	1	4	2	100	
53	1	5	2	108	
54	1	0	3	125	
55	1	1	3	125	
56	1	2	3	128	
57	1	3	3	131	
58	1	4	3	136	
59	1	5	3	142	
60	1	0	4	166	
61	1	1	4	167	
62	1	2	4	168	
63	1	3	4	171	
64	1	4	4	175	
65	1	5	4	179	
66	1	0	5	207	
67	1	1	5	208	
68	1	2	5	209	
69	1	3	5	211	
70	1	4	5	214	
71	1	5	5	218	
72	2	0	0	16	
73	2	1	0	21	
74	2	2	0	32	
75	2	3	0	44	
76	2	4	0	57	
77	2	5	0	70	
78	2	0	1	44	
79	2	1	1	46	
80	2	2	1	52	
81	2	3	1	60	
82	2	4	1	70	
83	2	5	1	81	
84	2	0	2	84	
85	2	1	2	85	
86	2	2	2	89	
87	2	3	2	94	
88	2	4	2	101	
89	2	5	2	109	
90	2	0	3	125	
91	2	1	3	126	
92	2	2	3	128	
93	2	3	3	132	

2	1	2	85,5	-121,7
1	1	4	166,5	81,0
1	0	5	207,4	40,8
2	0	4	166,5	-40,8
2	1	3	126,1	-40,5
0	1	5	207,7	81,6
3	**0**	**0**	**23,8**	-183,9
0	**2**	**0**	**27,3**	3,5
3	0	1	47,8	20,5
0	2	1	49,6	1,8
1	1	5	207,8	158,2
3	0	2	86,2	-121,6
1	2	0	28,4	-57,8
0	2	2	87,3	58,8
1	2	1	50,3	-37,0
2	1	4	167,1	116,8
2	0	5	207,8	40,7
1	2	2	87,6	-120,2
3	1	0	27,4	-60,2
3	0	3	126,6	99,2
3	1	1	49,7	-76,9
0	2	3	127,3	77,6
3	1	2	87,3	-40,0
1	2	3	127,5	40,2
2	1	5	208,3	80,7
2	2	0	31,6	-176,7
3	0	4	167,5	135,9
0	2	4	168,0	0,5
2	2	1	52,1	-115,9
3	1	3	127,3	75,2
2	2	2	88,7	-38,6
1	2	4	168,2	79,5
3	1	4	168,0	-0,2
2	2	3	128,3	-39,8
3	0	5	208,6	80,3
0	**2**	**5**	**209,0**	**0,4**
4	**0**	**0**	**31,7**	**-177,3**
4	0	1	52,2	20,5
1	2	5	209,2	157,0
4	0	2	88,7	-120,4
2	2	4	168,8	80,0
3	1	5	209,0	40,3
3	2	0	36,2	-172,8
4	1	0	34,5	-1,7
4	0	3	128,3	93,8
3	2	1	55,0	-73,3
4	1	1	53,9	-1,1
3	2	2	90,5	36,5
4	1	2	89,8	-0,7
2	2	5	209,6	119,8
4	0	4	168,8	-40,8
3	2	3	129,5	-39,3
4	1	3	129,0	-0,5
0	**3**	**0**	**41,0**	-88,1
0	3	1	58,3	17,3
1	3	0	41,7	-16,6
0	3	2	92,5	50,7
1	3	1	58,8	-33,7
3	2	4	169,7	110,9
4	1	4	169,3	-0,4
4	0	5	209,6	40,3
1	3	2	92,8	-116,8
0	3	3	130,9	38,1
1	3	3	131,1	0,2
2	3	0	43,9	-87,2
3	2	5	210,4	166,5
4	1	5	210,1	-0,3
5	**0**	**0**	**39,6**	-170,5

94	2	4	3	137	
95	2	5	3	143	
96	2	0	4	167	
97	2	1	4	167	
98	2	2	4	169	
99	2	3	4	172	
100	2	4	4	175	
101	2	5	4	180	
102	2	0	5	208	
103	2	1	5	208	
104	2	2	5	210	
105	2	3	5	212	
106	2	4	5	215	
107	2	5	5	219	
108	3	0	0	24	
109	3	1	0	27	
110	3	2	0	36	
111	3	3	0	47	
112	3	4	0	60	
113	3	5	0	72	
114	3	0	1	48	
115	3	1	1	50	
116	3	2	1	55	
117	3	3	1	63	
118	3	4	1	73	
119	3	5	1	83	
120	3	0	2	86	
121	3	1	2	87	
122	3	2	2	90	
123	3	3	2	95	
124	3	4	2	102	
125	3	5	2	110	
126	3	0	3	127	
127	3	1	3	127	

0	3	4	170,8	131,1
2	3	1	60,4	-110,4
4	2	0	41,8	-18,5
5	0	1	57,3	15,5
4	2	1	58,9	1,5
2	3	2	93,8	34,9
1	3	4	171,0	77,1
5	0	2	91,9	-79,1
4	2	2	92,9	1,0
2	3	3	131,9	39,0
5	1	0	41,9	-89,9
5	0	3	130,5	88,6
0	3	5	211,2	80,7
5	1	1	58,9	-152,3
4	2	3	131,2	72,2
5	1	2	92,9	-38,3
1	3	5	211,4	118,5
2	3	4	171,5	-39,9
5	0	4	170,5	-1,0
4	2	4	171,0	0,5
5	1	3	131,2	-39,8
3	3	0	47,4	-83,9
3	3	1	62,9	15,6
3	3	2	95,5	32,5
2	3	5	211,8	116,4
5	1	4	171,0	-40,8
5	0	5	211,0	40,0
4	2	5	211,4	0,4
3	3	3	133,1	-78,4
5	1	5	211,4	78,4
3	3	4	172,4	-39,0
5	2	0	48,1	-124,3
5	2	1	63,5	15,4
5	2	2	95,8	32,3

4. REALIZACIÓN DE MEDIDAS ACÚSTICAS.

4.1. NORMARTIVA VIGENTE PARA LA MEDIDA DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN.

La norma que rige estas medidas es la UNE-EN ISO 3382, esta norma consta de dos partes, una primera dedicada a las salas de espectáculos y una segunda para recintos ordinarios.

En nuestro caso tendremos en cuenta la primera parte de la norma, dedicada a las salas de espectáculos y realizada en el 2009.

5. CONDICIONES DE MEDIDA.

Generalidades.

Las mediciones del tiempo de reverberación se pueden hacer para cada uno de los estados de ocupación del recinto y si este cuenta con componentes regulables o condiciones que cambien la acústica, puede ser conveniente realizar medidas acústicas por separado para cada configuración.

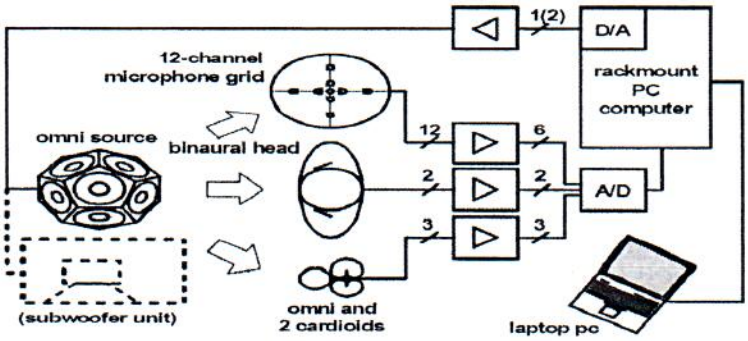
Una descripción concreta del estado de la sala tiene una importancia decisiva en la evaluación de los resultados obtenidos durante la medición del tiempo de reverberación.

5.1. Instrumentación.

La fuente debe ser omnidireccional, debe ser capaz de generar un nivel de presión acústica suficiente para poder generar las curvas de decrecimiento con el rango dinámico mínimo requerido sin contaminación por ruido de fondo.

Se deben utilizar micrófonos omnidireccionales para detectar la presión acústica y la salida se pueda conectar a un amplificador, un conjunto de filtros y un sistema donde se muestran las curvas.

El micrófono debe cumplir los requisitos de sonómetro tipo 1, de acuerdo con la norma IEC 61672-1



El tiempo de registro de cada decrecimiento debe ser lo suficientemente largo para permitir la determinación del nivel de ruido de fondo final tras el decrecimiento; la duración mínima recomendado es de cinco segundos además del tiempo de reverberación esperado.

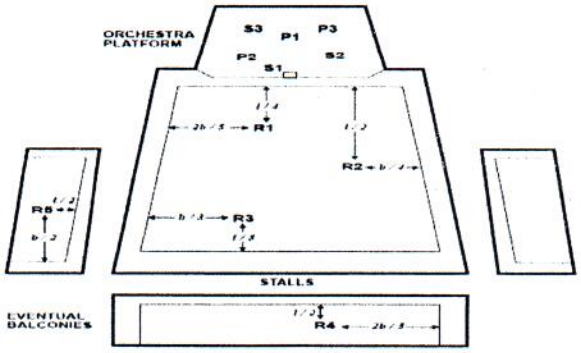
El equipo para el registro del decrecimiento tiene que tener la constante de tiempo de un dispositivo promediador exponencial, debe ser lo más próximo a T/30.

5.2. Posiciones de medición.

Las posiciones de la fuente serán 3 pero irá en función del tamaño del escenario. Se deberían colocar donde se situarían generalmente las fuentes sonoras naturales. Se deben utilizar al menos dos posiciones de fuente. La fuente debe situarse a 1,5 metros del suelo.

Las posiciones del micrófono como es lógico deberían colocarse por donde situarían los oyentes y deben ser mínimo 6. Es importante que las posiciones sean representativas del tamaño total de la audiencia. Las posiciones del micrófono deben estar alejadas unas de otras al menos una media longitud de onda, a una distancia aproximada de 2 metros para el rango de frecuencias habitual, a su vez se deben colocar al menos un cuarto de onda (aproximadamente 1 metro) de la superficie reflectante más cercana, incluido el suelo.

Ninguna posición de micrófono debe estar excesivamente cerca de cualquier posición de la fuente, a fin de evitar una influencia demasiado fuerte del sonido directo. En las salas de concierto conviene colocar el micrófono a una altura de 1,2 metros que sería la altura de los oyentes sentados.



Ejemplo de distribución de la fuente y de receptores

5.3. Procedimientos de la medición.

Existen dos tipos de medida, el método por ruido interrumpido y el método de la respuesta impulsiva integrada. Ambos tienen el mismo valor teórico. Cuando no existan requisitos para bandas de frecuencias, deberían cubrir al menos desde 250Hz a 2000Hz, para los métodos de ingeniería y de precisión será de 125Hz hasta 4000Hz en banda de octava.

El método de ruido interrumpido se utiliza un altavoz y la señal que recibe procede de un ruido eléctrico de banda ancha aleatorio o pseudoaleatorio. La fuente debe ser lo suficiente potente para que pueda producir hasta unos 45dB por encima del ruido de fondo sobre todas las frecuencias para poder calcular el T30.

El número de posiciones determinará la precisión, pero teniendo en cuenta el carácter aleatorio de la fuente, es necesario calcular el promedio a partir del número de mediciones en cada posición para obtener una incertidumbre de medición más aceptable.

El promedio en cada posición de micrófono se puede calcular de dos formas diferentes hallando los tiempos de reverberación individuales para todas las curvas de decrecimiento y sacando el valor medio o haciendo una media del conjunto de los decrecimientos de presión acústica al cuadrado ya hallando el tiempo de reverberación de la curva de decrecimiento resultante.

Para un valor único de los parámetros, se aplica el promediado aritmético para las bandas de octava, excepto para L_j que se debe promediar energéticamente.

El método por respuesta impulsiva se puede medir de varias maneras (utilizando disparos, impulsos generados por chispazos, o secuencias de longitud máxima como señales (MLS))

La fuente impulsiva tiene que producir un nivel de presión sonora que garantice un pico suficiente para poder calcular la curva de decrecimiento empezando al menos de 35dB por encima del ruido de fondo y si queremos calcular el T30 al menos tiene que ser 45dB sobre el ruido de fondo.

6. Particularidades de la medición de algunos parámetros.

Eficiencia lateral, tendremos que utilizar un micrófono bi-direccional con respuesta en forma de ocho. Se pretende que el cero del micrófono bi-direccional apunte al centro de la escena o exactamente a cada posición de fuente, de manera que este micrófono reaccione ante todo a la energía procedente de las direcciones laterales y nos vea influenciado por el sonido directo.

Dado que la directividad tiene esencialmente forma de coseno y que los valores de presión están elevados al cuadrado, la fracción de energía lateral obtenida para una reflexión individual varía con el cuadrado del coseno del ángulo de incidencia de la reflexión con respecto al eje de sensibilidad máxima del micrófono.

6.1. Parámetros de medida.

- Nivel sonoro subjetivo.
- Reverberación percibida.
- Calidad percibida.
- Ancho aparente de la fuente Sonora.

6.2. EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS.

Los tiempos de reverberación para cada frecuencia de medición se deben dibujar en forma de gráfico y se deben presentar en una tabla. Las características de la gráfica y detalles están descritas en la norma.

Para un valor único de los parámetros, se aplica el promedio aritmético para las bandas de octava, excepto para *LJ*.

La energía lateral se promedia es el valor en la banda octava de i, Representa cada una de las cuatro bandas de octava con frecuencias 125, 250, 500 y 1000 HZ

Los resultados de la medición de las magnitudes descritas en la norma no se deberían promediar sobre la totalidad de posiciones de micrófono en una sala, porque las magnitudes deberían describir las condiciones acústicas del local.

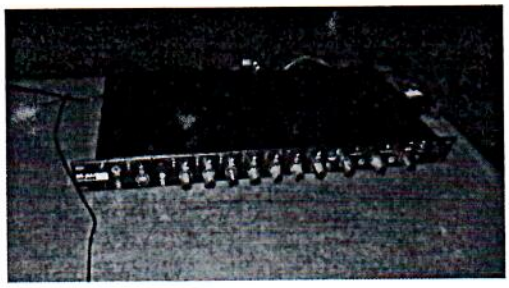
Se realizaron unas medidas del auditorio según la especificación de los estándares ISO actuales.

Estas muestras se toman como referencia para el aislamiento en el auditorio del Ministerio de Medio ambiente.

7. CUMPLIENDO LA NORMATIVA **RESOLUCION 0627 DE 2006**

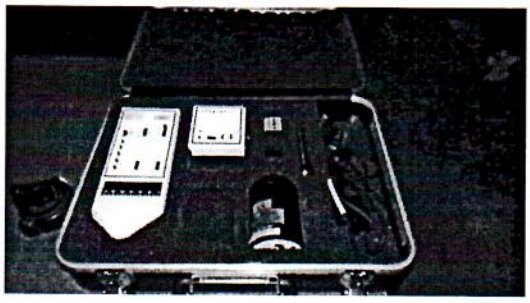
1er ítem es la medición del auditorio

Equipo de medición:
Sonómetro quest integrador
Micrófono de medición
Altavoz 1000 w
Cables
Computador portátil
Tarjeta de audio









Esta medición se realiza en el centro del auditorio

MEDICIONES DE RUIDO DE FONDO AUDITORIO

RUIDO DE FONDO AUDITORIO	
LEQ A	**dB**
125 Hz	10
250 Hz	0,9
500 Hz	10,5
1 KHz	14,5
2 KHz	11,9
4 KHz	10
SIN FILTRO	36,9

Medición realizada para hallar el ruido de fondo en el auditorio para realizar comparativo y alcanzar el aislamiento requerido

MEDICIONES DE RUIDO DE FONDO CUARTO DE CONTROL

RUIDO DE FONDO CUARTO DE CONTROL	
LEQ A	dB
125 Hz	16
250 Hz	32
500 Hz	35,1
1 KHz	55,2
2 KHz	58,7
4 KHz	44,5
SIN FILTRO	76

Medición realizada para hallar el ruido de fondo en el cuarto de control para realizar comparativo y alcanzar el aislamiento requerido ya que es un problema de emisión de ruido.

MEDICION TL TRANSMISION LOSS PARED CONTRA EL ESCENARIO

TL PARED ESCENARIO	
RUIDO ROSA	
LEQ A	dB
125 Hz	50
250 Hz	51
500 Hz	62
1 KHz	63
2 KHz	58,7
4 KHz	44,5
SIN FILTRO	80

TOMA DE MEDIDAS RT 60
MODOS DE RESONANCIA

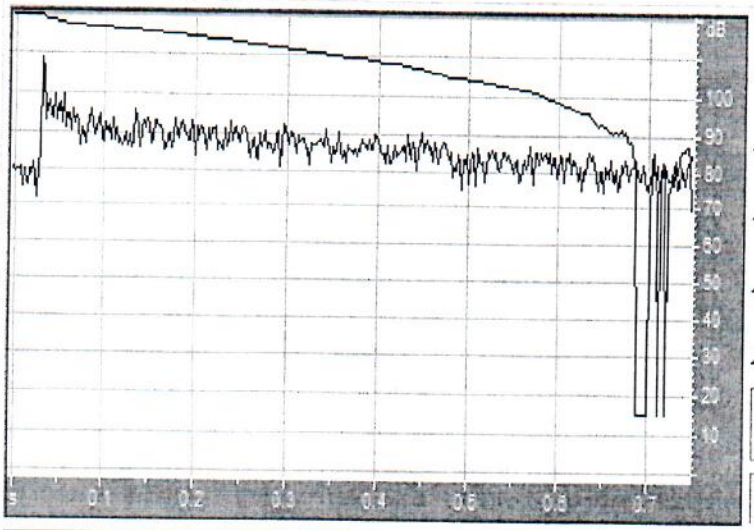
Estas muestras se toman como referencia para hallar el rt60 y los cálculos de modos de resonancia, para hacer el diseño de acondicionamiento acústico

Los resultados fueron

Análisis de los resultados obtenidos.

POS 1

Acoustical Parameters according to ISO3382



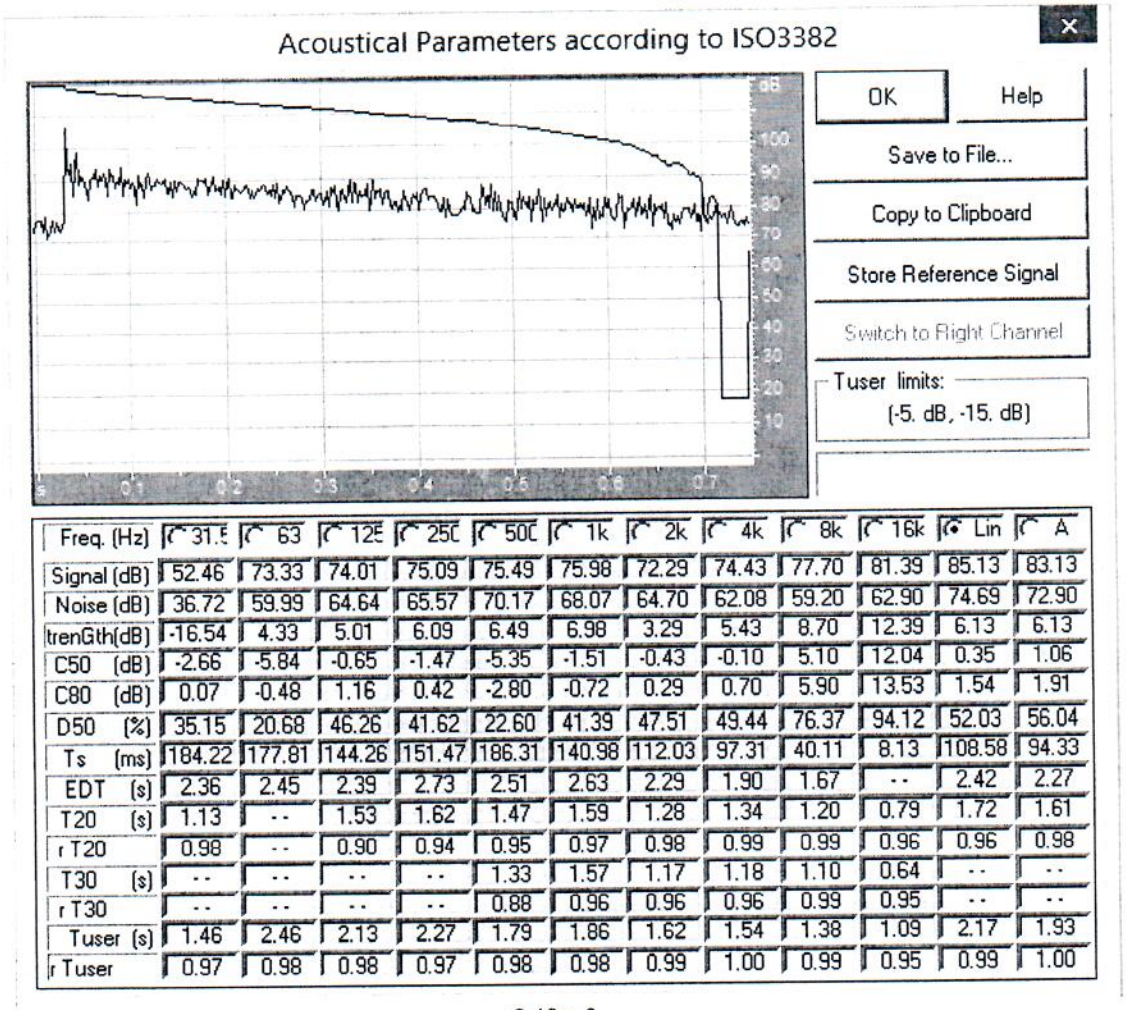
OK | Help | Save to File... | Copy to Clipboard | Store Reference Signal | Switch to Right Channel

Tuser limits:
(-5. dB, -15. dB)

Freq. (Hz)	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k	Lin	A
Signal (dB)	54.24	76.61	77.65	76.91	79.39	78.47	74.49	77.01	79.98	82.65	87.71	85.59
Noise (dB)	42.56	63.03	68.41	68.72	72.85	70.27	66.42	64.30	61.64	63.16	78.08	75.53
trenGth(dB)	-14.76	7.61	8.65	7.91	10.39	9.47	5.49	8.01	10.98	13.65	8.71	8.59
C50 (dB)	-0.65	-0.08	0.12	-3.65	-1.91	-1.41	-0.68	0.33	4.55	9.61	0.58	1.00
C80 (dB)	-0.09	2.33	1.19	-1.59	-0.65	-0.64	0.01	1.22	5.36	10.98	1.70	1.85
D50 (%)	46.25	49.55	50.70	30.12	39.20	41.97	46.07	51.91	74.01	90.13	53.34	55.75
Ts (ms)	181.84	129.59	133.66	190.24	141.65	143.22	129.17	96.44	45.24	14.07	105.53	96.20
EDT (s)	2.89	2.04	2.56	3.12	2.49	2.55	2.54	2.02	1.78	--	2.35	2.27
T20 (s)	0.82	1.49	--	--	1.65	1.38	1.37	1.46	1.21	0.78	1.57	1.54
r T20	0.86	0.97	--	--	0.93	0.94	0.97	0.99	0.99	0.97	0.96	0.97
T30 (s)	--	--	--	--	--	1.22	1.27	1.32	1.07	0.74	--	1.35
r T30	--	--	--	--	--	0.91	0.94	0.95	0.98	0.98	--	0.92
Tuser (s)	1.34	1.61	2.04	1.96	2.04	1.83	1.79	1.74	1.43	1.20	2.01	1.89
r Tuser	0.89	0.95	0.94	0.97	0.98	0.99	0.98	1.00	0.99	0.94	0.99	0.99

Gráfica 1

POS 2

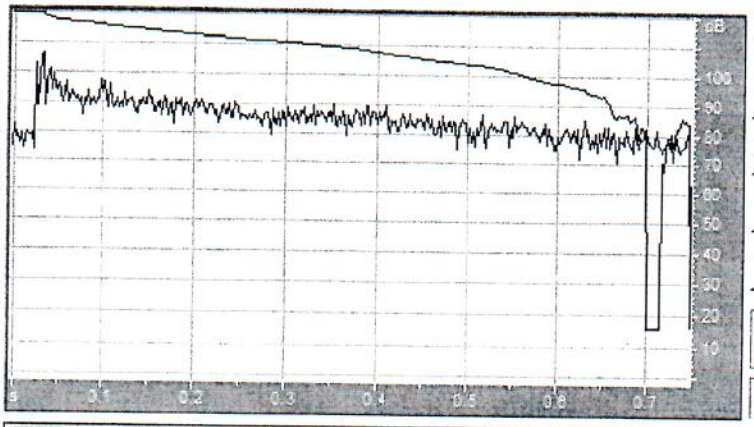


Freq. (Hz)	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k	Lin	A
Signal (dB)	52.46	73.33	74.01	75.09	75.49	75.98	72.29	74.43	77.70	81.39	85.13	83.13
Noise (dB)	36.72	59.99	64.64	65.57	70.17	68.07	64.70	62.08	59.20	62.90	74.69	72.90
trenGth(dB)	-16.54	4.33	5.01	6.09	6.49	6.98	3.29	5.43	8.70	12.39	6.13	6.13
C50 (dB)	-2.66	-5.84	-0.65	-1.47	-5.35	-1.51	-0.43	-0.10	5.10	12.04	0.35	1.06
C80 (dB)	0.07	-0.48	1.16	0.42	-2.80	-0.72	0.29	0.70	5.90	13.53	1.54	1.91
D50 (%)	35.15	20.68	46.26	41.62	22.60	41.39	47.51	49.44	76.37	94.12	52.03	56.04
Ts (ms)	184.22	177.81	144.26	151.47	186.31	140.98	112.03	97.31	40.11	8.13	108.58	94.33
EDT (s)	2.36	2.45	2.39	2.73	2.51	2.63	2.29	1.90	1.67	--	2.42	2.27
T20 (s)	1.13	--	1.53	1.62	1.47	1.59	1.28	1.34	1.20	0.79	1.72	1.61
r T20	0.98	--	0.90	0.94	0.95	0.97	0.98	0.99	0.99	0.96	0.96	0.98
T30 (s)	--	--	--	--	1.33	1.57	1.17	1.18	1.10	0.64	--	--
r T30	--	--	--	--	0.88	0.96	0.96	0.96	0.99	0.95	--	--
Tuser (s)	1.46	2.46	2.13	2.27	1.79	1.86	1.62	1.54	1.38	1.09	2.17	1.93
r Tuser	0.97	0.98	0.98	0.97	0.98	0.98	0.99	1.00	0.99	0.95	0.99	1.00

Gráfica 2

POS 3

Acoustical Parameters according to ISO3382



OK | Help | Save to File... | Copy to Clipboard | Store Reference Signal | Switch to Right Channel

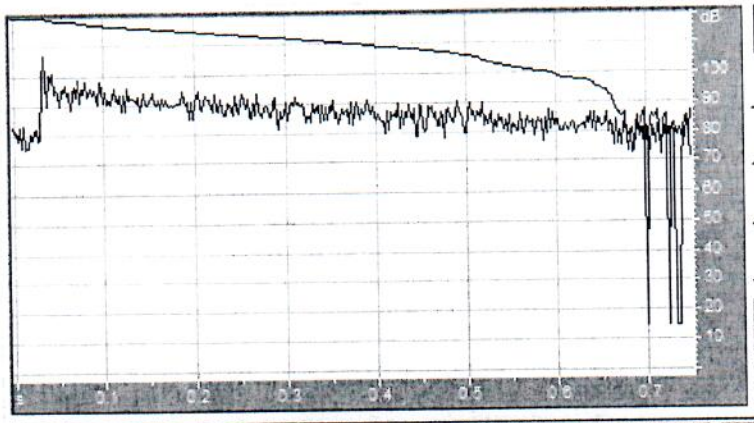
Tuser limits: (-5. dB, -15. dB)

Freq. (Hz)	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k	Lin	A
Signal (dB)	51.61	65.93	76.16	76.40	78.37	78.02	74.94	77.55	80.73	83.81	87.35	85.87
Noise (dB)	43.09	63.53	64.35	66.04	69.19	68.72	64.12	64.17	65.52	67.66	76.13	74.09
trenGth(dB)	-17.39	-3.07	7.16	7.40	9.37	9.02	5.94	8.55	11.73	14.81	8.35	8.87
C50 (dB)	-6.69	-12.55	-2.19	-3.71	-3.37	-1.99	-0.88	1.63	5.87	11.90	1.07	1.72
C80 (dB)	-4.69	-10.27	-0.72	0.12	-1.00	-0.67	1.22	3.88	7.50	14.18	2.72	3.35
D50 (%)	17.65	5.27	37.67	29.84	31.52	38.75	44.94	59.28	79.45	93.93	56.15	59.75
Ts (ms)	215.32	162.01	201.42	150.71	150.23	131.11	109.45	74.14	36.33	14.08	93.57	79.92
EDT (s)	1.83	1.16	3.79	2.61	2.28	2.21	1.95	1.45	--	0.12	2.12	1.73
T20 (s)	1.66	--	1.32	--	1.52	1.29	1.49	1.47	1.07	0.67	1.68	1.53
r T20	0.85	--	0.92	--	0.94	0.95	0.98	1.00	0.99	0.97	0.96	0.98
T30 (s)	--	--	--	--	1.30	1.09	1.25	--	0.94	0.57	1.54	1.32
r T30	--	--	--	--	0.89	0.93	0.93	--	0.97	0.96	0.94	0.94
Tuser (s)	2.62	1.16	1.77	1.83	1.91	1.82	1.76	1.58	1.24	--	2.18	1.91
r Tuser	0.92	0.88	0.93	0.96	0.98	0.97	1.00	1.00	0.99	--	0.99	1.00

Gráfica 3

POS 4

Acoustical Parameters according to ISO3382



OK | Help | Save to File... | Copy to Clipboard | Store Reference Signal | Switch to Right Channel

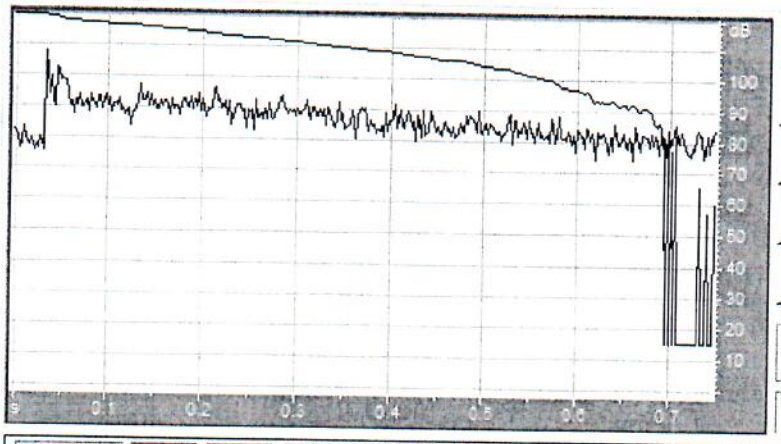
Tuser limits: (-5. dB, -15. dB)

Freq. (Hz)	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k	Lin	A
Signal (dB)	53.84	76.10	76.41	78.30	79.91	79.06	76.09	78.06	80.63	83.44	88.31	86.46
Noise (dB)	44.65	68.94	66.75	68.15	73.49	71.96	66.14	64.58	61.44	64.57	78.56	75.99
trenGth(dB)	-15.16	7.10	7.41	9.30	10.91	10.06	7.09	9.06	11.63	14.44	9.31	9.46
C50 (dB)	-2.09	-4.59	-2.76	-2.98	-4.72	-4.86	-0.44	0.38	4.69	10.94	-0.65	0.18
C80 (dB)	-0.47	-1.67	-1.40	-1.16	-1.95	-2.62	0.93	2.18	6.67	14.10	1.12	1.81
D50 (%)	38.21	25.80	34.65	33.48	25.23	24.61	47.47	52.21	74.65	92.54	46.25	51.02
Ts (ms)	191.49	230.42	189.25	162.90	160.60	158.14	117.81	92.65	42.53	12.89	118.24	100.23
EDT (s)	2.30	3.81	3.04	2.57	2.29	2.21	2.41	1.81	1.15	--	2.33	2.05
T20 (s)	1.07	--	1.63	1.34	1.33	1.41	1.45	1.46	1.16	0.64	1.55	1.52
r T20	0.87	--	0.88	0.96	0.94	0.97	0.96	0.99	1.00	0.99	0.95	0.97
T30 (s)	--	--	1.60	1.30	1.19	--	--	--	1.08	0.60	--	--
r T30	--	--	0.86	0.94	0.91	--	--	--	0.99	0.99	--	--
Tuser (s)	1.56	--	2.13	1.75	1.89	1.64	1.88	1.73	1.27	0.54	2.15	1.90
r Tuser	0.94	--	0.93	0.98	0.96	0.97	0.98	1.00	1.00	0.96	0.99	0.99

Gráfica 4

POS 5

Acoustical Parameters according to ISO3382



OK | Help | Save to File... | Copy to Clipboard | Store Reference Signal | Switch to Right Channel

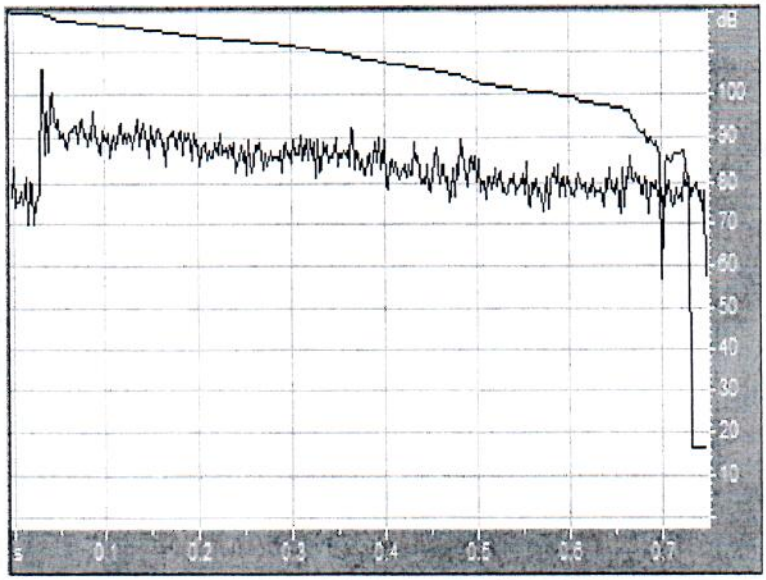
Tuser limits: (-5. dB, -15. dB)

Freq. (Hz)	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k	Lin	A
Signal (dB)	55.56	78.30	77.91	77.32	78.85	79.06	74.92	77.64	79.83	81.99	88.02	85.76
Noise (dB)	46.56	67.07	72.58	72.35	73.04	70.70	66.48	64.78	61.31	62.81	79.51	75.79
trenGth(dB)	-13.44	9.30	8.91	8.32	9.85	10.06	5.92	8.64	10.83	12.99	9.02	8.76
C50 (dB)	-4.73	-2.86	2.37	-0.49	-4.07	-2.32	-2.69	-0.24	3.52	8.29	-0.14	-0.18
C80 (dB)	-2.34	-1.60	3.36	0.86	-2.47	-0.83	-1.65	0.80	4.86	10.22	1.08	0.95
D50 (%)	25.19	34.10	63.34	47.20	28.13	36.94	34.98	48.62	69.23	87.10	49.22	48.94
Ts (ms)	201.59	187.65	89.34	128.66	166.80	139.91	145.74	102.12	50.00	18.02	111.28	106.10
EDT (s)	2.39	2.91	1.94	2.30	2.35	2.29	2.33	1.89	1.60	--	2.22	2.13
T20 (s)	--	--	1.15	1.10	1.37	1.40	1.39	1.38	1.18	0.71	1.45	1.50
r T20	--	--	0.93	0.97	0.93	0.97	0.98	0.98	1.00	0.96	0.96	0.98
T30 (s)	--	--	1.07	1.09	--	--	--	1.21	1.08	0.64	--	--
r T30	--	--	0.88	0.97	--	--	--	0.95	0.99	0.97	--	--
Tuser (s)	2.88	2.46	1.42	1.40	1.87	1.67	1.65	1.69	1.23	1.06	1.82	1.73
r Tuser	0.88	0.92	0.96	0.97	1.00	1.00	0.99	1.00	0.99	0.98	1.00	1.00

Gráfica 5

POS 6

Acoustical Parameters according to ISO3382



OK | Help

Save to File...

Copy to Clipboard

Store Reference Signal

Switch to Right Channel

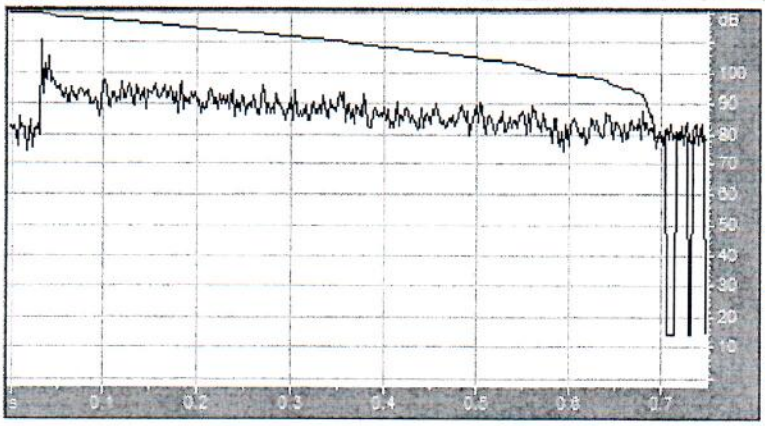
Tuser limits:
(-5. dB, -15. dB)

Freq. (Hz)	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k	Lin	A
Signal (dB)	52.12	74.10	75.46	77.33	77.52	77.05	73.24	75.49	78.54	82.47	86.43	84.26
Noise (dB)	32.41	65.10	67.85	67.11	70.97	69.76	64.68	63.30	59.67	63.16	76.47	74.07
trenGth(dB)	-16.88	5.10	6.46	8.33	8.52	8.05	4.24	6.49	9.54	13.47	7.43	7.26
C50 (dB)	-9.79	-8.71	-3.60	-0.10	-3.14	-1.55	-1.96	-1.14	3.79	10.39	-0.04	0.52
C80 (dB)	-0.26	-7.07	-3.06	2.60	-1.38	-0.68	-0.66	0.02	4.78	11.79	1.02	1.59
D50 (%)	9.49	11.87	30.39	49.43	32.67	41.15	38.91	43.47	70.53	91.63	49.78	53.00
Ts (ms)	177.85	192.02	188.21	117.83	147.31	126.06	128.34	104.72	45.77	11.89	106.45	93.10
EDT (s)	1.96	1.99	2.80	2.59	2.26	2.23	2.34	1.82	1.48	--	2.25	2.04
T20 (s)	1.21	--	0.82	1.83	--	1.21	1.41	1.38	1.18	0.74	1.54	1.49
r T20	0.90	--	0.87	0.94	--	0.95	0.99	0.98	1.00	0.94	0.99	0.99
T30 (s)	--	--	--	--	--	--	--	1.19	1.10	0.63	--	--
r T30	--	--	--	--	--	--	--	0.94	0.99	0.96	--	--
Tuser (s)	2.42	1.49	1.02	2.69	1.87	1.56	1.66	1.59	1.24	0.94	1.81	1.75
r Tuser	0.94	0.96	0.97	0.95	0.97	1.00	0.99	1.00	0.99	0.94	0.98	0.99

Gráfica 6

POS 7

Acoustical Parameters according to ISO3382



OK | Help | Save to File... | Copy to Clipboard | Store Reference Signal | Switch to Right Channel

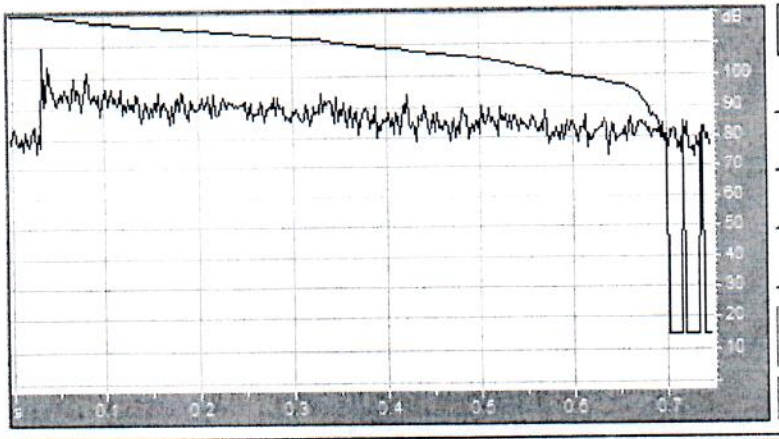
Tuser limits: (-5. dB, -15. dB)

Freq. (Hz)	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k	Lin	A
Signal (dB)	54.14	78.03	77.68	78.96	79.96	79.40	75.78	78.79	81.44	85.43	89.06	87.03
Noise (dB)	41.00	69.17	69.37	69.92	70.48	73.27	67.39	65.22	62.38	66.03	78.70	76.31
trenGth(dB)	-14.86	9.03	8.68	9.96	10.96	10.40	6.78	9.79	12.44	16.43	10.06	10.03
C50 (dB)	-7.11	-13.30	-2.36	-3.13	-4.35	-2.17	-1.74	-0.44	4.53	11.17	-0.55	0.66
C80 (dB)	-3.96	-12.99	-1.87	-2.11	-1.72	-1.18	0.05	1.31	6.29	14.13	0.58	2.07
D50 (%)	16.30	4.47	36.75	32.73	26.84	37.77	40.14	47.44	73.95	92.91	46.81	53.79
Ts (ms)	183.32	209.99	184.72	165.60	169.57	128.64	128.18	98.79	42.91	10.65	114.67	93.29
EDT (s)	1.67	2.00	2.75	2.48	2.55	1.97	2.26	1.76	1.42	0.23	2.27	1.99
T20 (s)	1.20	--	--	--	--	1.54	1.46	1.43	1.22	0.74	1.56	1.58
r T20	0.95	--	--	--	--	0.96	0.98	0.98	1.00	0.98	0.98	0.98
T30 (s)	--	1.18	--	--	--	1.49	--	1.23	1.13	0.66	--	--
r T30	--	0.85	--	--	--	0.93	--	0.95	0.99	0.99	--	--
Tuser (s)	1.23	0.77	1.73	1.78	2.13	1.86	1.75	1.64	1.33	0.68	1.91	1.89
r Tuser	0.93	0.89	0.98	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	0.99	0.92	0.99	1.00

Gráfica 7

POS 8

Acoustical Parameters according to ISO3382



OK | Help

Save to File...

Copy to Clipboard

Store Reference Signal

Switch to Right Channel

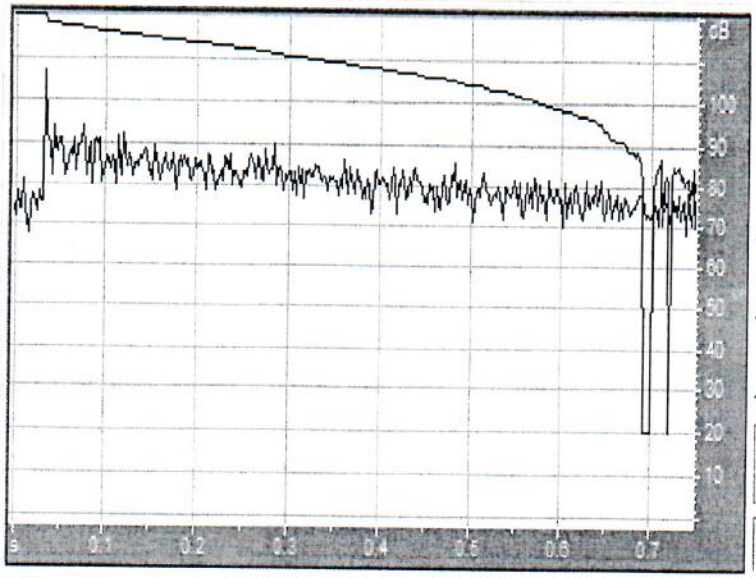
Tuser limits:
(-5. dB, -15. dB)

Freq. (Hz)	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k	Lin	A
Signal (dB)	54.63	77.68	77.25	78.46	80.78	79.20	76.75	77.79	79.78	82.73	88.49	86.36
Noise (dB)	40.51	70.04	68.35	71.22	72.73	71.31	65.56	61.93	60.12	63.89	78.68	75.59
trenGth(dB)	-14.37	8.68	8.25	9.46	11.78	10.20	7.75	8.79	10.78	13.73	9.49	9.36
C50 (dB)	-4.89	-3.13	-2.77	-3.93	-2.62	-4.66	-0.62	0.05	5.44	12.03	-0.78	0.07
C80 (dB)	-4.53	-0.60	-1.57	-2.83	-0.60	-2.00	1.57	2.37	7.90	15.31	0.92	1.99
D50 (%)	24.50	32.71	34.57	28.78	35.34	25.46	46.44	50.29	77.76	94.10	45.53	50.42
Ts (ms)	227.89	194.70	171.59	181.32	151.20	157.87	106.48	86.56	33.86	8.35	120.49	98.71
EDT (s)	2.36	2.74	2.57	2.66	2.33	2.22	2.02	1.59	1.01	--	2.31	2.00
T20 (s)	--	1.32	1.21	1.16	--	--	1.39	1.31	1.02	0.63	1.52	1.59
r T20	--	0.87	0.98	0.98	--	--	0.99	0.99	1.00	0.98	0.97	0.98
T30 (s)	--	--	--	1.15	--	--	1.26	1.17	0.98	0.54	--	--
r T30	--	--	--	0.97	--	--	0.95	0.98	1.00	0.96	--	--
Tuser (s)	3.01	2.29	1.57	1.21	2.22	2.00	1.62	1.47	1.10	0.56	1.94	1.81
r Tuser	0.92	0.87	0.94	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	0.99	0.92	1.00	1.00

Gráfica 8

POS CENTRAL

Acoustical Parameters according to ISO3382



OK | Help

Save to File...

Copy to Clipboard

Store Reference Signal

Switch to Right Channel

Tuser limits:
(-5. dB, -15. dB)

Freq. (Hz)	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k	Lin	A
Signal (dB)	50.78	69.99	72.86	73.19	74.00	73.18	70.23	72.66	75.20	80.83	83.27	81.16
Noise (dB)	35.75	61.39	62.89	63.86	66.66	65.22	59.70	58.67	56.51	61.95	73.32	70.02
trenGth(dB)	-18.22	0.99	3.86	4.19	5.00	4.18	1.23	3.66	6.20	11.83	4.27	4.16
C50 (dB)	-4.49	-8.58	-3.32	-2.90	-5.08	-0.75	0.24	1.98	5.95	14.34	1.11	2.36
C80 (dB)	-3.57	-6.05	-1.54	0.96	-2.86	0.19	0.98	2.80	6.79	15.86	2.32	3.17
D50 (%)	26.25	12.18	31.76	33.91	23.68	45.72	51.38	61.22	79.73	96.45	56.36	63.26
Ts (ms)	219.48	242.58	164.04	144.15	176.51	129.90	109.63	76.20	34.45	6.00	93.54	77.95
EDT (s)	2.25	2.71	2.12	2.62	2.41	2.64	2.53	2.02	1.22	--	2.28	2.21
T20 (s)	1.52	1.30	--	1.91	--	1.62	1.54	1.55	1.17	0.67	1.66	1.67
r T20	0.93	0.91	--	0.93	--	0.96	0.97	0.99	1.00	0.98	0.97	0.98
T30 (s)	--	--	--	--	--	1.47	--	1.33	1.07	0.56	--	--
r T30	--	--	--	--	--	0.89	--	0.95	0.99	0.98	--	--
Tuser (s)	1.90	1.73	1.98	2.33	1.78	2.03	1.95	1.70	1.24	0.57	2.05	2.04
r Tuser	0.95	0.89	0.97	0.96	0.97	0.99	0.99	1.00	0.99	0.95	1.00	1.00

Gráfica 9

8. Plantear la solución para la mejora acústica.

Una vez que son obtenidos los valores y comparados con los valores ideales ya se sabe cuáles son los que tenemos que modificar más y en qué zonas tenemos que aplicar los cambios.

Los problemas que encontramos en el recinto fueron.

Exceso de tiempo de reverberación, problemas con el sonido directo, amplificación o atenuación de algunas frecuencias, entre los 208 Hz y 214 Hz, en el rango de 1khz, y exceso de ruido de fondo, debido a ruidos aledaños al auditorio como son el hall de acceso y equipo eléctrico.

La resonancia en estas frecuencias hace que el sonido se ecualice de manera crítica en las frecuencias entre 200 hz y 1 khz, siendo estas frecuencias importantes para el habla
y la inteligibilidad.

Para esto se dispuso la solución, que es bajar la reverberación total del área del auditorio con material fonoabsorbente, en este caso black theater situado en el techo y en el diseño de las modulaciones de los paneles, el cielo raso irá con paneles reflectivos porque al mismo tiempo que se baja la reverberación necesitamos una circulación de ondas sonoras de forma regular en todo el auditorio para que el sonido se propague de manera uniforme.

8.1. ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO.

En este caso del acondicionamiento acústico es importante poner en práctica los datos arrojados en la simulación y los realizados en sitio con la condición actual para proceder a proponer materiales en base al diseño.

La finalidad de acondicionar acústicamente un determinado recinto (cerrado o al aire libre) es lograr que el sonido proveniente de una fuente o fuentes sea irradiado por igual en todas direcciones logrando un campo sonoro ideal.

Esta uniformidad no siempre se consigue y la acústica arquitectónica, intenta aproximarse al máximo a este ideal a través de ciertas técnicas que aprovechan las cualidades de absorción , reflexión y difusión de los materiales constructivos (Que veremos en los siguientes puntos) de techos, paredes y suelos y de los objetos u otros elementos presentes en el recinto. De hecho, cosas tan aparentemente triviales como la colocación o eliminación de una moqueta, una cortina o un panel, son cruciales y pueden cambiar las condiciones acústicas de un recinto.

La principal herramienta con que cuentan los técnicos encargados del acondicionamiento acústico de un determinado local/lugar es conocer el tiempo de reverberación específico, que se calcula utilizando diversas fórmulas. La reverberación debe ser inferior a los 2 segundos.

El tiempo de reverberación, para que sea útil, se ha de calcular en función de una determinada frecuencia, dado que depende del coeficiente de absorción de los materiales utilizados y este coeficiente depende a su vez de la frecuencia.

Las frecuencias de trabajo más utilizadas son 125, 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz. De no especificarse la frecuencia, se toma por defecto la de 500 Hz, por ser la empleada por Sabine.

Dentro de los recintos cerrados, es fundamental conseguir un equilibrio adecuado entre el sonido directo y el campo sonoro reverberante. Por ello, un adecuado acondicionamiento acústico implica que las ondas reflejadas sean las menos posibles, por lo que desempeña un papel la capacidad de absorción de los materiales absorbentes que minimizarán la reverberación indeseada o ecos que pueden dificultar la ininteligibilidad de la comunicación sonora.

8.2. MATERIALES DE ACONDICIONAMIENTO.

Dependiendo del resultado que se busque, tendremos que utilizar unos materiales u otros.

- **Materiales absorbentes** para minimizar la reverberación de la sala.
- **Resonadores** para reducir la reverberación de ciertas frecuencias.
- **Reflectores** para aumentar las primeras reflexiones dirigidas al público.
- **Difusores** para conseguir que el sonido sea más uniforme.

a. Materiales absorbentes.

Estos se utilizan para la obtención de tiempos de reverberación, prevención de ecos y reducción del campo reverberante en sitios muy ruidosos.

Estos materiales suelen colocarse como revestimiento del recinto. Además de absorber la energía, producen que aumente el valor de los materiales aislantes.

Generalmente estos materiales son porosos y canales a través de los cuales la onda pude penetrar, la absorción se hace mediante la disipación en forma de calor. Parte de la energía incidente es reflejada y parte es conducida por los diversos canales hasta que esta choca con la pared del recinto e intenta salir otra vez rebotada y vuelve a pasar por los canales del material, de esta manera se hace pasar la onda dos veces por el material ya que cuantas más veces pase mayor será su absorción. Esta absorción se transforma en forma de calor debido al rozamiento de las capas sólidas del material.

La capacidad de absorción se mide por medio del denominado coeficiente de absorción, α, que mide la relación entre la energía absorbida y la incidente, estos datos suele proporcionarlos el fabricante y para las banda de octava de 125, 250, 500,
1000, 2000, 4000Hz.

Además de las características de los materiales también se ven influenciados por los siguientes parámetros y que también hay que tener en cuenta.

El espesor del material

Porosidad del material

Densidad del material

Distancia del material a la pared rígida

Colocación de los materiales

b. Espesor del material.

Continuando con la suposición de que colocamos y el material sobre la pared. Descubrimos que con el aumento del grosor del material aumenta también la absorción de este y siendo más apreciable a bajas y medias frecuencias.

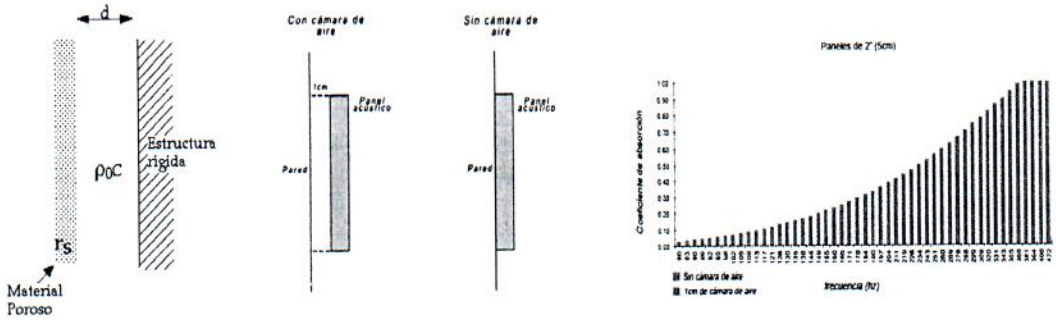
Hay que tener en cuenta que la absorción es baja para todas aquellas frecuencias para las que se cumple que el espesor D es mucho menor que la longitud de onda λ.

En este caso, el material absorbente propuesto para solucionar la reverberación es el black theater



Puesto en el cielo raso y en los paneles resonadores y difusores.

Se utilizará también como aislamiento en la zona del cuarto de control.



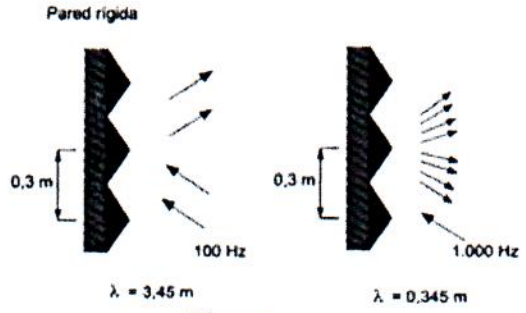
8.3. CIELOS RASOS

Se utilizan 1 clase de paneles

Difusor liso

Se denominan difusores a aquellas superficies que reflejan el sonido uniformemente en todas las direcciones, también existen los que lo reflejan irregularmente según la direcciones, debido a las irregularidades de la superficie.

Con estos se produce un mayor efecto de espacialidad, con lo que la impresión de la calidad acústica del recinto mejora considerablemente.



Difusores

Como podemos observar, vemos un claro ejemplo de cómo se comportan las superficies según la longitud de onda. El difusor en forma de pirámide actúa como reflector plano produciendo re par ondas a la frecuencia de 100Hz ya que su λ=3,45m. y la misma superficie para ondas a 1000Hz

9. ASPECTOS A TENER EN CUENTA EN EL ACONDICIOAMIENTO.

Absorción del aire.

Esta es producida solo a altas frecuencias (≥20KHz) y se tiene en cuenta en recitos considerablemente grandes y con humedad relativa baja.

Una vez conocido el volumen del recinto podemos calcular su tiempo de reverberación teniendo en cuenta esta absorción:

En nuestro caso como el auditorio no es muy grande no tendremos en cuenta esta absorción.

Absorción del público y de las sillas.

El grado de reverberación de un recinto viene dado por los materiales absorbentes utilizados en su revestimiento de las superficies, así como de una forma muy notoria por la absorción producida por el público y las sillas existentes.

Si se considera la disposición habitual del público en salas destinadas teatros, espectáculos, conciertos, las personas se hallan agrupadas, siempre sentadas de la misma forma, de manera que resulta más correcto utilizar coeficientes de absorción unitarios (por m^2), en lugar de la absorción por persona. En este caso se utilizan dos conjuntos de coeficientes de absorción, uno con las sillas ocupadas y otro con las sillas vacías, ya que ellas por si solas ya presentan un coeficiente de absorción notable.

La absorción de las sillas se calcula de la siguiente manera:

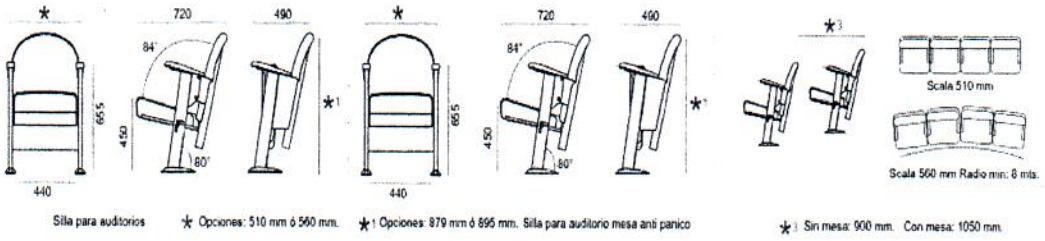
FRECUENCIA (Hz)	125	250	500	1.000	2.000	4.000
Sillas con un alto porcentaje de superficie tapizada	0,72	0,79	0,83	0,84	0,83	0,79
Sillas con un porcentaje medio de superficie tapizada	0,56	0,64	0,70	0,72	0,68	0,62
Sillas con un bajo porcentaje de superficie tapizada	0,35	0,45	0,57	0,61	0,59	0,55

Coeficiente de absorción de las sillas vacías

FRECUENCIA (Hz)	125	250	500	1.000	2.000	4.000
Sillas con un alto porcentaje de superficie tapizada	0,76	0,83	0,88	0,91	0,91	0,89
Sillas con un porcentaje medio de superficie tapizada	0,68	0,75	0,82	0,85	0,86	0,86
Sillas con un bajo porcentaje de superficie tapizada	0,56	0,68	0,79	0,83	0,86	0,86

Coeficiente de absorción de las sillas ocupadas

Podemos decir que se produce un aumento considerable al pasar de la silla vacía a ocupada. Son más absorbentes sobre todo a bajas frecuencias las sillas más tapizadas cuando estas son ocupadas.



Silla para auditorios ✱ Opciones: 510 mm ó 560 mm. ✱1 Opciones: 879 mm ó 895 mm. Silla para auditorio mesa anti panico ✱1 Sin mesa: 900 mm. Con mesa: 1050 mm.

10. CARACTERISTICAS PRINCIPALES PARA LA ADECUACION ACUSTICA.

A. **INSTALACIÓN DE REDES ELECTRICAS**: Instalación de cableado y punto eléctrico (apliques para luminaria, interruptores, tomacorrientes reguladas y tomacorrientes normales) contempla el suministro, transporte e instalación del cableado necesario conducidos por tubería EMT con los accesorios necesarios que cumpla con las normas RETIE y RETILAB. **Ver Plano Anexo AUDIO Y VIDEO.**

B. **PANEL ACÚSTICO RESONADOR AUDITORIO**: fabricado en lámina formada por 3 capas de partículas de madera de 15mm, densidad Kg/m3 610/0.7% terminado melamínico termofundido al sustrato de madera, HR, debe cumplir los requisitos de la Norma Técnica Colombiana NTC 2261. Color según catálogo. Instalación sobre perfilería metálica galvanizada cal 26 base 6, incluye Black theater de 2" como material fonoabsorbente. **Ver Plano Anexo A002.**

C. **PANEL ACÚSTICO LISO ESCENARIO**: Enchape de reflexión acústica para muros, densidad Kg/m3 610/0.7% en madera aglomerada de 4mm RH instalado a muro por medio de pegante especializado tipo PL285, recubierta con finish foil en la cara exterior, con resina en cara interior, instalado con dilataciones de 0,5 cms. **Ver Plano Anexo A002.**

D. **PANEL ACÚSTICO RESONADOR ESCENARIO**: Enchape de reflexión acústica para muros, densidad Kg/m3 610/0.7% en madera aglomerada de 4mm acabado en melamina HR (HIDRORESISTENTE) Color según catálogo. Instalación sobre base de fibrocemento de 1/2", perfilería metálica galvanizada cal 26 base 6, incluye Black theater de 2" como material fonoabsorbente. **Ver planos A002, A004, A007**.

E. **PANEL ACÚSTICO RESONADOR MURO POSTERIOR**: Enchape de reflexión acústica para muros, densidad Kg/m3 610/0.7% en madera aglomerada de 4mm acabado en melamina HR (HIDRORESISTENTE) Color según catálogo. Instalación sobre base de fibrocemento de 1/2", perfilería metálica galvanizada cal 26 base 6, incluye Black theater de 2" como material fonoabsorbente. **Ver plano A002, A004, A007.**

F. Pintura color negro mate sobre muro. Aplicación de dos manos.

G. **CIELORRASO PANEL ACÚSTICO FLOTADO LISO AUDITORIO:** Panel flotante para reflexión acústica del cielo raso, densidad Kg/m3 610/0.7% en madera aglomerada de 15mm acabado en melamina color según catálogo. Instalación mediante varilla roscada de zinc. **Ver Plano Anexo A001, A003, A006.**

H. **CIELORRASO ABSORBENTE ACÚSTICO AUDITORIO:** Recubrimiento en Black theater de 1", instalado mediante perfilería en aluminio color negro. **Ver Plano A002 y A005.**

I. **MURO DE LADRILLO A LA VISTA**: de 2.60 m x 2.40 m con ladrillo Refractario de 24 cm x 12.5 x 4 cm, con junta de mortero de 1 cm de altura y 1 cm de dilatación. Con vano para puerta 2.0 m x 0,8 m.

J. **PUERTA DE ENTRADA AL ESCENARIO**: en madera con chapa de seguridad y marco, se debe mimetizar en el diseño de los paneles acústicos de escenario, dimensión 2 m x 0,8 m. **Ver plano A004.**

K. **VENTANA FIJA PARA CABINA DE CONTROL** (0,5m de ancho x 1m de alto) marco en aluminio color negro, con vidrio templado, con película reflectiva. Según diseño. Se debe abrir el hueco. **Ver plano A004.**

L. **INSTALACIÓN DE BALA DIMERIZABLE AUDIENCIA:** consumo de potencia 16W, factor de potencia 0.9, flujo luminoso 1.200 lúmens, temperatura de color 2700-6500 K, ángulo de apertura 100°, IRC 80
Diámetro de instalación: 148mm
Diámetro total de la luminaria: 170mm
Alto de la luminaria: 56mm
Ver plano A004 y A007.
Certificación: NOM-003

M. Cinta RGB, 60 led/m, potencia 14,4 w/m, dimerizable, incluye transformador, factor de potencia 95%, ángulo de apertura 180°, protección IP 65, tira de 5 m. mas el control de cintas LED RGB. **Ver plano A007.**

N. Pantalla tacto sensible de escritorio con control de 7´´ para escritorio, con tecnología PoE, resolución WSVGA 1024x600 pixeles, con tecnología capacitiva. Incluir accesorios para instalación en mesa.

O. Módulo de control universal de iluminación de 8 canales 120V, 16 amperios por canal, operación de 120 Voltios a 50/60 Hertz, instalación en caja eléctrica.

P. Bloque de terminación metálico para dos módulos de control de iluminación de 8 canales para instalación en caja eléctrica. Dos puerto para Override.

Q. Caja eléctrica para instalación de módulo de control de iluminación y bloque de terminación. Hecha en acero galvanizado calibre 16 con tapa ventilada en acero color gris, 42.06cm de alto, 40.90cm de ancho, 10.80 cm de profundo.

R. Procesador avanzado de control, integración y distribución de señales, 8 puertos de contacto seco o relevos, 8 puertos lógicos I/O, 3 puertos seriales, 8 puertos IR, 1 puerto LAN. Programable y con su fuente de poder. Para ubicar en Rack de equipos.

S. Switch de red administrable Gigabit de 12 puertos, 8 puertos PoE+, 130 vatios, instalación en rack, puertos traseros.

T. Gabinete en madera con 4 ruedas para instalación de los equipos de audio, video y control, terminado en lámina de roble, certificación RoHS, 16 espacios de rack (1 espacio de rack = 4.445 cm), 58.42cm de profundidad de espacio útil, ancho útil 23" estándar, peso máximo soportado de 90 Kg.

U. Caja de conexión metálica robusta en piso con capacidad para mínimo 6 conexiones (1 HDMI, 1 VGA + Audio Análogo, Voz y Datos, Micrófonos, Toma 120V regulada) profundidad interna de 4" con soportes internos estándar de seguridad UL, homologada por UL y CUL. Con cubierta metálica y protección de cuña. Tamaño: 10.91"x12.16"x4.67". **Ver Plano Anexo AUDIO Y VIDEO (cajas de paso en piso ubicadas en tarima)**

11. TIEMPO DE REVERBERACIÓN.

En primer lugar, empezaremos por el tiempo de reverberación y lo realizaremos mediante respuesta impulsiva integrada. Situaremos la fuente en la posición 1 y el micrófono en el punto de medida 1 y tomaremos la medida y así con el resto de posiciones. Para realizar el cálculo será necesario que el nivel de presión sea al menos 35dB sobre ruido de fondo para poder hacer el cálculo.

Solución para el acondicionamiento.

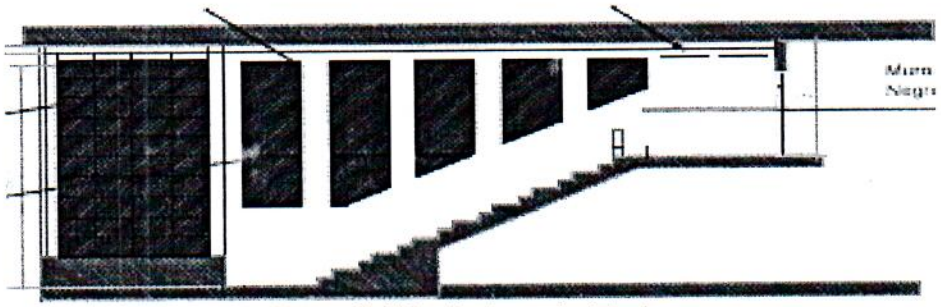
Como vemos en los resultados en tiempo de reverberación se queda bastante bajo para la audición de música, recordemos que como mínimo para cualquier tipo de música tiene que superar el segundo.

De manera que básicamente habrá que modificar este parámetro, pero tendremos en cuenta que, al variar el tiempo de reverberación, si modificamos este parámetro para las frecuencias medias también se verán afectados los parámetros relacionados con el TR (tiempo de reverberación), ya que de este depende el Brillo y Bass Ratio. Como estos están correctos y no dependen del TR_{mid} directamente sino de la proporción entre los valores del TR en unas frecuencias y otras habría que aumentar TR proporcionalmente en todas las frecuencias.

La solución a tomar sería cubrir los muros con madera perimetral que se comportase de forma natural

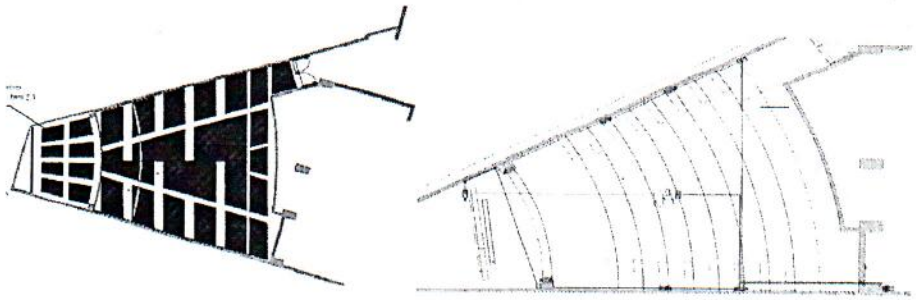
Acorde con los resultados de las pruebas, y en consonancia con el espacio físico del auditorio del Ministerio, se recomienda:

- *Para la disminución de la reverberación se recomienda la utilización de 16 paneles tipo resonador instalados en 31.68 m2 sobre paredes laterales del auditorio (8 por cada costado), para absorción del sonido.*
- *Para el escenario se recomienda revestir con 120 paneles acústicos lisos instalado en los 35.4 m2 de muros laterales y 40 paneles acústicos tipo resonador recubriendo 24 m2 del muro posterior del escenario para aumentar las reflexiones sonoras y de esta manera potenciar la voz de expositor.*



Vista perfil. Ubicación de paneles laterales

- *Para mejorar las condiciones de sonido para el auditorio se recomienda utilizar 40 paneles acústicos tipo resonador para ser instalados en 23.75 m2 del muro posterior del auditorio.*
- *Para el cielo raso se recomienda 25 paneles acústicos lisos para recubrir un área de 68.47 m2, para mejorar trasmisión del sonido hacia el auditorio y 320 paneles fonoabsorbentes recubriendo 110 m2 del cielo raso para lograr un aislamiento acústico entre el auditorio y los exteriores.*



Vista de planta auditorio. Cielo raso y Plano Audio y Video

De acuerdo con el levantamiento de medidas realizadas en el Auditorio, del espacio situado desde la tarima hasta el techo y del muro norte hasta el muro sur y la distancia entre el espectador y la tarima. Se recomienda para el sistema de video, el VIDEO BEAN plasmado en el plano anexo para audio y video, o de acuerdo a voluntad de la entidad el sistema de VIDEO WALL, con el respectivo sistema de video conferencia o pared de video para uso del Auditorio como se observa en el mismo plano.

NOTA 1: Se hace entrega a la entidad de las especificaciones técnicas y catálogos de los posibles equipos para el sistema de audio. **Anexo 1. Las cantidades serán determinas de conformidad con el plano para audio y video.**

De igual forma de conformidad con los resultados obtenidos y para suplir la necesidad de audio, se recomienda un sistema de audio óptimo de conformidad con el plano anexo para audio y video en donde se ubican de manera estratégica los puntos en cantidad de salida de audio, parlantes y micrófonos generando un impacto positivo en la mejora del sistema acústico, adecuándolo a la necesidad principal.

NOTA 2: Se hace entrega a la entidad de las especificaciones que debe cumplir el sistema de video, si la entidad lo considera necesario. **El cual se hará de conformidad con el plano para audio y video - Anexo 2.**

12. Conclusión

a. Se evidencia que el tiempo de reverberación actual del auditorio es alto, lo cual afecta la inteligibilidad de la palabra. Esto quiere decir que a los espectadores les costará algo de trabajo entender a un orador ubicado en la tarima. Para darle solución a este problema se realiza un diseño con materiales acústico que nos permiten disminuir el tiempo de reverberación mejorando la inteligibilidad.

b. Otro factor que está influenciando a una baja inteligibilidad son los modos de resonancia los cuales también se corregirán con los materiales acústico como lo son materiales absorbentes y resonadores.

c. Tras haber realizados los ensayos pertinentes para obtener el tiempo de reverberación y los distintos parámetros a evaluar, vemos que el comportamiento de la sala es bastante atípico. Vemos una curva tonal donde las frecuencias medias son fuertemente atenuadas y las altas no, incluso llegan a ser suavemente amplificadas.

d. Al mismo tiempo vemos como el tiempo de reverberación no se ajusta a los parámetros que buscamos, pero por el contrario los referidos a calor (BR) y brillo (Br) sí que entran dentro de los parámetros ya que estos no dependen del tiempo de reverberación a unas frecuencias si no a las relaciones entre el tiempo de reverberación en unas y otras frecuencias.

e. Realizamos la simulación con Catt-acoustic y ajustamos los parámetros al T-15 que son los parámetros medidos in-situ más fiables ya que por factores externos en la toma de medidas no se obtuvo una buena relación señal a ruido y las señales tomadas una vez que habían caído más de 20dB no se pueden considerar buenas porque había mucho ruido. De manera que una vez hecho esto se adopta la solución.

f. La solución pasa por cubrir los muros perimetrales con una madera de comportamiento natural, la curva tonal se hace más plana y más típica de una sala. Todavía queda un poco baja a frecuencias medias ya que solo hemos modificado el parámetro de la banda perimetral.

g. Con el material simulado de la zona perimetral en madera y con su coeficiente de absorción típico vemos que los parámetros son estables según la frecuencia, no varían exageradamente de unas frecuencias a otras. Sin dar cambios bruscos de resultados para distintas frecuencias.

h. De manera que según la simulación queda una sala que responde a todos los parámetros de una forma bastante similar para todas las frecuencias.

Del Suscrito se firma en el mes de abril de 2018.

Juan Carlos Gutiérrez
CC. 79.940.976
Ingeniero de Sonido
Matrícula No. 25341146535CND

Anexo 1 Especificaciones técnicas de sistema de Audio y micrófonos

Sistema de Audio y micrófonos
Teniendo en cuenta que el sistema Acústico y de Audio deben funcionar en conjunto es necesario los siguientes equipos para ser instalados y puestos en funcionamiento, los cuales serán ubicados según la determinación del *ANEXO PLANO AUDIO Y VIDEO* Un (1) Subwoofer, con soporte, POTENCIA: Woofer 70 W, RESPUESTA DE FRECUENCIA: 25 Hz 85Hz LFE 85/120 Hz, TRANSDUCTOR: 205 mm (8") Seis (6) Parlantes Compacto de auditorio con sus respectivos soportes a techo, POTENCIA: Woofer 120 W + Tweeter 120 W, RESPUESTA DE FRECUENCIA: ± 3 dB (55 Hz - 20 kHz), TRANSDUCTORES Woofer 6.5 inch + Tweeter ¾ inch metal dome + DCW™ Dos (2) Parlantes Compacto de ubicados en el cuarto de control, con su respectivo soporte POTENCIA: Woofer 25 W + Tweeter 25 W, RESPUESTA DE FRECUENCIA: 67 Hz - 25 kHz (- 6 dB), TRANSDUCTORES 3 inch Woofer + 3/4 inch Tweeter. Un (1) Mixer Digital 32 Canales Analog-To-Digital 24-bit 48 kHz respuesta de frecuencia: 20 Hz to 20 kHz ±0.5 dB Dante I/O 32 channels in, 32 channels out, at up to 24-bit 48 kHz USB Audio I/O 2 channels in & out or 8 channels in & out, 16 or 24 bit, 48 kHz Ethernet 10/100/1000 Mbps, MIC/LINE INPUTS 1 – 12, LINE OUTPUTS. 1 – 8, puerto PHONE. Cuatro (4) DANTE EN PARED 4X2 I/O INTERFACE 2 entradas balanceadas de micrófono / línea XLR, 2 RCA y una entrada de 3.5 mm, una salida de 3.5 mm y dos salidas balanceadas en un montaje lateral conector desenchufarle, con software controlado volumen. Un (1) Rack cerrado de 180 mts, Un (1) Socket de piso A/V AC. Para tarima. *Anexo PLANO DE AUDIO Y VIDEO* Un (1) Switch LAN Poe dhcp 8 puertos, Un (1) AP poe 5ghz 2. 4 ghz Gibagit 1300 Mpbs / 450 Mpbs, Ubicación según lo dispuesto en el *Anexo PLANO DE AUDIO Y VIDEO* Sistema inalámbrico de micrófonos, conformado por dos (2) micrófonos de mano, con transmisor inalámbrico de mano y receptor. Duración de horas continúa de batería, rango de 50 m de libertad inalámbrica, operación de 900 MHz, indicador multifunción (bloquear, silencio, manejo de volumen) debe incluir baterías recargables y repuestos.

Anexo 2 Especificaciones técnicas de sistema de Video y videoconferencia

Sistema de Video Wall
Conforme al espacio actual del Auditorio y sus dimensiones del espacio del escenario se sugiere, un sistema de video Wall de 9 monitores de 3X3, clover con tamaño: 55", operación 24 x7, brillo (Nit): 500/ Resolución: Definición alta / Panel: IPS ,memoria interna:8GB, Sistema de 4 GB + Avaible 4 GB / con sistema de conexión inalámbrica Wifi y adicionar los accesorios para su funcionamiento, Bisel:0.9 mm , Software: Super Sign, modo: Horizontal y vertical / alto recubrimiento (3h), tratamiento anti reflejante. Con sus respectiva estructura metálica, pivote bastidor, omegas y soportes diseñado de acuerdo a la Norma vesa de cada monitor. (Guía de montaje de monitores).
Sistema de Video conferencia
Es necesario un video de conferencia el cual puede usarse desde cualquier teléfono virtual, videoconferencia o Servicio de UC, como por ejemplo: Skype® para empresas, Cisco WebEx®, GotoMeeting® o Slack® colaborar directamente desde su computadora portátil simplemente conectándose. También puede estar configurado para ejecutar Skype Empresarial nativo o Zoom UX, sin una computadora portátil. Para que dicho sistema pueda funcionar es necesario los siguientes equipos, accesorios y elementos: Una cámara domo, PTZ 20X Zoom USB 3.0 Cámara, de alta definición 1920x1080p ; UVC 1.5 (USB), RS232 & RS485 (Serial), and IP (LAN/WAN) control. Cuenta con Touch Screen: 7 pulgadas (178 mm) diagonal, resolución 1280 x 800 pixel.Conexiones: LAN, aux LAN, IR, COM RS232, USB B, HDMI OUT, HDMI IN, MIC POD 1 – 2, USB/ACC, USB/CAM. Y un control de manejo del sistema de Video audio del Auditorio.