



VI Congreso Iberoamericano de Acústica - FIA 2008  
Buenos Aires, 5, 6 y 7 de noviembre de 2008

FIA2008-A051

## **Protocolo de medición de salas de concierto**

Juan Camilo Gaviria (a)

Raúl Sierra Camargo (a)

Mauricio Vela (a)

Asesores: Ing. Francisco Ruffa, Arq. Johann Núñez C.

Revisión de estilo: C.S.P. Patricia Carreño Moreno

(a) Ingeniería de sonido, Facultad de ingeniería, Universidad de San Buenaventura. transv 8H #172-20, Bogotá D.C, Colombia. E-mail: [juankgav@hotmail.com](mailto:juankgav@hotmail.com), [raulsc82@gmail.com](mailto:raulsc82@gmail.com),

### **Abstract**

This project resumes shortly and didactically the different parameters that determine the quality of a concert hall, all the procedures are explained and were conceived in order to do the highest efficient measure, and minimize error margin. All this in accordance to international standards such as ISO-3382 and ISO-1996-2

### **Resumen**

Este proyecto resume de manera corta y didáctica los diferentes parámetros que definen la calidad de un auditorio, todos los procedimientos están explicados y fueron concebidos para hacer la medición más eficiente con mínimo error. todo esto de acuerdo con normativas internacionales tales como ISO-3382 e ISO-1996-2.

## 1. Introducción

En Colombia es necesario desarrollar normas propias para evaluar la calidad acústica de salas para conciertos. Por este motivo es importante crear un protocolo basado en mediciones donde se hayan utilizado métodos calificados para obtener parámetros normalmente exigidos para la evaluación de un recinto. Este protocolo está compuesto por técnicas que tienen las siguientes cualidades: Versatilidad en cuanto al procedimiento de calibración y procesamiento de datos, bajo costo y eficiencia. Además se han incluido la norma ISO-3382 la cual describe la medición de tiempo de reverberación así como de otros parámetros acústicos en auditorios y salas de concierto, La norma ISO-1996-2 para medición de ruido sobre fachada e interiores y el criterio de ruido en auditorios NC. Todo esto con el fin de obtener el mayor número de parámetros acústicos, los cuales brindan una información importante de las condiciones acústicas para realizar diferentes espectáculos públicos en salas de conciertos.

## 2. Etapas generales

Se plantean tres etapas principales para la medición de parámetros acústicos en una sala para conciertos. Al definir los instrumentos y las tareas que requiere cada parámetro, se optimiza el tiempo y se evitan problemas en el transcurso de estas. Requerimientos: El primer paso de esta etapa es realizar una visita previa al lugar de medición, con el fin de observar las condiciones en las que se encuentra como su ubicación geográfica, el nivel y el tipo de ruido de fondo, la distribución de silletería, configuraciones acústicas (como plafones, difusores, concha acústica o sintonización acústica variable) tomando apuntes y fotos de los diferentes materiales y formas del recinto. Seguidamente es preciso coordinar con la administración del lugar, los horarios en los cuales la sala está disponible para realizar las mediciones. Como último paso se deben obtener los planos del auditorio en formato digital, para definir el área y el tipo de material de cada superficie del recinto. De no existir dichos planos es preciso realizar el levantamiento en planta, cortes y detalles. Esto facilita la ubicación de los puntos a elegir para medir cada uno de los parámetros planteados. Planeación: En esta etapa se debe identificar las tareas para cada medición. Además se debe determinar el tipo de fuente y sus diferentes ubicaciones (escenario y foso de orquesta), el volumen del recinto, ocupación en función del volumen de aire mínimo por persona, los puntos de medición sobre la audiencia y determinar las diferentes configuraciones acústicas a medir del escenario y sala (si las tienen). También se debe precisar la ubicación de los puntos para medición del ruido exterior (en elementos colindantes del recinto) y ruido en el lobby. Por último se define la logística para el óptimo desarrollo de cada tarea establecida en esta etapa. Ejecución: En esta última etapa se debe realizar la ubicación, configuración y calibración necesaria para el sistema de medición dependiendo del parámetro que se quiera medir. Calibrados y ubicados los instrumentos, se deben coordinar las actividades establecidas en la etapa de planeación, con el fin de realizar de manera efectiva y organizada el registro de los datos. Una vez obtenidos los datos de los diferentes parámetros se debe efectuar el procesamiento de los mismos en plantillas de cálculo en EXCEL, y realizar el modelo digitalizado en tres dimensiones del lugar, para efectuar las simulaciones acústicas necesarias en un software especializados para este fin.

## 3. Características, configuración y calibración de los instrumentos a utilizar

Un factor importante en la confiabilidad de los datos obtenidos en las mediciones acústicas, es el conjunto de instrumentos que se emplean, los cuales deben cumplir con requisitos establecidos por normativas y criterios validados. El micrófono de medición debe

ser omnidireccional, con un diafragma máximo de 13mm a 26mm. Este transductor debe cumplir con una respuesta en frecuencia plana con desviación máxima de  $\pm 3\text{db}$  en el rango de 20hz a 20Khz. El microfono se utiliza para la medición del tiempo de reverberación utilizando el software Dirac, la evaluación del sistema de refuerzo sonoro mediante el software Smart. Para realizar las mediciones de fuente y ruido se requiere un sonómetro tipo 1 de acuerdo con la norma IEC651, con un microfono tipo 2, con filtros de 1/1 octava y 1/3 octava de acuerdo con la norma IEC1260. El sonómetro se puede calibrar de dos formas: por medio de un pistófono o Calibrador (una señal conocida de 94db), y por sensibilidad, que se realiza de la siguiente manera para el sonómetro Svantek: Se debe presionar la tecla FUNC(SHIFT+DISPLAY) y elegir la opción de calibración con la tecla "Enter", y posteriormente seleccionar la opción de calibración por sensibilidad. Calibración de Tarjetas de Sonido Full Duplex: Como primer paso, en el Software Dirac 2.0 se debe definir la tasa de muestreo en "Options" (Figura-1), luego se debe conectar la entrada de la tarjeta a su salida mediante un cable blindado,. Por ultimo se ingresa al menú de "Setup" y se selecciona la opción "Calibrate Sound Card"

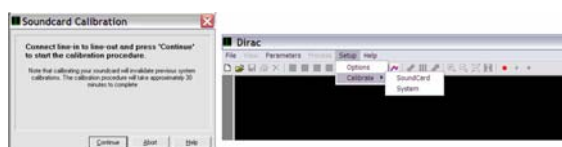


Figura 1. Calibración de tarjeta de sonido en Dirac 2.0

Durante la medición el programa analizará la tarjeta de sonido, y encontrará la configuración más adecuada, calibrando la función de transferencia de la tarjeta, así como la ganancia y los indicadores de nivel en la ventana de medición. Después de calibrar, el programa mostrará el valor de THD+N de la tarjeta de sonido, si la calibración es exitosa, y el  $\text{THD+N} < -40\text{db}$ , la tarjeta arrojará resultados confiables para este tipo de mediciones, esto se puede verificar midiendo la respuesta al impulso de la tarjeta de sonido.

#### 4 Medición de ruido

Instrumentación: Las mediciones de ruido realizadas en cualquier ámbito, deberán tener en cuenta la normativa ISO 1996-2, la cual exige también el tipo de instrumentos de medición necesarios para realizarlas, y que es el siguiente: Sonómetro clase 1 o clase 2, como se especifica en la norma IEC 61672-1:2002. Un filtro para proteger el micrófono del viento incidente. Selección del intervalo de medición: El intervalo de medición deberá ser seleccionado con el fin de cubrir todas las variaciones significativas en la emisión de ruido y propagación, si el ruido muestra periodicidad, el intervalo deberá cubrir un número entero de por lo menos tres periodos. En el caso de que no sea posible tal periodo de medición, los intervalos de medición serán escogidos para que cada uno represente una parte del ciclo, y que juntos representen el ciclo completo. En caso de presencia de ruido de tráfico, deberá ser contada la cantidad de vehículos que transiten durante el intervalo de medición, deberá referenciarse el tipo de superficie de la calle, así como la velocidad promedio del tráfico, éste parámetro se utiliza para determinar el grado de incertidumbre estándar, dado por:

$$X = \frac{10}{\sqrt{n}} \text{db} \quad (1) \text{ En donde } n \text{ es el número de vehículos que transitan durante el intervalo de medición.}$$

Ubicación de los puntos de medición: La ubicación de los puntos de medición dependerá de las superficies sobre las cuales incida el ruido en mayor medida, para evaluar el ruido en una locación específica, se utilizará un micrófono en ésta, pero para otros propósitos deberá tenerse en cuenta la condición de medición, cuyas características serán descritas a continuación. Condición de campo libre: Esta condición puede darse tanto en un caso real como un caso teórico el nivel de presión sonora sobre el ruido de fondo, en el campo libre hipotético en la parte exterior al recinto es el resultado de mediciones realizadas cerca del edificio, existe una notación de campo incidente que se refiere al hecho de las reflexiones presentes debido a la presencia del edificio, las cuales deberán ser eliminadas mediante dos métodos diferentes: Mediante un micrófono montado con material absorbente en su parte posterior. Ubicando el sonómetro a una distancia entre 0.5 m y 2 m de la superficie reflejante, y realizando una corrección de -3db en todas las bandas de octava. Proceso de medición de ruido del recinto: Para determinar el ruido al interior del recinto debe realizarse una medición para cada uno de los puntos de medición de tiempo de reverberación, con la misma configuración, y altura del piso. Utilizando el sonómetro se realiza la medición para posteriormente calcular el nivel sonoro continuo equivalente, teniendo en cuenta la cantidad de posiciones de medición, se expresa como:

$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n 10^{L_{eqj}/10} db$$

(2) N => es el número de posiciones de micrófono  
 Leq => nivel sonoro continuo equivalente en la posición j expresado en dB.

Si el recinto bajo estudio tiene tratamiento acústico, no deberán corregirse los valores, pero si el recinto está sin tratar, debe aplicarse una corrección de -3dB. Proceso De Medición De Ruido en fachada: Para la medición de ruido sobre fachada, es importante hacer un relevamiento preliminar que permita determinar la posición geográfica, la hora del día en la cual ésta tiene mayor nivel de ruido, así como el tipo de fuente de ruido a la cual está expuesta la sala aplicando la sección de la normativa ISO-1996-2 dependiendo del caso. Una vez estimado lo anterior, se procede a realizar la medición utilizando el sonómetro. Procesamiento de Datos: Se emplea el software del sonómetro para el procesamiento de datos registrados en la medición. Se descargan los datos medidos (con sus respectivos buffers) que se encuentran en el sonómetro a un computador, y se selecciona los datos que se desean procesar en la hoja de cálculo en Excel. Hoja de cálculo para datos medidos ruido: Los resultados del procesamiento de datos de ruido en el exterior, lobby y sala, deberán ser copiados e ingresarlos en una hoja de cálculo en Excel (Figura 2), con el fin de obtener las tablas y graficas del Leq, de cada frecuencia, necesarias para el análisis de ruido en el teatro.

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Punto 1	RUIDO EXTERIOR (Leq)	RUIDO LOBBY (Leq)	RUIDO SALA (Leq)		Frecuencia	RUIDO EXTERIOR (Leq)	RUIDO LOBBY (Leq)	RUIDO SALA (Leq)
2	250 Hz				250 Hz			
3	500 Hz				500 Hz			
4	1000 Hz				1000 Hz			
5	2000 Hz				2000 Hz			
6	4000 Hz				4000 Hz			
7	Punto 2							
8	250 Hz							
9	500 Hz							
10	1000 Hz							
11	2000 Hz							
12	4000 Hz							

Figura 2 Hoja de cálculo para ruido.

Comparación de resultados con criterios ruido: El resultado del procesamiento de los datos obtenidos en las mediciones de ruido, tiene como objetivo realizar una comparación entre los niveles de ruido expuestos en el criterio NC y recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (O.M.S). En la tabla 1 se aprecian los criterios de ruido según la organización mundial de la salud (O.M.S).

**Tabla 1.**

<b>30 dBA Leq</b>	<b>Excelente inteligibilidad</b>
45 dBA Leq	Inteligibilidad completa
40-55 dBA Leq	Razonable buena inteligibilidad
100 dBA Leq4	Nivel máximo en una sala de conciertos
40-45 dBA Lmaxf	Ruido en interiores durante eventos aislados
<b>Referencias</b>	
Leq	Nivel equivalente durante el tiempo de medición
Leq4	Nivel equivalente medido durante 4 horas
LeqA	Nivel equivalente ponderado A
Lmaxf	Nivel máximo medido en lectura rápida (fast)

**Criterio NC:** Estas curvas definen el límite por cada banda de octava, que el nivel de ruido en el auditorio no debe sobrepasar para lograr la relación señal-ruido sugerida para su uso. La tabla 2 resume la información de las curvas relevante para este protocolo.

**Tabla 2.**

Localización	Nivel RC	Nivel sonoro dB(A)	Nivel NC
Estudios de radio, estudios de grabación	10-20	25-30	15-20
Salas de concierto	15-20	30-35	20-25
Salas de música	20-25	30-35	20-25

## 5 Tiempo de reverberación medido según ISO-3382

Para realizar la medición del tiempo de reverberación se utiliza el método de respuesta al impulso integrada, el cual se explica a continuación. **Método de Respuesta al Impulso Integrada:** Por medio de este método se obtienen las curvas de decaimiento por la integración del tiempo inverso de las respuestas al impulso elevadas al cuadrado. A continuación se explican las características que deben cumplir los instrumentos a utilizar. **Fuente Sonora:** Se utiliza una fuente impulsiva como globos pistolas, petardos de baja potencia explosiva, la cual debe contener un espectro razonablemente plano, que va de los 88Hz hasta 5657Hz. Además debe generar un nivel de presión sonora mínimo de 35dB por encima del ruido de fondo. Se debe disponer mínimo dos posiciones de fuente, a una altura mínima de 1,2 m, a una distancia mínima de 1,5 m de cualquier punto de medición y a 0,50 m de cualquier superficie. **Micrófonos de Medición:** Para la medición de tiempo de reverberación, se utiliza un Micrófono que cumpla los requisitos mencionados anteriormente, conectado a la tarjeta de sonido Full Duplex, la cual debe estar calibrada y configurada como se explica en sección anterior. **Si se utiliza el sonómetro para esta medición:** debe estar calibrado como se indicó anteriormente. Cualquier posición de medición debe estar por lo menos a 1 m de cualquier superficie reflejante. Además la altura de los micrófonos sobre el suelo debe ser 1,2 m que corresponde a la altura promedio del oído de los oyentes sentados en el auditorio. **El número de puntos de medición:** depende del tamaño de la sala, deben distribuirse en una línea uniformemente espaciada sobre la silletería, y se encuentra relacionado el número mínimo de posiciones de micrófono en función aforo de la sala, como se señala en la tabla 3.

**Tabla 3.**

NÚMERO DE SILLAS	NÚMERO MÍNIMO DE POSICIONES DE MICRÓFONO
500	6
1000	8
2000	10

Hay que tener en cuenta que si se escoge un mínimo de 18 puntos de medición, se realizara una sola medición en cada posición, de lo contrario se tendrá que realizan tres mediciones en cada punto de medición. La distancia mínima  $d_{min}$  (m), de la fuente al primer punto de medición, puede ser calculada por medio de la Ecuación 7 1:

$$d_{min} = 2\sqrt{\frac{V}{cT}} \quad (3) \quad \begin{matrix} V = \text{volumen del recinto en m}^3, \\ c = \text{velocidad del sonido en m/seg,} \\ T \text{ es una estimación del tiempo de reverberación esperado en segs} \end{matrix}$$

Proceso de Medición de Tiempo de Reverberación: Como primer paso, debe medirse el ruido de fondo del auditorio como se explica en la sección 4, con el fin de determinar el nivel de presión sonora mínimo que la fuente impulsiva necesita emitir, es decir que si el ruido de fondo es de 55dB la fuente tendría que emitir mínimo 90dB para obtener el ó 100dB para obtener el  $T_{30}$ . Una vez determinado el SPL necesario se procede a medir y analizar el espectro la fuente, de la siguiente manera: Instalar la fuente impulsiva en una posición escogida con anterioridad, a una altura minima de 1,2 m sobre el suelo. Ubicar el sonómetro al frente y a la misma altura de la fuente a una distancia de 1m, hay que tener en cuenta que el sonómetro debe estar configurado como se sugiere en la sección 3. Emitir el impulso para que el sonómetro mida el nivel de presión sonora de la fuente, con el fin de determinar si el SPL es el necesario para obtener las curvas de decaimiento y si el espectro cumple con las condiciones anteriormente mencionadas. A continuación se procede a marcar e instalar el micrófono de medición o sonómetro en los puntos de medición seleccionados. Como último paso se genera el impulso y se registra hasta que no sea percibido en la sala, se deben guardar estos datos en forma ordenada en el sonómetro (Figura 3), especificando la posición punto  $P_n$ , medición  $M_n$  y fuente  $F_n$ .

Donde:  
 P1= primer punto de medición.  
 M1= primera medición.  
 F1= primera posición de fuente.



**Figura 3.** Rotulación de los datos.

Procesamiento de datos para tiempo de reverberación, claridad para la palabra (C50) y claridad de la música (C80) utilizando el software Dirac 2.0: Para realizar el procesamiento de los datos por medio del Software Dirac 2.0 hay que ingresar en Open, entrar en la carpeta donde se encuentran los datos en formato .WAV y seleccionar el dato a procesar. Después de cargar el dato de medición en el Software Dirac se ingresa a Parameters, seleccionar ISO 3382, a continuación aparece un cuadro de resultados donde se observan los tiempos de reverberación (EDT,  $T_{20}$  y  $T_{30}$ ), por banda de octava. En este mismo cuadro se ingresa a

Save y se selecciona la carpeta donde van guardado el archivo .txt de los parámetros acústicos obtenidos por Dirac (Figura 4). Procesamiento de Datos para Tiempo de Reverberación Utilizando Svan Pc (Software del sonómetro Svantek empleado en las pruebas). Se realizan los pasos explicados en la sección 4.7. A continuación se ingresa a “File”, “Open”, se selecciona y se abre el nombre del buffer asociado al dato; después de abrir el buffer, se ingresa a “View”, se elige “Time intersections for Octaves 1/1” (Figura 5) Se genera una grafica en dB Vrs tiempo para cada frecuencia. Después se ingresa a “Tools”, se selecciona “Smoothing” y “Reverberation time” (Figura 6), y se selecciona la frecuencia que se quiere analizar. Posteriormente, se ingresa a “View”, se elige “View options” y se muestra un cuadro donde se selecciona “manual t0 selection” y el parámetro que se quiere obtener (Figura 7 .Selección de **parámetro**).



Figura 4. Dirac 2.0

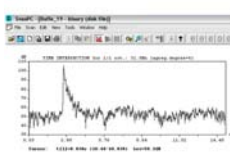


Figura 5.SvanPC

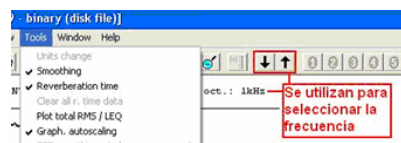


Figura 6.Selección de frecuencia



Figura 7 .Selección de parámetro.

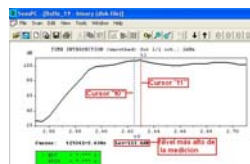


Figura 8.Selección de nivel mayor.

A continuación se desplaza el cursor (t0) posicionándolo un instante antes del nivel más alto de la medición y se digita ENTER, para que aparezca un nuevo cursor “t1”, el cual se tiene que posicionar en el nivel más alto de la medición oprimiendo ENTER (Figura 8). Por último aparecen los resultados de EDT, RT20, RT30 en el cuadro verde de la esquina inferior izquierda, los cuales se extraen oprimiendo el cuadro de “Table”, mostrando los resultados de los diferentes tiempos de EDT, RT20, RT30 para cada una de las frecuencias (Figura 9.Tabla). Hoja De Cálculo Para Datos Medidos De Tiempo De Reverberación.

Independientemente del Software que se utilice (Dirac 2.0 ó SVANPC), los resultados del procesamiento de datos se ingresan en una hoja de calculo en Excel (Figura 10.Hoja de cálculo), con el fin de obtener las tablas y graficas de tiempo de reverberación, para cada frecuencia. Nota: hay que realizar una tabla para el EDT y T30 con sus respectivas graficas.

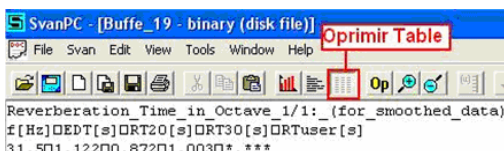


Figura 9.Tabla

	I	J	K	L	M	N	O	P
f [Hz]	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz		
f [Hz]	EDT[s]	RT20[s]	RT30[s]	RTUser [s]				
	31.50	1.1220	0.8720	1.0030	*	**		

Figura 10.Hoja de cálculo



### 6. Inteligibilidad de la palabra medida (il)

El método para determinar IL en forma porcentual consiste en reproducir, frente a un auditorio, con una fuente sonora, N palabras distintas de la Lengua Española, seleccionadas según criterios normalizados, en las mismas posiciones donde se midió el tiempo de reverberación. La fuente sonora consiste en un altavoz, con directividad conocida Q, que reproduzca la señal entre 18 y 25dB por encima del nivel de ruido de fondo, ubicada en el centro del escenario. Puntos de medición: Los puntos para esta medición, son los mismos seleccionados para medir el tiempo de reverberación, explicados en la sección 5.1. Proceso de medición IL: Para la medición de inteligibilidad se calibra el altavoz de la sala a 50dB a un metro sobre el ruido de fondo, generando ruido rosa, una vez calibrado, se reproduce el listado de palabras normalizadas (25 palabras); en los mismos puntos de medición deben ir ubicadas las personas que anotaran lo que están interpretando del listado de palabras. Procesamiento De Los Datos: En una hoja de cálculo hay que ingresar en una columna la lista de palabras que se reprodujeron en el recinto y en las siguientes columnas el listado de cada persona que estuvo ubicada en los puntos de medición (Figura 11), con el fin de calcular el resultado de dividir el numero de las palabras interpretadas correctamente entre el número de palabras de la lista (25).

$$\% IL = \frac{N_{bi}}{N} \quad (4) \quad N_{bi} = \text{Número de palabras interpretadas correctamente, } N = \text{número de palabras empleadas en la lista de reproducción.}$$



Figura 11. Hoja de cálculo para inteligibilidad

### 7. Medición de LF (Eficiencia Lateral)

La configuración de medición de LF consta de la instalación de un arreglo de dos micrófonos de condensador multipatrón idénticos, deberán situarse uno encima de otro, con uno de ellos funcionando en patrón figura de 8, y el otro en omni-direccional, la cápsula deberá estar direccionada perpendicularmente al escenario, apuntando hacia las paredes. Proceso De Medición: Los puntos de medición para este parámetro deben estar a una altura de 1,2 m como mínimo del suelo y se ubican de la siguiente manera: un punto en el centro del escenario, uno en el costado derecho y otro el costado izquierdo. Así mismo también debe ubicarse un punto en el centro, al lado derecho e izquierdo de la sala del teatro. Una vez marcados los puntos de medición, se captura una señal impulsiva en el software Dirac para luego realizar el procesamiento de los datos y así obtener este parámetro (figura 12). Procesamiento de Datos: Una vez capturadas las señales de los micrófonos, se procede a cargarlas en Dirac, y se selecciona en parámetros Graph/statiscs, donde aparece la grafica de LF del punto de medición que se esta procesando ( ).



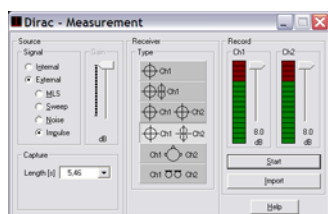


Figura 12. Configuración para medición de eficiencia lateral

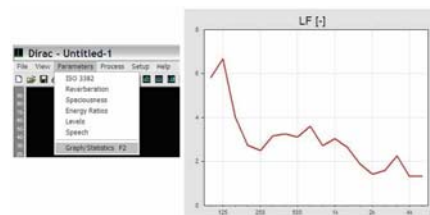


Figura 13. Obtención de curva de LF

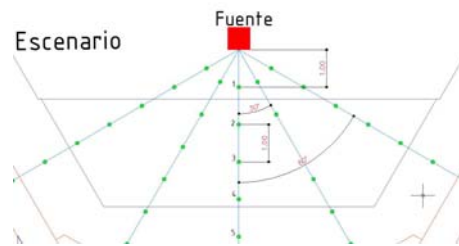
## 8. Sistema de refuerzo sonoro

Una sala multiusos debe estar equipada con un sistema de refuerzo de sonido para espectáculos que lo requieran. Es importante que éste sistema esté correctamente situado, y que la totalidad de los asistentes perciban fielmente la información deseada, y que el nivel esté por encima del ruido de fondo, pero nunca mayor a 85 dB según la OMS. Evaluación del sistema: La calidad de un sistema de refuerzo sonoro se mide mediante un sistema análisis en tiempo real. El que se utilizó en las pruebas, consta de un micrófono de medición, una tarjeta de sonido preamplificadora, y un computador portátil, dotado del software SMAART Live para medición de sistemas de refuerzo sonoro. Este software arroja datos de la respuesta en frecuencia y fase de lo que capta el micrófono ubicado en las mismas posiciones utilizadas para medir el tiempo de reverberación, con lo cual se puede evaluar la calidad de la instalación. Proceso de medición: Se reproduce un ruido rosa en el sistema de refuerzo sonoro del recinto, simultáneamente, se captura con los micrófonos de medición, observando la respuesta en frecuencia y fase del sistema junto con su comportamiento en el recinto acústico.

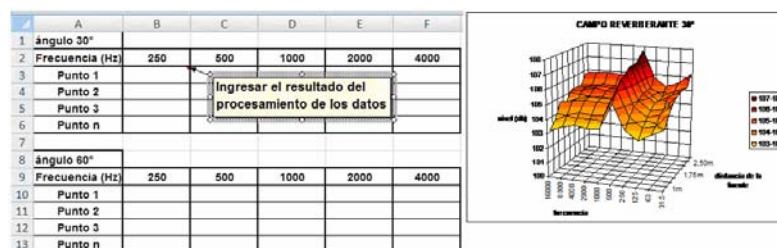
## 9. Medición de campo sonoro

En la medición de campo sonoro se obtiene la distancia donde la intensidad del campo directo es igual a la del campo reverberante, esto se conoce como distancia crítica del recinto, la cual es un parámetro importante al momento de evaluar un diseño acústico y electroacústico en un auditorio. Fuente: Se utiliza un altavoz que debe reproducir ruido rosa con un nivel de presión sonora de 50dB a un metro, por encima del ruido de fondo. La fuente debe estar ubicada en el centro del escenario a una altura mínima de 1,2 m, y a una distancia mínima de 2m de cualquier punto de medición. Sonómetro: El sonómetro a utilizar debe cumplir con los requerimientos y estar calibrado y configurado como se presentan en la sección 3. Puntos de medición : Cualquier posición de medición debe estar por lo menos a 1 m de cualquier superficie reflejante, además la altura de los micrófonos sobre el suelo debe ser 1,2 m. Los puntos de medición deben estar ubicados en cinco ejes separados 30°, tomando como referencia la ubicación de la fuente. En cada uno de los ejes hay que ubicar los puntos distanciados como mínimo entre si 1m y la cantidad de puntos debe cubrir la mayor parte de la audiencia, como se observa en la siguiente figura 14. Proceso de medición: Una vez marcados los puntos de medición y la fuente sonora, se procede a medir el ruido de fondo en los puntos de medición con el sonómetro, el cual debe de estar calibrado y configurado como se presenta en la sección 3. Una vez obtenidos los niveles de ruido de fondo se posiciona la fuente en el centro del escenario y se determina el SPL que debe generar (relación de señal-ruido) a un metro de distancia. Después se configura el sonómetro como se presenta en la sección 3, y se procede a generar el ruido rosa por unos 4 seg, registrando y guardando en el sonómetro los datos de una sola medición por punto. Procesamiento de los datos para obtener el campo sonoro del recinto: Para emplear el Software del sonómetro (SVAN PC) en el procesamiento de los datos registrados en la medición, hay que realizar los pasos explicados en la sección 4.7. Hoja de cálculo para los datos medidos del campo sonoro en el recinto:

Los resultados del procesamiento de datos se ingresan en una hoja de calculo en Excel (figura 15), con el fin de obtener las tablas y gráficas del comportamiento del campo sonoro y determinar cuál es la distancia crítica, de cada frecuencia en el recinto.



**Figura 14.**Ubicación de puntos para medición de campo sonoro.



**Figura 15 .**Hoja de cálculo y gráfica para campo sonoro.

## 10. Elaboración del informe

El informe para los parámetros acústicos medidos debe contener: Las condiciones del lugar de medición. Calibración y configuración de los instrumentos de medición. La ubicación de la fuente y puntos de medición representados en los planos o en el relevamiento en 3D, para cada uno de los parámetros acústicos. Las ecuaciones utilizadas en Microsoft office Excel para procesamiento de los datos medidos. Presentar la tabla y gráficas de resultados de las mediciones hechas. Análisis sobre los parámetros acústicos obtenidos identificando problemas y ventajas del recinto. Conclusiones del informe.

## 11. Referencias

ISO-3382

ISO-1996-2.