



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y ELÉCTRICA

“PROPUESTA DEL ACONDICIONAMIENTO Y AISLAMIENTO
ACÚSTICO DEL AUDITORIO No. 3 DE LA UNIDAD DE
CONGRESOS DEL CENTRO MÉDICO SIGLO XXI.”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA

PRESENTAN:

MOTA GALICIA EFRAÍN
ZARATE MEJIA DANIEL

ASESORES:

ING. MARÍA TERESA FRANCO MARTÍNEZ
ING. LUCERO IVETTE TRINIDAD ÁVILA



2015

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS”**

TEMA DE TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN
DEBERA (N) DESARROLLAR**

**INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA
TESIS COLECTIVA Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL
C. EFRAIN MOTA GALICIA
C. DANIEL ZARATE MEJIA**

**“PROPUESTA DEL ACONDICIONAMIENTO Y AISLAMIENTO ACÚSTICO DEL AUDITORIO No. 3 DE
LA UNIDAD DE CONGRESOS DEL CENTRO MÉDICO SIGLO XXI”**

PROPONER EL ACONDICIONAMIENTO Y AISLAMIENTO ACÚSTICO DEL AUDITORIO No. 3 DE LA
UNIDAD DE CONGRESOS DEL CENTRO MÉDICO SIGLO XXI.


- CONCEPTOS TEÓRICOS
- CONDICIONES INICIALES
- PROPUESTA DE SOLUCIÓN
- COSTOS

MÉXICO D.F. A 23 DE NOVIEMBRE DE 2015

A S E S O R E S


ING. MARÍA TERESA FRANCO MARTÍNEZ


ING. LUCERO IVETTE TRINIDAD ÁVILA


ING. PATRICIA LORENA RAMÍREZ RANGEL
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA
DE I.C.E.



AGRADECIMIENTOS

A DIOS por darme la oportunidad de poder culminar esta etapa de mi vida, ya que sin Él a mi lado, esto no hubiera sido posible, además de hacer viva la palabra que Él dice: ¡Al que cree, todo le es posible!

Con mucho amor y cariño le dedico este logro a MIS PADRES, ya que por todo el gran apoyo que me han brindado, su confianza, sus consejos, sus enseñanzas, sus regaños, entre otras cosas, estoy ahora donde estoy; en realidad no hay palabras con las que puede agradecer todo lo que han hecho y han dado por mí. Los amo con todo mi corazón y gracias por compartir este triunfo conmigo.

A mis hermanos, porque sé que de igual manera confiaron en mi para poder lograr este triunfo, y saber que a pesar de ser de distintos caracteres, compartimos la misma emoción de vernos superar cada día.

Al Instituto Politécnico Nacional, por permitirme ocupar un lugar dentro de sus instalaciones, y aprender el orgullo de ser mexicano, además de forjarme como todo un profesional, para que donde yo me encuentre, pueda poner en alto el nombre del Instituto.

A todos mis profesores, por enseñarme lo valioso que es ser un Politécnico e inculcarme la responsabilidad de ser mejor cada día.

Con todo mi corazón, muchas GRACIAS a todos.

Efrain Mota Galicia

A mi madre.

Que ha sido un pilar fundamental en mi formación. por haber estado siempre en todo momento apoyándome . por sus consejos y valores. por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien. por el apoyo incondicional y la confianza que depositaste en mí para poder concluir esta etapa de mi vida nunca tendré palabras para decirte lo mucho que te estoy agradecido por que como yo también te desvelaste y aunque no entendías mis tareas o trabajos siempre me preguntaste si podías ayudarme.

A mi sobrina Fernanda

Por ser la chispa que le inyecta alegría a mi vida. que con sus sonrisas y ocurrencias alegre todos los días de mi vida te quiero mucho criaturita.

A mis Tíos Amparo y José Luis

Por haberme brindado todo su cariño y confianza para que yo pudiera cerrar este ciclo de mi vida. por esos consejos que fueron de gran importancia en mi vida para no darme por vencido y terminar la carrera. por compartir momentos de alegría y tristeza pero sobre todo por demostrarme que siempre podré contar con ellos.

A mis primos Daniel, Alberto, Cristina y Yerania.

Por todos esos días que hemos compartido juntos. cada momento de infancia. cada lágrima o risa que compartí con ustedes. vale tanto la pena como para que perdure en el tiempo y me deje recordar, la suerte que tengo por tenerlos a mi lado.

A mi primo M.C José Luis

Por ser mi ejemplo a seguir, por los consejos y palabras que siempre ha tenido para mí.

A mis amigos Yenny , Aldo y Diana

Por haberme permitido formar parte de un gran equipo de trabajo que me enseñó a hacer cada día mejor las cosas. por esas clases que compartimos juntos y por las horas que pasamos juntos estudiando.

Daniel Zarate Mejía

CONTENIDO TEMÁTICO

	Pag.
OBJETIVO	7
INTRODUCCIÓN	8
Capítulo 1. Conceptos teóricos	10
1.1 El sonido	11
1.1.1 Propagación del sonido	11
1.1.2 Velocidad de propagación del sonido	11
1.1.3 Fenómenos del sonido	12
1.1.3.1 Reflexión del sonido	12
1.1.3.2 Refracción del sonido	12
1.1.3.3 Difracción del sonido	13
1.1.4 El eco	14
1.2 Acondicionamiento acústico	14
1.2.1 Finalidad del acondicionamiento acústico	15
1.2.2 Campo sonoro en un recinto	15
1.2.3 Campo sonoro directo	15
1.2.4 Campo sonoro reverberante	16
1.2.5 Inteligibilidad de la palabra	16
1.2.6 Reverberación del sonido	17
1.2.7 Tiempo de reverberación TR_{60}	18
1.2.8 Tiempo de reverberación deseable	19
1.2.9 Relación entre el tiempo de reverberación y la inteligibilidad de la palabra	20
1.3 Aislamiento acústico	20
1.3.1 El ruido	20
1.3.1.1 Tipos de ruido	21
1.3.1.1.1 Ruido blanco	21
1.3.1.1.2 Ruido rosa	21
1.3.2 Nivel de presión sonora	21
1.3.3 Transmisión del sonido	22
1.3.3.1 Vía área	22
1.3.3.2 Vía estructural	23
1.3.3.2.1 La transmisión por ruido de impacto	23
1.3.3.2.2 La transmisión por flancos	23
1.3.4 Nivel sonoro de ponderación A	24
1.3.5 Curvas de valoración NC	25

Capítulo 2. Condiciones Iniciales	27
2.1 Ubicación	28
2.1.1 Croquis del recinto	28
2.2 Descripción general del recinto	29
2.3 Análisis del acondicionamiento acústico	37
2.3.1 TR ₆₀ óptimo	37
2.3.2 TR ₆₀ calculado	40
2.3.3 TR ₆₀ medido	43
2.3.4 Conclusión del TR ₆₀ óptimo vs TR ₆₀ calculado y medido	46
2.4 Análisis del aislamiento acústico	47
2.4.1 Reconocimiento inicial	47
2.4.2 Localización de Zonas Críticas	49
2.4.3 Medición del ruido de fondo	57
Capítulo 3. Propuesta de solución	65
3.1 Propuesta del acondicionamiento acústico	66
3.1.1 Determinación de los materiales a utilizar	66
3.1.2 Comparación del TR ₆₀ óptimo vs TR ₆₀ propuesto	75
3.2 Propuesta de aislamiento acústico	76
3.2.1 Selección del sistema del aislamiento acústico	77
Capítulo 4. Costos	79
4.1 Implementación de los nuevos materiales	80
4.2 Costos generales	84
CONCLUSIONES	86
ANEXOS	
<i>Anexo A. NOM-081-SEMARNAT-1991</i>	87
<i>Anexo B ANALIZADOR DE AUDIO PHONIC PAA3</i>	93
<i>Anexo C SONÓMETRO DIGITAL NORSONIC NOR 132</i>	94
<i>Anexo D SONÓMETRO DIGITAL EXTECH 447768</i>	97
<i>Anexo E REVESTIMIENTO ACUSTEC</i>	98
BIBLIOGRAFÍA	99

Objetivo General:

“PROPONER EL ACONDICIONAMIENTO Y
AISLAMIENTO ACÚSTICO DEL AUDITORIO
No. 3 DE LA UNIDAD DE CONGRESOS DEL
CENTRO MÉDICO SIGLO XXI.”

INTRODUCCIÓN

La unidad de congresos Centro Cultural para los Trabajadores “Dr. Ignacio Morones Prieto” inició su funcionamiento el 15 de Marzo de 1963, durante la gestión del Lic. Adolfo López Mateos como Presidente de la República Mexicana y del Lic. Benito Coquet Lagunes como Director General del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS).

A raíz del sismo de septiembre de 1985, durante los trabajos de reconstrucción de la zona hospitalaria, la unidad de congresos suspendió su operación. En 1989, fue reinaugurada y en ese mismo año fue ocupada como recinto de la Cámara de Diputados hasta abril de 1993.

A partir del mismo año, inicio su operación como sede para la realización de eventos, para tal efecto se firmó el manual de Organización de la Unidad de Congresos Centro Cultural “Dr. Ignacio Morones Prieto” IMSS y posteriormente el reglamento de operación de la unidad de congresos Centro Cultural “Dr. Ignacio Morones Prieto” IMSS.

En septiembre de 2001 pasa a formar parte de la dirección de prestaciones económicas y sociales, como conjunto de los servicios de ingreso.

La unidad de congresos Ignacio Morones Prieto, del Centro Médico Siglo XXI es sede de congresos, convenciones, reuniones de trabajo, exposiciones, ciclos cinematográficos, obras de teatro, danza, música, proyección de videos, foros permanentes de orientación al público, entre otras actividades; donde las instalaciones que ofrece son cómodas, funcionales y seguras a precios competitivos, donde se pueden realizar dichas actividades mencionadas anteriormente.

La unidad de congresos actualmente está constituida por 6 auditorios (entre ellos el auditorio tres), tres salas de trabajo y dos amplias áreas de exposición, todo ello con una capacidad para más de 4000 personas.

Dicho lo anterior, se puede mencionar que al ser una sede de congresos, los auditorios necesitaban la exigencia de tener buenas condiciones acústicas, por tal motivo, lo que se realizó en este proyecto fue mejorar en particular, la calidad acústica del auditorio No. 3 de la unidad de congresos del Centro Médico Siglo XXI, dando una propuesta de condiciones óptimas de acondicionamiento y aislamiento acústico en base a un análisis previo realizado al recinto.

El auditorio a analizar, es un espacio adecuado para realizar conferencias, exposiciones, talleres, etc. donde las instalaciones que tiene son cómodas y seguras.

Para lograr el objetivo de “Proponer el acondicionamiento y el aislamiento acústico del auditorio No. 3 de la unidad de congresos del Centro Médico Siglo XXI”, se empezó con la valoración de las condiciones actuales del auditorio, para que en base a la obtención de los datos medidos y/o calculados se pueda determinar en qué condiciones se

encuentra este auditorio. Se utilizaron planos y mediciones que se realizaron con analizadores de ruido, sonómetros digitales, entre otros. Además de, implementar los conocimientos adquiridos sobre acondicionamiento y aislamiento acústico, esto con la finalidad de encontrar la solución óptima a los problemas que contiene este recinto.

En el capítulo 1, conoceremos los diferentes conceptos que se necesitan para realizar este estudio, conocer los conceptos es de vital importancia para entender mejor las problemáticas que se presentan en el auditorio No. 3.

Dentro del capítulo 2, mostraremos las condiciones actuales del auditorio, con respecto a sus problemáticas de acondicionamiento y aislamiento acústico, además de verificar los materiales con los que cuenta, su ubicación y las colindancias que tiene este recinto.

Al llegar al capítulo 3, encontraremos la solución a la problemática que tiene el auditorio, cumpliendo con las condiciones óptimas que el auditorio requiere, por tal motivo se hace un estudio similar a la problemática, pero ahora con los nuevos materiales para demostrar que las características acústicas cumplan con las condiciones óptimas“.

Finalmente, dentro del capítulo 4, daremos a conocer el precio de cada uno de los materiales, junto la implementación de cada uno de ellos, además del costo total que tiene este proyecto.

Con esta mejora acústica se verá favorecido todo el público que entre a escuchar alguna conferencia, exposición, etc. a este auditorio, ya que percibirá un sonido agradable y claro, sin el problema de percibir ruidos exteriores que les provoque alguna distracción.

CAPITULO I

CONCEPTOS TEÓRICOS

Conocer los diferentes conceptos que conllevan a realizar este estudio, es de vital importancia para entender mejor las problemáticas que se presentan en el auditorio No. 3.

1.1 El sonido

El sonido es una vibración mecánica que se propaga a través de un medio elástico y denso (habitualmente el aire), y que es capaz de producir una sensación auditiva.

1.1.1 Propagación del sonido

Las variaciones de presión, humedad o temperatura del medio producen el desplazamiento de las moléculas que lo forman. Cada molécula transmite la vibración a la siguiente molécula provocando un movimiento en cadena. Esos movimientos coordinados de millones de partículas producen las denominadas ondas sonoras que producen en el oído humano una sensación descrita como sonido.

Para propagarse necesitan de un medio (gaseoso, líquido o sólido) que transmita la perturbación, de este modo es el propio medio el que produce la propagación de estas ondas con su compresión y expansión.

1.1.2 Velocidad de propagación del sonido

La velocidad de propagación del sonido es la velocidad de propagación de las ondas sonoras, un tipo de ondas mecánicas longitudinales producido por variaciones de presión del medio. Estas variaciones de presión (captadas por el oído humano) producen en el cerebro la recepción del sonido.

De acuerdo con Leo L. Beranek, la velocidad de propagación de ondas sonoras es aproximadamente de 344 m/s en el aire a 20 °C.

La velocidad del sonido varía dependiendo del medio a través del cual viajen las ondas sonoras y a los cambios de temperatura del medio, si la temperatura es alta, existirá mayor velocidad, en cambio, si la temperatura es baja, la velocidad será lenta.

[¹] Matemáticamente la velocidad de propagación se calcula de la siguiente manera:

$$V = \lambda f$$

Donde:

V : es la velocidad de propagación del sonido en el aire [m/s]

λ : es la longitud de onda [m]

f : es la frecuencia [Hz]

[¹] Beranek, L. Leo, “Acústica”, Edit. Hispano, 2da. Edición, Pag. 7

1.1.3 Fenómenos del sonido

Cuando una onda de sonido encuentra obstáculos durante su desplazamiento (superficies con diversas características, agujeros o cambios de temperatura en el medio) sufre modificaciones. Como el sonido son ondas, estas no están exentas de sufrir cambios, produciendo fenómenos acústicos, de los cuales se destacarán 3 fenómenos:

- Reflexión
- Refracción
- Difracción

1.1.3.1 Reflexión del sonido

La reflexión es el rebote de una onda de sonido en una superficie dura donde el sonido que llega al obstáculo se llama sonido incidente y el sonido que se devuelve es el sonido reflejado. Cuando un sonido se refleja generalmente cambia de dirección y pierde una cantidad de energía, además de que la reflexión cambia o varía de acuerdo a la naturaleza del material reflectante. Ver figura 1.1.

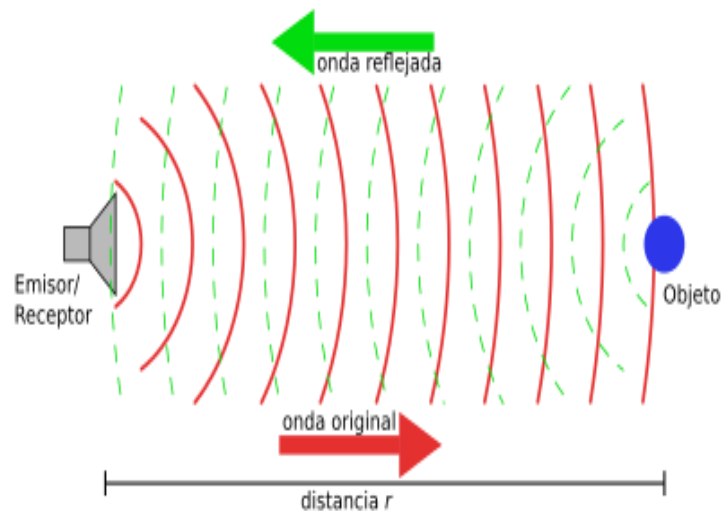


Figura 1.1. Reflexión de una onda sonora

1.1.3.2 Refracción del sonido

La refracción es el cambio de dirección que experimenta una onda al cambiar de medio. Sólo se produce si la onda incide oblicuamente sobre la superficie de separación de los dos medios y si estos tienen índices de refracción distintos. La refracción se origina por el cambio de velocidad que experimenta la onda al cambiar de medio. Por lo general siempre hay reflexión y refracción parciales, es decir, una parte de la energía sonora se refleja y otra se refracta. Ver figura 1.2.

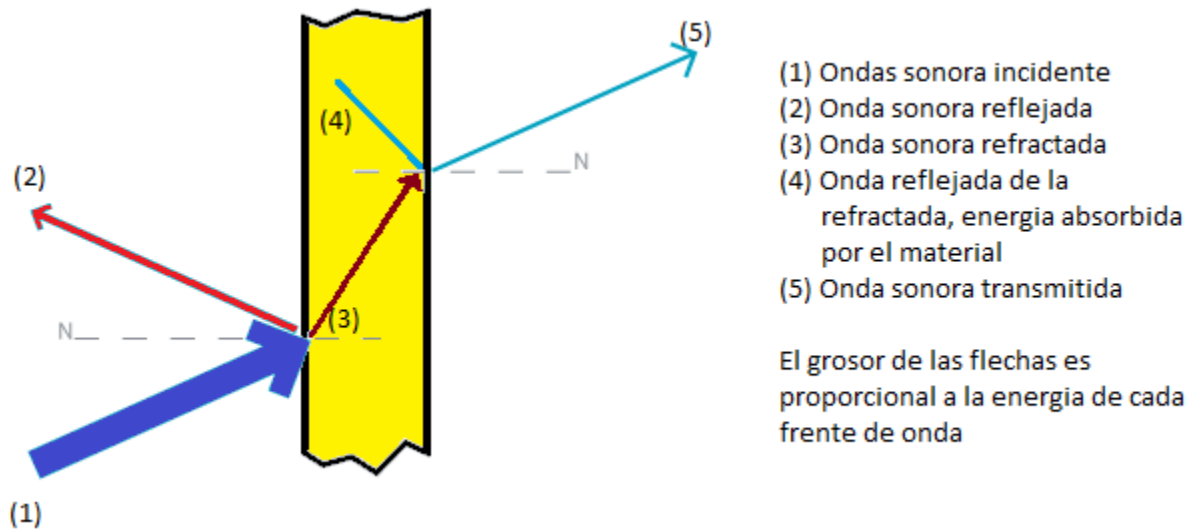


Figura 1.2. Refracción de una onda sonora

1.1.3.3 Difracción del sonido

La difracción del sonido se produce cuando las ondas sonoras, en lugar de seguir en la dirección normal, se dispersan. Cuando la onda incide sobre una abertura, superficie u obstáculo que impide su propagación, todos los puntos de su plano se convierten en fuentes secundarias de ondas, emitiendo nuevas ondas, denominadas ondas difractadas.

Por lo tanto este es un fenómeno acústico que afecta a la propagación del sonido dispersando las ondas sonoras.

La difracción del sonido puede producirse por dos motivos diferentes:

Difracción del sonido producida cuando en el camino de la onda sonora aparece un pequeño obstáculo y lo rodea. En este caso, las frecuencias más bajas son más capaces de rodear los obstáculos que las altas. Esto es posible porque las longitudes de onda en el espectro audible (20Hz a 20 KHz) están entre 1.72m y 17.2m, por lo que son lo suficientemente grandes para superar la mayor parte de los obstáculos que encuentran.

Difracción del sonido cuando una onda sonora se encuentra en su paso con un pequeño agujero y lo atraviesa. Ver figura 1.3.

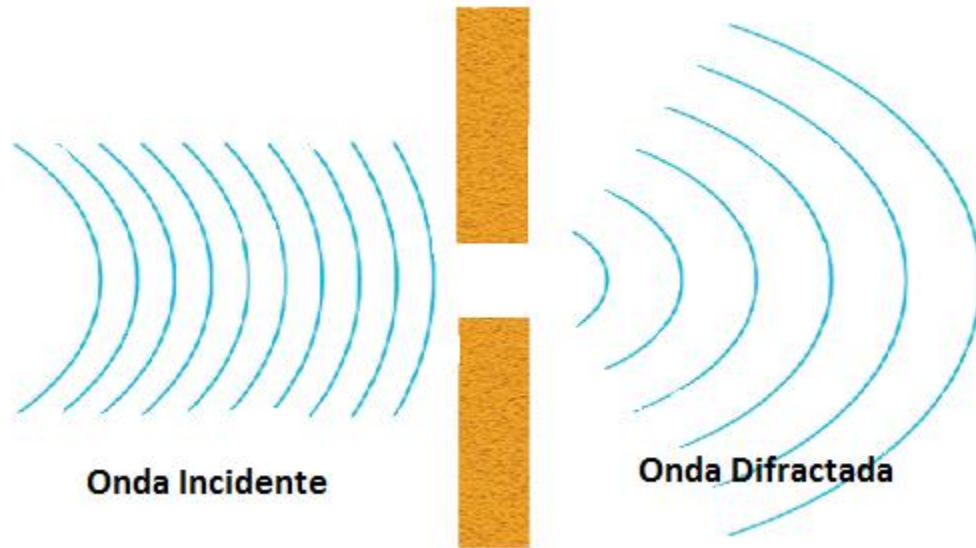


Figura 1.3. Difracción del sonido cuando encuentra un agujero

1.1.4 El eco

El fenómeno más sencillo que tiene lugar en un ambiente con superficies reflectoras del sonido es el ^[2]eco, consistente en una única reflexión que retorna al punto donde se encuentra la fuente unos 100 ms (o más) después de emitido el sonido. Se produce después de un tiempo t relacionado con la distancia d a la superficie más próxima por la expresión:

$$t = \frac{2d}{c}$$

Donde c es la velocidad del sonido, igual a 344 m/s a 20 °C. El factor 2 se debe a que el sonido recorre de ida y de vuelta la distancia entre la fuente sonora y la superficie. De esta fórmula se deduce que para tener un eco la superficie más próxima debe estar a unos 17 m.

En otras palabras, consiste en el reflejo de una onda sonora sobre un cuerpo rígido; al ser reflejado, el sonido regresa al lugar de origen con un cierto retardo y de esta forma el oído lo percibe como otro sonido independiente.

1.2 Acondicionamiento acústico

Un recinto es un elemento que juega un papel importante en el campo sonoro que una fuente crea en su interior, influyendo sobre la señal que se propaga a través de él, acompañando a la señal básica, con unas reflexiones que pueden tomar la forma de eco, alterando su estructura en el tiempo.

^[2] Miyara, Federico, “Acústica y Sistemas de Sonido”, Edit. UNR Editora, 3ra edición 2004, Pag. 44

1.2.1 Finalidad del acondicionamiento acústico

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 difuso ideal donde se toma en cuenta, las propiedades acústicas de un local que están determinadas por la proporción de energía sonora absorbida por paredes, techos, suelos y objetos donde la proporción de sonido absorbido está ligado al tiempo que un sonido emitido en el local desaparezca después de suprimir el foco sonoro.

1.2.2 Campo sonoro en un recinto

El sonido es producido por una fuente sonora dentro de un recinto que incide sobre las superficies límites del mismo, reflejándose una parte, tendiendo estas reflexiones a aumentar el nivel de presión acústica en el recinto, el campo sonoro dentro del recinto está formado por dos partes el sonido directo y el campo de sonido reverberante. Ver figura 1.4.

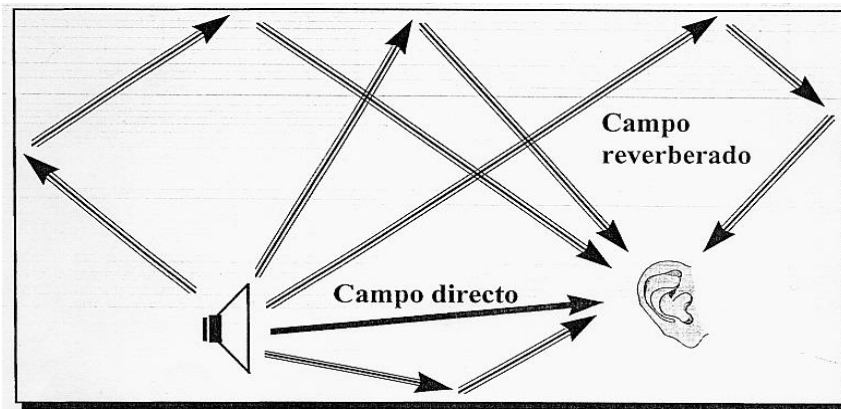


Figura 1.4. Campo Sonoro

1.2.3 Campo sonoro directo

Contiene la parte del sonido que acaba de ser emitido por la fuente, y que por lo tanto aún no experimenta ninguna reflexión. Este campo directo disminuye con la distancia a la fuente, y lo hace a razón de 6 dB por cada duplicación de la distancia. Ver figura 1.5.



Figura 1.5. Sonido Directo

1.2.4 Campo sonoro reverberante

Incluye el sonido después de la primera reflexión por lo tanto son sonidos reflejados que van desde la fuente al receptor después de una o más reflexiones en las superficies existentes dentro del recinto. Esto se debe a que el sonido sufre multitud de reflexiones, y todas ellas se superponen entre sí, resultando una distribución prácticamente uniforme del sonido. Ver figura 1.6.

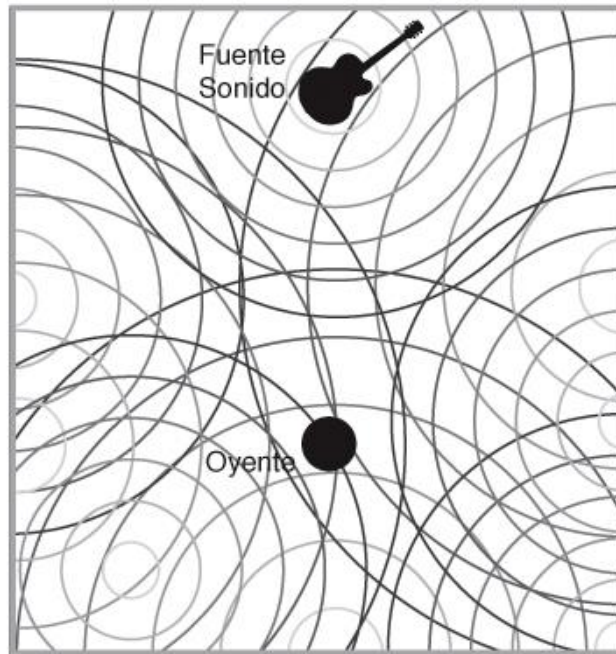


Figura 1.6. Sonido reverberante

1.2.5 Inteligibilidad de la palabra

Cuando un orador se expresa en un local, la audiencia percibe el sonido directo y éste reverbera en el conjunto de las paredes. En realidad oye una señal caracterizada por su nivel sonoro inicial al que se añade la misma señal procedente de las reflexiones del sonido en las paredes. Esta segunda señal es casi idéntica al sonido directo, pero diferenciada en el tiempo.

Todas estas reflexiones pueden reforzar el nivel sonoro recibido o, por el contrario, generar una pérdida de información cuando el "arrastre" de las sílabas anteriores oculta el sonido directo.

La caracterización del canal de transmisión locutor/audiencia está directamente relacionada con el estudio de las características acústicas. Dos de ellas son primordiales en la comprensión de los mensajes hablados:

- La relación "señal sobre sonido": precisa el grado de emergencia de la palabra con respecto al ruido. Éste puede ser inducido por fuentes situadas en el interior o el exterior del local. A mayor relación señal sobre sonido, más aumenta la inteligibilidad de la palabra. La determinación de esta relación viene directamente de la disminución del sonido en el espacio.
- La "deformación" temporal de la señal: esta característica se aproxima por la duración de reverberación. El fenómeno de duración de reverberación, que indica la capacidad del local de conservar el sonido tras la extinción de la fuente emisora, provoca, si es suficientemente importante, una superposición parcial de las palabras. Esta superposición acústica es más importante cuando la duración de reverberación es elevada. Conduce a una degradación de la conversación recibida.

La duración de la reverberación es determinada por el conocimiento de la disminución del sonido en el tiempo.

Para cualquier recinto es fundamental controlar las reducciones espaciales y temporales. Estos valores dependen de las características de forma y dimensión de los recintos, así como del coeficiente de absorción acústica de las diferentes paredes, así como del mobiliario.

1.2.6 Reverberación del sonido

Es el fenómeno acústico de reflexión que se produce en un recinto cuando un frente de onda o campo directo incide contra las paredes, suelo y techo del mismo. El conjunto de dichas reflexiones constituye lo que se denomina campo reverberante. El parámetro que permite cuantificar el grado de reverberación de una sala es el llamado tiempo de reverberación (TR), siendo el periodo de tiempo en segundos que transcurre desde que se desactiva la fuente excitadora del campo directo hasta que el nivel de presión sonora ha descendido 60 dB respecto de su valor inicial. La determinación teórica del TR permite relacionar dicho indicador con los parámetros dimensionales y de absorción de cualquier recinto.

En cuanto a la percepción del oído, correspondería al tiempo que tarda un sonido en desaparecer y fundirse entre los sonidos ambientales dentro de un espacio cerrado. La expresión a utilizar para determinar el tiempo de reverberación es la fórmula de Sabine:

$$TR_{60} = \frac{0.161 \cdot V}{A}$$

Donde:

V = Volumen del recinto

A = Absorción

Cuando A representa la suma de absorción de los diferentes materiales que se encuentran dentro del auditorio; se expresa de la siguiente manera:

$$A = \sum S * \alpha$$

Donde:

S = Área de la superficie del recinto

α = Coeficiente de absorción sonora

Por lo tanto la fórmula de Sabine queda de la siguiente forma:

$$TR_{60} = \frac{0.161 * V}{\sum S * \alpha} \quad (\text{Ec. 1})$$

Generalmente, con fines prácticos, los cálculos de tiempo de reverberación se hacen en octavas para frecuencias de 125, 250, 500 1000, 2000 y 4000 Hz, frecuencias a las que los fabricantes facilitan los coeficientes de absorción de sus productos.

1.2.7 Tiempo de reverberación TR_{60}

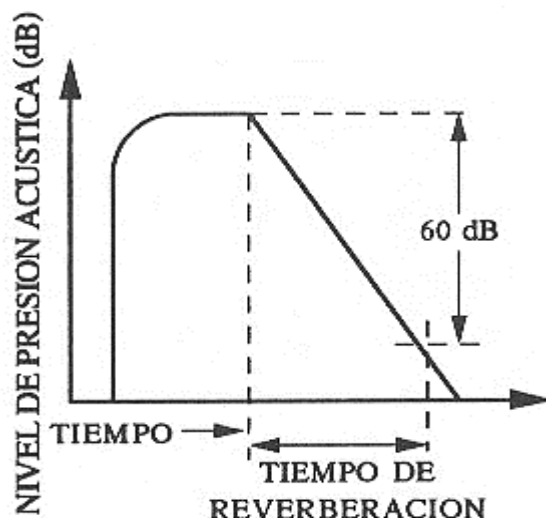
El tiempo de reverberación es percibido como el tiempo para que el sonido se desvanezca después que cesa la fuente de sonido, pero eso por supuesto, depende de la intensidad del sonido. Para tener un parámetro reproducible con que caracterizar un auditorio que sea independiente de la intensidad del sonido, es necesario definir un tiempo de reverberación estándar en términos de la caída de la intensidad del nivel de sonido original, es decir, definirlo en términos de la intensidad relativa.

^[3]Con el fin de cuantificar la reverberación de un recinto, se define el tiempo de reverberación (de forma abreviada TR) a una frecuencia determinada como el tiempo (en segundos) que transcurre desde que el foco emisor se detiene hasta el momento en que el nivel de presión sonora NPS cae 60 dB con respecto a su valor inicial. Ver figura 1.7.

Un recinto con un TR grande se denomina “vivo” (nave industrial, iglesia, etc.), mientras que si el TR es pequeño recibe el nombre de recinto “apagado” o “sordo” (locutorio, estudio de grabación, etc.).

Por lo general, el TR varía con la frecuencia, tendiendo a disminuir a medida que ésta aumenta.

^[3] Carrión, Isbert Antoni, “Diseño acústico de espacios arquitectónicos”, ediciones , UPC 1998, pag 63



^[4]Figura 1.7. Proceso de crecimiento y disminución de la energía sonora en un recinto

1.2.8 Tiempo de reverberación deseable.

El tiempo de reverberación óptimo para un auditorio o una sala, depende de su uso previsto. Es deseable alrededor de 1 segundo para auditorios de tamaño medio de propósito general, que se vayan a utilizar tanto para el habla como la música. Para un aula debe ser mucho más corto, menos de un segundo. Además un estudio de grabación debe reducir al mínimo el tiempo de reverberación en la mayoría de los casos para una mayor claridad de la grabación. El tiempo de reverberación está fuertemente influenciado por los coeficientes de absorción de las superficies, y también depende del volumen de la sala como se muestra en la fórmula de Sabine (Ec. 1). A continuación se muestra el tiempo de reverberación deseable de acuerdo a cada uso en auditorios, ver Tabla 1.1:

TIPO DE SALA	TR _{mid} sala ocupada	
	Mínimo	Máximo
Locutorio de radio	0.2	0.4
Sala de conferencias	0.7	1.0
Cine	1.0	1.2
Sala polivalente	1.2	1.5
Teatro de opera	1.2	1.5
Sala de conciertos (música de cámara)	1.3	1.7
Sala de conciertos (música sinfónica)	1.8	2.0
Iglesia/Catedral (órgano y canto oral)	2.0	3.0

^[5]Tabla 1.1: Márgenes de valores recomendados de TR_{mid} en función del tipo de sala (recintos ocupados)

^[4] Recuero, López Manuel, “Estudios y controles para grabación sonora”, México 1991, pag

^[5] Carrión, Isbert Antoni “Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos”, Ediciones UPC”

1.2.9 Relación entre el tiempo de reverberación y la inteligibilidad de la palabra

Al emitir un mensaje oral, la duración de las vocales y su correspondiente nivel de presión sonora es mayor que el de las consonantes. Además, el contenido frecuencial de las vocales es más rico en bajas frecuencias, en tanto que las consonantes presentan un mayor contenido de altas frecuencias.

En una sala con un tiempo de reverberación alto, el decaimiento energético de una vocal emitida es apreciablemente más lento que su decaimiento propio. Tal hecho, junto con la mayor duración y nivel comentados anteriormente, provoca un solapamiento temporal de la vocal con la consonante emitida inmediatamente después, según se observa en la figura 1.8.

La simultaneidad temporal de la vocal y de la consonante con sus correspondientes niveles, así como las características espectrales de ambos sonidos, son las causantes del enmascaramiento parcial o total de la consonante, producido por la vocal.

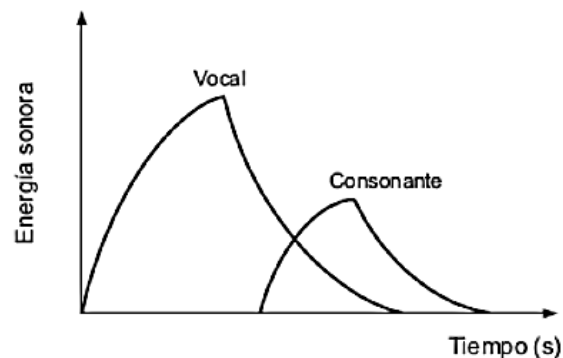


Figura 1.8. Relación entre el tiempo de reverberación y la inteligibilidad de la palabra

1.3 Aislamiento acústico

El aislamiento consiste en impedir la propagación de una señal sonora a través del aire, a partir de obstáculos que funcionan como reflectores, algunos de estos obstáculos son paredes duras y pesadas, donde reflejen el sonido. Aunque en la realidad no existe ninguna estructura que refleje todo el sonido, sin que absorba parte del mismo.

1.3.1 Ruido

El ruido se define como cualquier sonido que no se desea escuchar que interfiere en la recepción pura de un sonido. Prácticamente el ruido acústico es aquel que se entiende por molesto.

Para tener un control de las emisiones de ruido por fuentes fijas, existen límites máximos permisibles de intensidad de ruido, y se encuentran establecidas dentro de la

norma NOM-081-SEMARNAT-1994 que fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de Junio de 1994. Los límites establecidos son los siguientes:

6:00 hrs. a 22:00 hrs. →68 dB (A)

22:00 hrs. a 6:00 hrs. →65 dB (A)

1.3.1.1 Tipos de Ruido

Se distinguen principalmente dos tipos de ruido dependiendo su frecuencia:

- Ruido blanco.
- Ruido rosa.

Existen fuentes de ruido que emiten ruido blanco o rosa. Estos generadores de ruido son utilizados en acústica para realizar ciertas mediciones como: el aislamiento acústico o tiempo de reverberación.

1.3.1.1.1 Ruido blanco

El ruido blanco, denominado así por asociación con la luz blanca, se caracteriza por su distribución uniforme en el espectro audible (20 Hz a de 20 KHz). Es decir, es un ruido cuya respuesta en frecuencia es plana, lo que significa que su intensidad de sonido es constante para todas las frecuencias.

1.2.1.1.2 Ruido rosa

Tipo de ruido aleatorio con un espectro de frecuencias tal que su densidad espectral de potencia es proporcional al recíproco de su frecuencia, es decir, aquel en el cual su contenido de energía disminuye 3 dB por octava.

El ruido rosa que emiten los generadores de ruido se utiliza con filtros de 1/3 de banda de octava para medir la acústica de salas. Se elige 1/3 de octava para el filtro porque es a partir de ahí cuando el oído es capaz de detectar irregularidades en la respuesta en frecuencia.

1.2.2 Nivel de presión sonora

Nivel de presión sonora o nivel de sonido es una medida logarítmica de la presión de RMS (Root Mean Square ó Raíz Cuadrada Media) en relación con un valor de referencia que determina la intensidad del sonido que genera una presión sonora (es decir, del sonido que alcanza a una persona en un momento dado), se mide en decibeles (dB) y varía entre 0 dB umbral de audición y 120 dB umbral de dolor.

$$NPS = 20 \times \log \frac{P_1}{P_0} \quad \text{Ec. (2)}$$

En donde:

- NPS es el Nivel de Presión Sonora
- P_1 es la media cuadrática de la presión sonora instantánea.
- P_0 es la presión de referencia y se toma como referencia 20 μPa .
- log es un logaritmo de base 10

Es decir, el nivel de presión acústica se expresa como 20 veces el logaritmo decimal de la relación entre una presión acústica y una de presión de referencia determinada.

1.2.3 Transmisión del ruido

El sonido que penetra en un recinto puede hacerlo por medio de diferentes caminos, los cuales se pueden dividir en dos grupos dependiendo de la naturaleza de la transmisión:

- Vía aérea
- Vía estructural
 - Transmisión por ruido de impacto
 - Transmisión por flancos

1.2.3.1 Vía aérea

En este tipo de transmisión, el sonido se propaga transversalmente a la partición (pared, fachada o forjado), sin que exista propagación longitudinal a través de la estructura.

El medio aéreo en el que se origina el ruido pone en vibración al elemento separador y éste a su vez radia la energía acústica adquirida al medio aéreo receptor. Incluye las transmisiones por grietas o poros en las paredes, conductos de ventilación o por medio de vibraciones elásticas de la pared de separación entre los recintos emisor y receptor. Ver figura 1.9.

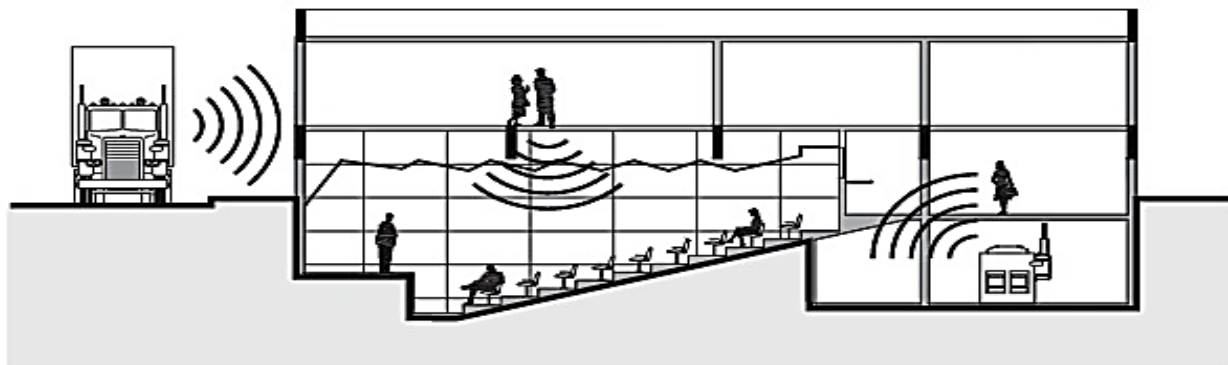


Figura 1.9. Transmisión de sonido por vía aérea

1.2.3.2 Vía estructural

La transmisión del sonido dentro de este grupo se genera a partir de la excitación del material separador poniéndolo en vibración principalmente por golpes o rozos en el material; las transmisiones en este grupo se pueden distinguir de la siguiente forma:

- Transmisión por ruido de impacto
- Transmisión por flancos

1.2.3.2.1 La transmisión por ruido de impacto

Ocurre cuando se produce una percusión directa de la estructura, por golpeo o roce, convirtiéndose ésta en transmisor de sonido. Ver figura 1.10.



Figura 1.10. Transmisión por ruido de impacto

1.2.3.2.2 La transmisión por flancos

Consistente en vibraciones longitudinales elásticas de paredes no adyacentes y radiadas al recinto receptor por las paredes laterales al propagarse por el espesor de éstas. Cualquier sonido originado en el medio aéreo puede provocar vibraciones en la estructura que pueden ser transmitidas a otros recintos no adyacentes al emisor, siendo éste uno de los problemas más difíciles de controlar. Ver figura 1.11.

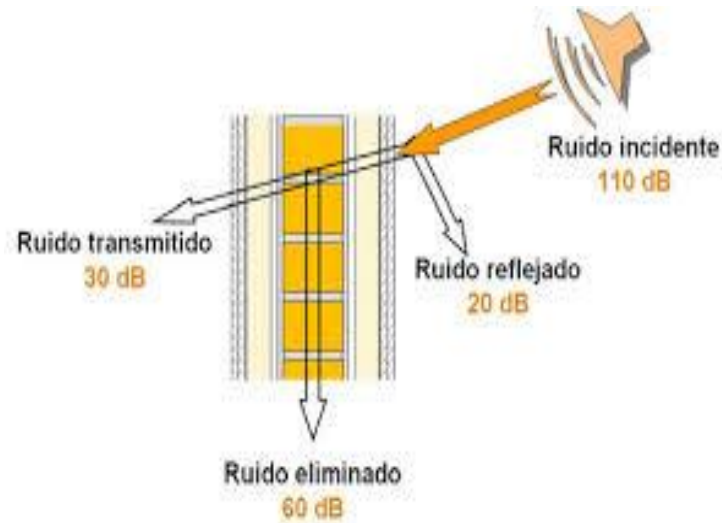


Figura 1.11. Transmisión por flancos

1.2.4 Nivel sonoro con ponderación A

La percepción del sonido por el oído humano es un fenómeno complejo, que depende de la frecuencia y varía de acuerdo al nivel de presión sonora de la onda sonora. Por lo tanto, para intentar aproximar la percepción a la respuesta del oído, se crearon las curvas de ponderación en frecuencia.

La ponderación A está pensada como atenuación al oído cuando soporta niveles de presión sonora bajos (-50 dB a 20 Hz y aproximadamente -20 dB a 100 Hz) y en menor medida los agudos (casi -10 dB en 20 KHz). La ponderación A es la adecuada para las mediciones de ruido de fondo. A continuación se muestra la gráfica de la Ponderación A. Ver figura 1.12.

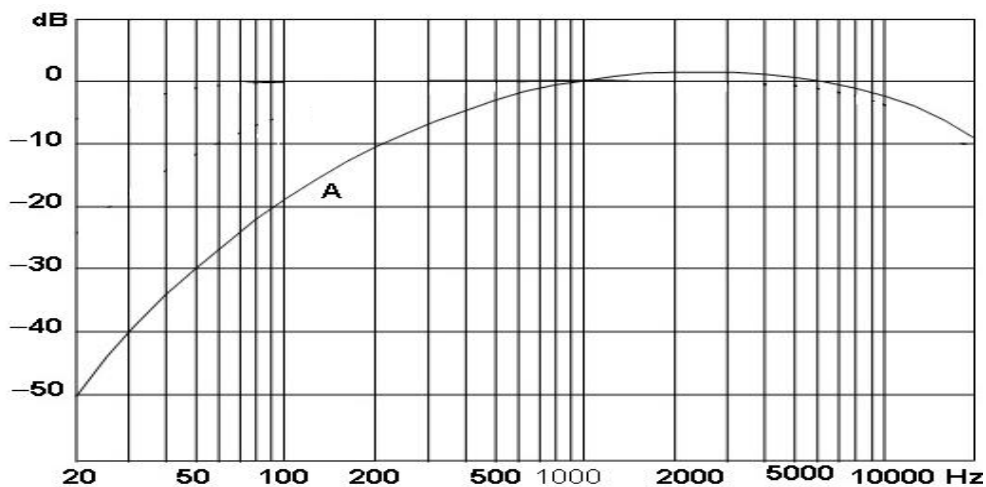


Figura 1.12. Curvas de ponderación A

La diferencia con respecto a otras ponderaciones, es que a bajas frecuencias la ponderación A es la que atenúa una mayor cantidad de sonido.

1.2.5 Curvas de valoración NC

Las curvas NC son utilizadas de forma generalizada para establecer los niveles de ruido máximos recomendables para diferentes tipos de recintos en función de su aplicación (oficina, salas de conferencias, teatros, salas de conciertos, etc.).

Se dice que un recinto cumple una determinada especificación NC cuando los niveles de ruido de fondo, medidos en cada una de dichas bandas de octava, están por debajo de la curva NC correspondiente.

Las curvas NC siguen de forma aproximada la evolución de la sensibilidad del oído en función de la frecuencia. Ello significa que, para una determinada curva NC, los niveles SPL máximos permitidos a bajas frecuencias (sonidos graves) son siempre más elevados que los correspondientes a frecuencias altas (sonidos agudos), ya que el oído es menos sensible a medida que la frecuencia considerada es menor. A continuación, en figura 1.13 se muestran las curvas NC

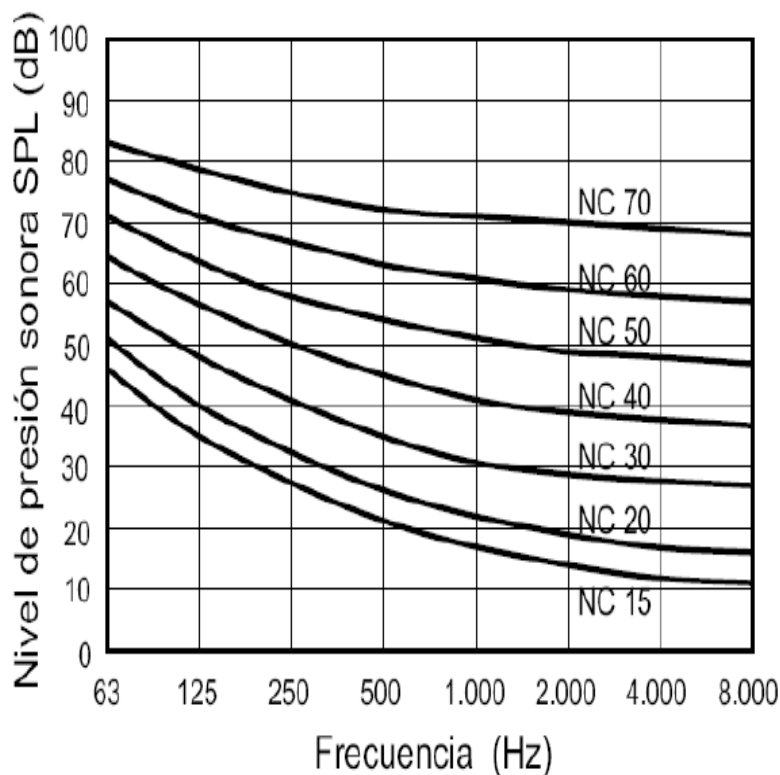


Figura 1.13. Curvas NC (Noise Criteria)

A continuación en la tabla 1.2, se muestra una tabla con las curvas NC recomendadas para diferentes tipos de recintos.

Recintos	Curva NC recomendada
Estudios de Grabación	15
Salas de concierto y Teatro	15-25
Hoteles (Habitaciones individuales)	20-30
Salas de Conferencias, Aulas	20-30
Despachos de oficinas, Bibliotecas	30-35
Hoteles (Vestíbulos y Pasillos)	35-40
Restaurantes	35-40
Sala de ordenadores	35-45
Cafeterías	40-45
Polideportivos	40-50
Talleres (maquina ligera)	45-55
Talleres (maquina pesada)	50-65

Tabla 1.2. Niveles de presión sonora de acuerdo a su correspondiente curva NC

CAPITULO II

CONDICIONES INICIALES

En este capítulo se mostrarán las condiciones actuales del auditorio, con respecto a sus problemáticas de acondicionamiento y aislamiento acústico, además de verificar los materiales con los que cuenta, su ubicación y las colindancias que tiene este recinto.

2.1 Ubicación del lugar

Av. Cuauhtémoc No. 330, Col. Doctores, C.P: 06720, México D.F. entre las calles:
Dr. Márquez y Eje 3 Sur.

2.1.1 Croquis del recinto



Figura 2.1. Vista superior de la Unidad de Congresos del Centro Médico Siglo XXI

COLINDANCIAS:

Norte: Calle Dr. Márquez
Sur: Eje 3 Sur
Este: Calle Dr. Jiménez
Oeste: Eje 1 Poniente

2.2 Descripción general del recinto



Figura 2.2. Vista norte



Figura 2.3. Vista Sur

“PROPUESTA DEL ACONDICIONAMIENTO Y AISLAMIENTO ACÚSTICO DEL AUDITORIO NO. 3 DE LA UNIDAD DE CONGRESOS DEL CENTRO MÉDICO SIGLO XXI.”



Figura 2.4. Vista este

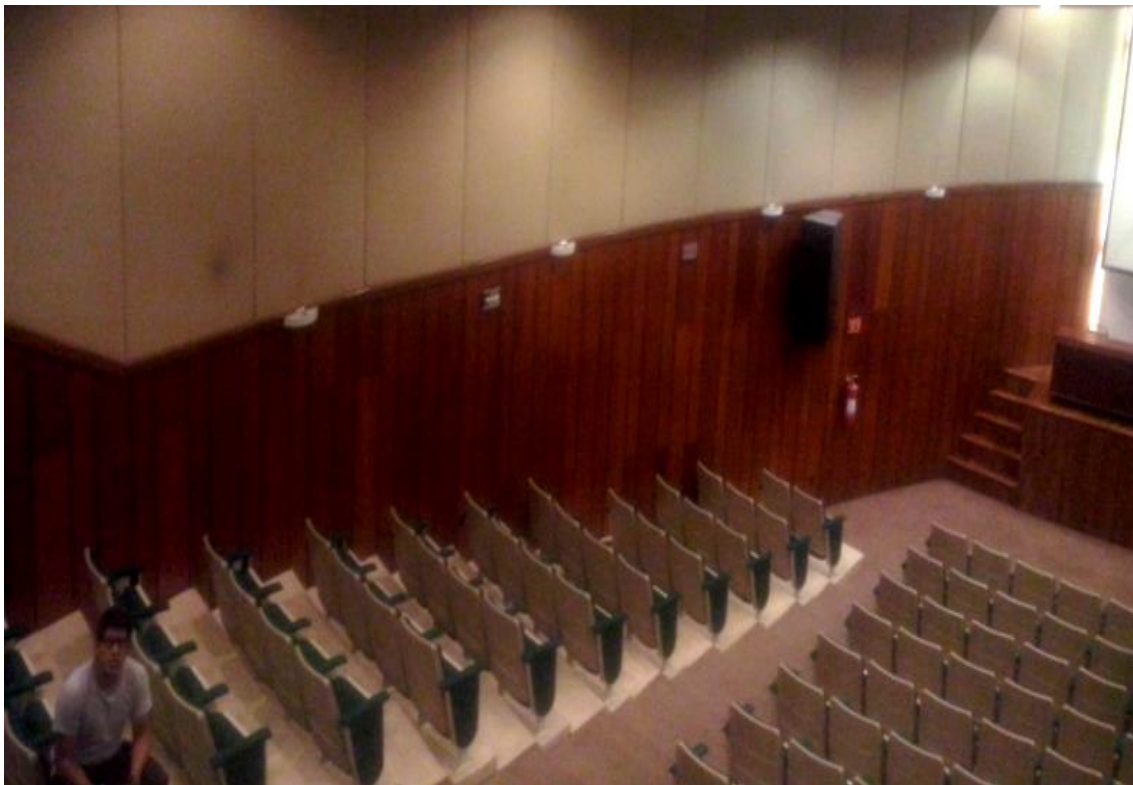


Figura 2.5. Vista oeste

“PROPUESTA DEL ACONDICIONAMIENTO Y AISLAMIENTO ACÚSTICO DEL AUDITORIO
NO. 3 DE LA UNIDAD DE CONGRESOS DEL CENTRO MÉDICO SIGLO XXI.”

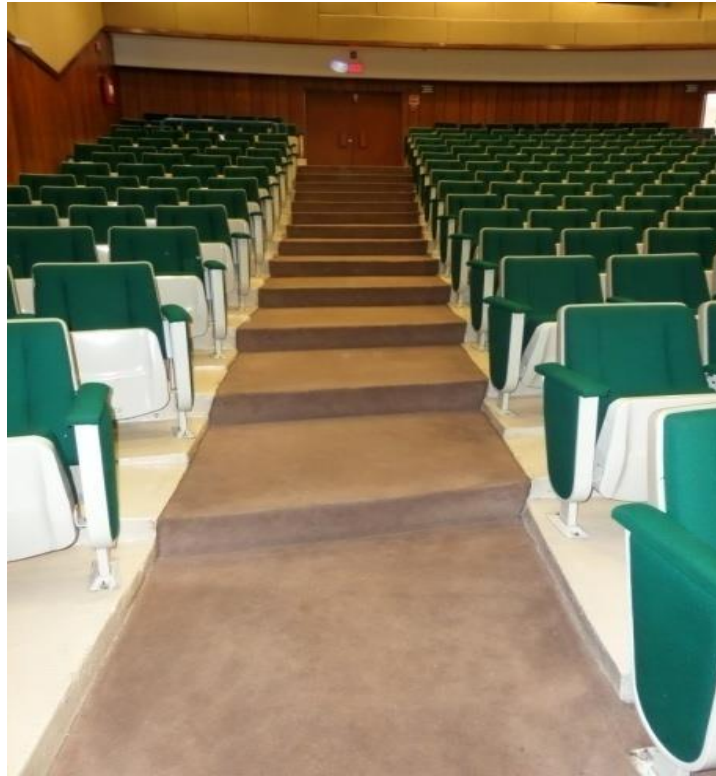


Figura 2.6. Pasillo



Figura 2.7. Vista de cabinas



Figura 2.8. Área para discapacitados



Figura 2.9. Silla para el espectador



Figura 2.10. Alfombra utilizada en el piso de pasillos. (Alfombra de uso rudo)



Figura 2.11. Iluminación utilizada en paredes



Figura 2.12. Pared con madera y paneles acústicos de yute

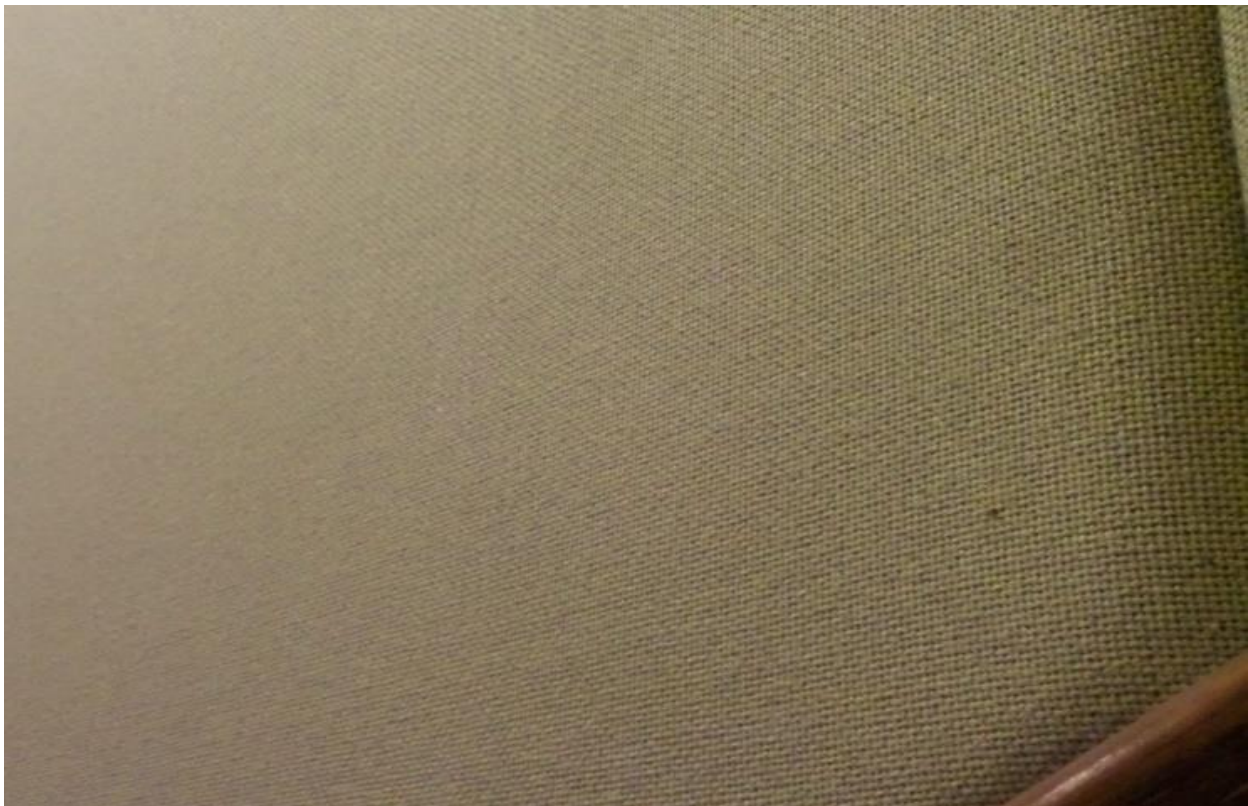


Figura 2.13. Yute



Figura 2.14. Madera utilizada en paredes



Figura 2.15. Escaleras para subir al presídium (Vista frontal y superior)



Figura 2.16. Presídium



Figura 2.17. Vista trasera del presídium



Figura 2.18. Iluminación del techo

2.3 Análisis del tiempo de reverberación del recinto

Para obtener el TR_{60} del recinto se tomó como base tres condiciones:

- ✓ TR_{60} óptimo
- ✓ TR_{60} calculado
- ✓ TR_{60} medido

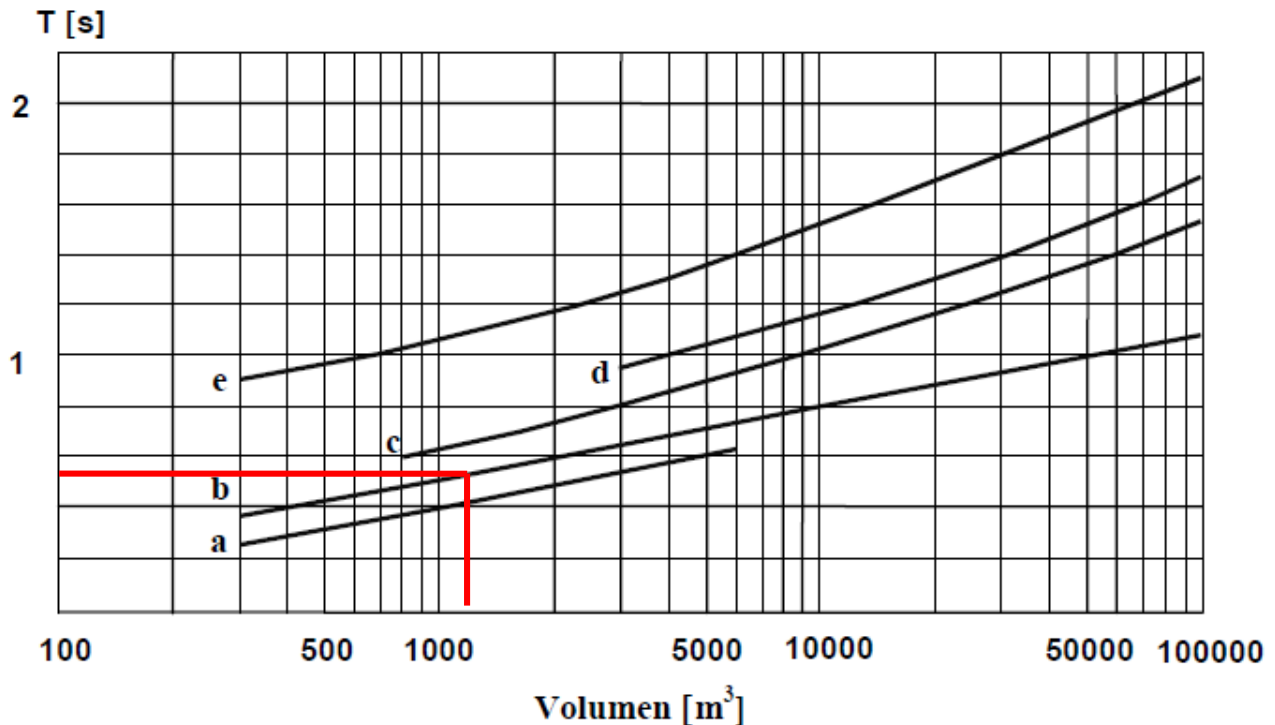
2.3.1 TR_{60} óptimo

Para determinar el tiempo óptimo se calculó el volumen del auditorio a lo cual se realizó lo siguiente:

- Se midió la superficie del auditorio con flexómetros de 20 m; para determinar la altura, se utilizó un globo que estaba inflado con helio al que se le amarró un hilo; cuando el globo llegaba hasta el punto máximo, se midió la longitud que el hilo había alcanzado. Como el auditorio no tiene una misma altura en todos los puntos, se optó por particionar el recinto para obtener el volumen por secciones; en total se definieron 4 secciones, quedando de la siguiente manera:

- Sección 1: Parte trasera del auditorio 48.42m³.
- Sección 2: Parte central del auditorio 1125.0241 m³
- Sección 3: Parte del presídium 68.008 m³
- Sección 4: Parte de semicírculo 4.8739 m³

Al sumar todas las secciones con sus respectivos volúmenes se obtiene un volumen total de: **1245.71 m³**. Teniendo el volumen se prosigue a ubicar dicho dato en la gráfica del tiempo de reverberación de Leo L. Beranek (Gráfica 2.1) para determinar el TR₆₀ óptimo que tiene el auditorio.



[6]Gráfica 2.1. Cada letra corresponde a un tipo de recinto de uso específico, que determina el tiempo de reverberación óptimo en función del volumen del recinto **(a)** Estudios de radiodifusión para voz. **(b)** Salas de conferencias. **(c)** Estudios de radiodifusión para música. **(d)** Salas de conciertos. **(e)** Iglesias.

Para este caso la curva que se utilizará será la de la letra (b) (Correspondiente a salas de conferencias) a lo cual, al hacer la comparación del volumen contra el tiempo y la respectiva curva utilizada, se obtiene que el tiempo de reverberación óptimo es de **0.53s** a 500Hz.

Además de conocer el tiempo óptimo a 500 Hz se requiere conocer el tiempo óptimo en las demás frecuencias centrales de bandas de octava (125Hz, 250Hz, 1KHz, 2KHz, 4KHz) y para esto, se tendrá que recurrir a la gráfica (Gráfica 2.2) del tiempo óptimo de acuerdo a la bibliografía de Kinsler.

[6] Miyara, Federico, *Acústica y Sistemas de Audio*, Editorial: UNR Editora, 3ra edición, pag. 49

Para establecer los tiempos óptimos en las demás frecuencias de bandas de octava, se utiliza la ecuación Ec. 2.1:

$$\frac{T_{op}}{T_{500}} = K$$

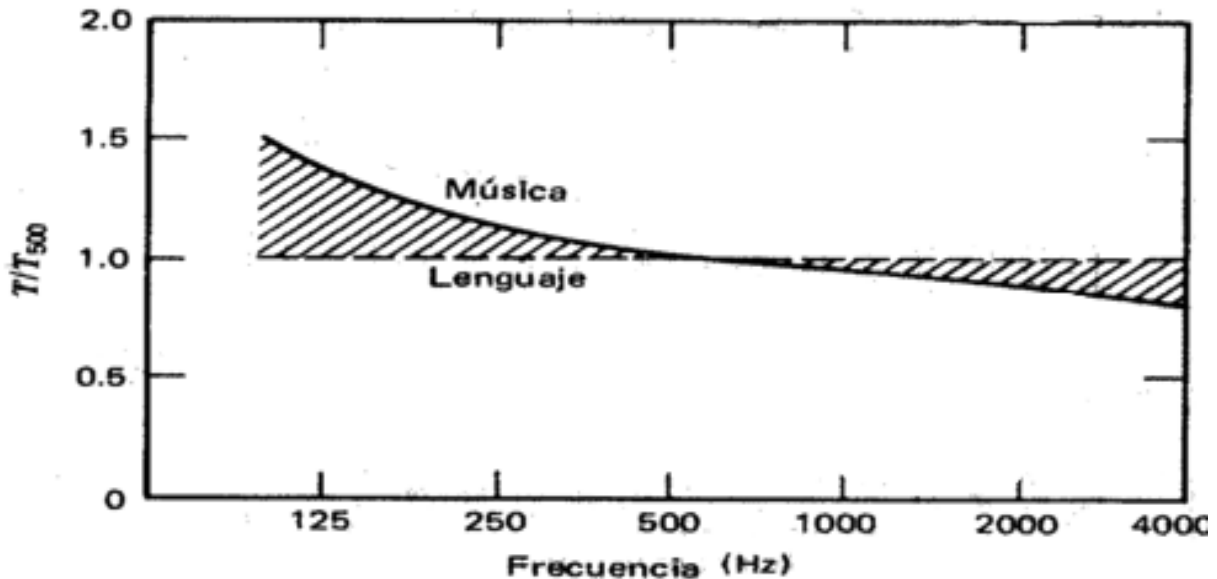
$$T_{op} = KT_{500} \quad \text{Ec. 2.1}$$

Donde:

T_{op} → Tiempo óptimo

K → Tiempo de Kinsler en su respectiva frecuencia

T_{500} → Tiempo óptimo con la gráfica de Leo L. Beranek



Gráfica 2.2. Límites relativos del tiempo de reverberación de música y voz para la relación T_{op}/T_{500} de acuerdo a la bibliografía de Kinsler.

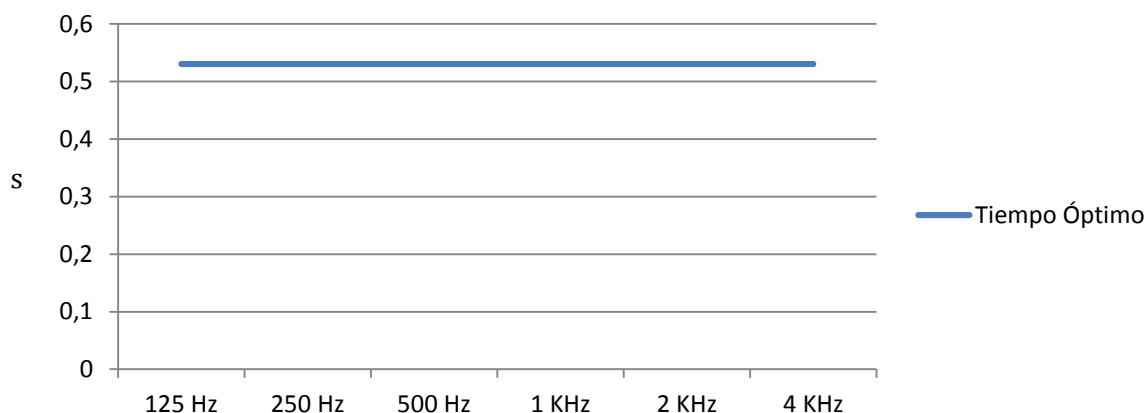
Nota: Como el auditorio está enfocado al uso exclusivo para conferencias (enfocada al lenguaje), únicamente se tomará en cuenta el valor de 1 basada con la gráfica de la bibliografía de Kinsler. A continuación en la tabla 2.1, se muestra el tiempo de reverberación en las demás frecuencias de banda de octava.

Frecuencia	K Tiempo Kinsler (s)	Tiempo de Beranek (s)	Resultado (s)
125 Hz	1	0.53	0.53
250 Hz	1	0.53	0.53
500 Hz	1	0.53	0.53
1 KHz	1	0.53	0.53
2 KHz	1	0.53	0.53
4 KHz	1	0.53	0.53

Tabla 2.1. Tiempo óptimo en las frecuencias de bandas de octava

A continuación en la gráfica No. 2.3, se muestra el tiempo óptimo que debería tener el auditorio No. 3.

De acuerdo a la gráfica de Leo L. Beranek, al volumen del recinto y los resultados obtenidos con la gráfica de Kinsler se concluye que el TR_{60} óptimo será de 0.53 s en las frecuencias de bandas de octava (125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 KHz, 2 KHz, 4 KHz)



Gráfica 2.3. Tiempo óptimo ideal del auditorio No. 3

2.3.2 TR_{60} calculado

Para calcular el TR_{60} , se recurre a la fórmula de Sabine (Ec. 1), a los coeficientes de absorción de los materiales que se encuentran dentro del auditorio y a sus respectivas superficies.

A continuación se muestra el listado (Tabla 2.2) con los materiales con los que se compone internamente el auditorio No. 3, con sus respectivas áreas y coeficientes de absorción, anexando el resultado de efectuar la multiplicación de estos dos factores; se realiza esto con la finalidad de obtener el área de absorción de dichos materiales, y así, aplicar la fórmula de Sabine (Ec. 1)

“PROPUESTA DEL ACONDICIONAMIENTO Y AISLAMIENTO ACÚSTICO DEL AUDITORIO
NO. 3 DE LA UNIDAD DE CONGRESOS DEL CENTRO MÉDICO SIGLO XXI.”

NOTA: Debido a que las fuentes bibliográficas de consulta no cuentan con todos los materiales que tiene el recinto, se decide tomar en cuenta los coeficientes de absorción de los materiales más semejantes, con la finalidad de realizar el análisis del TR₆₀ calculado.

Materiales	Área m ²	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2KHz	4 KHz
Alfombra de fibra vegetal	65.3	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente
		0.05	0.06	0.14	0.37	0.6	0.65
		Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
		3.27	3.92	9.14	24.16	39.18	42.45
Madera de pino	9.72	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente
		0.10	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08
		Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
		0.97	1.07	0.97	0.87	0.78	0.78
Madera de Lambrin	119.27	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente
		0.25	0.30	0.33	0.22	0.20	0.21
		Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
		29.82	35.78	39.36	26.24	23.85	25.05
Asientos c/ espectador	170.63	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente
		0.68	0.75	0.82	0.85	0.86	0.86
		Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
		116.03	127.97	139.92	145.04	146.74	146.74
Techo (plafon falso)	235.93	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente
		0.11	0.11	0.05	0.06	0.04	0.05
		Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
		25.95	25.95	11.80	14.16	9.44	11.80
Yute	118.03	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente
		0.30	0.27	0.27	0.26	0.15	0.15
		Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
		35.41	31.87	31.87	30.69	17.70	17.70
Duela	27.58	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente
		0.25	0.34	0.18	0.10	0.10	0.06
		Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
		6.90	9.38	4.96	2.76	2.76	1.65
Vidrio	1.68	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente
		0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04
		Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
		0.59	0.42	0.30	0.20	0.12	0.07
Cálculo Absorción		218.93	236.36	238.32	244.11	240.57	246.23
TR60		0.92	0.85	0.84	0.82	0.83	0.81

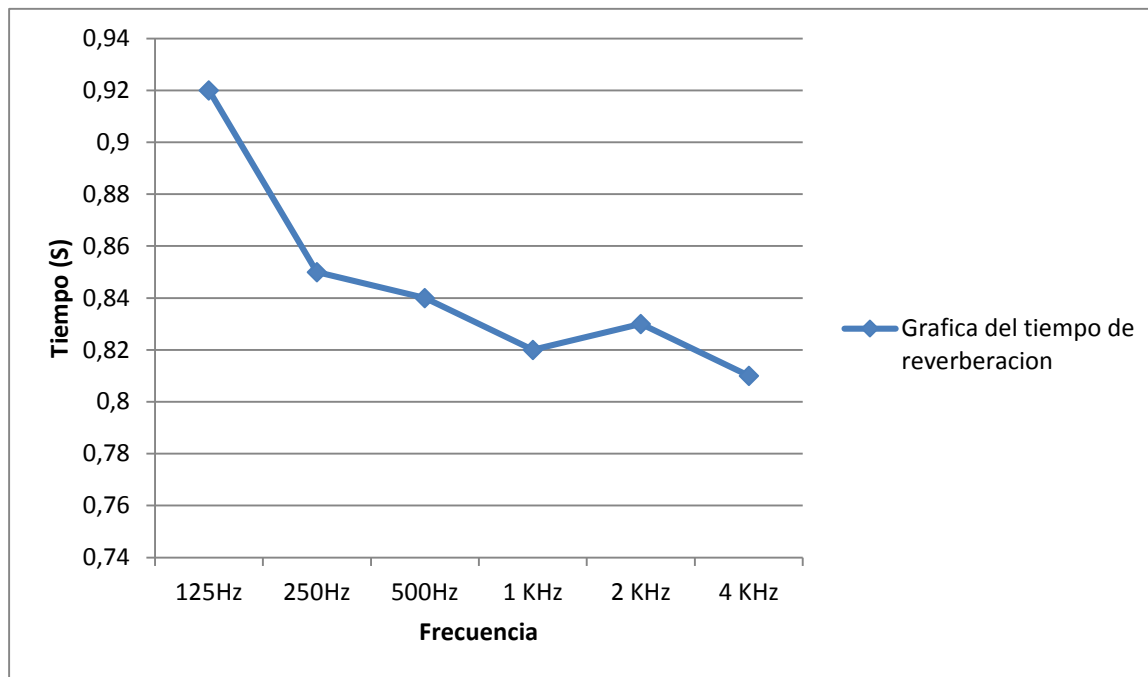
Tabla 2.2. Lista de materiales que se encuentran dentro del auditorio No. 3. Resultados del TR₆₀ calculado

A continuación, en la Tabla 2.3, se muestran los materiales originales seguido de los materiales semejantes, junto con la fuente bibliográfica de donde tomó la información.

Material existente en el recinto	Material Semejante	Fuente de Consulta
Alfombra de uso rudo	Alfombra pesada en concreto	Recuero Lopez Manuel, 1991, “Estudios y Controles para Grabación Sonora” México, Pag. 635
Madera de pino	Madera de pino	Recuero Lopez Manuel, 1991, “Estudios y Controles para Grabación Sonora” México, Pag. 636
Panel de madera de lambrin	Panel de madera contrachapada	Grabación Sonora” México, Pag. 633Recuero Lopez Manuel, 1991, “Estudios y Controles para
Asientos con espectador	Público en asientos tapizados medianas	Grabación Sonora” México, Pag. 633Recuero Lopez Manuel, 1991, “Estudios y Controles para
Plafón falso	Techo placa de yeso	Grabación Sonora” México, Pag. 633Recuero Lopez Manuel, 1991, “Estudios y Controles para
Paneles de yute	Tela de arpilleria	Recuero Lopez Manuel, 1991, “Estudios y Controles para Grabación Sonora” México, Pag. 638
Duela	Madera ordinaria	Recuero Lopez Manuel, 1991, “Estudios y Controles para Grabación Sonora” México, Pag. 631
Vidrio	Ventana de vidrio	Metta

Tabla 2.3. Materiales semejantes a los materiales actuales

Mencionado lo anterior, se utilizaron los coeficientes de absorción de cada material a las diferentes bandas de octava (125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 KHz, 2 KHz y 4 KHz) para determinar el tiempo de reverberación calculado. A continuación en la gráfica 2.4, se muestra el TR₆₀ calculado:



Gráfica 2.4. TR_{60} calculado

2.3.3 TR_{60} medido

Para realizar las mediciones del TR_{60} en este apartado, se utilizó un analizador de espectro marca PHONIC Modelo: PAA3 (Ver anexo B), además de generar dentro del auditorio tonos con ruido rosa filtrado a las diferentes frecuencias de banda de octava (125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 KHz, 2 KHz, 4 KHz).

Se generaron estos tonos a estas frecuencias debido a que el analizador de espectros no mide a las diferentes frecuencias de bandas de octava, por esta razón se utiliza el ruido rosa filtrado a diferentes frecuencias (125Hz, 250Hz, 500Hz, 1KHz, 2KHz, 4KHz) para que el analizador detecte los niveles a dichas frecuencias.

Al realizar las mediciones al centro del recinto, se encontró que al comparar dos valores obtenidos en la misma frecuencia no coincidían, por lo que se determinó tomar 12 puntos diferentes de ubicación dentro del recinto (cada punto con su respectivo resultado en la misma frecuencia). Ver figura 2.19 (ubicación de los puntos dentro del auditorio). Al obtener los resultados se prosiguió a promediar dichos valores, para determinar el TR_{60} medido. Este proceso se realizó con todas las frecuencias antes mencionadas. En la figura 2.19, se mostrarán los puntos localizados dentro del auditorio.

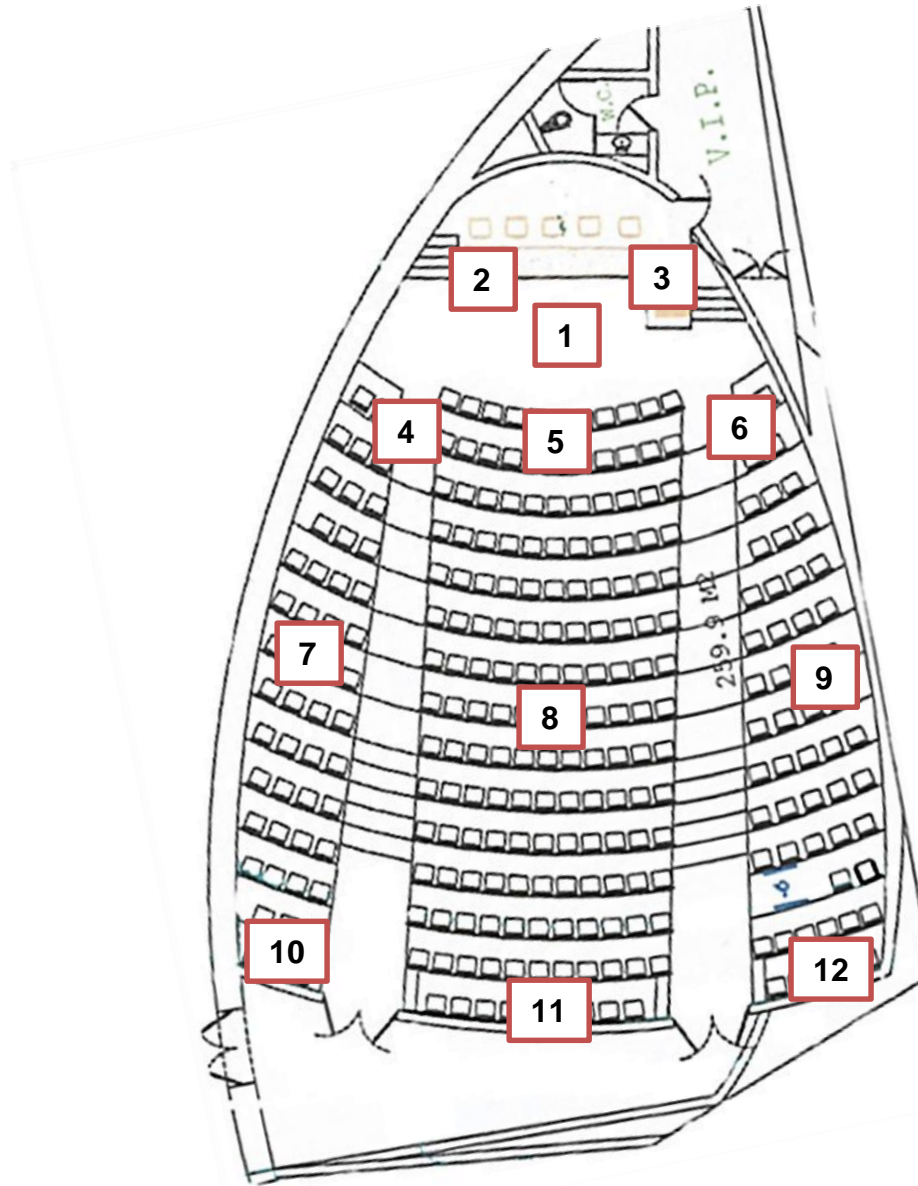


Figura 2.19. Ubicación de los 12 puntos para obtener el TR_{60} medido

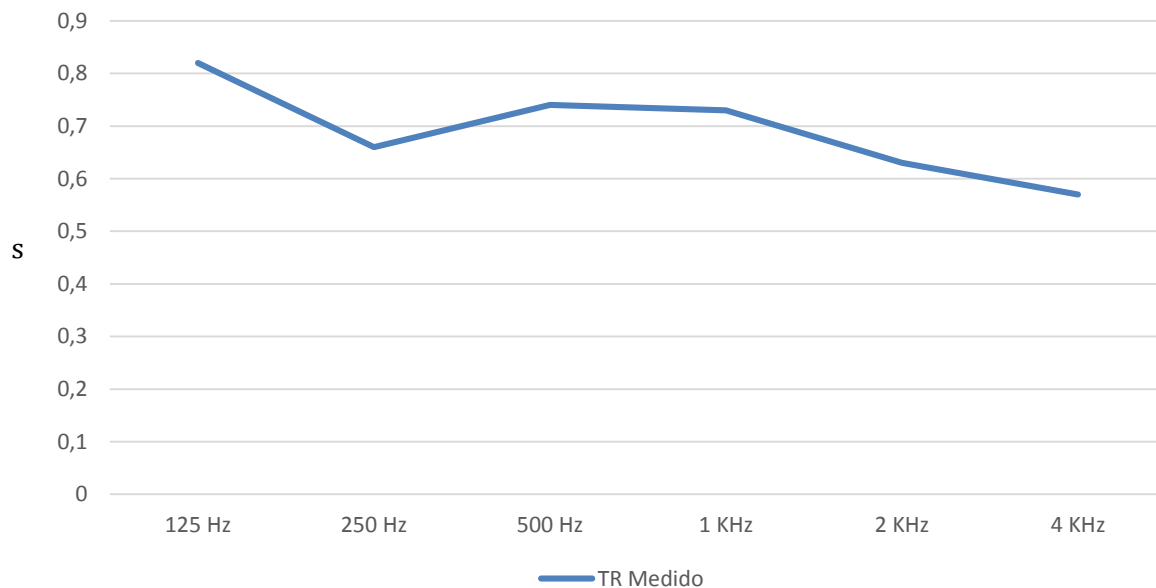
Al tener las mediciones de los 12 puntos, se procede a determinar el promedio de estos resultados obtenidos de cada banda de octava. En la tabla 2.4, se muestran los diversos resultados:

“PROPUESTA DEL ACONDICIONAMIENTO Y AISLAMIENTO ACÚSTICO DEL AUDITORIO
NO. 3 DE LA UNIDAD DE CONGRESOS DEL CENTRO MÉDICO SIGLO XXI.”

Puntos	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
P1	0,86	0,65	0,79	0,75	0,69	0,58
P2	0,76	0,65	0,78	0,75	0,62	0,6
P3	0,78	0,72	0,73	0,65	0,59	0,54
P4	0,74	0,72	0,79	0,75	0,66	0,56
P5	0,9	0,68	0,67	0,69	0,6	0,58
P6	0,88	0,57	0,63	0,72	0,61	0,53
P7	0,84	0,62	0,75	0,73	0,62	0,55
P8	0,85	0,73	0,83	0,78	0,67	0,62
P9	0,87	0,66	0,7	0,76	0,65	0,55
P10	0,83	0,62	0,68	0,75	0,67	0,59
P11	0,79	0,78	0,75	0,74	0,62	0,62
P12	0,77	0,6	0,78	0,75	0,67	0,57
Promedio	0,82	0,67	0,74	0,74	0,64	0,57
TR60 medido	0,823	0,667	0,740	0,735	0,639	0,574

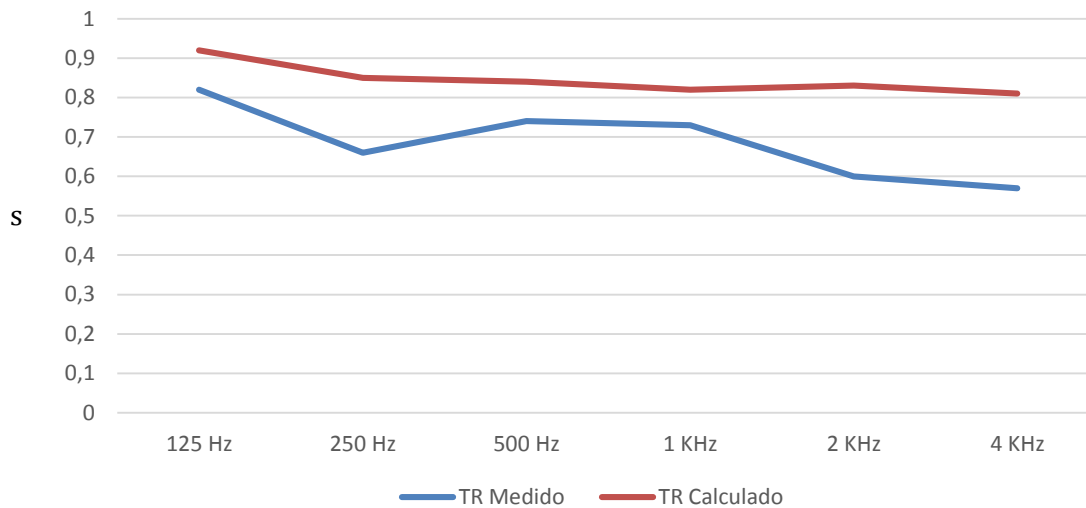
Tabla 2.4. Valores del TR₆₀ medido

A continuación, en la gráfica 2.5 se muestra el comportamiento del TR₆₀ medido.



Gráfica 2.5. TR₆₀ medido

En la gráfica 2.6, se compara la gráfica del TR₆₀ medido vs TR₆₀ calculado:

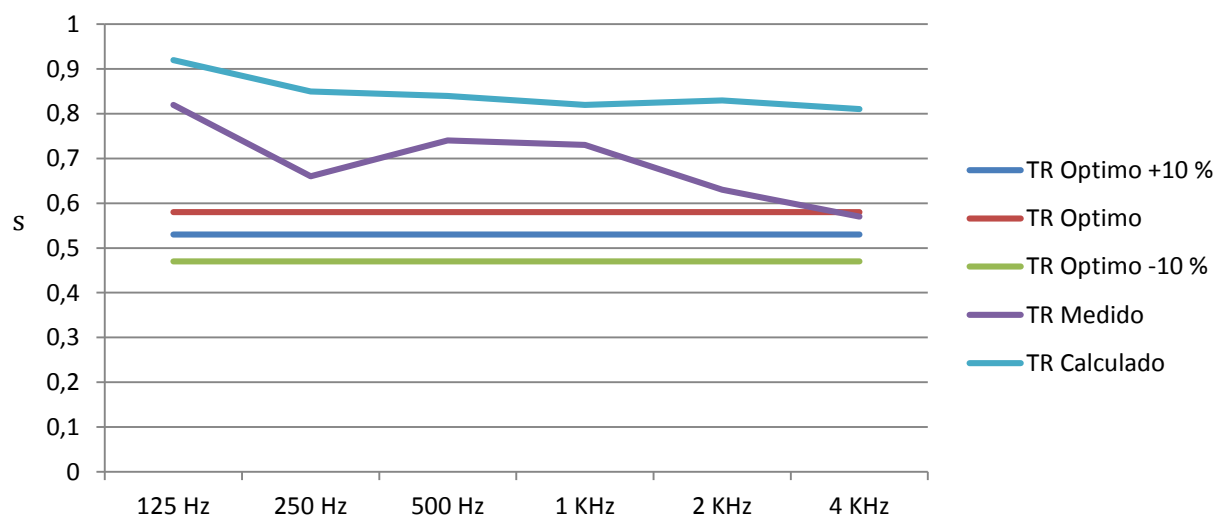


Gráfica 2.6. TR₆₀ medido vs TR₆₀ calculado

Esta gráfica muestra que los cálculos realizados con respecto al tiempo medido son semejantes, por lo que se puede concluir que se ha realizado correctamente este análisis.

2.3.4 Conclusión con respecto al TR₆₀ óptimo vs TR₆₀ calculado y medido

Para verificar como se encuentra el TR₆₀ actual del auditorio con respecto al TR₆₀ óptimo, se compara la gráfica del TR₆₀ calculado y medido vs el $\pm 10\%$ del tiempo óptimo (Rango propuesto por Sabine para quedar dentro del TR₆₀ óptimo). El cual se puede observar en la gráfica 2.7.



Gráfica 2.7. Comparación del TR₆₀ óptimo con $\pm 10\%$ vs TR₆₀ calculado y medido

Por lo que se concluye que el TR_{60} que presenta actualmente el auditorio No. 3 de la Unidad de Congresos del Centro Médico Siglo XXI está por encima del TR_{60} óptimo, por lo que en el capítulo 3 se dará la propuesta para la mejora acústica de este auditorio.

2.4 Análisis del aislamiento acústico del recinto

Para determinar que un auditorio está perfectamente aislado, debe de cumplir las siguientes premisas:

- No emitir ruido hacia el exterior
- No recibir ruido del exterior

2.4.1 Reconocimiento inicial

En base a lo especificado en la norma NOM-081-SEMARNAT-1994 para medir niveles de ruido se realizó un reconocimiento inicial de forma previa a la aplicación de la medición del nivel sonoro emitido por las fuentes fijas con el propósito de localizar las zonas críticas, para esto se midieron los niveles de ruido en los pasillos exteriores del auditorio No. 3 como en el interior del recinto.

Se mostrará a través de un croquis (figura 2.20) el cual muestra la ubicación del predio donde se encuentra la fuente fija (auditorio No. 3) para mostrar las colindancias que tiene dicho recinto.

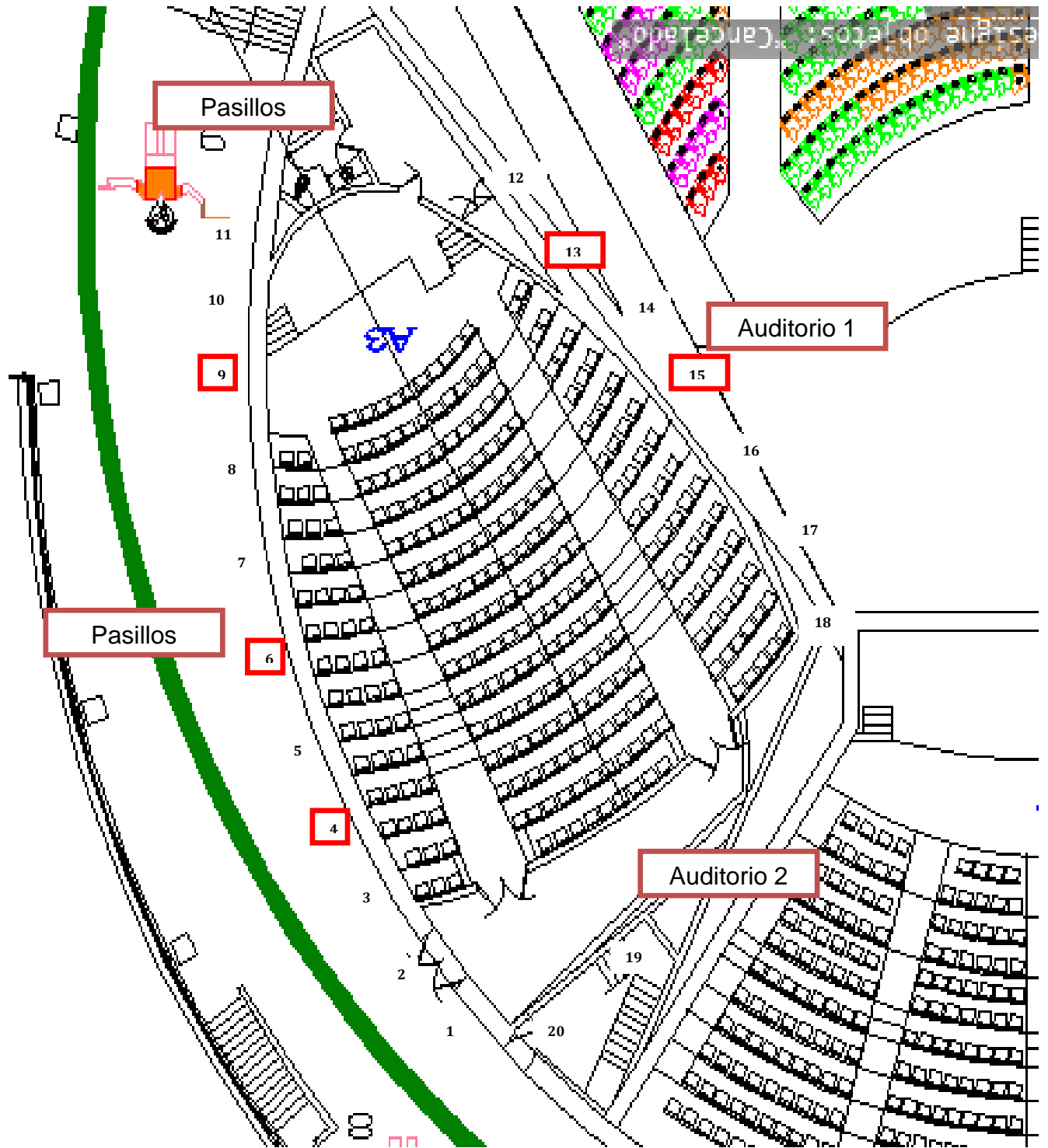


Figura 2.20. Colindancias del auditorio No. 3

Al considerar las colindancias del auditorio No. 3, el cual se encuentra dentro de la unidad de congresos en la planta baja se determinaron las siguientes colindancias:

- En la parte norte y oeste colinda con los pasillos, correspondientes a la misma unidad de congresos
- En la parte sur, colinda con el auditorio No. 2 ubicado dentro de la misma unidad de congresos en la planta baja.
- En la parte este, colinda con el auditorio No. 1 ubicado dentro de la misma unidad de congresos en la planta baja.

Cabe mencionar que durante las visitas realizadas a la Unidad de Congresos se detectó que las principales fuentes de ruido que inciden en el auditorio No. 3, se generan cuando los demás auditorios colindantes se encuentran ocupados debido al tipo de eventos que se realizan (en la gran mayoría de ellos) se instalan stand´s en los pasillos de la unidad de congresos para atender al público que acude a las actividades, así como exposiciones de productos, generando una cantidad considerable de ruido al finalizar cada evento.

2.4.2 Localización de Zonas Críticas

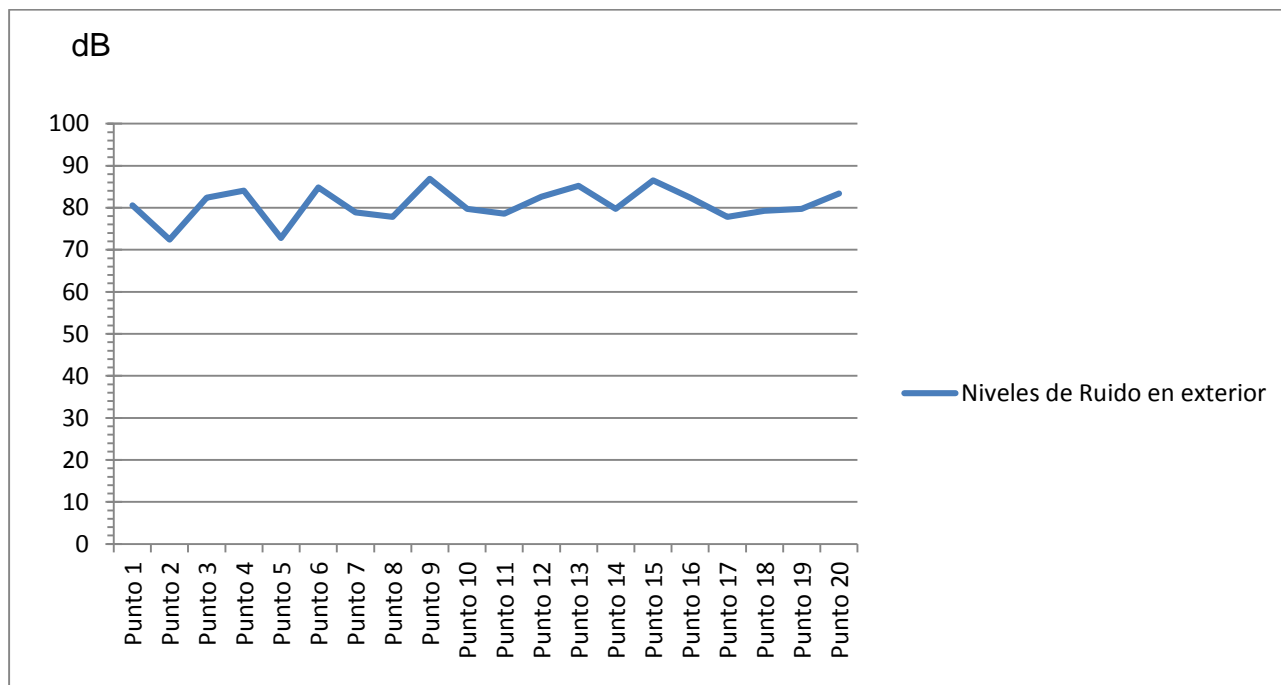
Para realizar estas mediciones, se utilizaron los sonómetros digitales Extech modelo 447768 (Anexo D) y NORSONIC modelo NOR132 (Anexo C), en ponderación A con respuesta lenta; con el que se seleccionaron 20 puntos alrededor del auditorio y en cada punto, en un periodo no menor a 15 minutos, se tomó el NPS, donde los valores encontrados servirán para determinar las Zonas Críticas (ZC), donde en cada zona se midieron un mínimo de 5 puntos tomados de forma vertical y horizontal, de forma aleatoria (de acuerdo a la NOM-081-SEMARNAT-1994), donde estos puntos (ahora ZC) serán los puntos de emisión máxima de ruido. La ubicación de los puntos seleccionados se muestra en la figura 2.20, además de hacer notar donde se encuentran las zonas críticas (marcadas de color anaranjado).

Los valores de los 20 puntos seleccionados se encuentran en la tabla 2.5:

“PROPUESTA DEL ACONDICIONAMIENTO Y AISLAMIENTO ACÚSTICO DEL AUDITORIO
NO. 3 DE LA UNIDAD DE CONGRESOS DEL CENTRO MÉDICO SIGLO XXI.”

Lectura	NPS (dBA)
1	80.6
2	72.4
3	82.4
4	84.1
5	72.8
6	84.8
7	78.9
8	77.8
9	86.9
10	79.7
11	78.6
12	82.6
13	85.2
14	79.7
15	86.5
16	82.4
17	77.8
18	79.3
19	79.7
20	83.4

Tabla 2.5. Mediciones hechas con el sonómetro NORSONIC NOR 132 para determinar las ZC.



Gráfica 2.8. Niveles de ruido en el exterior del auditorio No. 3

Al realizar las mediciones, se descartaron algunos valores dejando únicamente 5 puntos que serán las zonas críticas con los más altos niveles de ruido, recordando que a estas zonas se les identificará con las siglas ZC y se le agregará un número progresivo siempre y cuando exista más de 1 ZC (ZC_1 , ZC_2 , etc), quedando claro lo antes mencionado, quedara establecido para cada zona, cinco puntos de medición distribuidos de manera aleatoria tanto horizontal como verticalmente como lo establece la norma NOM-081-SEMARNAT-1994. A continuación, en la tabla 2.6 se muestran las 5 zonas críticas con sus respectivos valores obtenidos:

Lectura Zona critica	NPS (dBA)
ZC_1	86.9
ZC_2	86.5
ZC_3	85.2
ZC_4	84.8
ZC_5	84.1

Tabla 2.6. Zonas críticas con sus respectivos valores

Como se había mencionado anteriormente, ahora se procede a medir los niveles de emisión máxima en los 5 puntos tomados aleatoriamente tanto horizontal como verticalmente de cada zona, los cuales se identificarán con las letras A, B, C, D y E. Cada punto se midió en las frecuencias de banda de octava; en la tabla 2.7 se muestran las mediciones de cada punto de cada ZC.

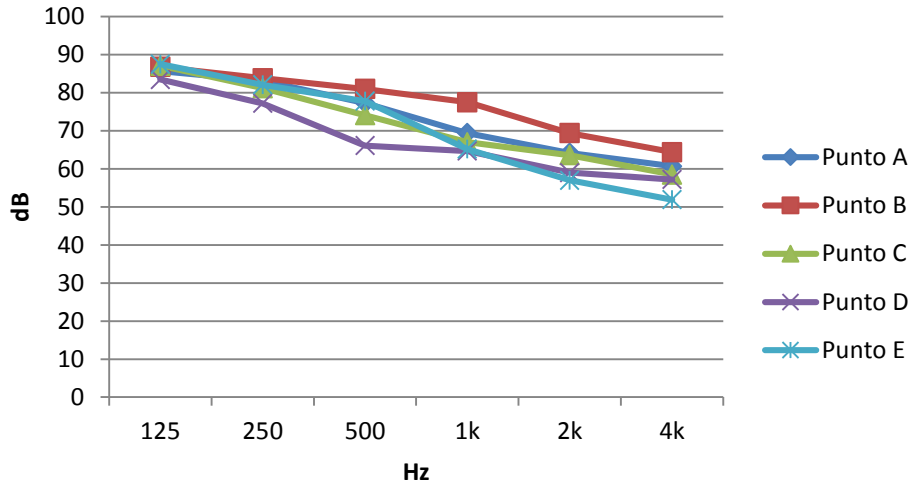
“PROPUESTA DEL ACONDICIONAMIENTO Y AISLAMIENTO ACÚSTICO DEL AUDITORIO
NO. 3 DE LA UNIDAD DE CONGRESOS DEL CENTRO MÉDICO SIGLO XXI.”

Zonas Críticas	Puntos de la ZC	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
ZC ₁	A	85.7	83.2	77.3	69.4	64.2	60.7
	B	86.8	83.8	81	77.5	69.4	64.4
	C	87.1	81.2	74.1	67	63.6	58.5
	D	83.5	77.2	66.1	64.7	59	57.2
	E	87.5	82.1	77.8	65.2	57	51.9
ZC ₂	A	84.4	78.3	71	63.3	58.8	54.8
	B	88.2	77	72.3	66.6	60.4	57.8
	C	86.5	81.4	71.9	63.6	55	51.3
	D	88	79.2	71.4	66.7	55.7	49.9
	E	87.7	83.3	74.8	61.2	54.9	47.9
ZC ₃	A	85.3	79.3	74.7	66.3	57	55.6
	B	89.7	81.8	71	67.4	60	57.9
	C	87.3	82.8	77.2	62	54.1	53.2
	D	88	77.7	65.4	63.7	59	54.9
	E	85.1	78.4	71.1	66.7	58	52.9
ZC ₄	A	87.3	81.1	73.9	68.9	61.3	56
	B	85.4	74.5	62.9	56	54.4	49.7
	C	87.9	81	79.5	69.3	60.3	55.2
	D	86.1	80.3	74	69.9	57.3	54.9
	E	88	77.7	65	62.9	56.9	51.7
ZC ₅	A	85.9	81	74.5	66.9	60.2	58.8
	B	85.9	78.7	70	66.5	59	54.9
	C	89.3	84	77.9	71.4	67	57.9
	D	85	82.2	75.3	68	57	55.4
	E	86	79.8	71.5	64	55.9	49.7

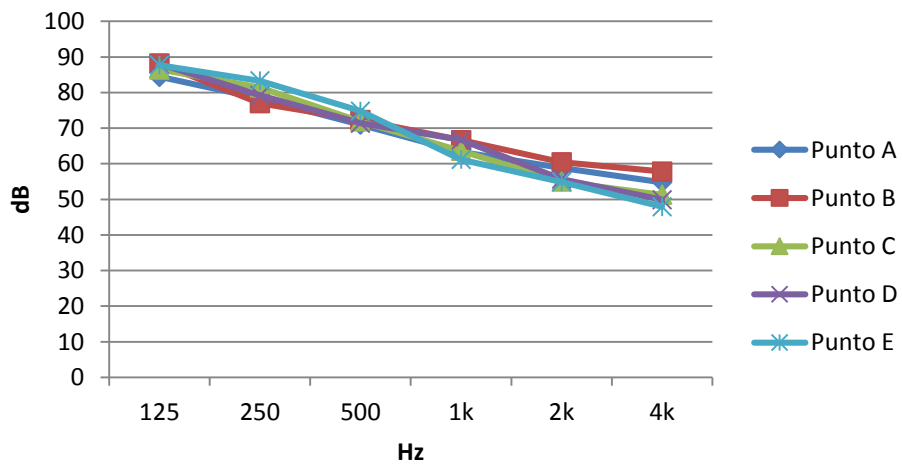
Tabla 2.7. Mediciones horizontales y verticales de cada Zona Crítica

A continuación, en las siguientes gráficas se muestran las mediciones de los puntos tomados de cada Zona Crítica obtenidos respecto a la banda de octava, con la finalidad de visualizar, aquellas frecuencias donde los niveles de ruido son más altos.

“PROPUESTA DEL ACONDICIONAMIENTO Y AISLAMIENTO ACÚSTICO DEL AUDITORIO NO. 3 DE LA UNIDAD DE CONGRESOS DEL CENTRO MÉDICO SIGLO XXI.”

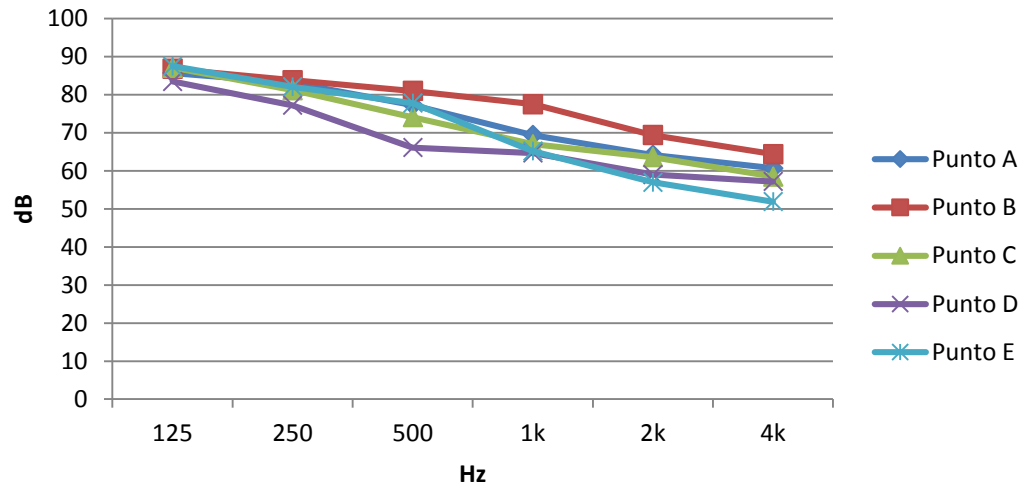


Gráfica 2.9. Niveles de ruido de la ZC₁

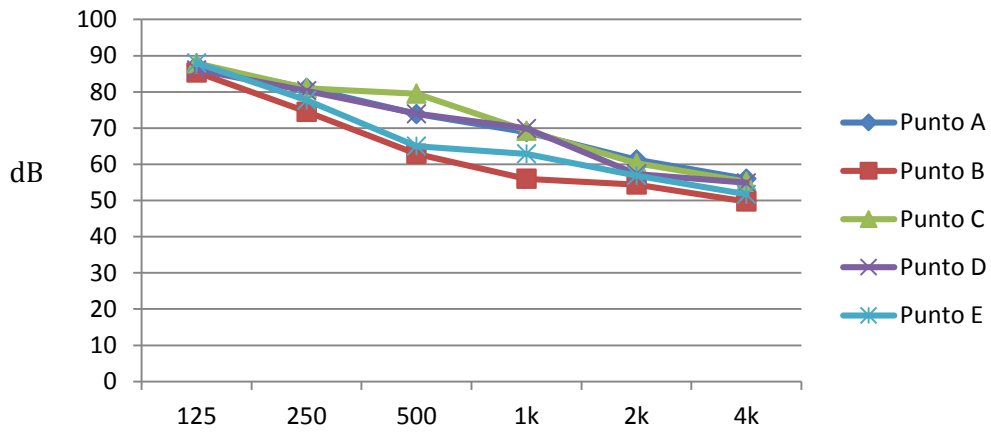


Gráfica 2.10. Niveles de ruido de la ZC₂

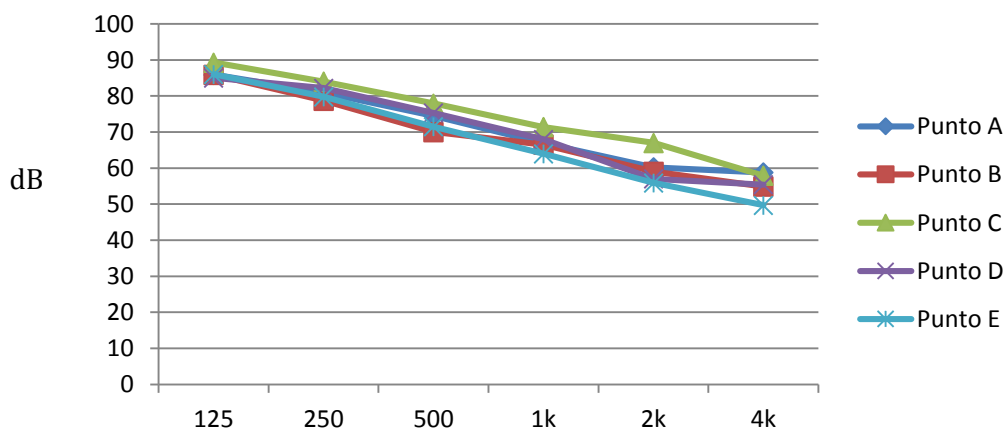
“PROPUESTA DEL ACONDICIONAMIENTO Y AISLAMIENTO ACÚSTICO DEL AUDITORIO
NO. 3 DE LA UNIDAD DE CONGRESOS DEL CENTRO MÉDICO SIGLO XXI.”



Gráfica 2.11. Niveles de ruido de la ZC₃



Gráfica 2.12. Niveles de ruido de la ZC₄



Gráfica 2.13. Niveles de ruido de la ZC₅

Con estas gráficas se puede observar que el nivel de ruido que se encuentra en el exterior del Auditorio No. 3 es alto.

Se comenzará a determinar los niveles de ruido que rodean al recinto y se tomara como base las zonas críticas encontradas alrededor del Auditorio, para esto se calculará el Neq de cada ZC en cada banda de octava, haciendo uso de la fórmula siguiente:

$$Neq = 10 \log\left(\frac{1}{T} \sum_1^T 10^{\frac{N}{10}}\right) \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

Neq → Es el Nivel equivalente (dB)

T → Es el número de Mediciones tomadas en la Zona Crítica

N → Es el valor de medición

Teniendo los valores de cada medición en cada banda de octava de cada zona crítica y la ecuación a utilizar (Ec. 3), se procede a determinar el Neq. Como las zonas críticas se encuentran en dos secciones del auditorio (pasillo y colindancia con el auditorio No.1) el Neq calculado se realizó en dos partes: parte 1 pasillos (ZC1, ZC4, ZC5) y parte 2 colindancias (ZC2 y ZC3).

Parte 1 pasillos

Los resultados de Neq, se muestran en la tabla 2.8:

	Frecuencias					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
Neq en ZC1	86,33	82,02	77,32	71,83	64,75	60,27
Neq en ZC4	87,06	79,53	74,59	67,54	58,72	54,08
Neq en ZC5	86,71	81,54	74,71	68,06	61,90	56,28

Tabla 2.8. Niveles equivalente en cada banda de octava de cada ZC.

Al tener los Neq de cada zona crítica, se proseguirá a determinar el Neq por todas las zonas críticas, donde se realizará el mismo proceso que anteriormente se realizó. Los resultados del Neq se encuentran en la tabla 2.9.

	Frecuencias					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
NPS dBA	86,71	81,16	75,73	69,59	62,45	57,65

Tabla 2.9. NPS de las ZC

Para realizar el cálculo del Nivel de Presión Sonora Total, se utilizará el diagrama para sumar niveles en dB. Ver figura 2.21:

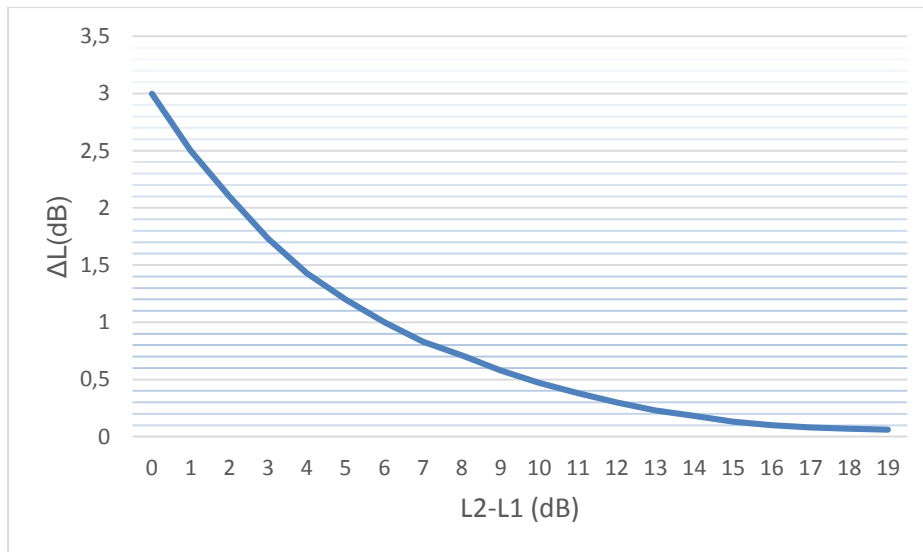


Figura 2.21. Diagrama para sumar niveles en dB

Se prosigue en determinar el nivel total de presión sonora a partir de los niveles de presión sonora en dBA en octavas de frecuencias.

A partir de la Tabla 10 que presenta la suma de niveles, se pueden sumar gráficamente dos niveles de presión sonora L1 y L2, donde $L1 > L2$ (L1 y L2 serán los dos valores más altos obtenidos en las bandas de octavas de la tabla 2.9), operando de la siguiente forma:

- 1.- Se calcula la diferencia entre L1 y L2
- 2.- La diferencia obtenida, se lleva al eje de las abscisas de la figura 2.21 y se sube hasta la intersección con la curva, trazando una línea horizontal hasta el eje vertical.
- 3.- El valor encontrado en este eje, se suma al mayor de los niveles (L1).
- 4.- Este nuevo nivel $L1 + \Delta L$, será ahora el nuevo L1 y se seguirá el mismo procedimiento con el siguiente valor de banda de octava. Este proceso se repetirá tantas veces como sea necesario, hasta obtener la suma de todos los niveles.

Los resultados de cada proceso, antes mencionados, se muestran en la tabla 2.10:

Nivel de Presión Sonoro L1 (dBA)	86,71	87,79	88,09	88,19	88,29
Nivel de Presión Sonoro Li+1=L2 (dBA)	81,16	75,73	69,59	62,45	57,65
Diferencia de Nivel de presión sonora Li-Li+1 (dBA)	5,55	12,06	18,5	25,74	30,64
Factor suma de nivel de presión sonora	1,08	0,3	0,1	0,1	0,1
Nivel de Presión sonora total L1+ΔL (dBA)	87,79	88,09	88,19	88,29	88,39

Tabla 2.10. Resultados del NPS en dBA

Al haberse realizado dichos cálculos, se puede observar que el NPS es de 88.39 dB

Parte 2 Colindancia

Los resultados de Neq, se muestran en la tabla 2.11:

Frecuencias						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
Neq en ZC ₂	87.16	80.44	72.51	64.77	57.56	53.80
Neq en ZC ₃	87.43	80.45	73.46	65.65	58.04	55.30

Tabla 2.11. Niveles equivalente en cada banda de octava de cada ZC.

Al tener los Neq de cada zona crítica, se proseguirá a determinar el Neq por todas las zonas críticas, donde se realizará el mismo proceso que anteriormente se realizó. Los resultados del Neq se encuentran en la tabla 2.12

Frecuencias						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
NPS	87,30	80,45	73,01	65,23	57,81	54,61

Tabla 2.12. SPL de cada ZC

Se prosigue en determinar el nivel de presión sonora total a partir de los niveles de presión sonora en dBA en octavas de frecuencias.

A partir de la tabla 2.13 que presenta la suma de niveles, se pueden sumar gráficamente dos niveles de presión sonora L1 y L2, donde L1>L2 (L1 y L2 serán los dos valores más altos obtenidos en las bandas de octavas de la tabla 2.12), operando de la siguiente forma:

- 1.- Se calcula la diferencia entre L1 y L2
- 2.- La diferencia obtenida, se lleva al eje de las abscisas de la figura 2.21 y se sube hasta la intersección con la curva, trazando una línea horizontal hasta el eje vertical.
- 3.- El valor encontrado en este eje, se suma al mayor de los niveles (L1).

4.- Este nuevo nivel $L1 + \Delta L$, será ahora el nuevo $L1$ y se seguirá el mismo procedimiento con el siguiente valor de banda de octava. Este proceso se repetirá tantas veces como sea necesario, hasta obtener la suma de todos los niveles.

Los resultados de cada proceso, antes mencionados, se muestran en la tabla 2.13:

Nivel de Presión Sonora $L1$ (dBA)	87.3	88.15	88.3	88.38	88.45
Nivel de Presión Sonora L_{i+1} (dBA)	80.45	73.01	65.23	57.81	54.61
Diferencia de Nivel de presión sonora $L_i - L_{i+1}$ (dBA)	6.85	15.14	23.07	30.57	33.84
Factor suma de nivel de presión sonora	0.85	0.15	0.08	0.07	0.05
Nivel de Presión sonora total L (dBA)	88.15	88.3	88.38	88.45	88.5

Tabla 2.13. Resultados del NPS en dBA

Al haberse realizado dichos cálculos, se puede observar que el Nivel de Presión Sonora es de 88.5 dB

2.4.3 Medición del ruido de fondo

Para conocer el comportamiento del ruido dentro del Auditorio No. 3 se destacaron 27 puntos dentro del recinto para localizar donde se ubican los altos niveles de ruido y en base a esto, determinar las zonas críticas dentro del recinto; estas mediciones se realizaron con el sonómetro digital Extech. Dichas ZC se compararon con las curvas NC (figura 1.13), para verificar que los niveles de ruido se encuentran dentro del rango permisible de acuerdo a la curva seleccionada (NC-20) de dicho criterio.

En la figura 2.17, se muestran la ubicación de los puntos donde se realizaron las mediciones.

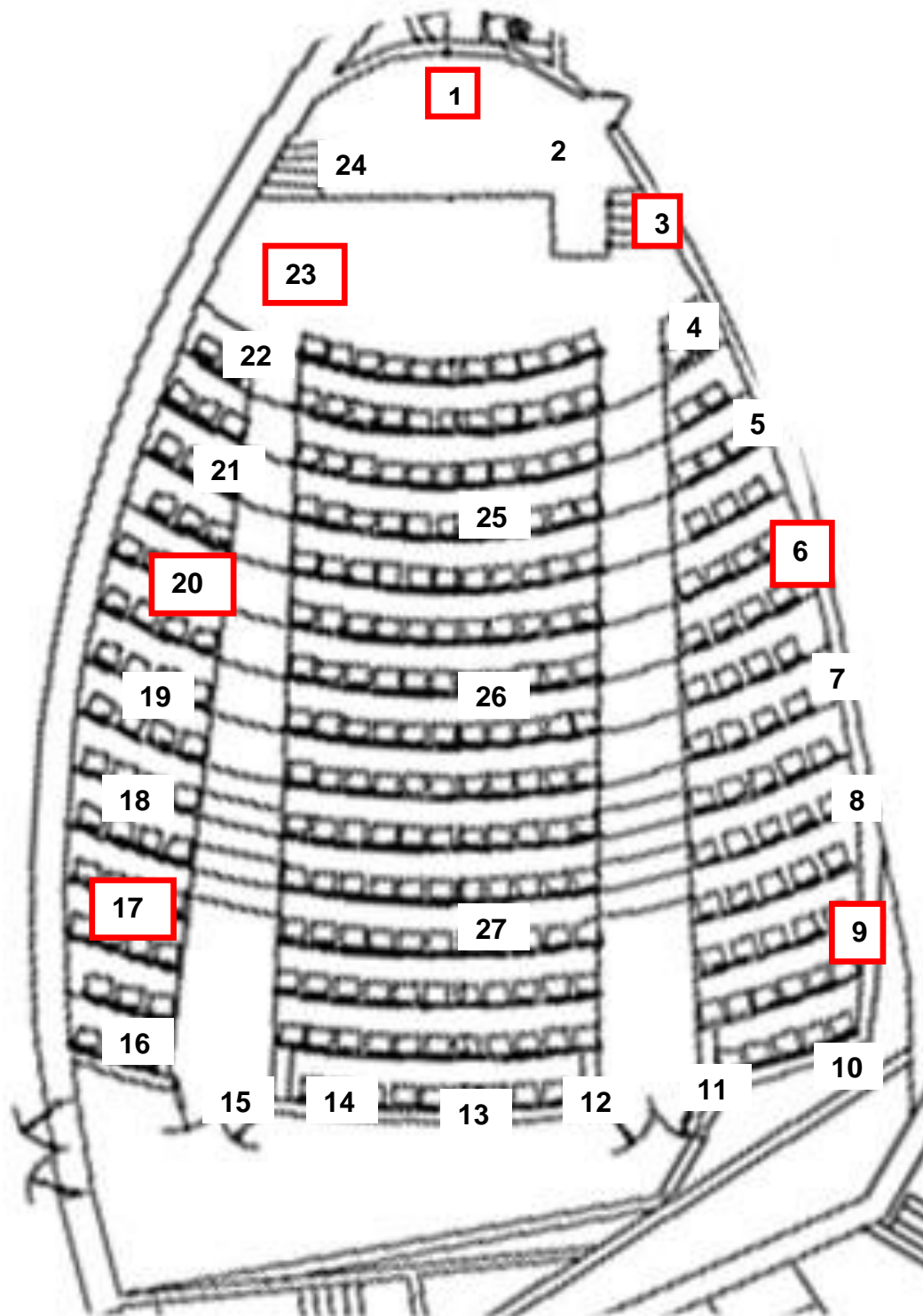


Figura 2.22. Ubicación de puntos dentro del auditorio para la medición del ruido de fondo.

“PROPUESTA DEL ACONDICIONAMIENTO Y AISLAMIENTO ACÚSTICO DEL AUDITORIO
NO. 3 DE LA UNIDAD DE CONGRESOS DEL CENTRO MÉDICO SIGLO XXI.”

Los valores de los puntos determinados, se encuentran en la tabla 2.14; a partir de estos valores se tomarán en cuenta 7 zonas críticas (marcadas con sombra anaranjada) que serán los valores del nivel de presión sonora máximos, posterior a esto, en cada ZC se medirá en frecuencias de banda de octava, donde se utilizará el sonómetro digital Norsonic modelo NOR 132.

MEDICION	SPL (dBA)
1	60.3
2	55.1
3	63.4
4	54.7
5	53.1
6	61.3
7	54.8
8	54.8
9	59.6
10	54.7
11	53.7
12	52.3
13	52.4
14	52.3
15	54.6
16	52.4
17	58.5
18	52.4
19	52.5
20	55.8
21	53.5
22	52.2
23	55.7
24	51.3
25	52.8
26	51.4
27	54.6

Tabla 2.14. Valores de mediciones tomadas dentro del auditorio No.3

Al tener ubicadas las zonas críticas, se realizará la comparación de cada frecuencia de banda de octava con la gráfica de las curvas NC. Los valores de cada ZC en bandas de octava se muestran en la tabla 2.15:

Por lo tanto las zonas críticas quedaran determinadas de la siguiente forma: (ver tabla 2.15)

“PROPUESTA DEL ACONDICIONAMIENTO Y AISLAMIENTO ACÚSTICO DEL AUDITORIO
NO. 3 DE LA UNIDAD DE CONGRESOS DEL CENTRO MÉDICO SIGLO XXI.”

Lectura Zona crítica	NPS (dBA)
ZC ₁	63.4
ZC ₂	61.3
ZC ₃	60.3
ZC ₄	59.6
ZC ₅	58.5
ZC ₆	55.8
ZC ₇	55.7

Tabla 2.15. Zonas críticas dentro del auditorio

A cada ZC (Tablas 17-23) se procede a determinar el NPS (medido en dB) en cada banda de octava, como se muestra a continuación:

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
ZC1A	55,7	47,8	44,9	39,1	34,7	31,2
ZC1B	56,6	46,7	42,1	36,6	31,8	29,9
ZC1C	58,4	48,7	43,4	34,4	30,1	29,5
ZC1D	56,7	49,5	44,4	35,5	31,2	28,7
ZC1E	57,6	50,2	45,4	36,1	30,3	29,8
Promedio NPS	57,10	48,75	44,19	36,64	31,97	29,90

Tabla 2.16. NPS en zona crítica 1

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
ZC2A	58,9	49,7	44,8	38,5	34,8	29,7
ZC2B	60,3	50,1	44,1	39,2	33,9	29,5
ZC2C	59,1	51,9	47,4	38,9	32,1	28,6
ZC2D	58,8	49,6	43,5	37,7	33,5	27,4
ZC2E	59,3	50,4	44,3	38,6	33,7	29,5
Promedio NPS	59,31	50,42	45,06	38,61	33,68	29,02

Tabla 2.17. NPS en zona crítica 2

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
ZC3A	55,8	48,9	43,9	38,7	33,6	29,2
ZC3B	56,7	50,3	42,5	39,8	34,2	28,3
ZC3C	57,8	50,6	41,3	39,2	32,1	27,5
ZC3D	56,6	49,7	41,8	37,4	34,6	28,9
ZC3E	56,8	50,3	44,5	38,4	32,1	27,1
Promedio NPS	56,79	50,00	42,97	38,77	33,44	28,27

Tabla 2.18. NPS en zona crítica 3

“PROPUESTA DEL ACONDICIONAMIENTO Y AISLAMIENTO ACÚSTICO DEL AUDITORIO
NO. 3 DE LA UNIDAD DE CONGRESOS DEL CENTRO MÉDICO SIGLO XXI.”

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
ZC4A	59,4	50,5	44,6	38,2	33,2	29,5
ZC4B	59,3	51,4	47,3	39,4	34,2	29,6
ZC4C	58,6	51,3	46,1	40,1	36,5	30,8
ZC4D	61,3	51,4	47,1	41,5	34,5	27,4
ZC4E	60,5	52,4	45,3	40,1	34,3	28,5
Promedio NPS	59,93	51,44	46,20	39,99	34,68	29,31

Tabla 2.19. NPS en zona crítica 4

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
ZC5A	61,4	55,6	49,5	40,9	34,8	28,5
ZC5B	59,5	54,2	48,9	41,4	33,6	29,9
ZC5C	59,2	53,6	49,1	40,3	35,2	27,6
ZC5D	61,3	55,7	47,2	39,2	32,9	28,6
ZC5E	59,6	53,2	47,4	39,6	33,4	28,4
Promedio NPS	60,31	54,58	48,52	40,36	34,07	28,67

Tabla 2.20. NPS en zona crítica 5

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
ZC6A	59,8	54,1	48,8	42,8	36,8	29,5
ZC6B	59,3	53,8	49,6	43,8	35,6	29,4
ZC6C	60,2	55,7	49,3	41,8	37,5	28,7
ZC6D	61,9	57,9	50,2	40,2	35,3	29,1
ZC6E	58,5	51,7	47,7	40,4	34,3	27,6
Promedio NPS	60,09	55,14	49,20	42,02	36,05	28,91

Tabla 2.21. NPS en zona crítica 6

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
ZC7A	61,9	55,5	49,9	42,1	36,9	29,1
ZC7B	59,4	50,3	48,3	43,1	37,5	31,7
ZC7C	62,1	54,9	48,7	42,8	35,9	30,4
ZC7D	58,9	52,1	47,8	40,3	36,2	29,6
ZC7E	60,4	53,9	48,2	43,2	37,5	32,9
Promedio NPS	60,73	53,72	48,64	42,42	36,85	30,97

Tabla 2.22. NPS en zona crítica 7

Al tener los valores de cada punto en su respectiva banda de octava, se procede a determinar el NPS (dB) en cada banda de octava, y de acuerdo a los resultados obtenidos, estos se compararan con el criterio de ruido NC con la curva NC-20 (gráfica 1.13).

FRECUENCIAS	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
ZC1	57,10	48,75	44,19	36,64	31,97	29,90
ZC2	59,31	50,42	45,06	38,61	33,68	29,02
ZC3	56,79	50,00	42,97	38,77	33,44	28,27
ZC4	59,93	51,44	46,20	39,99	34,68	29,31
ZC5	60,31	54,58	48,52	40,36	34,07	28,67
ZC6	60,09	55,14	49,20	42,02	36,05	28,91
ZC7	60,73	53,72	48,64	42,42	36,85	30,97
NPS	59,41	52,60	46,95	40,22	34,66	29,38

Tabla 2.23. NPS existente dentro del auditorio de acuerdo a las ZC.

En resumen el NPS existente de acuerdo a las ZC en la siguiente tabla:

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
Neq	59,41	52,60	46,95	40,22	34,66	29,38

Se prosiguió a determinar el nivel total de presión sonora a partir de los niveles de presión sonora en dBA en octavas de frecuencias.

A partir de la tabla 24, que presenta la suma de niveles, se pueden sumar gráficamente dos niveles de presión sonora L1 y L2, donde $L1 > L2$ (L1 y L2 serán los dos valores más altos obtenidos en las bandas de octavas de la Tabla 24), operando de la siguiente forma:

- 1.- Se calcula la diferencia entre L1 y L2
- 2.- La diferencia obtenida, se lleva al eje de las abscisas de la figura 2.21 y se sube hasta la intersección con la curva, trazando una línea horizontal hasta el eje vertical.
- 3.- El valor encontrado en este eje, se suma al mayor de los niveles (L1).
- 4.- Este nuevo nivel $L1 + \Delta L$, será ahora el nuevo L1 y se seguirá el mismo procedimiento con el siguiente valor de banda de octava. Este proceso se repitió, hasta obtener la suma de todos los niveles.

Los resultados de cada proceso, antes mencionados, se muestran en la tabla 2.24:

“PROPUESTA DEL ACONDICIONAMIENTO Y AISLAMIENTO ACÚSTICO DEL AUDITORIO
NO. 3 DE LA UNIDAD DE CONGRESOS DEL CENTRO MÉDICO SIGLO XXI.”

Nivel de Presión Sonoro L1 (dBA)	59.4	60.2	60.5	60.59	60.63
Nivel de Presión Sonoro Li+1 (dBA)	52.6	46.95	40.21	34.66	29.37
Diferencia de Nivel de presión sonora Li-Li+1 (dBA)	6.8	13.25	20.29	25.93	31.26
Factor suma de nivel de presión sonora	0.8	0.3	0.09	0.04	0.01
Nivel de Presión sonora total L (dBA)	60.2	60.5	60.59	60.63	60.64

Tabla 2.24. Resultados del NPS en dBA

Al haberse realizado dichos cálculos, se puede observar que NPS_{TOTAL} es de 60.64 dB

Se procede a comparar el comportamiento del NPS total dentro del auditorio con respecto a la NC-20, si el nivel de ruido obtenido, sobrepasa el criterio de ruido antes mencionado, se procederá a seleccionar un sistema acústico, esto con la finalidad de aislar acústicamente el auditorio para que no le entre ruido del exterior. Ver figura 2.23.

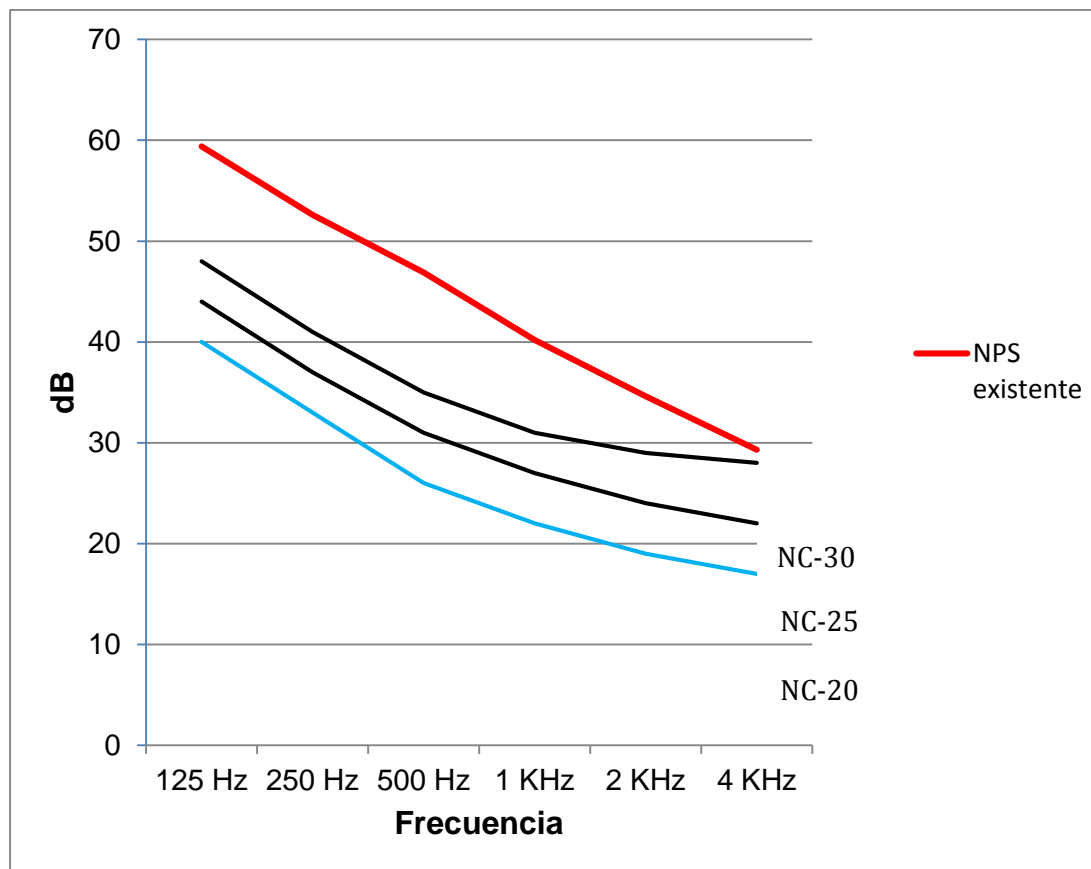


Figura 2.23. NPS existe vs NC-20

Al ver que la comparación del NPS con la NC-20 (línea de color azul) se concluye que el auditorio No.3 requiere de aislamiento acústico, donde la solución se presenta en el capítulo 3.

CAPÍTULO III

PROPUESTA DE SOLUCIÓN

“El dar la solución a la problemática que tiene el auditorio, requiere que la solución cumpla con las condiciones óptimas que el auditorio requiere, por tal motivo se hace un estudio similar a la problemática, pero ahora con los nuevos materiales para demostrar que las características acústicas cumplan con las condiciones óptimas”.

3.1 Propuesta del acondicionamiento acústico

Los materiales propuestos para el acondicionamiento acústico que a continuación se verán, son materiales que cumplen con las características acústicas que el auditorio requiere, donde queda demostrado que el tiempo de reverberación está dentro del tiempo óptimo que el auditorio debe de tener.

La propuesta conlleva nuevos materiales y diferentes superficies a cubrir.

3.1.1 Determinación de los materiales a utilizar

SILLA PROPUESTA

Para el caso de la elección de tipo de silla que se utilizará dentro del recinto se tomó en cuenta la bibliografía de ^[7]ANTONI CARRION ISBERT donde menciona que la absorción de las sillas (vacías u ocupadas) aumenta en proporción directa a la superficie que ocupan.

La bibliografía indica que al área efectiva no solo estará determinada por el área ocupada sino que ahora se añadirá 0.5m (solo en el caso de las sillas) de anchura alrededor de los bloques de sillas (excepto en las zonas al que le prosigue una pared)

Por lo tanto, la absorción total de las sillas se seguirá calculando de la siguiente forma:

$$A_s = S_A * \alpha$$

Donde:

S_A → Superficie efectiva acústica de las sillas (m²), no olvidando agregar los 0.5 m alrededor del área efectiva.

α → Coeficiente de absorción de las sillas

A_s → Grado de absorción

Los coeficientes de absorción de la silla propuesta, son los siguientes:

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
Sillas con un porcentaje alto de superficie tapizada	0.76	0.83	0.88	0.91	0.91	0.89

Tabla 3.1 Coeficientes de absorción de las sillas propuestas

⁷ Carrion Isbert Antoni, “Diseño acústico de espacios arquitectónicos”

“PROPUESTA DEL ACONDICIONAMIENTO Y AISLAMIENTO ACÚSTICO DEL AUDITORIO
NO. 3 DE LA UNIDAD DE CONGRESOS DEL CENTRO MÉDICO SIGLO XXI.”

Por cuestiones de ahorrar costos, el área efectiva de las sillas seguirá siendo el mismo que presenta el auditorio: 170.63 m².

Por lo tanto, el área de absorción de este material en cada frecuencia de banda de octava será la siguiente:

Materiales	Área m ²	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2KHz	4 KHz
Sillas con un porcentaje alto de porcentaje de superficie tapizada	170.63	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente
		0.76	0.83	0.88	0.91	0.91	0.89
		Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
		129.68	141.62	150.15	155.27	155.27	151.86

Tabla 3.2 Absorción de las sillas propuestas



AUDIT 10

Figura 3.1. Silla propuesta

ALFOMBRA DE FIBRA DE COCO

Para el caso de la alfombra se tiene los siguientes coeficientes de absorción:

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
Alfombra de Fibra de Coco	0.11	0.13	0.17	0.4	0.29	0.29

Tabla 3.3 Coeficientes de absorción de las de la alfombra de coco

“PROPUESTA DEL ACONDICIONAMIENTO Y AISLAMIENTO ACÚSTICO DEL AUDITORIO
NO. 3 DE LA UNIDAD DE CONGRESOS DEL CENTRO MÉDICO SIGLO XXI.”

En donde el área a utilizar seguirá siendo la misma: 65.3 m². Por lo tanto, el grado de absorción se muestra en la tabla siguiente:

Material	Área m ²	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2KHz	4 KHz
Alfombra de fibra de coco	65.3	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente
		0.11	0.13	0.17	0.4	0.29	0.29
		Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
		7.18	8.49	11.10	26.12	18.94	18.94

Tabla 3.4 Absorción de las de la alfombra de coco

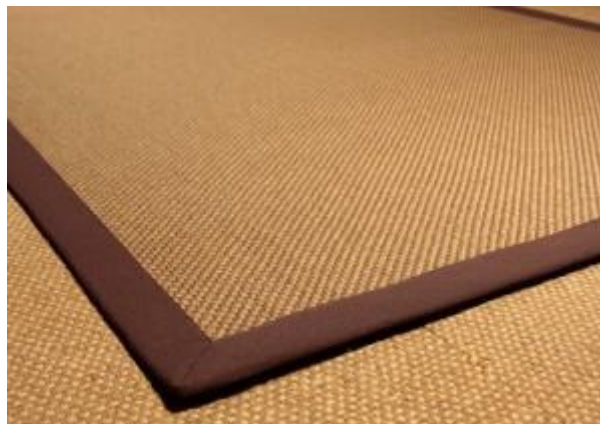


Figura 3.2. Alfombra de coco

REVESTIMIENTO LANA DE VIDRIO 50 MM + REMATE EN LISTONES DE MADERA
(ver anexo E)

Este material, será el reemplazo de la madera de Lambrin, donde la superficie que cubrirá será de 59.63 m². Los coeficientes de absorción de este material, son los siguientes:

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
REVESTIMIENTO LANA DE VIDRIO 50 MM + REMATE EN LISTONES DE MADERA	0.55	1.1	1	0.45	0.25	0.5

Tabla 3.5 Coeficientes de absorción del revestimiento de lana

“PROPUESTA DEL ACONDICIONAMIENTO Y AISLAMIENTO ACÚSTICO DEL AUDITORIO
NO. 3 DE LA UNIDAD DE CONGRESOS DEL CENTRO MÉDICO SIGLO XXI.”

El área comprendida de este material será de 59.63 m², donde el grado de absorción que presenta este material se muestra en la siguiente tabla:

Material	Área m ²	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2KHz	4 KHz
revestimiento lana de vidrio 50mm + remate en listones de madera	59.63	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente
		0.55	1.1	1	0.45	0.25	0.5
		Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
		32.80	65.59	59.63	26.83	14.91	29.82

Tabla 3.6 Absorción del revestimiento de lana



Figura 3.3. Revestimiento de lana de vidrio

MADERA DE 3 CM y 5 CM CON CÁMARA DE AIRE

La madera que se propone para las puertas junto con sus coeficientes de absorción se presenta en la siguiente tabla:

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
Madera de 3 cm y 5 cm con cámara de aire	0.25	0.34	0.18	0.1	0.1	0.06

Tabla 3.7 Coeficientes de absorción de madera de 3 cm y 5 cm con cámara de aire

De tal modo que el área de absorción queda mostrado en la siguiente tabla:

Material	Área m ²	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2KHz	4 KHz
Madera de 3 cm y 5 cm con camara de aire	9.72	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente
		0.25	0.34	0.18	0.1	0.1	0.06
		Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
		2.43	3.30	1.75	0.97	0.97	0.58

Tabla 3.8 Absorción de madera de 3 cm y 5 cm con cámara de aire



Figura 3.4. Madera con cavidad de aire

FIBRA DE MADERA

Los paneles de yute (paneles que se encuentran en las paredes y en la cabina) serán sustituidos por fibra de madera además de agregarle más superficie. La superficie que tenía anteriormente fue de 177.66 m², ahora se agregará 28.5 m² más; esta superficie extra está incluida en las paredes, es decir, se quitarán 28.5 m² de madera y esa parte será sustituida por el nuevo material, esto con la finalidad de mejorar el TR₆₀; dicho lo anterior, la superficie total que cubrirá la fibra de madera será de 205.71m².

A continuación se muestran los coeficientes de absorción de la fibra de madera:

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
Fibra de Madera	0.47	0.52	0.5	0.55	0.58	0.63

Tabla 3.9 Coeficientes de absorción de fibra de madera

El área de absorción de este material se muestra en la siguiente tabla:

Material	Área m ²	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2KHz	4 KHz
Fibra de Madera	205.71	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente
		0.47	0.52	0.5	0.55	0.58	0.63
		Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
		96.68	106.97	102.86	113.14	119.31	129.60

Tabla 3.10 Absorción de fibra de madera



Figura 3.5. Fibra de madera

BRISA ACUSTICS

La propuesta para el techo, es colocar brisa acustics con una superficie de 100 m², quitando esta superficie del total del plafón.

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
BRISA ACUSTICS	0.7	0.7	0.4	0.6	0.7	0.7

Tabla 3.11 Coeficientes de absorción de brisa acustics

El área de absorción es la siguiente:

Material	Área m ²	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2KHz	4 KHz
BRISA ACUSTICS	95	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente
		0.7	0.7	0.4	0.6	0.7	0.7
		Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
		66.50	66.50	38.00	57.00	66.50	66.50

Tabla 3.11 Absorción de brisa acustics



Figura 3.6 Brisa Acustics

MOQUETA

En el área donde se encuentra la duela, será sustituida por moqueta siendo una superficie de 27.58 m². Los coeficientes de absorción se muestran a continuación:

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
Moqueta	0.12	0.1	0.2	0.3	0.64	0.93

Tabla 3.12 Coeficientes de absorción de la moqueta

El área de absorción es la siguiente:

Material	Área m ²	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2KHz	4 KHz
Moqueta	27.58	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente
		0.12	0.1	0.2	0.3	0.64	0.93
		Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
		3.31	2.76	5.52	8.27	17.65	25.65

Tabla 3.13 Absorción de la moqueta



Figura 3.7. Moqueta

TECHO EN PLACAS DE YESOS DE 1/2'

Este material será reemplazado con el siguiente: techo en placas de yeso de ½ pulgada. Con una superficie de 140.93m²

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
Techo en placas de yeso	0.11	0.11	0.05	0.06	0.04	0.05

Tabla 3.14 Coeficientes de absorción de la moqueta

El área de absorción es la siguiente:

Material	Área m ²	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2KHz	4 KHz
Techo en placas de yeso	140.93	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente
		0.11	0.11	0.05	0.06	0.04	0.05
		Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
		15.50	15.50	7.05	8.46	5.64	7.05

Tabla 3.15 Absorción de la moqueta

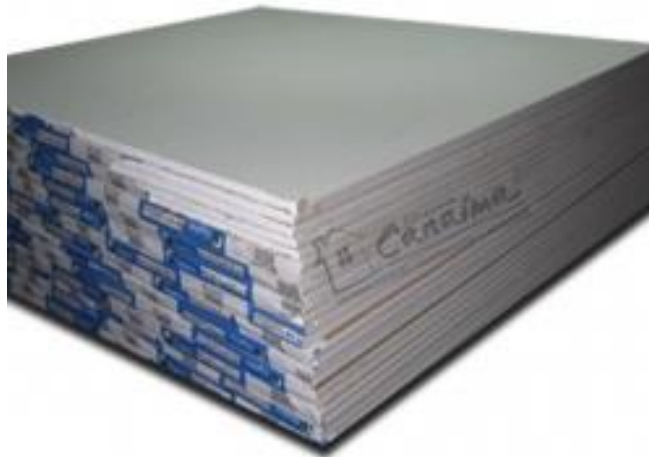


Figura 3.8 Paneles de yeso

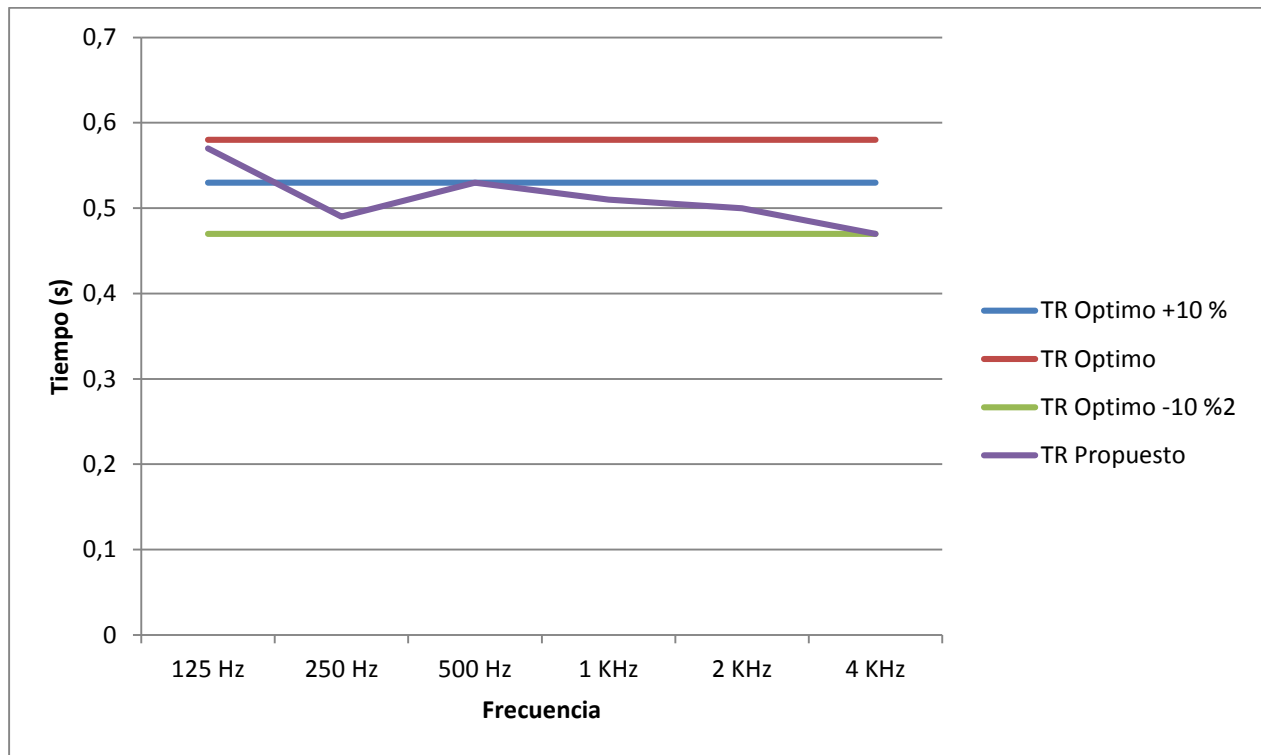
Al tener los nuevos materiales seleccionados que serán parte de la propuesta de la mejora acústica, se procede a realizar su gráfica para observar el comportamiento del TR₆₀ con estos materiales propuestos, esto se puede ver en la tabla 3.16:

Materiales		Área m ²	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2KHz	4 KHz
Sillas con porcentaje alto de superficie tapizada	Coefficiente	170,63	0,76	0,83	0,88	0,91	0,91	0,89
	Resultado		129,68	141,62	150,15	155,27	155,27	151,86
Alfombra de Fibra de Coco	Coefficiente	65,3	0,11	0,13	0,17	0,4	0,29	0,29
	Resultado		7,18	8,49	11,10	26,12	18,94	18,94
reves timiento acústico	Coefficiente	59,63	0,55	1,1	1	0,45	0,25	0,5
	Resultado		32,80	65,59	59,63	26,83	14,91	29,82
Madera con cámara de aire	Coefficiente	9,72	0,25	0,34	0,18	0,1	0,1	0,06
	Resultado		2,43	3,30	1,75	0,97	0,97	0,58
Fibra de Madera	Coefficiente	205,75	0,47	0,52	0,5	0,55	0,58	0,63
	Resultado		96,70	106,99	102,88	113,16	119,34	129,62
brisa acústica	Coefficiente	95	0,7	0,7	0,4	0,6	0,7	0,7
	Resultado		66,50	66,50	38,00	57,00	66,50	66,50
Moqueta	Coefficiente	27,58	0,12	0,1	0,2	0,3	0,64	0,93
	Resultado		3,31	2,76	5,52	8,27	17,65	25,65
Techo en placas de yeso	Coefficiente	140,93	0,11	0,11	0,05	0,06	0,04	0,05
	Resultado		15,50	15,50	7,05	8,46	5,64	7,05
Cálculo Absorción			354,10	410,76	376,07	396,09	399,21	430,01
TR60			0,57	0,49	0,53	0,51	0,50	0,47

Tabla 3.16. TR₆₀ con nuevos materiales propuestos

3.2 Comparación del TR₆₀ actual vs TR₆₀ propuesto

Al tener los valores del TR₆₀ propuesto, se puede determinar una nueva grafica donde se compara con el TR₆₀ óptimo antes obtenido, demostrando así, que los materiales propuestos cumplen con las características necesarias para proporcionar la solución al problema del acondicionamiento acústico. Eso queda demostrado con la gráfica 3.1.



Gráfica 3.1. Tiempo de reverberación propuesto vs tiempo óptimo

Con esta gráfica queda por establecido que se logró bajar el tiempo de reverberación, adentrándolo al rango del tiempo óptimo.

3.2 Propuesta de Aislamiento Acústico

En la siguiente tabla se muestra los valores (dB) en cada banda de octava de la curva NC-20 del criterio de ruido NC. Ver tabla 3.17.

Frecuencias						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
Neq	40.00	33.00	26.00	22.00	19.00	17.00

Tabla 3.17. NPS de la NC-20

Se prosigue a determinar el nivel total de presión sonora a partir de los niveles de presión sonora en dBA en octavas de frecuencias.

A partir de la tabla 3.17, que presenta la suma de niveles, se pueden sumar gráficamente dos niveles de presión sonora L1 y L2, donde L1>L2 (L1 y L2 serán los dos valores más altos obtenidos en las bandas de octavas de la Tabla 24), operando de la siguiente forma:

- 1.- Se calcula la diferencia entre L1 y L2
- 2.- La diferencia obtenida, se lleva al eje de las abscisas de la figura 2.21 y se sube hasta la intersección con la curva, trazando una línea horizontal hasta el eje vertical.
- 3.- El valor encontrado en este eje, se suma al mayor de los niveles (L1).
- 4.- Este nuevo nivel L1 + ΔL, será ahora el nuevo L1 y se seguirá el mismo procedimiento con el siguiente valor de banda de octava. Este proceso se repetirá tantas veces como sea necesario, hasta obtener la suma de todos los niveles.

Nivel de Presión Sonoro L1 (dBA)	40	40.8	40.95	41.05	41.1
Nivel de Presión Sonoro Li+1 (dBA)	33	26	22	19	17
Diferencia de Nivel de presión sonora Li-Li+1 (dBA)	7	14.8	18.95	22.05	24.1
Factor suma de nivel de presión sonora	0.8	0.15	0.1	0.05	0.03
Nivel de Presión sonora total L (dBA)	40.8	40.95	41.05	41.1	41.13

Tabla 3.18, Calculo de NPS

Al haberse realizado dichos cálculos, se puede observar que el Nivel equivalente Neq es de 41.3 dB

A partir del resultado del nivel de ruido existente (visto en las condiciones iniciales) se procedió a realizar la diferencia entre el valor de ruido existente y el nivel de ruido permitido dentro del recinto de acuerdo a la curva NC-20.

$$\text{Aislamiento} = \text{Neq}_{\text{existente}} - \text{Neq}_{\text{permitido}} = 60.64 \text{ dBA} - 41.13 \text{ dBA} = 19.51 \text{ dBA}$$

Este valor obtenido es la cantidad de dBA que se necesita aislar.

3.2.1 Selección del sistema de Aislamiento Acústico

Al tener indicado el nivel de aislamiento que se necesita bajar, se eligió el sistema acústico 0072PVS (tabique) del libro de ⁸Manuel Recuero López, donde ahí mismo se muestran las características del sistema elegido.

Para encontrar el aislamiento con el sistema seleccionado se realizan los siguientes pasos:

1.- Se realizó la diferencia entre el NPS existente dentro del auditorio y el NPS del material seleccionado para el aislamiento acústico.

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
NPS (dB) existente	59,4	52,6	46,95	40,21	34,66	29,37
Aislamiento Sonoro (dB)	47	43	46	53	54	56
NPS resultante del material	12,4	9,6	0,95	-12,79	-19,34	-26,63

Tabla 3.19. NPS del sistema acústico seleccionado

A partir de la tabla 3.19, que presenta la suma de niveles, se pueden sumar gráficamente dos niveles de presión sonora L1 y L2, donde L1>L2 (L1 y L2 serán los dos valores más altos obtenidos en las bandas de octavas de la Tabla 24), operando de la siguiente forma:

1.- Se calcula la diferencia entre L1 y L2

2.- La diferencia obtenida, se lleva al eje de las abscisas de la figura 2.21 del capítulo 2 y se sube hasta la intersección con la curva, trazando una línea horizontal hasta el eje vertical.

3.- El valor encontrado en este eje, se suma al mayor de los niveles (L1).

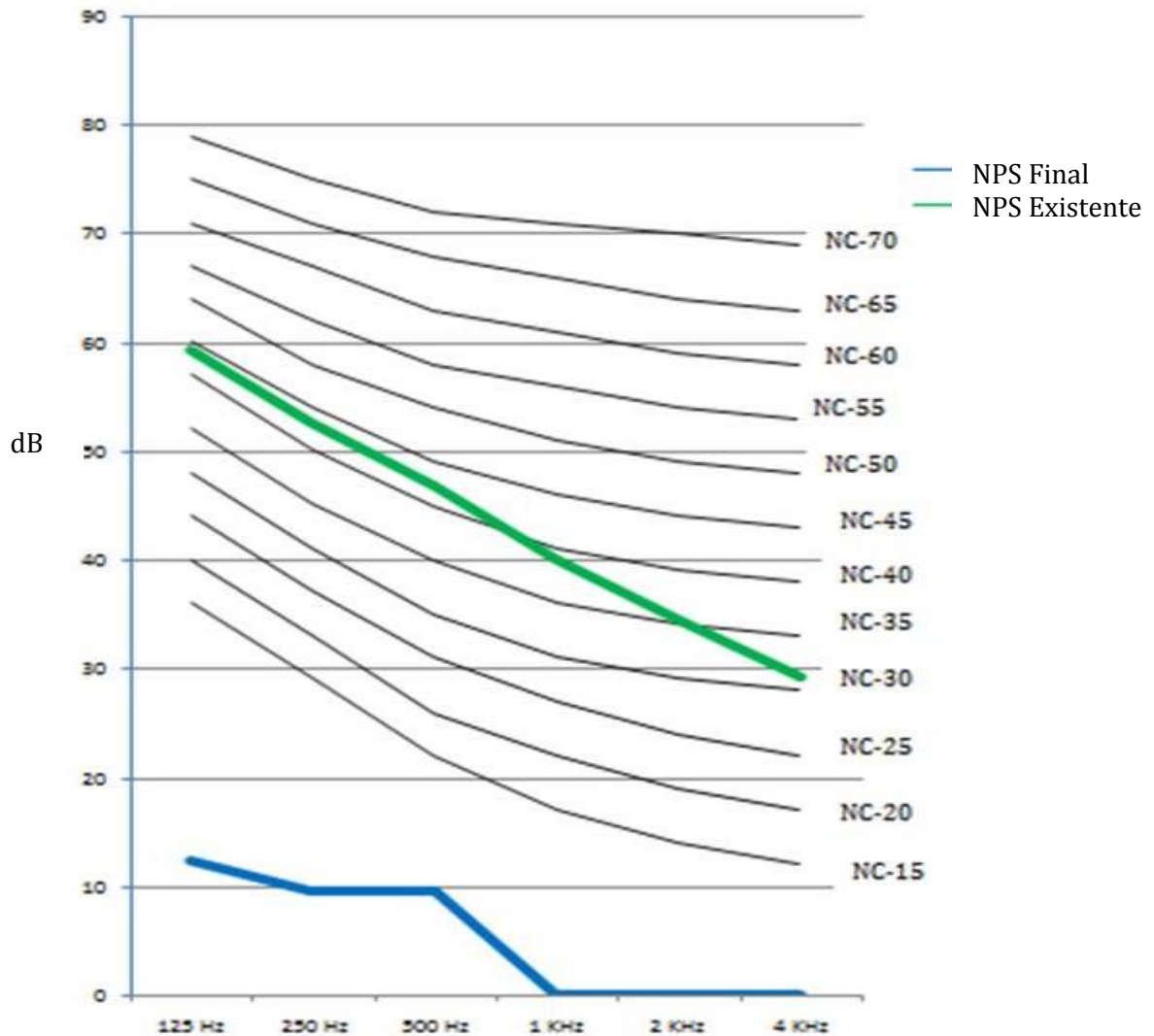
4.- Este nuevo nivel L1 + ΔL, será ahora el nuevo L1 y se seguirá el mismo procedimiento con el siguiente valor de banda de octava. Este proceso se repetirá tantas veces como sea necesario, hasta obtener la suma de todos los niveles.

Nivel de Presión Sonoro L1 (dBA)	12.4	14.2	14.4	16.7	18.5
Nivel de Presión Sonoro Li+1 (dBA)	9.6	0.95	12.79	19.34	26.63
Diferencia de Nivel de presión sonora Li-Li+1 (dBA)	2.8	13.25	1.61	-2.64	-8.13
Factor suma de nivel de presión sonora	1.8	0.2	2.3	1.8	0.6
Nivel de Presión sonora total L (dBA)	14.2	14.4	16.7	18.5	19.1

Tabla 3.20, Calculo de NPS en dB

⁸ Recuero López Manuel, “Acústica arquitectónica, Soluciones prácticas” pag 344,

Al realizar los cálculos, se puede observar que el SPL del material propuesto es de 19.1 dB, por lo tanto, al compararlo con el SPL de la curva NC-20 (19.5 dB) se comprueba que está por debajo de este valor, entonces queda establecido que el auditorio No.3 está aislado acústicamente. Para verlo de una forma más visual, los resultados se ven en la gráfica 3.2.



Gráfica 3.2. NPS del auditorio con el material propuesto

Por lo tanto, el auditorio No. 3 de la Unidad de Congresos del Centro Médico Siglo XXI quedó completamente aislado.

CAPÍTULO 4 COSTOS

En este apartado se muestra el precio de cada uno de los materiales, junto su la implementación de cada uno de ellos, además del costo total que tiene este proyecto.

4.1 Implementación de los nuevos materiales

Se desmontarán los materiales existentes dentro del recinto y se colocará primero un muro de tabique para después montar sobre este los nuevos materiales

➤ Acondicionamiento acústico

Para dar solución se colocarán los siguientes materiales en el interior del auditorio número 3 con los cuales se resuelve la problemática de acondicionamiento acústico

Paredes

59.63 m^2 Revestimiento lana de vidrio 50 mm + remate en listones de madera.



205.71 m^2 de fibra de madera (70 paneles de fibra de madera de 1.22 m^2 x 2.44 m^2)



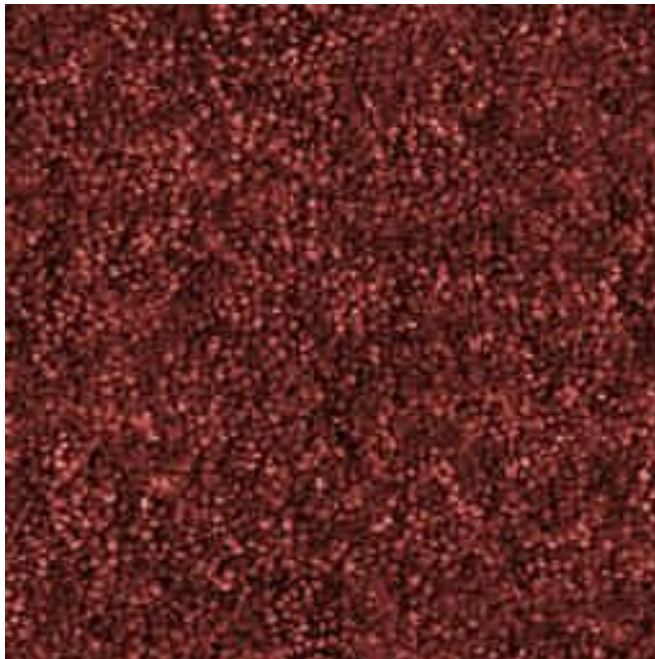
Pisos

Se colocarán 65.3 m² de alfombra de fibra de coco (de usos rudo)



Moqueta

Se instalarán 29 m² (Moqueta de color guinda)



Butacas

Se colocarán 269 butas, estas butacas se colocarán en la misma posición donde se encontraban las anteriores butacas ya que cuentan con dimensiones muy similares a las anteriores.



Entradas

Se instalarán 2 Puertas de 1.90m x 2.10m de madera 3 cm de espesor y 5 cm de cámara de aire)



Techo

Se colocará techo de placas de yeso ½ (105 Plafones de 1.20 m x 1.20 m para cubrir un área de 150 m²).



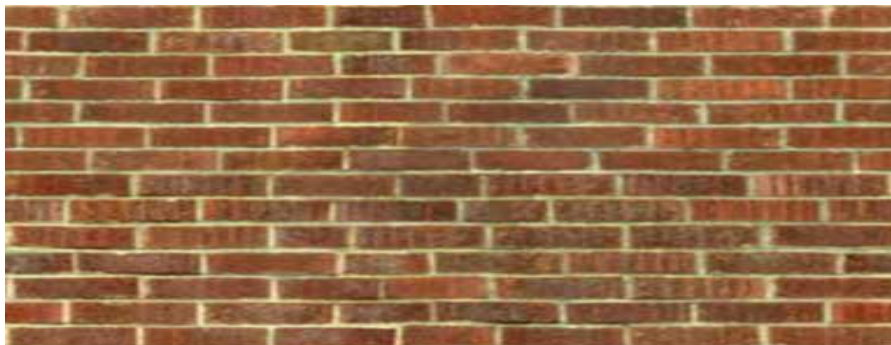
Brisa acustics

Se instalará Brisa acustics (24 paneles Material fibra- poliéster color anaranjado con dimensiones de 2m x 2m para cubrir una área de 95 m²)



AISLAMIENTO ACUSTICO

Para dar solución al problema de aislamiento acústico se colocará 110 m² de tabique de dimensiones 24 x 12 x 6 cm con el cual se consigue que el auditorio no presente afectación por el ruido que se filtra tanto del exterior en la parte de los pasillos así como también de la parte que colinda con el auditorio numero 1



4.2 Costos generales

Material	Cantidad y especificaciones	Costos	Total
Material para aislamiento			
Tabique	110 m ² de tabique De dimensiones 24 x 12 x 6 cm (5 millares de tabique)	\$2500 MXN x millar	\$12,500 MXN
Mortero	1 1/2 Tonelada	\$3150 MXN	\$3,150 MXN
Arena	1 Camión (5 Toneladas)	\$1500 MXN (carro completo)	\$1,500 MXN
Albañil	Albañil	\$85 x m ²	\$9,350 MXN
Materiales para acondicionamiento			
Alfombra fibra coco	70 m ² de alfombra de uso rudo de color azul	\$129 MXN instalación incluida	\$9,030 MXN
Butaca para auditorio modelo Audit- 10	269 butacas (con un 10% de recubrimiento)	\$350 MXN c/u Instalación incluida	\$94,150 MXN
Revestimiento lana de vidrio 50 mm + remate en listones de madera	60 m ² (Sistema constructivo en obra de revestimiento absorbente acústico que consiste en listones de madera (Pino cepillado 1" x 4"), separados entre sí por 15 mm y la formada entre los listones y la pared se rellena con lana de vidrio de alta densidad, 50 mm de espesor)	\$235 m ² MXN instalación incluida	\$14,100 MXN
Puertas			
2 puertas	Puertas de ((1.90)x(2.10) De madera 3 cm de espesor y 5 cm de cámara de aire)	\$2300 MXN c/u Instalación incluida	\$4,600 MXN
Fibra de madera	205.71 m ² (70 paneles de fibra de madera de 1.22 m ² x2.44 m ²)	\$388.70 MXN c/u Instalación incluida	\$27,209 MXN

“PROPUESTA DEL ACONDICIONAMIENTO Y AISLAMIENTO ACÚSTICO DEL AUDITORIO
NO. 3 DE LA UNIDAD DE CONGRESOS DEL CENTRO MÉDICO SIGLO XXI.”

Techo			
Brisa acustics	24 paneles (Material fibra- poliéster color anaranjado con dimensiones de $2\text{ m}^2 \times 2\text{ m}^2$ para cubrir una area de 95 m^2	\$550 MXN c/u	\$13,200 MXN
Colocador	Instalar 95 m^2 de brisa acustics	\$110 m^2 MXN incluidos los materiales para instalarlos	\$10,450 MXN
Moqueta			
Moqueta	29 m^2 Moqueta de color guinda	\$256 m^2 MXN Instalación incluida	\$7424 MXN
Techo de placas de yeso $\frac{1}{2}$ ((12.7mm))	105 Plafones de 1.20 m x 1.20 m para cubrir una área de 150 m^2	\$60 c/u MXN	\$6,300 MXN
Instalación	150 m^2 de techo	\$140 m^2 MXN Materiales incluidos	\$21,000 MXN
Costos de imprevistos	Cubre alguna implicación que se pudiera presentar		\$10,000 MXN
Total			\$243,096 MXN
2 ingenieros	10 % del proyecto		\$24,300 MXN
Total del proyecto			\$267,396 MXN

CONCLUSIONES

Considerando los beneficios que brinda el tener un auditorio adecuadamente acondicionado, con este proyecto presentamos el acondicionamiento y aislamiento del auditorio No. 3 de la Unidad de Congresos del Centro Médico Siglo XXI, llegando a la conclusión de que la propuesta cumple con los requerimientos que el auditorio necesita, mejorando su calidad acústica.

Debido a que el análisis de acondicionamiento y aislamiento acústico, que se realizó en este recinto, fue en condiciones reales, se considera que este trabajo puede ayudar a orientar a demás personas que tengan alguna problemática similar, llevándolos de la mano a encontrar una o varias soluciones.

Se desea que este trabajo sirva de ayuda para incrementar la concientización de ingenieros civiles, arquitectos, ingenieros acústicos, entre otros, en la importancia que tiene el diseño acústico en la construcción de auditorios, proponiendo que se tome más importancia al área acústica.

Creemos que esta Propuesta debe tomarse en cuenta para resolver las problemáticas que tiene el Auditorio Número 3, ya que satisface las necesidades que tiene el auditorio; decimos esto con certeza, porque en esta investigación demostramos de forma teórica y experimental que nuestra propuesta suplirá las necesidades.

A pesar de las diversas dificultades que se presentaron en la elaboración de este proyecto, se puede hacer mención que con la propuesta dada para la solución de las problemáticas que tiene el auditorio antes mencionado, podemos concluir que el objetivo planteado al inicio de este proyecto, fue alcanzado.

Anexo A
NOM-081-SEMARNAT-1994

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-081-SEMARNAT-1994, QUE ESTABLECE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN DE RUIDO DE LAS FUENTES FIJAS Y SU MÉTODO DE MEDICIÓN

1. OBJETO

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido que genera el funcionamiento de las fuentes fijas y el método de medición por el cual se determina su nivel emitido hacia el ambiente.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma oficial mexicana se aplica en la pequeña, mediana y gran industria, comercios establecidos, servicios públicos o privados y actividades en la vía pública.

3. REFERENCIAS

NMX-AA-40 Clasificación de ruidos.

NMX-AA-43 Determinación del nivel sonoro emitido por fuentes fijas.

NMX-AA-59 Sonómetros de precisión.

NMX-AA-62 Determinación de los niveles de ruido ambiental.

5. ESPECIFICACIONES

5.1 La emisión de ruido que generan las fuentes fijas es medida obteniendo su nivel sonoro en ponderación “A”, expresado en dB (A)

5.2 El equipo para medición el nivel sonoro es el siguiente:

5.2.1 Un sonómetro de precisión.

5.2.4.3 Un protector contra viento del micrófono.

5.3 Para obtener el nivel sonoro de una fuente fija se debe aplicar el procedimiento de actividades siguiente: Un reconocimiento inicial; una medición de campo; un procesamiento de datos de medición y; la elaboración de un informe de medición.

5.3.1 El reconocimiento inicial debe realizarse en forma previa a la aplicación de la medición del nivel sonoro emitido por una fuente fija, con el propósito de recabar la información técnica administrativa y para localizar las Zonas Críticas.

5.3.1.1 La información a recabar es la siguiente:

5.3.1.1.1 Croquis que muestre la ubicación del predio donde se encuentre la fuente fija y la descripción de los predios con quien colinde. Ver figura No. 1 del Anexo 1 de la presente norma oficial mexicana.

5.3.1.1.2 Descripción de las actividades potencialmente ruidosas.

5.3.1.1.3 Relacionar y representar en un croquis interno de la fuente fija el equipo, la maquinaria y/o los procesos potencialmente emisores de ruido. Ver figura No. 2A del Anexo 2 de la presente norma.

5.3.1.2 Con el sonómetro funcionando, realizar un recorrido por la parte externa de las colindancias de la fuente fija con el objeto de localizar la Zona Crítica o zonas críticas de medición. Ver figura No. 2A del anexo 2 de la presente norma.

5.3.1.2.1 Dentro de cada Zona Crítica (ZC) se ubicarán 5 puntos distribuidos vertical y/u horizontalmente en forma aleatoria a 0.30 m de distancia de límite de la fuente y a no menos de 1.2 m del nivel del piso. Ver figura No. 2A del anexo 2 de la presente norma oficial mexicana.

5.3.2 Ubicados los puntos de medición conforme a lo señalado en el punto 5.3.1.2.1 se deberá realizar la medición de campo de forma continua o semicontinua, teniendo en cuenta las condiciones normales de operación de la fuente fija.

5.3.2.1 Mediciones continuas

5.3.2.1.1 De acuerdo al procedimiento descrito en el punto 5.3.1 se elige la zona y el horario crítico donde la fuente fija produzca los niveles máximos de emisión.

5.3.2.1.2 Durante el lapso de emisión máxima se elige un período no inferior a 15 minutos para la medición.

5.3.2.1.3 En la zona de emisión máxima se ubicarán aleatoriamente no menos de 5 puntos conforme al procedimiento descrito en el punto 5.3.1.2.1. Se aconseja describir los puntos con las letras (*A, B, C, D* y *E*) para su identificación. La zona de emisión máxima se identificará con las siglas ZC y se agregará un número progresivo en el caso de encontrar más zonas de emisión máxima (ZC1, ZC2, etc.). Ver figura No. 2A del Anexo 2.

5.3.2.1.4 Se ajusta el sonómetro con el selector de la escala A y con el selector de integración lenta.

5.3.2.1.5 En caso de que el efecto del viento sobre la membrana del micrófono sea notorio se debe cubrir ésta con una pantalla contra el viento.

5.3.2.1.6 Debe colocarse el micrófono o el sonómetro en cada punto de medición apuntando hacia la fuente y mantenerlo fijo un lapso no menor de 3 minutos, durante el cual se registra ininterrumpidamente la señal. Al cabo de dicho período de tiempo se mueve el micrófono al siguiente punto y se repite la operación. Durante el cambio se detiene la grabación o almacenamiento de la señal, dejando un margen en la misma para indicar el cambio del punto. Antes y después de una medición en cada ZC debe registrarse la señal de calibración.

5.3.2.1.7 En toda medición continua debe obtenerse un registro gráfico en papel, para lo cual debe colocarse el registrador de papel al sonómetro de medición y registrar la señal de cada punto de medido y el registro de la señal de calibración antes y después de la medición de cada Zona Crítica.

5.3.2.5 Medición del ruido de fondo

5.3.2.5.1 Deben elegirse por lo menos 5 puntos aleatorios alrededor de la fuente y a una distancia no menor de 3.5 m, apuntando en dirección contraria a dicha fuente. Se aconseja describir los puntos con los números romanos (*I, II, III, IV* y *V*) para su identificación.

5.3.2.5.2 Debe medirse el nivel sonoro de fondo en cada uno de los puntos determinados conforme a los procedimientos señalados en los puntos 5.3.2.1 ó 5.3.2.2 de la presente norma oficial mexicana.

5.3.2.6 Determinación de la reducción acústica de un elemento constructivo en una Zona Crítica.

5.3.2.6.1 Para determinar el aislamiento producido por un elemento constructivo común a la fuente fija y a un recinto aledaño debe procederse como sigue:

5.3.2.6.1.1 Elegir 5 puntos en el interior de la fuente a 2 m de distancia del elemento constructivo común coincidente con alguna de las zonas críticas medidas y realizar la medición de conformidad a lo descrito en los puntos 5.3.2.1 y 5.3.2.2 dirigiendo el micrófono o el sonómetro hacia los generadores como se describe en la figura No. 2B del Anexo 2 de la presente norma oficial mexicana.

5.3.3 Procesamiento de datos de medición

5.3.3.1 Si la medición se realiza de forma continua:

5.3.3.1.1 Debe obtenerse el tiempo transcurrido en la medición para cada punto.

5.3.3.1.1.2 Debe calcularse el nivel sonoro equivalente del período de observación medido por medio de la fórmula:

$$N_{eq} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T 10 \frac{N}{10} dt \quad (1)$$

Donde:

Neq = nivel equivalente de cada punto

N = nivel fluctuante para cada punto

T = Período de observación

5.3.3.2.2 Debe calcularse el nivel equivalente para las observaciones en cada punto por la fórmula (8).

$$N_{eq} = 10 \log \frac{1}{m} \sum_m 10^{\frac{N}{10}} \quad (8)$$

Donde:

m = Número total de observaciones

N = Nivel observado

“PROPUESTA DEL ACONDICIONAMIENTO Y AISLAMIENTO ACÚSTICO DEL AUDITORIO
NO. 3 DE LA UNIDAD DE CONGRESOS DEL CENTRO MÉDICO SIGLO XXI.”

5.3.3.2.3 Debe calcularse el nivel equivalente de los niveles equivalentes obtenidos para cada punto por la fórmula (8)

5.4 Los límites máximos permisibles del nivel sonoro en ponderación “A” emitido por fuentes fijas, son los establecidos en la Tabla 1.

Tabla 1

HORARIO	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
de 6:00 a 22:00	68 dB (A)
de 22:00 a 6:00	65 dB (A)

6. VIGILANCIA

6.1 La Secretaría de Desarrollo Social, por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, así como los Estados y en su caso los Municipios, son las autoridades competentes para vigilar el cumplimiento de la presente norma oficial mexicana.

7. SANCIONES

7.1 El incumplimiento de la presente norma oficial mexicana, será sancionado conforme a lo dispuesto por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y demás ordenamientos jurídicos aplicables

8. BIBLIOGRAFÍA

8.1 Reglamento para la Protección del Ambiente contra la Contaminación Originada por la Emisión de Ruido. (D.O.F. 6 de diciembre de 1982).

8.2 Burgess, J. C., How much data is enough? - JASA 93(4-2) 2325. 1993. (¿Cuanta información es suficiente?).

8.3 Fidell, S., Schultz, T. J., Green, D.M. - A theoretical interpretation of the prevalence rate of noise-induced annoyance in residential populations. JASA 84(6), 2109-2113, 1988. (Una interpretación teórica del nivel de prevalencia de molestia de ruido incluido en poblaciones).

8.4 Fields, J.M. - The effects of numbers of noise events on people's reactions to noise; An analysis of exiting survey data JASA 75(2), 447-467, 1984. (Los efectos de números de eventos de ruido sobre las reacciones de la gente al ruido: un análisis de información existente).

8.5 Fisk, D.J. - Statical sampling in community noise measurements. J. Sound Vibr. 30, 221-236, 1969. (Muestra estática en las medidas de ruido en la comunidad).

8.6 Freund, J.E. Mathematical statistics.- Prentice-Hall, Inc. USA.- 1971. (Estadísticas matemáticas).

“PROPUESTA DEL ACONDICIONAMIENTO Y AISLAMIENTO ACÚSTICO DEL AUDITORIO
NO. 3 DE LA UNIDAD DE CONGRESOS DEL CENTRO MÉDICO SIGLO XXI.”

8.7 Gagliardini, L., Roland, J., Guyader, J.L.- The use of a functional basis to calculate acoustics transmission between rooms. J. Sound vibr. 145(3), 457-478, 1991. (El uso de las bases funcionales para calcular la transmisión acústica entre cuartos).

8.8 ISO-1996-1982 (E). Acoustics - Determination and measurement of environmental noise. (Acústica - Determinación y medida del ruido ambiental).

8.9 ISO-140/1978. Measurement of sound insulation in buildings and building elements. (Medida de la aislación de sonido en edificios y elementos).

8.10 Job, R.F.S.- Community response to noise.- A review of factors influencing the relationship between noise exposure and reaction. JASA 83(3), 991-1001, 1988. (Respuesta a la comunidad al ruido. Una revisión de los factores que influyen en la relación entre la exposición y reacción de ruido).

8.11 Ward, W.D., Cushing, E.M., Burns, E.M.-Effective quiet and moderate T.T.S.-Implications for noise exposure standards. JASA 59(1), 160, 165, 1976.

9. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

9.1 Esta norma oficial mexicana no coincide con ninguna norma internacional

10. VIGENCIA

10.1 La presente norma oficial mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

“PROPUESTA DEL ACONDICIONAMIENTO Y AISLAMIENTO ACÚSTICO DEL AUDITORIO
NO. 3 DE LA UNIDAD DE CONGRESOS DEL CENTRO MÉDICO SIGLO XXI.”

Dada en la Ciudad de México, Distrito Federal, a los quince días del mes de diciembre de mil novecientos noventa y cuatro.- El Presidente del Instituto Nacional de Ecología, **Gabriel Quadri de la Torre**.- Rúbrica.

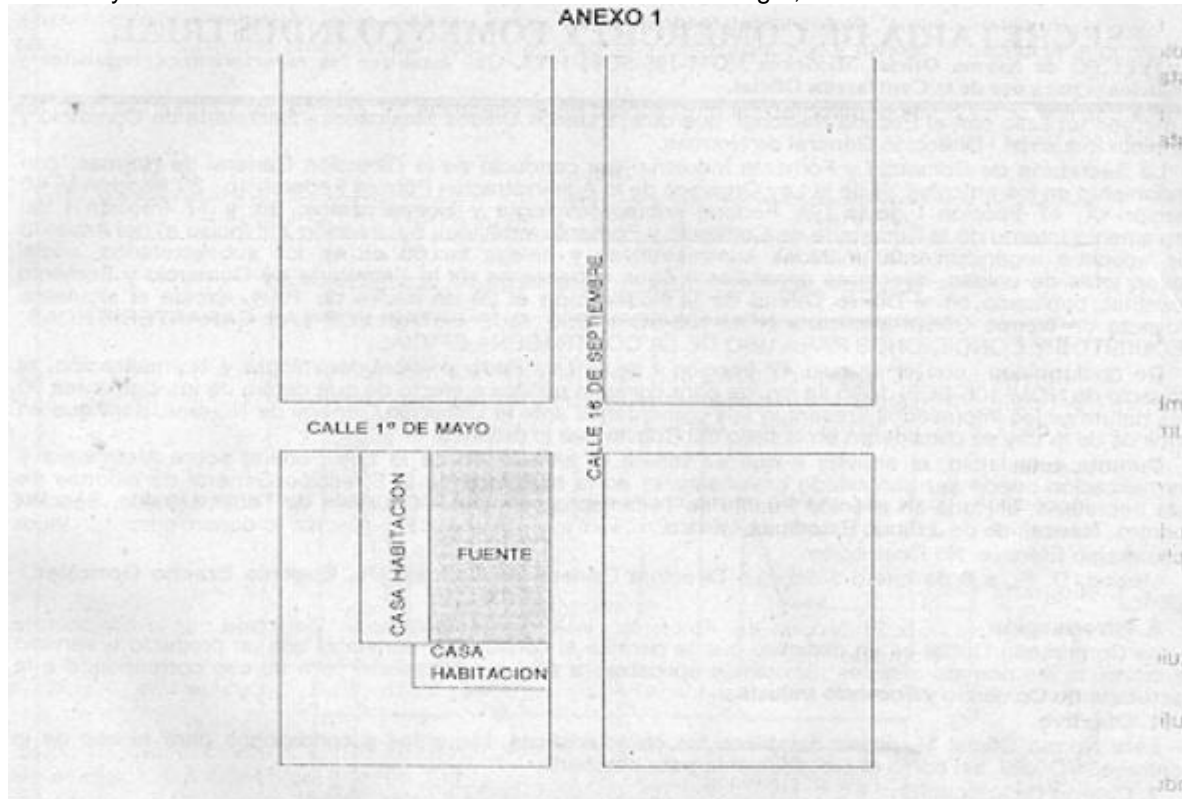


FIGURA No. 1. CROQUIS DE LOCALIZACION DE LA FUENTE FIJA.

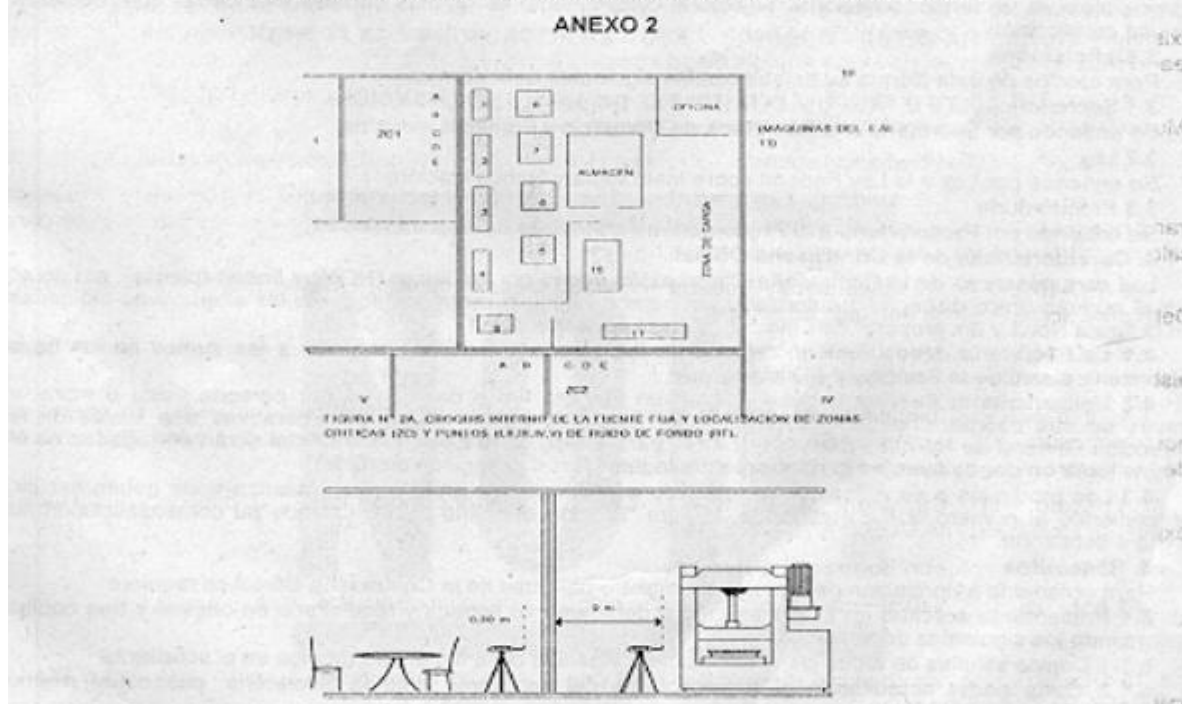


FIGURA No. 2B. POSICION DEL MICROFONO DE MEDICION PARA DETERMINAR EL AISLAMIENTO DEL MURO, BARRA, ETC. DEL PREDIO COLINDANTE.

ANEXO B
ANALIZADOR DE AUDIO
PHONIC PAA3

- Micrófono de medición calibrada integrada
- Analizador de tiempo-real 1/3 octava
- Pantalla valor de configuración de EQ de 31-bandas (incremento/corte)
- Medición RT60
- Chequeador de Fase
- Generador de ruido con ruido rosa, 1kHz y señal de prueba de polaridad, salida balanceada
- Función de memoria y calculación de promedio
- Calibración de indicador SPL mediante calibrador de nivel de sonido
- Indicador de Nivel de Presión Sonora desde 30 dB~130 dB
- Pantalla medición de línea de señal en dBu, dBV, o Volts (AC)
- Indicador SPL e indicador de nivel con tres niveles de gama de selección
- Máximo nivel, pantalla de peak hold
- Entrada XLR y salida enchufe
- USB interface para software de control para mesa
- CD de audio señal de prueba y software de soporte
- Tres modos de potencia: (1) Ahorro de energía (2) Encendido (3) Apagado
- Opera siete horas con cuatro baterías AA
- Adaptador de potencia AC incluido



ANEXO C
SONÓMETRO DIGITAL
NORSONIC NOR132

Sound Level Meters
Nor131 & Nor132

Applications

- Noise hazards in the workplace
- Prescription of hearing protection
- Environmental noise investigations
- Product noise testing
- Noise labelling



Features

- Single measurement range
- Parallel L_{Aeq} and L_{Cpeak}
- Real-time frequency analysis
- Both 1/1- and 1/3-octave bands
- Large internal memory
- Clock synchronized measurements

SPECIFICATIONS:

(Common for both models unless noted.) The Nor130 series of SLM fulfil the following standards: IEC60651, IEC60804, IEC61672, IEC61260, ANSI S1.4, ANSI S1.11, and ANSI S1.43.

The Nor131 instrument meets the Class1 requirements while the Nor132 instrument is to the Class 2 requirements.

Measured Parameters:

Simultaneous measurement of SPL, Leq, LMax, LMin, LE and LPeak (plus the Tmax5 for Germany only).

Time weighting functions:

Fast, Slow or Impulse.

Spectral weighting functions:

Simultaneously measurement of A and C or Z-weighting. Additionally the 1/1 octave real time filters covering all bands from 8 Hz to 16K Hz (option 1) or 1/3-octave covering all bands from 6,3Hz to 20kHz (option 4).

Statistical calculations (option 2)

7 fixed percentiles L1%, L5%, L10%, L50%, L90%, L95%, and L99% plus one user defined value (f.ex. L0.1%). The statistical calculation is performed in real time within each frequency band if the filter option 1 is installed.

Measurement range:

One range covering 120dB without any range adjustments

Self noise measured with microphone: 17dBA (25dBA for Nor132)

Maximum RMS level 137dBA

Maximum Peak level 140dB PeakC

Levels up to 174dB can be measured by use of a suitable 1/4” microphone.

Battery / power consumption:

4 IEC LR6 (AA sized). Separate display showing battery voltage and run time on battery since last battery change. Nominal operation time on one set of batteries is >8 hours. Nominal 11-15V external DC voltage. If external supply drops below 9 volt, it switches uninterrupted to internal batteries.

Datastorage:

5MB internal memory equals to 2.5 million values which typically holds all measured functions from up to 10,000 individual measurements.

Datatransfer:

Data transfer via USB 2.0 interface.

Microphone and preamplifier:

Detachable ICP preamplifier on Nor131 which allows up to 30 meter of extension cable to be used without loss of performance. 100 m for SPL level less than 130 dB and 300 m for SPL level less than 120 dB. Nor132 has a fixed ICP preamplifier. The microphones are free field electret types. A build in random incidence correction network can be selected. A built in optional correction network for the windscreen can also be selected.

Analogue output:

AC output, 100mV for full scale deflection.

Size and weight

Depth: 29 mm

Width: 74 mm

Length, excl. microphone/preamplifier: 215 mm

Length, incl. microphone/preamplifier: 305 mm

Weight incl. batteries: 380 g

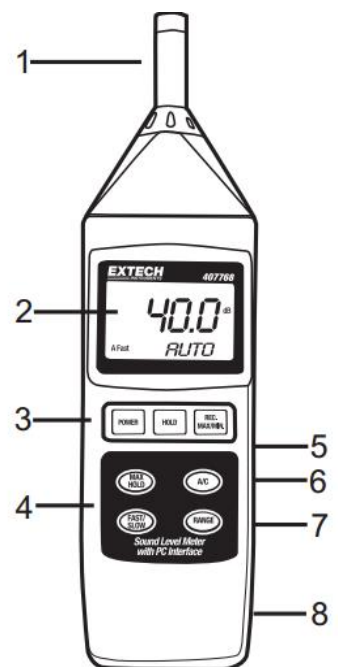
ANEXO D
SONOMETRO DIGITAL
EXTECH MODEL 447768

Especificaciones

- Pantalla LCD multi-función con escala automática
- Amplitud de banda de frecuencia: 31.5 Hz a 8 kHz
- Micrófono 0.5" Micrófono condensador Eléctret
- Terminales de salida Puerto RS-232 aislado ópticamente y salida CA
- Escalas de Medición: Escala automática: 30 a 130Db
- Escalas manuales: 30 a 80dB, 50 a 100dB, 80 a 130dB
- Ponderación de frecuencia 'A' y 'C' (Programable)
- Normas aplicables ANSI S1.4:1983 Type 2, / IEC 61672 Class 2,
- Precisión / Resolución $\pm 1.5\text{dB} / 0.1\text{dB}$
- Registro de Máximos /mínimos: Las lecturas alta y baja son almacenadas para recuperación posterior
- Retención de datos: La lectura indicada es retenida al oprimir la tecla HOLD
- Retención de máximos Sólo se indica la lectura más alta
- Tiempo de respuesta Rápido: 125ms / Lento: 1s (Programable)
- Salida análoga CA 0.5VCA rms escala total (600 Ω impedancia de salida)
- Tensión Batería 9V; Consumo: 6mADC aprox.
- Temperatura de operación 0 a 50°C (32 a 122°F)
- Humedad de operación Menor a 80% RH
- Dimensiones / Peso 268 x 68 x 29mm / 285g (10.6 x 2.7 x 1.1" / 0.63 lbs.)

Descripción del medidor

1. Micrófono
2. Pantalla LCD
3. Botones para encendido, retención y Min/Máx
4. Botones Máx, ponderación, tiempo de respuesta, y escala
5. Enchufe de salida CA
6. Potenciómetro para calibración
7. Enchufe para interfase RS-232 para PC
8. Compartimiento de la batería, soporte inclinado y trípode de monta



ANEXO E

Revestimiento Acustec



• REVESTIMIENTO LANA DE VIDRIO 50 MM + REMATE EN LISTONES DE MADERA

Sistema constructivo en obra de revestimiento absorbente acústico que consiste en listones de madera (Pino cepillado 1" x 4"), separados entre sí por 15 mm y la formada entre los listones y la pared se rellena con lana de vidrio de alta densidad, 50 mm de espesor, densidad 25 [kg/m³].

Figura 4 Absorción Acústica Panel Acústico NRC 0,7

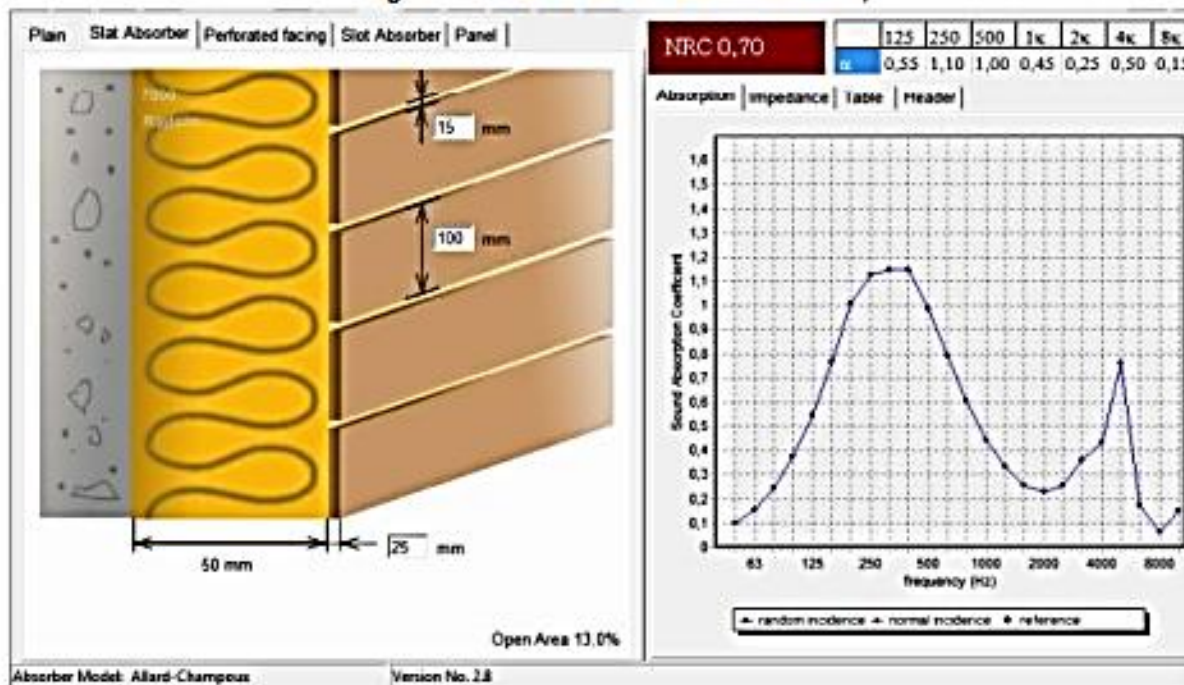


Tabla 1 Detalle del panel resonador propuesto

Parámetro	Dimensiones
W = Ancho del listón	100 [mm]
D = Espesor del listón	25 [mm]
r = Separación entre listones	15 [mm]
d = Separación del muro	50 [mm]

Bibliografía:

- ❖ Recuero López, Manuel, *Acústica Arquitectónica, Soluciones Prácticas*, 1992
- ❖ Recuero López, Manuel, *Estudios y Controles para grabación Sonora*, 1991
- ❖ Beranek, Leo L. *Acústica*, Edit. Hispano, 1961
- ❖ Carrion Isbert, Antoni, *Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos*, Edit. UPC, Julio 1998.
- ❖ Miyara, Federico, *Acústica y Sistemas de Audio*, Editorial: UNR Editora, 3ra edición, 2004
- ❖ Egan, David, “Architectural Acoustics”, production editor