

CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE REDUCCIÓN DE RUIDO (NRC), DE MATERIALES, UTILIZANDO UNA CÁMARA DE INSONORIZACIÓN.

Calculation of the coefficient of reduction of noise (NRC), of materials, using a chamber of soundproofing.

RESUMEN

En esta publicación se presenta la implementación de un Sistema de medición del índice de atenuación de sonido (SM) y el procedimiento para el cálculo del coeficiente de reducción de ruido NRC (Noise Reduction Coefficient), en ocho diferentes materiales, para finalmente diferenciarlos y encontrar el material de mayor atenuación de sonido en una aplicación específica. La metodología que se utilizó, incluye, la construcción de una cámara de insonorización, tomando como base los modelos implementados por la empresa COLOMBIT S.A., el modelo expuesto en el texto de Chapman y el procedimiento sugerido en Cyril. Los resultados muestran la frecuencia de mejor atenuación para cada material.

PALABRAS CLAVES: Sistema de medición, procedimiento de medición, sonido, atenuación, NRC.

ABSTRACT

This publication presents the implementation of the system for measuring the rate of decay of sound (SM) and the procedure for calculating the ratio of noise reduction NRC (Noise Reduction Coefficient), in eight different materials, to distinguish among them, and finally, find material more sound attenuation in an application specifies. The methodology that was used, includes the construction of a soundproof chamber, based on models developed by the company Colombit S.A., the model described in the text of Chapman and the procedure suggested by Cyril. The results show the better frequency of attenuation for each material.

KEYWORDS: System of measurement, procedure of measurement, sound, attenuation, NRC.

1. INTRODUCCIÓN

Las emanaciones excesivas de ruido, causan interferencia en las actividades cotidianas como: el estudio, el trabajo, el sueño y la recreación, también son causantes de esfuerzo, fatiga y estrés. El ruido de alta intensidad tiene un efecto acumulativo adverso sobre el mecanismo de audición humano; psicológicamente afecta negativamente la productividad en los trabajadores y causa desgastes y daños irreversibles. Por todo esto es importante eliminar o reducir gradualmente el ruido. El control de ruido se ha transformado en las últimas décadas en algo esencial para todo nuevo emprendimiento en cualquier área de la tecnología aplicada, desde proyectos relativamente pequeños, hasta instalaciones industriales de gran envergadura, como también proyectos arquitectónicos de todo tipo y alcance, es en otras palabras, un problema de salud pública. El control del ruido obedece también al afán de la toma de conciencia por parte de la sociedad acerca del problema de la contaminación del ambiente en general y sonora en lo específico. Además de la principal razón para controlar los niveles de ruido, que es la salud y el bienestar para el ser humano, también se deben tener en cuenta criterios tales como cumplimiento de las

normas, disposiciones y reglamentos de regulación de las emisiones de ruido, para así evitar acciones legales, que pueden conllevar al rechazo de un producto, el rediseño y modificaciones sobre las construcciones, lo que causa el desperdicio de recursos y el sobre costo producto de este tipo de situaciones.

Es por ello que la Universidad Tecnológica de Pereira a través de la Escuela de Tecnología Mecánica y específicamente en esta investigación de tipo exploratoria y descriptiva, aborda la problemática del control del ruido, desde un punto de vista académico, el cual inicia con el enfoque de los aspectos físicos del ruido, la determinación de los requerimientos necesarios para el diseño del sistema de medición y del dimensionamiento de la cámara de insonorización, adecuada para dar respuesta a la pregunta de investigación que es calcular el Coeficiente de Reducción de Ruido de los materiales (NRC) tales como Superlon, Sonoacoustic tipología de cubos [10], Sonoacoustic tipología de pirámides [10], Sonoacoustic tipología de ondas [10], Sonoacoustic tipología de domos [10], Superlon II [13][14], Poliuretano densidad 60 [7], Caucho Eva [8], todos ellos usados comúnmente en la insonorización de espacios y algunos de ellos donados por la empresa FIBERGLASS

M.SC. HÉCTOR ÁLVARO GONZÁLEZ B.

Profesor Asociado
Escuela de Tecnología Mecánica.
Universidad Tecnológica de Pereira
hagonza@utp.edu.co

EDWIN GIOVANNY SALAZAR NARVÁEZ.

Tecnólogo Mecánico
Escuela de Tecnología Mecánica.
Universidad Tecnológica de Pereira
salazar20062006@yahoo.es

CHRISTIAN HEMERSON CABRERA CASTAÑO

Tecnólogo Mecánico
Escuela de Tecnología Mecánica.
Universidad Tecnológica de Pereira
chcc175@yahoo.es

DE COLOMBIA a través del Arquitecto Fernando Villada, a quien se le agradece por su gestión. Se dan agradecimientos también a la empresa COLOMBIT de Manizales quien muy gentilmente hizo la donación del panel de fibrocemento para la construcción de la cámara de insonorización. Además, se establece un protocolo para la medición y cálculo del NCR. En el caso de la cámara de insonorización, después de analizar las experimentaciones realizadas en este campo se toma como base los modelos implementados por la empresa COLOMBIT S.A. [2][3] y el modelo expuesto en el texto Chapman y Hall, *The Measurement and Suppression of Noise*, Publishers [1] y el procedimiento sugerido en Cyril [5], los cuales se adaptan a los requerimientos deseados para esta investigación de carácter académico. El diseño y construcción de la cámara no se expone en esta publicación en razón a lo extenso y merece un tratamiento independiente [12].

Con este trabajo se pretende contribuir al mantenimiento del medio ambiente y del bienestar humano, también crear una herramienta que posibilite la determinación de las propiedades acústicas, de los materiales y que puede ser usada en posteriores investigaciones.

2. METODOLOGIA Y MATERIALES

2.1 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

Para calcular el valor de la atenuación de ruido de los materiales se requiere medir los niveles de potencia sonora NPS antes y después de colocada la muestra, como ya se mencionó anteriormente. Para la obtención de estos valores se hace necesario el desarrollo de una metodología de análisis y medición acústica la cual conlleva al diseño y construcción respectiva de un “*Sistema de medición del índice de atenuación de sonido*” que para facilidad se lo nombra con las siglas SM. Este sistema funciona de acuerdo a las bases teóricas de la acústica, en donde se tiene en cuenta el comportamiento del sonido en espacios cerrados y como medio de propagación al aire. Los Elementos que conforman el SM son, Generador de ondas, Amplificador de señal, Alto parlante, Sonómetro y software. Se describe al sonómetro como un instrumento de medida que capta los cambios en la presión sonora. La unidad de medida es el decibel (A). El sonómetro usado fue un Extech 407764 [9], (ver figura 1) y está conformado por: *un micrófono*, que convierte la variación de presión sonora en variación equivalente de señal eléctrica; *el preamplificador*, que transforma la alta impedancia del micrófono en baja; *las redes de ponderación de frecuencia*, que hacen que la respuesta en frecuencia del sonómetro sea semejante a la del oído humano, *el indicador digital*, que es en donde se visualiza el resultado de las medidas [15].



Figura No. 1 Sonómetro

La figura 2 muestra el SM en donde el generador de señal emite señales eléctricas de acuerdo al tipo de onda y de frecuencia que se desee, estas señales pasan a través del amplificador el cual aumenta la amplitud de la onda, produciendo así un sonido de mejor calidad el cual es emitido a través del alto parlante, que se encuentra ubicado dentro del ducto de la cámara de insonorización. La señal ya transformada en sonido es captada por el sonómetro el cual realiza la función inversa es decir, toma las ondas de sonido (energía mecánica) y las transforma en pulsos eléctricos (energía eléctrica) los cuales son interpretados por el mismo sonómetro que muestra en la pantalla el equivalente de esta energía en dB. Por medio del software que incluye el sonómetro, estos datos pueden ser llevados directamente a un computador en donde se facilita su almacenamiento y posterior análisis, además de que garantiza que los intervalos de tiempo entre las medidas sean muy precisos

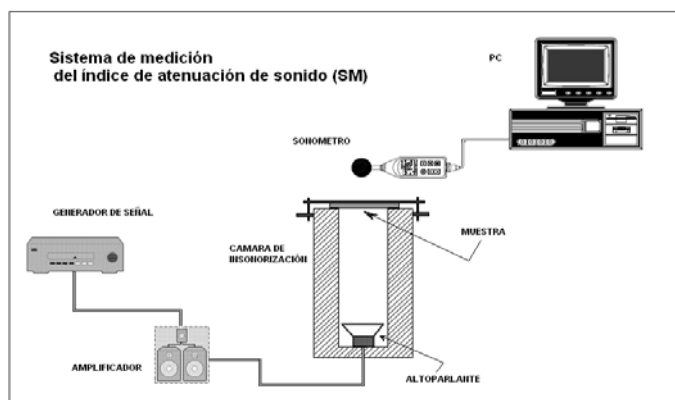


Figura No. 2 Sistema de medición del índice de atenuación de sonido SM

Para llevar a cabo las medidas y recolección de datos es necesario seguir el siguiente protocolo: La fijación de cada muestra a la cámara de insonorización, se realiza colocando la muestra en la parte interna del porta muestras, luego éste se coloca sobre la cámara de insonorización, justo sobre el marco de caucho (ver figura 2), tapando el ducto de la cámara de insonorización. Con el mecanismo de sujeción, se da el apriete o ajuste necesario a la muestra para que ésta quede firmemente apoyada sobre el marco de caucho y se garantiza el mayor aislamiento posible entre los elementos. Antes de

comenzar con las mediciones, verificar que la posición de la muestra no presente anomalías y que sea lo más perpendicular posible a la dirección del ducto, para garantizar una incidencia directa del sonido.

La preparación del generador consisten en fijar el generador de señales para producir 250 Hz. en onda sinusoidal, y la ubicación del sonómetro se realiza como se muestra en la figura 2, a 30 cm por encima de la muestra. Se coloca en ponderación “A” y en un rango de 40 – 90 dB, a excepción de la toma de datos para el ruido de fondo en el cual su rango es de 30 – 130 dB. Se comprueba que los datos del sonómetro coincidan con los datos del simulador del software (previa instalación y adecuación).

Con ayuda del software se hace la recolección y almacenamiento de los datos para su posterior análisis. El procedimiento se repite para cada uno de los materiales. Tomar por lo menos 20 mediciones en cada una de las frecuencias de 250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 Hz. Teniendo en cuenta que el recinto en donde se realizaron las pruebas no tiene recubrimiento contra ruido, es recomendable realizar las pruebas en las horas de la noche, para conseguir que el sonido de fondo sea el menor posible, además, no realizar pruebas cuando está lloviendo, ya que el ruido de fondo se incrementa demasiado.



Figura No. 3 Vista del montaje real del SM.

3. RESULTADOS

Para identificar los diferentes materiales en las tablas de resultados se acordó darles un número según la siguiente codificación:

- 0 Sin aislante
- 1 Superlon I
- 2 Sonoacustic tipología de cubos
- 3 Sonoacustic tipología de pirámides
- 4 Sonoacustic tipología de ondas
- 5 Sonoacustic tipología de domos
- 6 Superlon II
- 7 Poliuretano densidad 60

8 Caucho Eva

POTENCIA SONORA EN dB POR BANDAS DE OCTAVA									
Hz	MATERIALES								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
250	58,22	54,98	53,31	52,75	50,77	51,84	51,43	42,95	39,73
500	62,26	58,16	60,05	58,67	53,54	53,42	42,77	40,64	39,75
1000	66,10	62,18	64,34	65,58	64,85	64,68	59,09	50,21	47,11
2000	81,32	79,52	79,29	74,65	68,72	69,31	65,15	59,19	50,28
4000	84,30	77,27	75,86	70,86	68,35	65,35	71,38	54,34	49,73
8000	85,86	74,47	73,15	72,21	68,88	64,41	70,61	47,35	47,01
Promedio Por material	73,01	67,76	67,67	65,78	62,52	61,50	60,07	49,12	45,60

Tabla No. 1 Medida del NPS con cada material.

La tabla 1 da la posibilidad de obtener el promedio por material, el cual da una idea general de la cantidad en dB (A), que cada material deja pasar en cada frecuencia determinada.

De acuerdo a la información obtenida se puede ver que en la frecuencia de 2000 Hz, ocurre un caso particular, antes de este valor casi todos los materiales presentan un incremento en su nivel de NPS, consiguiendo su mas alto valor en esta frecuencia (2000 Hz), después de este valor el NPS comienza a decrecer casi en la mayoría de los materiales.

La grafica de la figura 3 se construye, con base en los datos obtenidos de la tabla 1, la grafica, brinda la posibilidad de observar de una forma mas clara la comparación entre el sonido producido sin aislante y el mismo sonido al ser obstruido por cada uno de los materiales de la prueba. Las curvas de cada material en la gráfica muestran que cada uno de ellos se comporta de manera distinta a la variación de la frecuencia. Como una primera aproximación se puede decir que los materiales que mejor aíslan el ruido son el Caucho Eva (material 8), y Poliuretano densidad 60 (material 7), y que entre los materiales que menos aíslan el ruido están Superlon I (material 1), y el Sonoacustic de tipología cubos (material 2).

De acuerdo a esta información, curiosamente se observa un comportamiento muy distinto del material Sonoacustic, que a pesar de formarse del mismo compuesto presenta grandes diferencias con respecto a su tipología. Generando una muy amplia diferencia entre la tipología de cubos (material 2), y la de tipología de domos (material 5).

El resultado del cálculo de la pérdida de transmisión de sonido STL y del coeficiente de transmisión de sonido STC se muestra en la tabla 2. El STL (Sound Transmission Loss), es la Pérdida de Transmisión de Sonido, y se define como la diferencia entre la intensidad de la fuente sonora y el ruido transmitido después de la muestra, éste se representa por medio de valores numéricos determinados por los diferentes materiales en cada una de las frecuencias. El STC (Sound Transmission Class), es el Coeficiente de Transmisión de

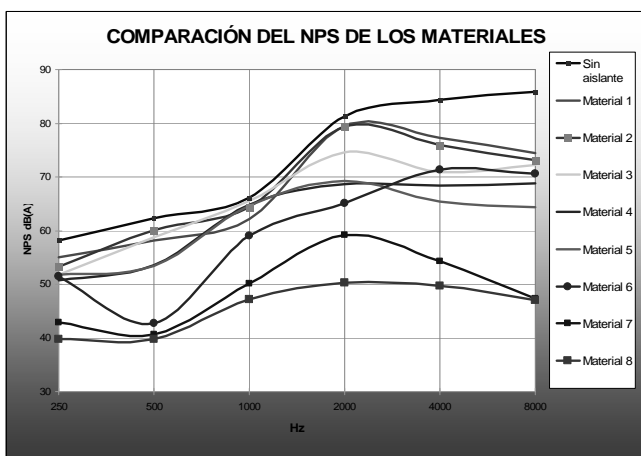


Figura No. 3 Comparación del NPS de los materiales.

Sonido, y se define como el promedio de los valores STL de cada material [10].

De acuerdo con su definición el STL se calcula como la diferencia entre la potencia del sonido de la fuente sonora sin la muestra en su camino (columna para material 0 en la tabla 1) y la potencia del sonido medida después de la muestra (columnas 1 a 8 de la tabla 1). Estas diferencias se muestran en la tabla 2.

COEFICIENTE DE TRANSMISION DE SONIDO (STC) EN dB (A)								
Hz	PERDIDA DE TRANSMISION DE SONIDO EN CADA MATERIAL (STL)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
250	3,24	4,90	5,46	7,45	6,38	6,78	15,26	18,49
500	4,10	2,21	3,59	8,72	8,84	19,49	21,62	22,55
1000	3,92	1,75	0,51	1,25	1,42	7,00	15,89	18,98
2000	1,79	2,03	6,66	12,6	12,01	16,17	22,13	31,03
4000	7,03	8,44	13,44	15,95	18,95	12,92	29,96	34,57
8000	11,38	12,7	13,65	16,97	21,45	15,24	38,51	38,84
STC	5,243	5,338	7,218	10,490	11,508	12,933	23,895	27,410

Tabla No. 2 STL y STC de cada material.

Con la elaboración de la tabla 2 se obtiene un valor real y claro de la atenuación de sonido que se experimenta con cada uno de los materiales. El promedio es un dato general de este valor de atenuación. Claro que hay que recordar que el comportamiento de atenuación no es un parámetro lineal comparado con el incremento de la frecuencia. De los datos obtenidos se comprueba que el Caucho Eva (material 8), presenta el mejor margen de atenuación de acuerdo a su promedio de 27,410 dB (A), y que el Superlon I (material 1), presenta el menor índice de atenuación de acuerdo a su promedio que es de 5,243 dB (A).

El resultado del cálculo del coeficiente de reducción de ruido NRC se muestra en la tabla 3. El SAC (Sound Absorption Coefficient), que es el Coeficiente de

Absorción de Sonido definido como el porcentaje de energía acústica absorbida por cada material en cada una de las frecuencias, se requiere para el cálculo del NRC. El NRC (Noise Reduction Coefficient), Coeficiente de Reducción de Sonido, es el promedio aritmético del coeficiente de absorción de sonido (SAC) de cada material en las diferentes frecuencias y expresado en porcentaje [5]. El SAC está definido por la ecuación 1 que representa una proporción en peso del STL comparado con el NPS cuando no se tiene aislante :

$$SAC = (NRC \text{ ideal}) * (STL)/NPS \quad [\%] \quad (1)$$

En donde NRC ideal es igual a 1.

Se muestra a manera de ejemplo el cálculo del NRC para el material 1:

Cuando no hay aislante, a la frecuencia de 250 Hz. El NPS es de 58.22 dB (A), medida sin la muestra y se expresa en dB (A), valor que se toma de la tabla 1.

Para el material 1 a la frecuencia de 250 Hz su NPS es de 54,98 dB (A), que es la potencia del sonido transmitido por la pared en dB y cuyo valor es tomado de la tabla 1. Ahora, realizando la diferencia se tiene el STL del material 1,

$$STL \text{ del material 1} = 58.22 - 54,98 = 3,24 \text{ dB (A)}$$

De la ecuación 1 se calcula el SAC del material 1 para la frecuencia de interés, en este caso 250 Hz.

$$SAC = (1) * (3.24 \text{ dB}) / (58.22 \text{ dB}) = 0.055 \%$$

Calculando todos los valores del SAC, uno por cada frecuencia, se procede a promediar estos valores y es así como se consigue el valor del NRC.

$$NRC \text{ del material 1} = 0,069 \text{ (Ver tabla 3).}$$

La tabla 4 muestra los resultados finales del cálculo del Coeficiente de Transmisión de Sonido (STC), y del Coeficiente de Reducción de Sonido (NRC), que son los valores a tener en cuenta para valorar las características de aislamiento acústico de los materiales.

De acuerdo con la información obtenida con el análisis de datos por medio de las tablas y de las gráficas, de manera general se puede concluir y decir, que la percepción del sonido al incremento de la frecuencia no se hace de manera lineal, se podría decir más bien, que sigue una inclinación exponencial. Debido a esto no es posible determinar sin una previa medición y análisis, cuál será el comportamiento de un material de acuerdo al incremento o decremento de las frecuencias de sonido al cual estará sometido.

COEFICIENTE DE REDUCCION DE SONIDO (NRC)								
HZ	COEFICIENTE DE ABSORCION DE SONIDO POR MATERIAL (SAC) EN %							
	1	2	3	4	5	6	7	8
250	0,055	0,084	0,093	0,127	0,109	0,116	0,262	0,317
500	0,065	0,035	0,057	0,140	0,141	0,313	0,347	0,362
1000	0,059	0,026	0,007	0,018	0,021	0,105	0,240	0,287
2000	0,022	0,024	0,081	0,154	0,147	0,198	0,272	0,381
4000	0,083	0,100	0,159	0,189	0,224	0,153	0,355	0,410
8000	0,132	0,147	0,158	0,197	0,249	0,177	0,448	0,452
NRC	0,069	0,069	0,093	0,138	0,149	0,177	0,320	0,368

Tabla No. 3 NRC de cada material.

Para la escogencia del material más adecuado a la hora de realizar un diseño y un montaje con aislantes acústicos es necesario determinar con anterioridad el rango de frecuencias a atenuar, para así obtener resultados óptimos.

RESUMEN DE ATENUACION			
No	MATERIALES	STC	NRC
1	Superlon I	5,243	0,069
2	Sonoacustic T. Cubos	5,338	0,069
3	Sonoacustic T. Pirámides	7,218	0,093
4	Sonoacustic T. Ondas	10,49	0,138
5	Sonoacustic T. Domos	11,508	0,149
6	Superlon II	12,933	0,177
7	Poliuretano densidad 60	23,895	0,320
8	caucho Eva	27,41	0,368

Tabla No. 4 Resumen atenuación para cada material en dB (A).

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

La atenuación del ruido actualmente es uno de los principales factores a tener en cuenta, para la preservación del medio ambiente, ya que se considera como un factor contaminante. Para su control se han creado una gran variedad de normas y leyes, con las que se busca mejorar las condiciones laborales de los empleados y el bienestar y confort de todas las personas en general.

Con el desarrollo de este proyecto, se logró obtener una herramienta que posibilita la medición del Coeficiente de Reducción de Sonido NRC, de los materiales, el cual es un factor muy importante, principalmente en el diseño y construcción de recintos como: teatros, salas de grabación, salones de clase, oficinas, lugares de habitación, así como también para el aislamiento de motores y maquinaria a nivel industrial.

El mecanismo utilizado en este trabajo facilita la investigación de las propiedades acústicas, e implementación de nuevos materiales, en la construcción de barreras acústicas,

un ejemplo de ello es la utilización de fibras vegetales. Contribuyendo así a la conservación del medio ambiente al evitar el uso de materiales sintéticos y contaminantes, además este tipo de investigaciones posibilitan nuevos hallazgos y una considerable reducción en los costos, que actualmente representa la implementación de las barreras acústicas.

La evaluación de un material como un bueno o malo aislante de ruido, radica en la característica del ruido que se desea aislar, es decir cada material atenúa de manera distinta, de acuerdo a las frecuencias del ruido a las que se somete. Por lo cual un material que aparentemente es muy buen aislante puede presentar un déficit en la atenuación en cierto rango de frecuencia y un material catalogado como no muy buen aislante se puede comportar de mejor manera en la frecuencia especificada.

Por ejemplo: al analizar la gráfica de la figura 3 se observa que el material 6 Superlon II, en general se puede decir que presenta un buen índice de atenuación de ruido en el rango de 250 Hz hasta 1000 Hz, pero a partir de los 1000 Hz, la curva aumenta rápidamente indicando que el valor de atenuación baja considerablemente. Si se compara con el material 5 Sonoacustic tipología de domos, se observa que no es muy bueno atenuando el ruido en el rango de 250 Hz a 1000 Hz, pero si es mucho mejor atenuando el ruido en frecuencias superiores a los 2000 Hz.

En cuanto al comportamiento de los materiales analizados se puede decir que el nivel de atenuación de ruido de cada uno de ellos depende de factores como:

Densidad, en donde los materiales como el Poliuretano densidad 60 y el caucho Eva tuvieron mejor Coeficiente de Reducción de Sonido NRC.

Tipología o forma. Al analizar el material Sonoacustic que presentan diferentes formas o tipologías, se observa que los valores de Coeficiente de Reducción de Sonido NRC, difieren para cada una de ellas, a pesar que dimensionalmente son muy parecidas.

La Tipología de cubos apenas deja ver su nivel de atenuación a partir de la frecuencia de 2000 Hz (ver figura 3).

La Tipología de pirámide presenta un alto índice de atenuación en la frecuencia de 2000 Hz (ver figura 3).

La Tipología de ondas presenta un nivel de atenuación similar o se podría decir constante a partir de la frecuencia de 1000 Hz (ver figura 3).

La Tipología de domos presenta un comportamiento similar a la tipología de ondas, aunque se puede notar por los datos numéricos:

STC = 11,508 (Coeficiente de Transmisión de Sonido)
 NRC = 0,149 (Coeficiente de Reducción de Sonido)

Que esta topología es la que mejor desempeño tiene en cuanto al nivel de atenuación del material Sonoacustic se refiere (ver tabla 4).

Espesor. La diferencia de atenuación de ruido de los materiales Superlon I de 8 mm y Superlon II de 10 mm, es bastante considerable teniendo en cuenta los siguientes valores obtenidos: (ver tabla 4)

NRC Superlon I = 0,069

NRC Superlon II = 0,177

De estos dos valores se deduce que la diferencia de espesores entre los materiales causa una diferencia de aproximadamente 2,5 en el valor del coeficiente de reducción de ruido (NRC).

Nota: a manera de conclusión se puede decir que: el material Superlon II, resulta ser una muy buena opción en cuanto al aislamiento medio se refiere, debido a su peso liviano, fácil manejo, disponibilidad en el comercio y bajo costo.

4.2 RECOMENDACIONES

Continuar estimulando la vinculación de la universidad con el sector empresarial e industrial por medio de este tipo de investigaciones, pues se generan valiosos aportes y una mejora considerable en el aprovechamiento de los recursos de la región, además de proporcionar medios y mecanismos que faciliten la realización de nuevos proyectos.

Realizar de nuevo esta investigación con altoparlantes de potencia superior a 2 wattios, con el objeto de lograr mayores niveles de ruido y ampliar la escala de atenuación de los materiales.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] CHAPMAN Y HALL. The Measurement and Suppression of Noise. Publisher A.J. KING, 1985
- [2] COLOMBIT S.A. Aislamiento acústico construcción liviana en seco, Notas técnicas, No 30, agosto 2006.
- [3] COLOMBIT S.A. - WebSite Corporativo <<http://www.colombit.com.co/>>
- [4] Curso de Acústica creado por GA. © Copyright 2003. <http://www.ehu.es/acustica/espanol/basico/casoes/casoes.html>>
- [5] CYRIL M. Harris. Manual de medidas acústicas y control del ruido, 3ª edición McGraw-Hill/interamericana de España. 1995. p 9.1-9.23, ISBN 84-481-0304-1
- [6] Disponible en Internet:
<file://localhost/C:/en%20tesis%2025%20JUNIO/TEORIA/TEORIA.htm>
- [7] ESPUMLATEX COLOMBIA. S.A. <http://www.espumlatex.com/web/>
- [8] EVACAUCHO COLOMBIA S.A. http://evacauchoco.com/index.php?option=com_zoom&Itemid
- [9] EXTECH, Registrador medidor de nivel de sonido, Modelo 407764, Manual del usuario.
- [10] FIBERGLASS COLOMBIA S.A. Notas técnicas desarrolladas por la unidad De servicios Técnicos de Fiberglass Colombia.
- [11] KUTTRUFF H. Room Acoustics, Applied Science publishers LTD, England. 1979. p. 3-7. <http://www.labc.usb.ve/EC4514/AUDIO/Sonido/Caracteristicas_del_Sonido>
- [12] LAWRENCE E. KINSLER. Fundamentos de Acústica. Editorial Limusa, México, 1988. ISBN 968-18-20-26-6.
- [13] POLYLON S.A. <http://www.polylon.com/construccion.htm>
- [14] PROMICOLDA DE COLOMBIA S.A. Productos Microcelulares. <<http://www.promicolda.com/web/paginas/documento.php?id=96&idmp=0>>
- [15] UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. El Sonómetro. <<http://www.uva.es/consultas/guia.htm>>