

Caracterización de niveles de ruido en dos aulas de la Universidad Pedagógica Nacional: condiciones de aislamiento, tiempo de reverberación e inteligibilidad de la palabra

- Characterization of noise levels in two classrooms of the Universidad Pedagógica Nacional: isolation conditions, reverberation time and speech intelligibility.

Lic. Laura Mercedes Arteaga Rojas
Universidad Pedagógica Nacional, Colombia
dte_larteaga730@pedagogica.edu.co, lauratkd16@gmail.com

Fecha de Recepción: 25 de Agosto de 2019 / Fecha de Aceptación: 30 de Noviembre de 2019

Resumen: Este trabajo tiene como objetivo evaluar la incidencia del ruido en dos aulas del bloque C de la Universidad Pedagógica Nacional (sede calle 72). En estos espacios la comunicación y la inteligibilidad de la palabra son complejas, dado que los salones están ubicados sobre una vía vehicular como lo es la Calle 72, y los materiales empleados como división entre salones no son los adecuados (madera de 5mm de espesor), así como la geometría del salón y la disposición del mobiliario, entre otros factores. A partir de lo dicho se evalúan las condiciones acústicas actuales de las aulas, de acuerdo con lo que indican las normas nacionales e internacionales, las cuales determinan la forma de medir el tiempo de reverberación, la presión acústica, condiciones de aislamiento y el ruido de fondo, etc. También se realiza un diagnóstico perceptivo de la población que toma clases en estos recintos. Para finalizar se plantean un conjunto de recomendaciones de adecuación acústica para estos espacios conforme al análisis de las mediciones y el diagnóstico perceptivo de las personas. **Palabras clave:** Ruido, condiciones acústicas, aislamiento acústico, percepción sonora.

Abstract: This paper aims to evaluate the noise incidence in two classrooms of block C of the National Pedagogical University (72th Street). In these spaces the communication and the intelligibility of the word are complex, given that the rooms are located on a vehicular road as it is the 72nd Street, and the materials used as a division between rooms are not suitable (wood 5mm thick), as well as the geometry of the room and the layout of the furniture, among other factors. Based on what has been said, the current acoustic conditions of the classrooms are evaluated, according to national and international standards, which determine how to measure reverberation time, acoustic pressure, insulation conditions and noise background, etc. There is also a perceptive diagnosis of the population that takes classes in these enclosures. Finally, a set of acoustic adaptation recommendations are proposed for these spaces according to the analysis of the measurements and the perceptive diagnosis of the people.

Keywords: Noise, acoustic conditions, sound insulation, sound perception.

1. Introducción:

Las aulas de clases son un espacio físico que se caracterizan por su ubicación y elementos de aislamiento acústicos como puertas, ventanas, divisiones entre salones y disposición del mobiliario, los cuales están expuestos al ruido, cuando este se filtra en el aula genera en las personas tener que elevar su tono de voz, esto además depende del uso que se le preste a estos recintos.

La comodidad de estos espacios sirve para el desarrollo de actividades académicas conforme a la necesidad de las personas que lo usan. Se ha llegado al punto donde

las condiciones de los materiales que envuelven el aula (condiciones de aislamiento), están afectando a los maestros y estudiantes, de acuerdo con la arquitectura de construcción de dichos espacios. Un ejemplo de esto es cuando el docente está en su clase, pero otros sonidos externos al aula se alcanzan a percibir hasta donde la docente esta (reverberación), o cuando se filtran fuentes de ruido como el tráfico vehicular o personas transitando en los pasillos contiguos a los recintos mencionados anteriormente, y mientras las personas que estén en el espacio afectado se encuentran en silencio se perciben ruidos externos (ruido de fondo). Esto se debe a que existen malas condiciones de aislamiento acústico y los

1. Licenciada en Electrónica de la Universidad Pedagógica Nacional.

altos niveles sonoros pueden causar muchos problemas para los profesores y estudiantes. Además, el riesgo de daño auditivo [1] describe que el 13% de 467 maestro se les diagnosticó problemas de laringe y factores que atribuyen a malestares de garganta, esto a largo plazo puede ocasionar pérdida de la voz, la exposición de estos niveles sonoros varían según las condiciones estructurales del recinto, debido a la presencia de diferentes fuentes de ruido y la variedad de actividades que se llevan a cabo en estos entornos.

De acuerdo con lo anterior, la razón del ruido excesivo y el efecto de la reverberación dentro del aula interfiere con su capacidad de escuchar claramente a su maestro. La ONU presenta en su informe que cuando los niveles sonoros son mayores a 50dBA [2] (medición de potencia sonora) expuestos a los seres humanos el resultado les ocasiona: un menor nivel de concentración, un aumento de nivel de estrés. El modo primario de enseñanza implica el hablar y escuchar.

Otro estudio realizado en Portugal por [3] afirma que la incidencia del ruido en las instituciones educativas requiere evaluar de forma perceptiva y objetiva los espacios afectados por esta; en el análisis perceptivo realizado a 213 estudiantes, el 89.2% de los encuestados consideran que el aula de clases es ruidosa, ya que el tráfico vehicular es excesivo y perturba las clases. También se realizó el estudio a 20 profesores entre los 25 y 60 años, en el cual se evaluó la molestia del ruido de la calle (sirenas, alarmas, campanas u obras en construcción); el 5% de los encuestados consideran que el ruido es perturbador. Luego de comparar las encuestas realizadas con respecto a las mediciones tomadas con un sonómetro (CESVA modelo SC310), se encontró que el ruido al interior del aula de clases fue de 70,5 dB. Por lo tanto, se plantean un conjunto de recomendaciones conforme a los diagnósticos tomados y el resultado de estos, para disminuir el ruido que interfiere en las aulas y que de esta manera se mejore la percepción del mensaje hablado (Inteligibilidad de la palabra).

La labor investigativa de este proyecto se considera un aporte al conocimiento propio, al saber tecnológico del Licenciado en Electrónica en vista a la guía de orientación en tecnología [4] tomada del ministerio de educación, justifica el quehacer del licenciado en electrónica como alguien que usa los instrumentos propios de su disciplina para resolver problemas de su ejercicio. Esto implica una parte técnica, la cual es tomar datos y analizarlos, de forma

que se realicen los cálculos pertinentes para disminuir el ruido, así como lo indica la norma internacional [5], que está sujeta a un diagnóstico objetivo y recopilación de información en el diagnóstico subjetivo.

Las actividades que se realizan en el desarrollo de la investigación son: primero determinar las condiciones acústicas actuales de las aulas C108 y C220, un diagnóstico perceptivo a los estudiantes y profesores que utilizan estos espacios durante la sesión de clases, y por último, se plantean un conjunto de recomendaciones para estos espacios conforme al análisis de las mediciones acústicas y el diagnóstico perceptivo de las personas.

2. Metodología:

En la parte asociada con las mediciones acústicas, se determinaron las condiciones actuales de aislamiento, tiempo de reverberación e inteligibilidad de la palabra, de manera objetiva y subjetiva:

1) Descripción de las aulas

Para el análisis de cargas es necesario encontrar las componentes en el eje x e y los cuales son la fuerza tangencial y radial mismo

Se realizó un levantamiento de los planos de los salones de la Universidad Pedagógica Nacional, que fueron usados para la investigación. Estos planos se ilustraron en AutoCAD, versión 2017, en 2D y en vista isométrica frontal 3D de las salas C108 y C220 (ver figura 1).

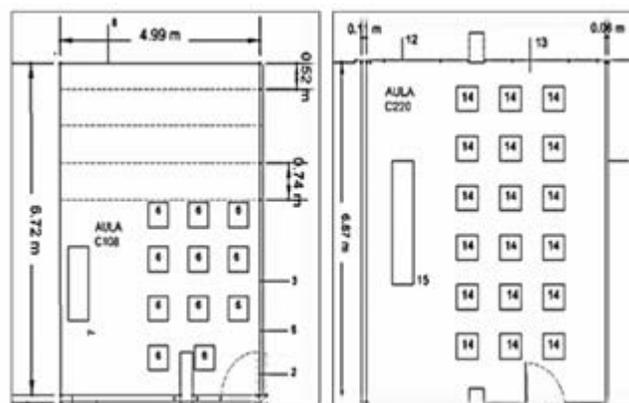


Fig. 1. Planos de las aulas C108 y C220. Los elementos que limitan y envuelven cada salón.

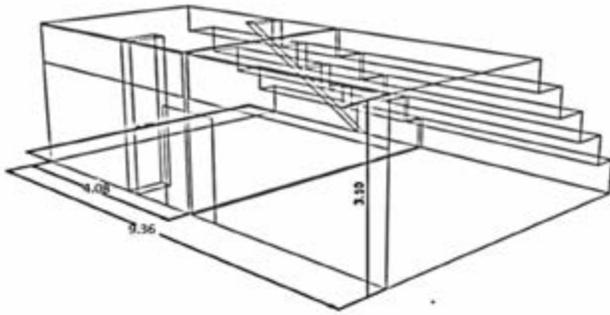


Figura 2. En esta imagen se perciben el plano en 3D de las salas C108 y C109, con las respectivas superficies que lo limitan. Vista isométrica frontal

El aula C108, se caracteriza por tener un volumen de (111 m³), se encuentra ubicada en el primer piso del edificio C de la Universidad Pedagógica Nacional y situada sobre la fachada interna de esta, al lado, también están ubicadas las gradas, los pasillos y canchas al aire libre. Según las características arquitectónicas internas del recinto, mostradas en la figura 2, las puertas que tienen las aulas C108 y C109, se encuentran seguidas una de la otra sobre la fachada (pasillos, canchas multipropósito, etc). El otro recinto que se evalúa es el C220, cuya ubicación se encuentra en el segundo piso del bloque C y sobre uno de sus costados se encuentra la fachada exterior, en la cual queda la vía vehicular calle 72, y en la otra fachada interna que contiene un pasillo de (2 m) de ancho, adyacente a esta aula C220 se encuentran salones colindantes el C219 de un volumen de (108.68 m³) y el C221 de volumen (67.84 m³).

Los materiales de construcción que envuelven la fachada interior y exterior, de los salones C108 y C109, son: paredes de cemento y ladrillo, el techo es la gradería del coliseo, ventanas de cristal y puerta de hierro. Las divisiones entre los salones entre las aulas C219 y C220 es de yeso cartón (5 mm) de ancho, las ventanas de cristal ubicadas en la parte superior de la división hierro y puerta de madera; mientras que la pared separación entre el C220 y C221 es de ladrillo y yeso cartón. Adicional, se encuentran pupitres, tableros en acrílico, silla y escritorio para docente, y pisos de granito.

2. Medición niveles de ruido:

Con este procedimiento se obtuvo el nivel de ruido al cual están expuestos tanto estudiantes como docentes debido a diferentes fuentes que se filtran en las aulas de clase, como el tráfico vehicular, las actividades en salones aledaños y el tránsito de personas por zonas de libre circulación o eventos deportivos y/o culturales. La medición del ruido de fondo se hace al interior de las aulas C108 y C220, y las contiguas a estas. En la norma [6] describe de qué forma se puede medir el ruido de fondo, el cual consiste en ubicar el sonómetro en la parte central

del recinto y establecer los tiempos de promediado por cada posición de sonómetro empleada.

Para esta investigación, en el aula C108 se usó un delay de 5 segundos, cuando la persona que mide y oprime el sonómetro, genera algún tipo de perturbación en el momento de iniciar la medición, el instrumento tiene un retraso para este tipo de sucesos. Para cada posición de sonómetro, los datos medidos de cada frecuencia tienen un búfer (500 ms) por periodos en tiempos de integración de (10 s) con un espectro de frecuencia por tercio de octava de (50 Hz a los 5000 Hz), es el tiempo usado para tomar la medida de los niveles de sonido sobre el espectro. En el aula C220 se hace una medición teniendo en cuenta la existencia de flujo vehicular de la calle 72 y tomando como referencia el cambio de semáforo.

3. Medición de aislamiento:

Para esta medición se empleó la norma [6]. La primera parte permitió, determinar los siguientes métodos: el volumen de la sala, el índice de reducción sonora presente en elementos divisorios entre salones de clase L_n (logarítmicamente), que para este caso son muros en ladrillo o un panel en yeso cartón. La tercera parte permitió encontrar el índice de reducción sonora en las fachadas tomando como fuente el tráfico rodado existente.

Para la parte uno, de la norma [6] se encuentra con una fuente omnidireccional (sirve para emitir una señal de sonido) y un sonómetro (mide los niveles de presión sonora de las señales de sonido que se filtran en algún recinto) como mínimo; para la tercera parte solamente se emplea un sonómetro como mínimo y dos como máximo. El número de puntos a medir en cada sala es de cinco con dos posiciones por una posición de fuente, lo cual implicó tomar diez puntos, como valor mínimo al emplear dos sonómetros, o de 20 puntos al trabajar con un sonómetro.

Se satisfacen las condiciones de ubicación y espaciamiento entre puntos de sonómetros (0,5m) y fuente (2m), como entre fuente o sonómetros y superficies reflejantes (1m). Cada punto se repite tres veces para disminuir el error en la medición. Si el volumen de la sala es menor a 25m³ se debe hacer corrección en baja frecuencia (50, 63, 80Hz) de acuerdo con lo estipulado en la norma y toma un tiempo de (10 s) entre cada medición por cada frecuencia, ninguna sala tiene una medida inferior al volumen de (25 m³).

Estas mediciones son procesadas y cuantificadas obteniendo datos de los índices de reducción sonora, las cuales se valoran empleando la norma [7] y determinando un valor numérico del aislamiento de los elementos divisorios que constituyen la sala.

3. Medición de tiempo de reverberación:

Para medir el tiempo de reverberación se emplea la norma [8], la cual aplica para recintos pequeños, es decir, con volúmenes inferiores a 300 m³. Se utilizó el método de precisión y de ingeniería. Así mismo, se hicieron doce mediciones, teniendo en cuenta las posibles combinaciones entre posición de fuente y posición de sonómetros, y en cada punto se deben realizar tres repeticiones. Esta medición junto con el cálculo del volumen de la sala, determino la absorción acústica de la misma. Para esta medición fue necesario el uso de una fuente omnidireccional y un sonómetro. La distancia mínima entre puntos de medición (posiciones de sonómetro) debe ser (0,7 m), entre fuente y sonómetro es de (2 m), y entre fuente o sonómetro y superficies reflejantes debe ser de (1 m). En este caso se realizaron 36 mediciones que toman un tiempo alrededor de 2 horas.

3. Adecuación acústica:

Una vez se realizan las mediciones y obtención de datos, estos son manipulados, cuantificados y calculados, para que luego se comparen con lo que establecen las normas internacionales [5] y [8]. A partir de estos valores y los recomendados por la norma [5] se plantean las recomendaciones para lograr los valores acústicos deseados.

Para el diagnóstico perceptivo, es necesario la recopilación de datos aplicando el método de encuestas dirigidas a personas que no tienen formación musical, de lo cual se puede asociar con los datos cuantificados de la medición objetiva: el volumen del recinto, la claridad para escuchar a otras personas al hablar y si se alcanzan a percibir fuentes de ruido externas al aula cuando ésta se encuentra en silencio; esto se utiliza con el fin de obtener una calificación de la sala.

Para la valoración de la encuesta, se toma el método del autor [9] quien evalúa las respuestas conforme a una escala enumerada que podría inducir al encuestado a obrar con un criterio limitado por su experiencia previa, produciría una respuesta en el trazado de líneas de regresión que vinculen parámetros subjetivos.

Por lo tanto, se realiza una línea continua en donde el encuestado marque a su preferencia un punto entre el rango de uno a diez, las líneas serán luego asimiladas a una escala graduada. En este caso se dibujaron cada línea de diez centímetros de largo, lo que permitirá convertir las marcas de los encuestados en una escala de diez a cien puntos, según se prefiera.

Las encuestas que se aplican a un grupo de estudiantes y docentes de un espacio académico de la Licenciatura en electrónica que tome curso en cada espacio a estudiar.

Para evaluar la inteligibilidad de la palabra, es importante emplear los métodos acústicos sugeridos por [10] STI o RASTI (deletreo de 100 monosílabos en las salas a investigar; luego, se evalúa con estos métodos la escucha por parte de los encuestados de vocales y consonantes. Ver la figura 3). Luego se determinará el grado de aciertos de cada participante de acuerdo con su ubicación en el salón.

Por último, se procede a plantear el conjunto de recomendaciones de adecuación acústica en el cual se simulan las condiciones ideales de cada una de las aulas empleando el programa RAMSETE de la versión 3.0 licenciado de la empresa SFSerrano S.A.S; se programan los datos con base a lo que se midió, cuantifico, procesó y gráfico. También, se analizan los resultados estadísticos de las encuestas, con el fin de tener un soporte de confort acústico, el cual es un factor que afecta a docentes y estudiantes. Finalmente, se analiza la opinión de la población encuestada, se les pregunta si tienen conocimientos de los efectos en el organismo y las normas que regulan los niveles sonoros.



Figura 3. Ubicación espacial de las personas al momento de medir la inteligibilidad de la palabra.

3. Resultados:

3.1. Resultados Objetivos.

Tiempo de Reverberación:

Aula C108

El tiempo de reverberación para aulas de clases debe ser de (0.6 s) según la norma (5), esta se compara con la magnitud global en el espectro de frecuencias (500, 1000 y 2000 Hz), que es igual a (2,61 s) para sala C108, de lo



Figura 4. En la imagen se aprecia las condiciones actuales del aula C 108 y ubicación de los instrumentos de medición del tiempo de reverberación como la fuente omnidireccional y el PC con el programa ESERA.

cual es superior a lo establecido para aulas de clase, las ondas sonoras que se propagan en la sala inciden en los elementos constructivos que limitan la sala generan múltiples reflexiones. En la figura 4 se observa que el techo de esta sala, que es la gradería del coliseo, hace que se presenten múltiples reflexiones en la sala y en los materiales constructivos que la componen, que son de cemento y ladrillo, la velocidad de la onda se mayor por dichos elementos.

Por otro lado, el salón C220 posee un tabique de madera y yeso cartón que absorbe la energía de las ondas sonoras, en consecuencia al tamaño y grosor de la pared allí incide un mayor ruido proveniente de factores externos y se filtran una cantidad de fuentes de ruido.

De acuerdo con la norma [5] la cual indica el criterio del tiempo de reverberación es de (0.6 s) para las frecuencias centrales de (500, 1000 y 2000 Hz) destinadas para aulas de clase, se realiza una comparación con el tiempo calculado en la sala C220, y se evidencia que la magnitud global en estas frecuencias es igual a (1.14 s), es mayor a lo establecido, esto implica que interfieran muchas reflexiones de fuentes internas o externas a la sala, el

tiempo de reverberación es regular.

Aislamiento Acústico.

Aula C108:

Entre divisiones

La pared que dividen las salas C108 y C109 son de ladrillo y cemento, al cuantificar los datos obtenidos de la medición resultó, que de acuerdo con la norma en la frecuencia central de (500 Hz) los niveles sonoros son de (40.4 dB) en comparación al valor que establece las normas [5] y [7], que es de (52 dB). Esto quiere decir que el sonido atravesó la pared que comparten y dividen las aulas C108 y C109, existió una considerable pérdida de energía (impulso sonoro, volumen) por lo tanto, aísla de manera adecuada el sonido.

Fachada:

Los materiales que componen la fachada de la sala C108, son ladrillo y cemento, ventanas de vidrio y una puerta de metal; la pared ubicada sobre la fachada, en donde se encuentran las canchas multipropósito, la energía sonora que se produce en la fachada se alcanza a percibir plenamente en el aula siendo un factor de distracción al aula. Según [11] el recorrido con el que viaja la onda sonora, es corto, porque la ubicación de las puertas están contiguas, y por esta razón se alcanza a escuchar en el sonido emitido del aula C109 a la sala C108. (Ver figura 5).

Aula C220

Entre divisiones

Los términos de adaptación espectral son de (15.7 dB) en frecuencia central de (500 Hz) de la pared que separa



Figura 5. Ubicación de las puertas de las aulas C108 y C109, sobre la fachada.

las aulas C219 y C220 de acuerdo a los datos obtenidos de la medición y calculados, según la norma [6]; la pared



Espacios de aire entre la pared que divide el aula C291 y C220, y la pared de fachada ubicada el extremo de la calle 72

que divide las salas, se caracteriza por ser un material de madera y ventanas de acrílico, con un espesor de (5 mm) y filtraciones entre espacios, en comparación al valor indicado en la norma [8], que es de (52 dB). Se percibe en la figura 6, que el aislamiento acústico es débil, la cual es un amortiguador leve, donde pasan los sonidos producidos en el aula C219 al salón C220, los cuales interfieren con las dinámicas educativas que se ejecuten en el salón C220, y el aislamiento de los materiales que caracterizan a la división entre la sala C219 y C220, es pobre.

Fachada:

En la figura 7 se puede apreciar, que los materiales que componen la pared de la fachada del aula C220, son paredes de madera, ventanas de acrílico y una puerta de madera contiene filtraciones de aire entre cada elemento de construcción que sella cada elemento de la pared. Debido a que el pasillo que queda en la fachada interna de sala C220 todo el ruido que se produce allí se alcanza a percibir en la sala C220, debido a sus dimensiones. El aislamiento es pobre la pared que divide el pasillo de la sala C220.



Figura 7. Fachada interna (pasillo) a uno de los costados del aula C220 y posicionamiento del sonómetro al momento de medir el aislamiento acústico de la fachada esta sala.

Inteligibilidad de la palabra :

A continuación, se presenta tabla 1 de valoración subjetiva de inteligibilidad de la palabra tomada del texto de [12], y se comparan los datos adquiridos y calculados del deletreo de monosílabos. Don %ALCon (perdida porcentual de articulación de las consonantes), STI (Índice de transmisión del habla) y RASTI (es el parámetro que simplifica el STI).

El parámetro de inteligibilidad de la palabra medido y

Tabla I
Relación entre %ALCons, STI / RASTI
y la valoración subjetiva del grado de inteligibilidad

| Valoración Subjetiva | %ALcons | STI&RASTI |
|----------------------|------------|-----------|
| Excelente | %1.4- 0% | 0.88-1 |
| Buena | 4.8%-1.6% | 0.66-0.86 |
| Aceptable | 11.4%-5.3% | 0.50-0.64 |
| Pobre | 24.2%/12% | 0.36-0.49 |
| Mala | 46.5%-27% | 0.24-0.34 |

calculado del aula C108; en 10%ALCons y en STI de 0.5, de lo cual es aceptable, según los valores de referencia a la tabla 1. Para la sala C220 el porcentaje de pérdida de la articulación es de 7.5%ALCons y e STI es de 0.6, de lo cual es aceptable de acuerdo con la tabla 1, para una valoración subjetiva.

3.1. Resultados Objetivos.

Para este indicador se pueden apreciar los análisis de los resultados obtenidos de las encuestas aplicadas a 91 personas que tomaron sus clases durante el semestre 2017-II en el aula C108 y 139 personas para el salón C220.

Arquitectura

La arquitectura de las salas C108 y C220 se aprecia en la figura 8, que la mayoría de las personas encuestadas opinan que las condiciones arquitectónicas del aula son regulares en cuanto a diseño, materiales que envuelven cada sala, volumen y espacialidad. Aunque, en el recinto C220 71 personas opinaron que la arquitectura esta entre pésima y mala.

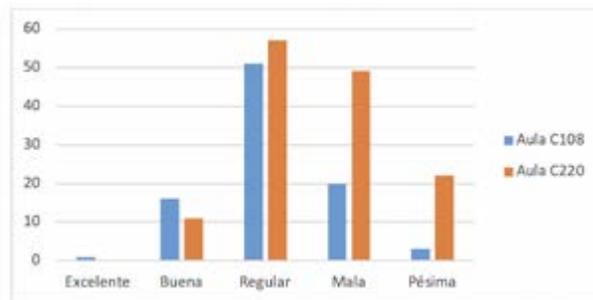


Figura 8. Diagrama de barras correspondiente a los resultados de la pregunta de selección múltiple sobre la opinión que tienen los encuestados acerca de la arquitectura de las aulas C108 y C220.

Ambiente:

El ambiente, es el grado en que los sonidos externos e internos que se filtran a la sala C220 son confortables o no, y resultado que 86 personas encuestadas, es inconfortable, y en el salón C108 a 45 encuestados opinan lo mismo que en la sala C220. (Ver figura 9).



Figura 5. Diagrama de barras correspondiente a los resultados de la pregunta de selección múltiple sobre la opinión que tienen los encuestados acerca del ambiente de las aulas C108 y C220.

Ruido de fondo :

Se describe el ruido de fondo ejemplificando a los encuestados, que cuando el aula está en completo silencio, si, esta persona alcanza a percibir las fuentes de ruido que se generan al exterior del aula, como el tránsito automotor, personas transitando en los pasillos, actividades en salones adyacentes a la evaluada, etc. Estas fuentes le pueden parecer perceptibles, diferentes a sus actividades, molestos e incómodos. En la figura 10, para 47 encuestados en el aula C108, consideran que las fuentes sonoras externas a la sala son incómodos; en cambio, para 80 personas evaluadas en la sala C220, son molestos. La sala C220 tiene una mayor interferencia de sonidos indeseables y se ven molestos para las personas que realizan sus actividades académicas al interior de este espacio.



Figura 10. Resultados de la percepción de los encuestados del salón C108 con respecto al ruido de fondo y el salón C220.

Para la segunda parte de la encuesta, se calculó estadísticamente la media, según la cantidad de personas encuestadas en cada recinto, con preguntas de tipo numérico, estas hacen referencia al condicionamiento acústico de cada aula evaluada, de manera subjetiva. (Ver tabla 2).

Tabla II.
Condiciones acústicas evaluadas numéricamente en cada aula.

| Condiciones acústicas | Aula C108 | | Aula C220 | |
|------------------------------|-----------|----------------------|-----------|----------------------|
| | Media | Cantidad de personas | Media | Cantidad de personas |
| Reverberación | 3,7 | 91 | 3,5 | 129 |
| Volumen | 3,9 | 91 | 3,4 | 126 |
| Claridad | 4,4 | 91 | 3,9 | 133 |
| Comprensión | 5,3 | 91 | 5,9 | 139 |
| Espacialidad | 5,3 | 91 | 5,8 | 130 |
| Impresión general del sonido | 5,8 | 91 | 6,8 | 138 |

EFFECTOS EN EL ORGANISMO A LA EXPOSICIÓN DE ALTOS NIVELES SONOROS:

La exposición a altos niveles sonoros puede ocasionar efectos en el organismo, según lo descrito por la ONU [2], por esta razón se evalúan las personas que toman sus clases en las aulas C108 y C220 y estas consideran su conocimiento o desconocimiento de dichos efectos. (Ver tabla 3).

Tabla III.
Encuesta realizada en el aula C108 y C220, sobre los efectos en el organismo a la exposición de altos niveles sonoros.

| Efectos en el Organismo | Cantidad de personas | | | |
|-------------------------|----------------------|----|----------|----|
| | AulaC108 | | AulaC220 | |
| | Si | No | Si | No |
| Mal humor | 70 | 21 | 127 | 12 |
| Disfonía | 52 | 39 | 93 | 46 |
| Pérdida de la audición | 34 | 57 | 104 | 35 |
| Dolor de Cabeza | 77 | 14 | 72 | 67 |
| Desesperación | 45 | 46 | 93 | 46 |
| Estrés | 77 | 14 | 125 | 14 |

También se encuestó a las personas sobre sus conocimientos de las normas que mitigan o regulan, concienciación de sonidos indeseables y audiometría. (Ver tabla 4).

Recomendaciones:

De acuerdo resultados obtenidos del STI, RASTI, %ALcons y de tiempo de reverberación, se observó que la inteligibilidad de la palabra no es aceptable en el aula,

Tabla 4.
Conocimiento de la norma, concienciación y audiometría.

| | Cantidad de personas | | | |
|----------------------------|----------------------|----|-----------|-----|
| | Aula C108 | | Aula C220 | |
| | Si | No | Si | No |
| Conocimiento de las normas | | | | |
| Acústicas | 13 | 78 | 28 | 111 |
| Concienciación | 88 | 3 | 139 | 0 |
| Audiometría | 32 | 59 | 41 | 98 |

ya que se pierde el 50% del índice de transmisión hablada, Por esta razón, es importante plantear las siguientes recomendaciones al interior de los salones C108 y C220, los cuales indican a través de las mediciones realizadas, la pésima percepción del sonido que fluye en éstos salones, tanto a nivel de comunicación como de aislamiento de los materiales se deben emprender una serie de mejoras en cuanto al espacio físico, proponiendo una revisión y cambio de materiales, para su respectiva adecuación, no sólo para evitar que ondas sonoras se propaguen de otros recintos, sino para que el sonido que se transmita y fluya correctamente dentro de los criterios establecidos por las norma [5] dentro de las aulas de clase. (Ver tabla IV).

Tabla IV.
Coeficientes de absorción en los rangos de frecuencia los cuales son tomados de [13]

| Coefficientes de Absorción | 125Hz | 250Hz | 500Hz | 1000Hz | 2000Hz | 4000 Hz |
|---|-------|-------|-------|--------|--------|---------|
| AUDIENCIA (sillas con tapizado liviano) | 0.15 | 0.35 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.40 |
| PISO EN GRANITO | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.05 |
| YESO CARTÓN (LANA DE VIDRIO) 13x400mm | 0.20 | 0.12 | 0.09 | 0.03 | 0.02 | 0.02 |
| LAMINAS CLOUDS | 0.18 | 0.60 | 0.81 | 0.81 | 0.76 | 0.76 |
| VENTANA | 0.25 | 0.1 | 0.07 | 0.06 | 0.04 | 0.02 |
| PUERTA DE MADERA | 0.25 | 0.20 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 |

Aula C108

Para este salón es necesario colocar láminas Clouds elaboradas en fibra de vidrio, que cubran el techo de la gradería del salón, para que la reverberación se nivele o sea inferior a 0.6 y se encuentre en las condiciones óptimas establecidos para esta condición, y un mejoramiento en las divisiones que limitan el salón C108, donde la división es de un grosor 0.16m, está conformada por una partición que se compone de láminas de yeso cartón, tabiques de madera y espuma absorbente acústica de fibra de vidrio; también, se sugiere un cambio de la puerta, la cual debe ser de madera, Donde la reverberación es baja. A continuación, se puede apreciar el aula C108 de acuerdo con las condiciones ideales de la misma según el estudio realizado, para un tiempo de reverberación óptimo. (Ver figura 11).

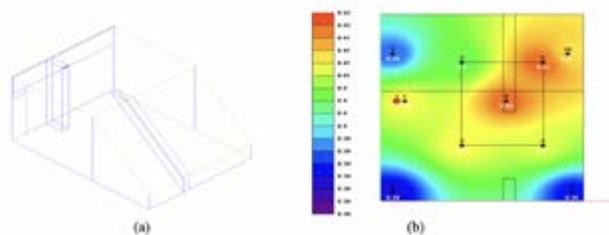


Figura 11. Simulación de las aulas C108 (a)ideal y (b) tiempo de reverberación simulado para la sala ideal, con posiciones de fuente y sonómetro. Es el tiempo de reverberación calculado por los programas Autocad y Ramsete Cad.

Aula C220

Al igual que en el salón C108 se calculan los tiempos de reverberación, de acuerdo con el procedimiento usado para simular las condiciones ideales del aula C220. Se utilizan, los materiales mencionados anteriormente de las superficies de techo, paredes, puertas y ventanas, los cuales ayudan a mejorar la inteligibilidad de la sala. (Ver figura 12)

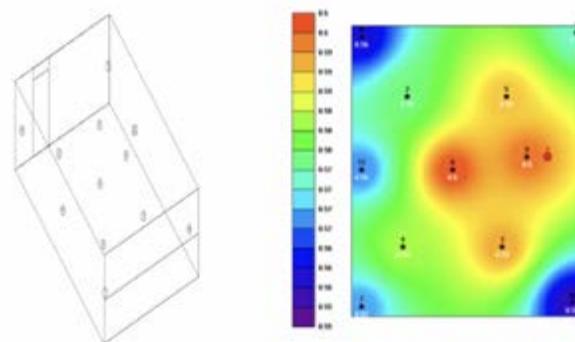


Figura 12. Simulación de las aulas C220 (a)ideal y (b) tiempo de reverberación simulado para la sala ideal, con posiciones de fuente y sonómetro. Es el tiempo de reverberación calculado por los programa Autocad y Ramsete Cad.

4. Conclusiones y trabajos futuros

- Las características físicas de los recintos académicos en los que se realizó el estudio influyen considerablemente en el aislamiento del ruido. Las paredes que separan el interior y exterior de los salones hacen que el ruido se filtre, por ejemplo, el aula C220 el sonido no deseado llega directamente por las filtraciones que tienen los sellamientos entre cada superficie, es posible determinar que el aislamiento acústico es poco adecuado debido al grosor de este material para rechazar o tratar un ruido superior a los 52 dB sobre la frecuencia de 500Hz. También, se aprecia que, en las dos aulas estudiadas, C108 y C220, se aprecia un tiempo de reverberación superior al mínimo establecido por la norma [5] (0.6 s), indicando una

irregularidad en los salones en cuanto al tratamiento de sonidos difusos se refiere.

- La investigación subjetiva realizada a la población de los dos salones analizados, indica la poca concienciación sobre el problema que significa el ruido como factor negativo en aspectos académicos y de salud, por el desconocimiento de las normas para regular las condiciones acústicas de los espacios donde se imparten sesiones de clase y los peligros que implica la filtración del ruido como la generación de estrés, la dificultad en el aprendizaje y hasta el poco entendimiento del mensaje hablado.

- A través del estudio y teniendo en cuenta la presencia de las personas en las aulas inadecuadas y las pésimas condiciones acústicas un 61.9 % de las 139 personas encuestadas del aula C220 indicaron que el diseño del aula no cumple con la reglamentación exigida por la norma, y por ende, se deberá revisar el diseño de las salas para las diferentes aulas de nuestra universidad en cualquiera de las sedes.

- Teniendo en cuenta el resultado de la investigación, es necesario hacer una inversión para mejorar las condiciones de estas aulas y dar una mejor calidad durante los espacios de enseñanza y el cumplimiento de las normas utilizadas internacionalmente [5] y [8] como referencia internacional adaptándolas al medio nacional. Al verificar los resultados obtenidos, se puede determinar que con la adecuada implementación de los materiales propuestos de los índices de inteligibilidad de la palabra aumentarían y los tiempos de reverberación bajarían, adecuando aulas más óptimas se mejoran las condiciones de salud de convivencia, de interacción, bajarían los niveles.

REFERENCIAS / REFERENCES:

[1] Lyberg, V.(2015). Teachers' voice use in teaching environment.Aspects on speakers' confort.

[2] La Organización Mundial de la Salud. (1995).Fuentes y Medición de Ruido, En E. Editor (Ed.), Guías Para El Ruido Urbano (p 1- 4). Reino Unido

[3] Silva T & Ligia.(2016). El Impacto Del Ruido Urbano En Las Escuelas Primarias. Evaluación Perceptiva Y Evaluación Objetiva. Acústica Aplicada,(p 2-9).Recuperado de: <https://www.journals.elsevier.com/applied-acoustics>

[4] Guía 30, M.E.N. (2008). Estas Orientaciones para la Educación en Tecnología forman parte del Proyecto Ministerio de Educación Nacional (MEN).

[5] Norma ANSI/ASA Parte 1 (2009) Criterios de las condiciones acústicas para ambientes educativos. USA.

[6] ISO 16283-2016 en sus partes 1 y 3. (2016). Acoustics - Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 3: Façade sound insulation.

[7] ISO 717. (2013) Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation.

[8] ISO 3382.(2008). Acoustics ,Measurement of room acoustic parameters .Part 2: Reverberation time in ordinary rooms.

[9] Ottobre, R. (Ed.). (2005). Propuesta de encuestas para la determinación de la calidad acústica de teatros y salas de concierto.Environmental Noise Control.

[10] Sommerhoff, J. (2007). Evaluacion de inteligibilidad del habla en español. Chile

[11] Benjamin, S. (2003). Acústica del Aula I. Una publicación de la Sociedad Acústica de Améric, 10.

[12] Carrión, A. (2007). Diseño de espacios arquitectonicos. españa: madrid.

[13] Flores,A.,& Ferreyra,Sebastian P.(Base de Datos de Coeficientes de Absorción sonora de Diferentes Materiales.)