



**Universidad
de Holguín**

FACULTAD
DE INGENIERÍA
DPTO. CONSTRUCCIONES

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES
CARRERA INGENIERÍA CIVIL

**RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS ANTE
LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA POR
ALTAVOCES Y TRÁFICO VEHICULAR. CASO
DE ESTUDIO: PLAZA CAMILO CIENFUEGOS
EN HOLGUÍN.**

**TRABAJO DE DIPLOMA PARA OPTAR POR EL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

Autor: Yaima Leyva Rodríguez

HOLGUÍN 2021





**Universidad
de Holguín**

FACULTAD
DE INGENIERÍA
DPTO. CONSTRUCCIONES

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES
CARRERA INGENIERÍA CIVIL

**RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS ANTE
LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA POR
ALTAVOCES Y TRÁFICO VEHICULAR. CASO
DE ESTUDIO: PLAZA CAMILO CIENFUEGOS
EN HOLGUÍN.**

**TRABAJO DE DIPLOMA PARA OPTAR POR EL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

Autor(a): Yaima Leyva Rodríguez

Tutora: DrC. Ana Luisa Rodríguez Quesada

MSc. Elizabeth Rivas Freeman

HOLGUÍN 2021



AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas las personas que de una forma u otra me han alentado en este camino en especial a mi familia por su paciencia, comprensión constante y apoyo incondicional.

A mis tutoras, por hacer un espacio en su limitado tiempo, brindarme su asesoría y compartir sus conocimientos y enseñanzas.

Al colectivo de profesores del departamento de ingeniería civil, que a lo largo de estos 5 años han contribuido con sus conocimientos en mi formación profesional, por su exigencia y profesionalidad.

RESUMEN

La ciudad de Holguín se encuentra ante una problemática de ruido preocupante. Las emisiones de ruido superan en gran medida las normativas y recomendaciones estipuladas, lo que afecta a sus habitantes por los efectos perjudiciales de este agente contaminante para la salud. Alrededor de la plaza Camilo Cienfuegos, en el centro histórico de la ciudad de Holguín, se encuentran viviendas familiares y escuelas como el IPU José Varona, y la escuela de Economía, además de instituciones importantes como el Tribunal Provincial. Las viviendas familiares e instituciones de esta zona no presentan el aislamiento acústico necesario para proteger a sus habitantes del ruido procedente del exterior. El objetivo de esta investigación es dotar a la comunidad de un documento que ofrezca soluciones constructivas para minimizar la contaminación asociada a los altavoces y al tráfico vehicular en esta zona, en viviendas ya construidas o no, que ofrece a los habitantes, sugerencias que podrán seleccionar en dependencia de sus posibilidades.

Para lograr dicho objetivo se emplean métodos de investigación teóricos para conformar y proponer la hipótesis inicial, a partir de la experiencia acumulada y obtener el conocimiento acerca del campo de la investigación. Además, se utilizan métodos empíricos para la caracterización del objeto de la investigación. Con esta propuesta de soluciones constructivas contra el ruido, se logra una base metodológica para poblaciones afectadas por esta problemática ambiental. Es importante para futuros proyectos constructivos y modificaciones de construcciones ya existentes, que permitan mejorar el confort de las viviendas e instituciones y con esto la calidad de vida de las personas.

ABSTRACT

The city of Holguín is facing a worrying noise problem. Noise emissions greatly exceed the stipulated regulations and recommendations, affecting its inhabitants due to the harmful effects of this pollutant on health. Around the Camilo Cienfuegos square there are family homes and schools such as the IPU José Varona, and the school of Economics, as well as important institutions such as the Provincial Court. Family homes and institutions in this area do not have the necessary acoustic insulation to protect their inhabitants from noise from outside. The objective of this research is to provide the community with a document that offers constructive solutions to minimize the pollution associated with loudspeakers and vehicular traffic in this area.

To achieve this, theoretical research methods be used that are used to form and propose the initial hypothesis, based on accumulated experience and obtain knowledge about the field of research. In addition, empirical methods are used for the empirical characterization of the research object. With the elaboration of a Manual of Good Practices for constructive solutions against noise, a base achieved for future construction projects and modifications of existing constructions that manage to improve the comfort of homes and institutions and with this the quality of life of people.

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTOS HISTÓRICOS Y METODOLÓGICOS EN TORNO AL RUIDO Y LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA.....	7
1.1 Antecedentes históricos sobre la contaminación por ruido.....	7
1.2 El ruido. Características.	9
1.3 Contaminación acústica. Generalidades	15
1.3.1 Aislamiento acústico.....	17
1.4 Comportamiento de la contaminación acústica a escala nacional e internacional.....	19
1.5 Efectos causados en la salud por la contaminación acústica.....	21
1.6 Contaminación acústica en la ciudad de Holguín.....	24
1.6.1 Contaminación acústica en el área de estudio: Zona aledaña a la plaza Camilo Cienfuegos.....	25
Conclusiones del capítulo	28
CAPÍTULO 2. ELABORACIÓN DE RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS ANTE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA POR ALTAVOCES Y TRÁFICO VEHICULAR: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ACÚSTICA DE LOS MATERIALES DE CONTRUCCIÓN Y SUS TÉCNICAS DE UTILIZACIÓN.	29
2.1. Caracterización de materiales más usados para el aislamiento acústico....	29
2.2 Técnicas de aislamiento acústico.....	42
2.3 Propuesta de recomendaciones constructivas contra el ruido por altavoces y tráfico vehicular.	46
2.4 Valoración de expertos sobre las recomendaciones constructivas elaboradas.....	48
Conclusiones del capítulo	51
CONCLUSIONES GENERALES	52
RECOMENDACIONES	53

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
ANEXOS	57

INTRODUCCIÓN

El ruido es un contaminante común que se puede definir, según los especialistas, como “aquella emisión de energía originada por un conjunto de fenómenos vibratorios aéreos que, percibidos por el sistema auditivo, puede originar molestias o lesiones de oído”. En cualquier caso todas las definiciones se agrupan en torno a sonido desagradable, sonido no deseado o sonido perjudicial, (Morales Pérez & Fernández Gómez, 2012). En la actualidad, los ruidos ambientales característicos de las ciudades y los que se originan por las actividades humanas suponen un problema ambiental que afecta a muchas personas y al medioambiente. Vivir en ambientes con calidad sonora es sinónimo de calidad de vida, pero definir esta primera resulta complejo, ya que no todas las personas perciben el ruido de igual manera.

Un sonido agradable de escuchar para una persona (por ejemplo, un tipo de música a un determinado volumen) puede resultar no deseado y molesto para otra (por el estilo, el volumen o el momento del día). El exceso desmedido de ruido que resulta por la acción de múltiples fuentes emisoras durante el desarrollo de las actividades cotidianas, da lugar a otro tipo de contaminación ambiental, el cual se caracteriza por no ser tangible físicamente, pero que se percibe por los sentidos, particularmente el del oído. Esta contaminación, que se llama auditiva, afecta el ambiente y el paisaje sonoro de ciudades, paradójicamente de forma discreta, pero con importantes repercusiones en la salud y calidad de vida de las personas.

Según la OMS, Organización Mundial de la Salud, la exposición a niveles de ruido inadecuados, es decir, que superan ciertos márgenes establecidos, contribuyen al deterioro de la calidad de vida de los ciudadanos. Los efectos que produce en las personas se dividen en dos vertientes principales: psicológicos y fisiológicos. Dentro de estos efectos hay problemas como: disfunciones en el sistema endocrino, estrés, trastornos en el sueño, pérdida de atención, entre otros. El problema más importante que afecta a la sociedad, es el trastorno del sueño. Todo ello supone que la sociedad demande, en mayor medida, un aumento del confort acústico de las viviendas.

Las viviendas deben ser diseñadas y construidas de tal manera que el ruido que se percibe por los ocupantes sea en niveles que no dañen la salud, y les permitan

descansar y trabajar en condiciones satisfactorias. Las cantidades que definen la calidad acústica de las viviendas son el aislamiento acústico por vía aérea, aislamiento acústico a ruido de impacto, aislamiento acústico de fachadas, tiempo de reverberación de los cuartos y el nivel de ruido causado por las instalaciones técnicas. El objetivo fundamental del control de ruido es proveer al ser humano de un ambiente acústico aceptable interior y exterior de tal manera que la intensidad y el carácter de todos los sonidos en o alrededor de un edificio sean compatibles con el uso específico de cada espacio, (Esquivel Delgado , 2008).

La ciudad de Holguín, capital de la provincia Holguín, tiene una amplia estructura económica tanto industrial como de servicios. Cuenta con una superestructura de avenidas, circunvalaciones, aeropuerto, centros de comunicaciones telefónicas y otras instalaciones necesarias para el desarrollo de la economía y la vida urbana en general. Además, alberga importantes centros de salud, entidades financieras, centros educativos que conviven con la realización de distintos eventos culturales populares a lo largo de todo el año, como las noches holguineras, carnavales, semana de la cultura, Romerías de mayo, entre otras. Estas se desarrollan en plazas y parques centrales lo que genera una gran expansión urbana de la ciudad, con un gran aumento de ruido ambiental, debido a la generación de actividades potencialmente ruidosas.

En las construcciones de viviendas y edificaciones que se encuentran en los alrededores de las zonas donde se realizan dichas actividades, existen por lo general diversos factores perturbantes (fuentes de ruido). Estos atentan contra la privacidad, tranquilidad y bienestar de las personas que allí habitan. Pueden mencionarse: el tránsito vehicular en zonas adyacentes, la vibración de ductos hidrosanitarios, la transmisión por ruido de impacto y de baja frecuencia, los agentes atmosféricos, causas esporádicas (el paso de transporte aéreo, sirenas, ladridos, sistemas de sonido, claxon, entre otros).

El tráfico vehicular y los altavoces de fiestas populares y particulares, son los elementos que más influyen en la generación del ruido en la ciudad y en particular en las zonas aledañas a la plaza Camilo Cienfuegos, en el centro histórico de la ciudad.

Todavía en el municipio no es suficiente la aplicación de leyes o normas y planes de acción para disminuir la contaminación sonora. Un porcentaje elevado de las viviendas soporta niveles superiores a 65 dB(A) del nivel equivalente sonoro, por lo que se hace necesario proteger con soluciones acústicas las fachadas y/o paredes expuestas como solución individual para la contaminación acústica.

Se declara como **contradicción** fundamental el uso actual de materiales y técnicas de aislamiento acústico muy costosas, de difícil acceso para países como el nuestro, y con pocas posibilidades de implementar materiales locales, ya que la materia prima usada con fines de aislamiento acústico debe tener determinadas características y propiedades y sobre todo no dañar la salud del usuario. La contradicción de esta investigación se basa en la relación costo-beneficio en la aplicación de recomendaciones constructivas costosas pero necesarias, y la posibilidad de adaptación, uso parcial, mezcla y optimización de estas a partir de la práctica popular, en aras del beneficio de la comunidad.

Por lo que se define como **problema de investigación**: ¿Cómo minimizar las afectaciones por contaminación acústica asociada a los altavoces y al tráfico vehicular en las zonas aledañas a la plaza Camilo Cienfuegos de la ciudad de Holguín?

Se propone como **objeto de investigación** la contaminación acústica por altavoces y tráfico vehicular y como **campo de acción** las soluciones constructivas ante la contaminación acústica por altavoces y tráfico vehicular.

Se define como **objetivo general**: Elaborar recomendaciones constructivas para minimizar la contaminación acústica asociada a los altavoces y al tráfico vehicular en las zonas aledañas a la plaza Camilo Cienfuegos en el centro histórico de la ciudad de Holguín.

Hipótesis: Si se elaboran recomendaciones constructivas para minimizar la contaminación acústica en las zonas aledañas a la plaza Camilo Cienfuegos, es posible dotar a ingenieros e incluso al ciudadano común de técnicas para aislar viviendas e instituciones del ruido procedente del exterior.

Para darle cumplimiento al objetivo general se plantean como **objetivos específicos**:

1. Analizar el marco teórico-práctico que sustenta las afectaciones, en viviendas, por contaminación acústica, asociadas al tráfico vehicular y la compilación de técnicas de aislamiento acústico más usadas en el mundo y en Cuba, actualmente.
2. Analizar el estado actual de la contaminación acústica en la ciudad de Holguín y en particular las afectaciones en la zona de estudio.
3. Elaborar recomendaciones constructivas ante la contaminación acústica, adaptadas a las condiciones de las zonas aledañas a la plaza Camilo Cienfuegos en el centro histórico de la ciudad de Holguín.
4. Validar el estudio del objeto y las recomendaciones constructivas propuestas a través del criterio de expertos.

Los **métodos de investigación** que han permitido la obtención de la información necesaria y que además han facilitado, entre otras cosas, la descomposición de la investigación en cada una de sus partes y su posterior integración son:

Métodos teóricos:

- El **histórico-lógico** permite conocer la evolución histórica, conceptos, nexos y lógica seguida en la investigación sobre el ruido y la contaminación acústica
- El **hipotético-deductivo**, se utiliza para conformar y proponer la hipótesis inicial, a partir de la experiencia acumulada, precisión de las variables y la asunción de una lógica investigativa en virtud de la solución del problema objeto de la investigación.
- **Análisis y síntesis**: se emplea durante el estudio y preparación de los datos, permitiendo obtener el conocimiento acerca del campo de la investigación, determinar los factores claves que influyen en el fenómeno, interrelacionar los efectos presentados que constituyen explicaciones al problema, a partir de trabajos similares realizados en otras ciudades latinoamericanas y europeas.

Métodos empíricos:

- **Análisis documental**: para la caracterización empírica del objeto de la investigación y su análisis histórico.

- **Observación:** se acude al conocimiento del problema para mantener el vínculo con el personal en relación con el objeto, a través de entrevistas, investigaciones realizadas en otras ciudades en las mismas condiciones del objeto de estudio.

- **Consulta a expertos:** Para validar la veracidad de la investigación realizada desde el criterio de especialistas.

El **aporte** de la investigación lo constituye la elaboración de recomendaciones constructivas para minimizar la contaminación acústica debida al tráfico vehicular y altavoces en viviendas y locales, de fácil comprensión, con detalles y dibujos que facilitarían su aplicación tanto para especialistas como para el ciudadano común, teniendo en cuenta que estas recomendaciones son altamente costosas ya que los materiales deben tener determinadas características físicas, no obstante ofrecen sugerencias, para ser tomadas como referencia total o parcialmente, confiando en la creatividad del individuo de sacar el mejor partido a cada propuesta constructiva.

La **novedad científica** de esta investigación radica en que se brinda un documento que ofrece recomendaciones constructivas para minimizar la contaminación acústica basado en un estudio de las buenas prácticas internacionales, en Cuba y en una zona de Holguín, teniendo en cuenta las afectaciones producidas por el tráfico vehicular y altavoces, formas muy comunes en nuestro país de contaminación ambiental, por lo que puede ser generalizado a otras partes del territorio nacional.

Actualidad de la investigación: La actualidad de esta investigación se confirma en el hecho de que responde a una de las líneas de investigación aprobadas en el Departamento de Construcciones, de la Universidad de Holguín: “Innovación para el desarrollo sostenible” y su relación directa con la “Tarea Vida”, de alta prioridad para nuestro país, coordinada y dirigida por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Además, es una problemática que se incluye dentro de los objetivos de la agenda 2030 para un desarrollo sostenible logrando que las ciudades sean más resilientes, sostenibles y garanticen el bienestar humano.

Para la presentación de los resultados, este trabajo consta de la siguiente estructura:

- Introducción

- Capítulo 1: Se abordan los conceptos fundamentales tratados en el objeto de estudio de la investigación, fundamentos históricos y metodológicos en torno al ruido, la contaminación acústica y la determinación de las causas del problema.
- Capítulo 2: Se evalúa la capacidad acústica de los materiales de construcción y sus técnicas de utilización y se elaboran recomendaciones constructivas ante la contaminación acústica por altavoces y tráfico vehicular, validado por el criterio de expertos, así como las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTOS HISTÓRICOS Y METODOLÓGICOS EN TORNO AL RUIDO Y LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

La elaboración de este capítulo se basa en el análisis de los fundamentos históricos y metodológicos en torno al ruido y la contaminación acústica, su comportamiento a escala nacional e internacional y sus consecuencias en la zona de estudio. Se obtienen conclusiones parciales, que sustentan el desarrollo de la investigación.

1.1 Antecedentes históricos sobre la contaminación por ruido.

El desarrollo de la especie humana está íntimamente relacionado con su capacidad para emitir y percibir sonidos. Dichos sonidos contienen información y producen sensaciones, satisfactorias o incómodas, que condicionan el comportamiento del ser humano. En la antigua Roma, existían normas para controlar el ruido emitido por las ruedas de hierro contra el pavimento que perturbaban el sueño y molestaban a los romanos. En algunas ciudades de Europa medieval ya se tomaban medidas para asegurar el reposo de las personas en la noche. Años más tarde no solo se tomaban medidas sino también ya se buscaban soluciones para aminorar el ruido como es el caso de la actual ciudad de Rosario donde los carreteros tenían que enfundar con cuero las ruedas de sus carruajes. (Universidad de Ecuador, 2011).

Los conocimientos acústicos aparecen al inicio ligados al hombre por la música como podemos constatarlo fehacientemente en el Egipto del siglo XIII a.c. en las pinturas de la tumba de Nakht¹ en la necrópolis de Tebas. Es sin embargo la civilización griega la que marca el nexo definitivo para el nacimiento de la acústica arquitectónica, (Ureña, 2017).

En Grecia se inician los estudios específicos de los fenómenos asociados con el sonido por parte del que se considera el primer matemático puro: Pitágoras² (570 a.C.-497 a.C.). Pitágoras y sus discípulos en el siglo VI a.C. observaron que el ruido al golpear un yunque con un martillo variaba de tono en función de la masa del martillo. De esta forma se descubre la frecuencia natural de los objetos. Establecieron también una relación entre el tono del sonido que produce una cuerda

¹ Oficial del antiguo Egipto

² Filósofo y matemático griego

vibrante y el inverso de la longitud de la misma. Aunque no se le atribuye directamente a Pitágoras, dos de sus discípulos, Arquitas de Tarento³ y Eudoxio de Cnidas⁴. Explicaron, en términos cualitativos, la relación existente entre el tono del sonido producido y la frecuencia de vibración de la cuerda. Decían que las relaciones de consonancia en la vibración de dos cuerdas se podían expresar como cocientes entre números, representando estos cocientes los movimientos de las cuerdas. A un tono agudo le correspondía una velocidad mayor, al moverse más rápidamente el aire en contacto con la cuerda. Si esta velocidad resultase tener un valor bajo, daría lugar a un cociente menor y, en consecuencia, a un tono más grave. Esta relación se establece más tarde en el siglo XVIII, (Redonda, 2013).

Desde hace ya más de 2.500 años el ruido ha sido reconocido como perjudicial para el hombre. Así los Sibaris, en el Golfo de Taranto en Calabria (Grecia), en el año 600 a.C., prohibieron a los trabajadores del metal el golpeteo continuo con los martillos sobre los materiales de hierro y bronce dentro de los límites de la ciudad. En el siglo primero de nuestra era, Plinio el Viejo⁵ en "*La Historia Natural*", mencionaba ya que la gente que vivía cerca de las cataratas del Nilo, acababa quedándose sorda, lo que constituye la primera referencia escrita de los efectos del ruido sobre la audición. A partir del siglo XIX, con la revolución industrial, la culminación de la industria pesada, el incremento de los medios de transporte, la utilización del ruido en las actividades lúdicas y el aumento de la densidad de la población, han hecho que los niveles sonoros hayan ido creciendo, convirtiéndose en un importante problema medioambiental.

A finales del siglo XX, el ruido fue declarado como un agente contaminante por la OMS, siendo esta la primera entidad en catalogar el ruido como un tipo de contaminación en 1972. Lo que significó que se reconociera su capacidad de afectar la calidad de vida; se consideró que podría actuar adversamente en la salud y el bienestar de las personas. Además de afectar la comunicación entre ellas, lo que se

³ Filósofo, matemático y astrónomo griego

⁴ Filósofo, astrónomo, matemático y médico de la Antigua Grecia

⁵ Escritor, científico, naturalista y militar latino

reflejaría en el pleno disfrute de la propiedad. Al reconocer al ruido como agente contaminante se conceptualiza la contaminación acústica.

La Organización Mundial de la Salud a partir de 1999 desarrolló guías para el control de ruido urbano en las cuales se establecen marcos de acción para el control del mismo. En las guías presentadas se busca analizar los efectos del ruido urbano sobre la salud de las personas y de este modo dar orientación a las autoridades que busquen mejorar los efectos negativos generados en las personas. Europa cuenta con los países con mayores problemáticas de ruido siendo España el segundo país con mayor contaminación por ruido. Se han realizado investigaciones enfocadas a la armonización de los métodos del cálculo y de los índices del ruido, según lo indicado por la Comisión Europea. Al igual que sistemas de insonorización de vivienda dando así los primeros pasos para la mitigación de este problema que cada vez es más perjudicial en las personas, (Lambraño, 2017).

1.2 El ruido. Características.

El ruido es un fenómeno acústico intrínseco en la naturaleza que se da por el contacto entre superficies, así como por reacciones químicas las cuales producen sonido. Sin embargo, el ruido contiene cualidades peculiares las cuales se dan según el ambiente en el que se genere, la fuente emisora del sonido, el sujeto receptor de dicho sonido y de por si según el enfoque que se le da al ruido. Es un sonido no deseado que puede llegar a afectar la tranquilidad de las personas según el nivel de ruido generado; actualmente el ruido es uno de los contaminantes más comunes en el medio ambiente urbano y de los más nocivos para ciertas personas, (Lambraño, 2017).

Los ruidos se producen en los llamados focos sonoros o fuentes, se transmiten a través de un medio (sólidos, líquidos, gases) y llegan a un receptor. El foco sonoro puede verse influenciado tanto por el medio como por el receptor y, de forma análoga, la reacción del receptor también es condicionada por el medio y la fuente. Considerando que normalmente existen todas las frecuencias audibles con mayor o menor nivel de presión sonora, se puede descomponer el ruido considerando las

diferentes frecuencias y evaluando para cada una un nivel de presión sonora obteniendo el espectro sonoro. (Redonda, 2013).

Si profundizamos en lo anterior, las fuentes de ruido, tanto en edificación como en cualquier ámbito donde se produzca, son muy diversas. Además, cada una de ellas no puede considerarse como emisora de una sola frecuencia, sino como generadora de sonidos compuestos por una combinación de ondas sonoras de distintas frecuencias a diferentes intensidades. Por lo tanto, para caracterizar y evaluar de forma detallada el ruido es imprescindible conocer la contribución de cada componente de frecuencia al nivel de ruido total. Esto se consigue mediante la obtención del espectro de un sonido, que consiste en descomponerlo en las distintas frecuencias que lo constituyen y hallar el nivel de presión sonora de cada una de ellas. Las frecuencias acústicas se agrupan en una serie de bandas que forman la distribución espectral del ruido y cuyos anchos se encuentran normalizados.

La norma cubana NC 494:2007, define el término de ruido ambiente como el ruido proveniente de todas las fuentes que inciden en determinado ambiente incluida aquella que se quiere evaluar. Para la NC 26:2007 la definición es más sintética, planteando que el sonido es un fenómeno físico consistente en una perturbación ondulatoria que se propaga en un medio, elástico y de naturaleza mecánica, capaz de excitar al órgano de audición humana. De estas definiciones se deduce que el ruido es una forma de sonido y se compone de una parte subjetiva que es la molestia y una parte objetiva que puede cuantificarse, que es el sonido propiamente dicho. También es posible dar una clasificación del ruido en dos dominios: tiempo y frecuencia, (Estéves, 2011).

Es importante diferenciar sonido de ruido. Cuando hablamos de sonido, nos referimos al estímulo sonoro y sus atributos físicos perceptibles por el oído humano. El término ruido, en cambio, se utiliza para denominar todo sonido vivenciado negativamente por el individuo y que puede producir efectos adversos en la salud. Es decir, se considera tanto el estímulo físico y sus atributos como el carácter subjetivo que se le atribuye. Por tanto, un sonido puede transformarse en desagradable y en consecuencia asumir el valor de ruido, no sólo por sus específicas

características acústicas sino también por la interferencia o molestia que genere, convirtiéndose en casos extremos en violencia acústica.

El ruido puede clasificarse de acuerdo a sus características físicas según las variaciones del nivel de presión sonora en el tiempo y según su contenido espectral (distribución de amplitudes en función de las frecuencias). Además, puede clasificarse por la actividad y su entorno de desarrollo.

Tipos de ruido por su forma de transmisión:

- Ruido aéreo: Es aquel que se genera por la perturbación del aire que rodea a las fuentes sonoras. Las ondas generadas chocan contra otras superficies, provocando que estas entren en vibración y perturban el aire que las rodea, y creando un nuevo sonido (ver figura 1.1).

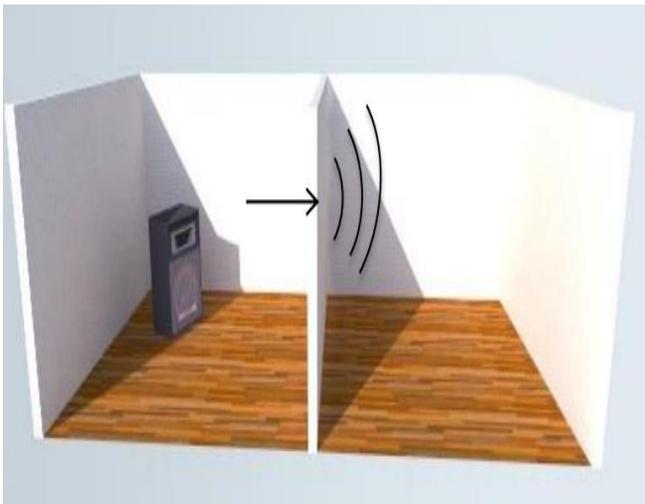


Figura 1.1 Transmisión de ruido aéreo. Fuente: Lancerio Echeverría (2015).

- Ruido impacto: El ruido de impacto es el que se genera por golpes producidos en una superficie, generalmente un moldeado. Al golpear una superficie, esta entra en vibración y se genera una emisión sonora. La vibración dependiendo del tipo de material puede ser transmitida a otras superficies (ver figura 1.2).



Figura1.2 Transmisión por ruido impacto. Fuente: Lancerio Echeverría (2015).

- Ruido de instalaciones: El ruido de las instalaciones es el originado por instalaciones como: elevadores, maquinas, tuberías, aire acondicionado. Es compuesto por un ruido aéreo y vibraciones.

Tipo de ruido por caracterización en frecuencia:

- Ruido blanco: Tiene la misma energía en todas las frecuencias, es por lo tanto un tipo de ruido con espectro plano.
- Ruido rosa: El nivel de energía decae a razón de tres dB/octava. Se utiliza como señal de referencia para las medidas acústicas en las que se debe descomponer la señal en bandas de octava o fracción de octava, como en medidas de aislamiento acústico, potencia sonora, absorción acústica.
- Ruido tonal: Aquel que cuyo espectro presenta una marcada componente tonal. Mediante un análisis espectral de la señal en 1/3 de octava, si al menos uno de los tonos es mayor en cinco dBA⁶ que los adyacentes la fuente emisora tiene características tonales. Las máquinas con partes rotativas como ventiladores o motores presentan este tipo de ruido.

Tipo de ruido por su caracterización temporal:

- Ruido estacionario: El nivel de presión sonora permanece constante en el tiempo. Por ejemplo, el ruido que presenta una unidad de aire acondicionado (ver figura 1.3).

⁶ Decibelios ajustados con la ponderación A

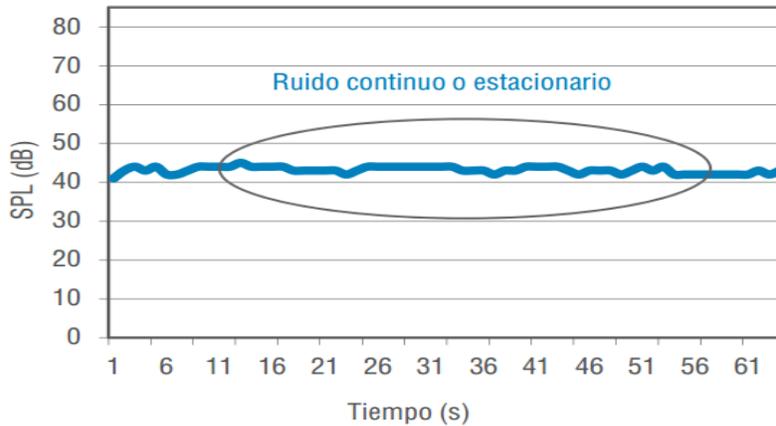


Figura 1.3 Ruido estacionario o continuo. Fuente: Serra (2015).

- Ruido intermitente: Ruido solo presente en determinados instantes.
- Ruido impulsivo: Presenta impulsos cortos (aislados o repetitivos) de nivel muy superior al ruido de fondo. El nivel de presión sonora se incrementa bruscamente por encima del ruido de fondo en tiempos muy cortos (impulsos), como por ejemplo el disparo de un arma de fuego. Los impulsos pueden presentarse de manera aleatoria o repetitiva.
- Ruido fluctuante: Aquel cuyo nivel de presión sonora varía, periódicamente o no (ver figura 1.4).

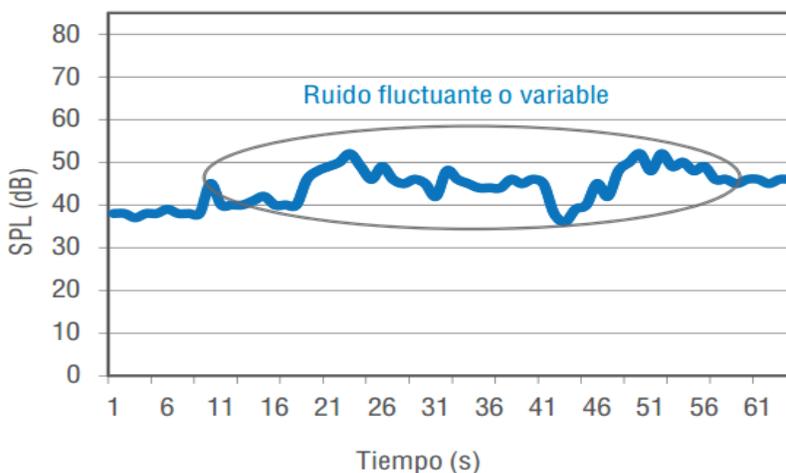


Figura 1.4. Ruido fluctuante o variable. Fuente: Serra (2015).

El decibelio o decibel con símbolo dB, es una unidad que se utiliza para expresar la relación entre dos potencias acústicas o eléctricas. En la acústica el decibelio es la

medida utilizada para expresar el nivel de potencia o el nivel de sonido. Se utiliza esta escala logarítmica porque la sensibilidad que presenta el oído humano a las variaciones de intensidad sonora sigue una escala aproximadamente logarítmica, no lineal. Por ello el belio (B) y su submúltiplo el decibelio (dB), resultan adecuados para valorar la percepción de los sonidos por un oyente.

Se define como la comparación o relación entre dos sonidos porque en los estudios sobre acústica fisiológica se vio que un oyente, al que se le hace escuchar un solo sonido, no puede dar una indicación fiable de su intensidad, mientras que, si se le hace escuchar dos sonidos diferentes, es capaz de distinguir la diferencia de intensidad. Como el decibelio es una unidad relativa, para las aplicaciones acústicas se asigna el valor de 0 dB al umbral de audición del ser humano, que por convención se estima que equivale a un sonido con una presión de 20 micro pascales, algo así como un cambio de la presión atmosférica normal de $1/5\ 000\ 000\ 000$. Aun así, el verdadero umbral de audición varía entre distintas personas y para una misma persona, depende de la frecuencia del sonido. Se considera el umbral del dolor para el humano a partir de los 140 dB. Esta suele ser, aproximadamente, la medida máxima considerada en aplicaciones de acústica.

La energía acústica se caracteriza comúnmente por dos términos distintos, nivel de potencia sonora¹⁵ y nivel de presión sonora. El nivel de presión sonora (L_p , SPL), es una perturbación de la presión en la atmósfera, cuya intensidad está influenciada no sólo por la fuerza de la fuente, sino también por el entorno y la distancia entre la fuente. Es el nivel de presión sonora es lo que los oídos escuchan y lo que los instrumentos de medida son capaces de medir. El oído humano no percibe igual las distintas frecuencias y alcanza el máximo de percepción en las medias, de ahí que, para aproximar más la unidad a la realidad auditiva, se ponderen las unidades (para ello se utilizan las llamadas curvas isofónicas).

El decibelio con ponderación A (dBA) es una adaptación, donde se quita parte de las bajas y las muy altas frecuencias. De esta manera, después de la medición se filtra el sonido para conservar solamente las frecuencias más dañinas para el oído. A pesar de que la escala de decibeles A fue originalmente concebida para medir sonidos de

bajo nivel, ha demostrado ser más adecuada para medir daño auditivo y es la referencia que utilizan las leyes y reglamentos contra el ruido producido a cualquier nivel. En la tabla 1.1 se muestran los niveles de intensidad de sonido y ejemplos de fuentes emisoras que lo producen.

TABLA-1.1 Niveles de intensidad del sonido. Fuente: Wikipedia (2018).

Decibeles	Ejemplos de fuentes sonoras
140 dB	Umbral del dolor
130 dB	Avión en despegue
120 dB	Motor de avión en marcha
110 dB	Concierto. Acto público
100 dB	Perforadora eléctrica
90 dB	Tráfico
80 dB	Tren
70 dB	Aspiradora
60-50 dB	Aglomeración de personas
40-30 dB	Conversación
20 dB	Biblioteca
10dB	Respiración tranquila
0 dB	Umbral de audición

1.3 Contaminación acústica. Generalidades

El problema del ruido es un tema antiguo, aunque es obvio que las sociedades preindustriales se desarrollaron en un medio sonoro prácticamente natural y los efectos negativos para la salud y el medio ambiente eran nulos, ya que los sonidos desagradables estaban concentrados temporal y espacialmente. A lo largo del último siglo y de manera especial en las últimas décadas, el ruido presentó un crecimiento exponencial manifestándose de forma casi permanente tanto en el tiempo como en el espacio. El desarrollo de nuevos medios de transporte, el crecimiento de las ciudades, las actividades industriales, las obras públicas, la construcción o las actividades lúdicas y recreativas entre otras causas, integran lo que se conoce como

contaminación acústica. Es decir, aquella causada por el ruido producido por actividades humanas que altera las condiciones normales del medio ambiente en un determinado lugar, (Redonda, 2013).

La palabra ruido se usa erróneamente para definir la contaminación acústica. A partir del concepto de ruido analizado anteriormente y de la contaminación acústica o contaminación sonora definida por los clásicos como el exceso de sonido que altera las condiciones normales del ambiente en una determinada zona. Se concluye que, aunque están relacionados no son sinónimos. Si bien el ruido no se acumula, traslada o mantiene en el tiempo como las otras contaminaciones, también puede causar grandes daños en la calidad de vida de las personas si no se controla bien o adecuadamente.

El término "contaminación acústica" hace referencia al ruido (entendido como sonido excesivo y molesto), provocado por las actividades humanas (tráfico, industrias, locales de ocio, aviones, barcos, entre otros.) que produce efectos negativos sobre la salud auditiva, física y mental de los seres vivos. Este término está estrechamente relacionado con el ruido debido a que esta se da cuando el ruido es considerado como un contaminante, es decir, un sonido molesto que puede producir efectos nocivos fisiológicos y psicológicos para una persona o grupo de personas. Las principales causas de la contaminación acústica son aquellas relacionadas con las actividades humanas como el transporte, la construcción de edificios, obras públicas y las industrias, entre otras.

La contaminación acústica, presenta grandes diferencias respecto a las demás formas de contaminación, pues se manifiesta de manera localizada y por tanto afecta a un entorno limitado de personas (proximidad a la fuente sonora). Los efectos perjudiciales sobre la salud no son inmediatos, ya que las afectaciones provocadas por la exposición al ruido se manifiestan a mediano y largo plazo. A diferencia de otros contaminantes es frecuente considerar al ruido como un mal inevitable, o como resultado del desarrollo industrial. Además, es muy barato producir ruido, se necesita poca energía para ser emitido, no deja residuos, ni tiene efecto acumulativo en el medio ambiente. Además, que es invisible, percibiéndose solo por el oído; pasando

desapercibido por la voluntad de los responsables en controlarlo. Con frecuencia cuando se repara sus consecuencias son ya irreversibles, se le suma a esto que es muy complejo cuantificar y medir esta contaminación, (Cerón, 2011).

La solución al problema de la contaminación acústica de nuestras ciudades es responsabilidad de todas las personas que las habitan o visitan, independientemente de su edad, la profesión que desempeñen, etc. Por este motivo, las campañas de información y sensibilización o los programas de educación ambiental son importantes para conseguir una conciencia social que valore la importancia de una buena calidad sonora de la ciudad. En este sentido, es importante sensibilizar de forma específica a los usuarios de las actividades de ocio, especialmente en periodo nocturno, sobre la contaminación acústica y las buenas prácticas para minimizar su impacto.

1.3.1 Aislamiento acústico.

El aislamiento acústico es el método mediante el cual se utilizan todas las medidas aplicables para controlar o reducir los niveles de ruido en un recinto. Donde las medidas están conformadas por dos partes que pueden funcionar como un solo elemento o trabajar independientemente según el aislamiento acústico buscado, (Lambraño, 2017).

Es la protección de un recinto contra la penetración de sonidos que interfieran a la señal sonora deseada. Las fuentes que originan estos sonidos pueden estar en el interior o en el exterior del edificio. Para encontrar las formas de protección de los espacios se debe establecer en primer lugar la naturaleza de los ruidos, y los caminos por los cuales penetran. Es un conjunto de materiales, tecnologías y técnicas para separar el sonido de un espacio o bien atenuarlo. Para conocer en qué medida el aislamiento acústico debe ser utilizado debemos saber las propiedades físicas del material y las características del ruido. Se necesita conocer la frecuencia que será transmitida y con esta los diversos materiales que varían en su transmisión acústica hacia determinadas frecuencias. Entonces podemos decir que el aislamiento acústico es la pérdida de energía que experimentan las ondas acústicas al atravesar una superficie.

El aislamiento que ofrece el elemento es la diferencia entre la energía incidente y la energía transmitida, es decir, equivale a la suma de la parte reflejada y la parte absorbida. Existen diversos factores básicos que intervienen en la consecución de un buen aislamiento acústico:

- Factor másico. El aislamiento acústico se consigue principalmente por la masa de los elementos constructivos: a mayor masa, mayor resistencia opone al choque de la onda sonora y mayor es la atenuación. Por esta razón, no conviene hablar de aislantes acústicos específicos, puesto que son los materiales normales y no como ocurre con el aislamiento térmico.
- Factor multicapa. Cuando se trata de elementos constructivos constituidos por varias capas, una disposición adecuada de ellas puede mejorar el aislamiento acústico hasta niveles superiores a los que la suma del aislamiento individual de cada capa, pudiera alcanzar. Cada elemento o capa tiene una frecuencia de resonancia que depende del material que lo compone y de su espesor. Si el sonido (o ruido) que llega al elemento tiene esa frecuencia producirá la resonancia y al vibrar el elemento, producirá sonido que se sumará al transmitido. Por ello, si se disponen dos capas del mismo material y distinto espesor, y que por lo tanto tendrán distinta frecuencia de resonancia, la frecuencia que deje pasar en exceso la primera capa, será absorbida por la segunda.
- Factor de disipación. También mejora el aislamiento si se dispone entre las dos capas un material absorbente. Estos materiales suelen ser de poca densidad y con gran cantidad de poros y se colocan normalmente porque además suelen ser también buenos aislante térmico. Así, un material absorbente colocado en el espacio cerrado entre dos tabiques paralelos mejora el aislamiento que ofrecerían dichos tabiques por sí solos.

La reflexión del sonido puede atenuarse también colocando una capa de material absorbente en los paramentos de los elementos constructivos, aunque estas técnicas pertenecen más propiamente al ámbito de la acústica

Para conseguir un buen aislamiento acústico son necesarios materiales que sean duros, pesado, no porosos, y, si es posible, flexibles. Es decir, es preferible que los

materiales aislantes sean materiales pesados y blandos al mismo tiempo. Pueden emplearse materiales tales como hormigón, terrazo, acero, etc. son lo suficientemente rígidos y no porosos como para ser buenos aislantes.

También actúan como un gran y eficaz aislante acústico, las cámaras de aire (un espacio de aire hermético) entre paredes. Si se agrega, además, material absorbente en el espacio entre los tabiques (por ejemplo, lana de vidrio), el aislamiento mejora todavía más. Cuando se realiza un acondicionamiento acústico, no sólo hay que prestar atención a las paredes y suelos del recinto, sino a los pequeños detalles. Una junta entre dos paneles mal sellada, una puerta que no encaja, etc., pueden restar eficacia al aislamiento, (EcuRed).

1.4 Comportamiento de la contaminación acústica a escala nacional e internacional.

Desde hace años, la vida diaria de la población, particularmente en las comunidades urbanas, se ha visto progresivamente invadida por el ruido. El estruendo del tráfico rodado, en constante aumento, ha sido aceptado sin grandes protestas e incluso con complacencia hasta fechas muy recientes. El transporte de superficie produce actualmente graves problemas de diferentes tipos en la población. El desarrollo de los vehículos, con motores cada vez más potentes y veloces, ha hecho que aumente el ruido ambiente, debido fundamentalmente a la estandarización del motor de explosión como fuente propulsora.

La contaminación sónica es uno de los grandes problemas en la sociedad moderna a escala mundial. El reconocimiento del ruido como un peligro para la salud es reciente y sus efectos han pasado a ser considerados un problema sanitario cada vez más importante. Dicha contaminación es la primera causa de contaminación ambiental en Francia, y la segunda en Europa. Japón es el país más ruidoso del mundo, seguido de España, considerando a Madrid una de las capitales más ruidosas en todo el mundo, según estudios realizados por la Organización Mundial de la Salud. En un estudio realizado en Cuba, en la ciudad de Cienfuegos, se reveló que los niveles más altos con respecto a los valores normados se encontraron en la noche y se

relacionaron al ruido del tránsito. Los niveles sonoros de la ciudad de Cienfuegos más sensibles son los de naturaleza de tránsito y comercial. La contaminación sónica presenta características que lo diferencian de otros contaminantes como, por ejemplo: es el contaminante más barato de producir y necesita muy poca energía para ser emitido. Es complejo de medir y cuantificar, no deja residuos, no tiene efecto acumulativo en el medio, aunque puede tener un efecto acumulativo en los daños a producir en el hombre. Se percibe a diferencia de otros contaminantes sólo por el oído, lo cual hace subestimar su efecto, (González Sánchez & Fernández Díaz).

El ruido en zonas urbanas ha venido presentando una problemática en incremento a través de los años. Este se ha convertido en un importante factor de contaminación ambiental el cual afecta directamente a los habitantes de viviendas en las principales urbes alrededor del mundo. Las personas que se encuentran afectadas por el ruido presentan afectaciones directas a su salud tanto física como mental lo cual genera alteración a la calidad de vida de las mismas. En la ciudad Bogotá se han realizado estudios distritales en el tema de ruido como fue el realizado en el 2005 por la Personería Delegada para el Medio Ambiente y Desarrollo Urbano de Bogotá, la cual elaboró el estudio en “Control Institucional a la Contaminación Auditiva en Bogotá”. Donde se recopila información relacionada con el número de quejas instauradas ante las alcaldías locales referentes a contaminación por ruido. Además se han generado mapas de ruido ambiental en las diferentes localidades de la ciudad por parte de un convenio desarrollado entre la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá (SDA) y la Universidad INCCA de Colombia, (Lambraño, 2017).

La causa principal de la contaminación acústica es la actividad humana, el transporte, la construcción de edificios y obras públicas, la industria, entre otras. Los efectos producidos por el ruido pueden ser fisiológicos, como la pérdida de audición, y psicológicos, como la irritabilidad exagerada. El ruido se mide en decibelios (dB) y los equipos de medida más utilizados son los sonómetros. Un informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS), considera los 50 dB como el límite superior deseable.

En Cuba según la NC 26:2007 se establece que los niveles máximos admisibles están asociados a los ruidos presentes en los proyectos de nuevas urbanizaciones y de viviendas típicas en las nuevas áreas residenciales. Los niveles tolerables serán los que se presenten en las remodelaciones de urbanización y de viviendas típicas en las áreas residenciales estables que causan molestias a la población. Se establecen los niveles para el local más vulnerable del interior de la vivienda en la hora más desfavorable del período diurno y nocturno, (ver TABLA-1.2).

TABLA-1.2: Niveles sonoros máximos admisibles y niveles tolerables en el local de la vivienda más desfavorable por ruido. Fuente: NC 26: 2007. Ruidos en zonas habitables — Requisitos higiénicos sanitarios

L _{Aeq} [dB(AF)]	Niveles tolerables				Niveles máximos admisibles	
	Áreas urbanizadas estables		Remodelaciones		Nuevas urbanizaciones	
	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche
Suburbano	68	68	65	59	49	49
Comercial	70	66	65	53	57	43
Tránsito	63	53	60	50	37	37
Instalaciones mecánicas e industriales	66	61	65	55	40	40
L ₁₀ [dB (AF)]	85		75		65	

*L_{Aeq}: Nivel sonoro continuo equivalente. **LMÁX: Nivel sonoro máximo.

1.5 Efectos causados en la salud por la contaminación acústica.

El ruido tiene efectos muy perjudiciales para la salud, estos perjuicios varían desde trastornos puramente fisiológicos, como la pérdida progresiva de audición, efectos psicológicos, al producir una irritación. Además de cansancio que provocan disfunciones en la vida cotidiana, tanto en el rendimiento laboral como en la relación con los demás. La lista interfiere en la comunicación, perturbación del sueño, estrés, irritabilidad, disminución de rendimiento y de la concentración, agresividad, cansancio, dolor de cabeza, problemas de estómago, alteración de la presión arterial, alteración de ritmo cardíaco. Otras afectaciones pueden ser depresión del sistema

inmunológico, alteración de los niveles de segregación endocrina, vasoconstricción, problemas mentales y estados depresivos.

En Cuba, se establece como nivel de confort acústico los 65 dBA. Por encima de este nivel, el sonido resulta pernicioso para el descanso y la comunicación. La evaluación del ruido es un tema que ha sido ampliamente tratado, en el campo de la salud, sobre todo en la predicción de los efectos nocivos causados y la posibilidad o no de contraer una enfermedad determinada. También coinciden con lo planteado por científicos y expertos que tratan la materia, así como los organismos oficiales como la OMS, la CEE⁷, CITMA⁸, expresado también por investigadores del Instituto Nacional de Higiene y Epidemiología, en estudios realizados sobre el abordaje integral de la contaminación sonora.

Numerosos organismos internacionales dan cuenta del aumento significativo de hipoacusias (pérdidas auditivas) inducidas por ruido a nivel mundial en edades cada vez más tempranas, coincidiendo en destacar la necesidad de organizar programas educativos tendientes a la prevención y promoción de la salud auditiva. La Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró en el año 1986 que la pérdida auditiva por exposición excesiva a ruido es una de las enfermedades irreversibles más frecuentes. En el año 2015 informó que más de 1.100 millones de jóvenes en el mundo están en riesgo de sufrir pérdidas de audición a causa de usar en forma reiterada dispositivos electrónicos y auriculares a niveles sonoros más altos que el recomendado, mientras que ya hay más de 43 millones de jóvenes entre 12 y 35 años con discapacidades auditivas, (Serra, 2016).

Los principales efectos del ruido en la salud humana y la calidad de vida son los siguientes:

- Auditivos: Como consecuencia de una exposición a sonidos de altos niveles sonoros se puede producir una modificación en la capacidad auditiva de una persona debido al desplazamiento de su umbral auditivo.

⁷ Comunidad Económica Europea

⁸ Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba

- **Molestia y malestar:** La molestia es considerada la principal y más frecuente reacción frente a los sonidos no deseados que producen interferencia en la realización de tareas, en la comunicación o en el descanso. La sensación de malestar se genera por la aparición de distintos síntomas físicos como dolores de cabeza, irritabilidad, etc. Las personas afectadas hablan de intranquilidad, desasosiego, depresión, desamparo, ansiedad o rabia.
- **Trastornos del Sueño:** El ruido puede influir negativamente sobre el sueño de tres formas diferentes: dificultad para conciliar el sueño, interrupciones del sueño que, si son repetidas, pueden llevar al insomnio. La probabilidad de despertar depende no solamente de la intensidad del ruido sino también de la diferencia entre ésta y el nivel de ruido ambiente propio del lugar. Y disminución de la calidad del sueño, volviéndose éste menos tranquilo y acortándose sus fases más profundas.
- **Interferencia en la comunicación** La perturbación en la comunicación se produce por la presencia de sonidos cuya componente espectral es similar y de intensidad próxima o superior al habla mientras se mantiene una conversación. Lo cual produce interferencia, enmascarando el lenguaje de modo que éste solo emerge parcialmente dificultando su comprensión. El nivel sonoro de una conversación normal y sin esfuerzo de la voz oscila entre 50/55 dBA (medido a un metro de distancia entre el emisor y el receptor).
- **Concentración y rendimiento** El ruido afecta en mayor medida el rendimiento en todas aquellas tareas que exigen cierto nivel de atención y concentración. También puede afectar la concentración en tareas que necesiten de señales acústicas para su desarrollo, al enmascarar estas señales o interferir en su percepción. Como ejemplo típico está el caso de las aulas escolares afectadas por ruido proveniente del exterior (ruido urbano) o proveniente del interior de la misma escuela, dificultando la concentración de los alumnos que intentan comprender la explicación del docente
- **Sociales y económicos** La combinación de todos los factores anteriormente descritos hace que los centros urbanos, particularmente aquellos con mayor

densidad poblacional, se hayan convertido en lugares poco agradables o “poco amistosos” para residir. Como consecuencia, un número creciente de residentes buscan lugares más tranquilos para fijar su residencia.

1.6 Contaminación acústica en la ciudad de Holguín.

La ciudad de Holguín tiene una extensión territorial de 51 km², con una altitud sobre el nivel del mar de 100 a 120 m. Es la tercera ciudad a nivel nacional más poblada con más de 273 032 habitantes siendo categorizada como ciudad de primer orden en el sistema Urbano Nacional. Por la estructura monocéntrica de la ciudad, lo densamente poblada, y teniendo en cuenta que sus principales servicios se encuentran en el centro, hay una gran tendencia de congestión de tráfico en toda esta área. El transporte debe garantizar la movilidad de la población en sus recorridos vivienda-trabajo-servicios, más los que van hacia otros municipios, provincias, aeropuerto y ferrocarril. Parte del sistema vial en la ciudad de Holguín se encuentra deteriorado producto a las limitadas capacidades constructivas y deficiente sistema de gestión para la conservación, agudizado por las tensiones económico-financieras externas.

Una de las principales problemáticas ambientales de nuestra ciudad, continúa siendo la contaminación acústica, producida por el exceso de ruidos provenientes de la gran cantidad y variedad de actividades económicas, profesionales y productivas que convergen en un ámbito tan complejo como el urbano. Además, esta situación es confirmada, percibida y tenida muy en cuenta por los ciudadanos, cada vez más exigentes, concienciados y comprometidos con el medio ambiente y el desarrollo sostenible.

Las causas fundamentales son: el aumento del parque automovilístico y el hecho que la ciudad no había sido concebida para soportar los medios de transporte, con calles angostas y firmes poco adecuada. Las actividades industriales, las obras públicas, las de construcción, los servicios de limpieza y recogida de basuras, sirenas y alarmas, así como las actividades lúdicas y recreativas. Instalaciones de aire acondicionado o ventilación, las instalaciones sanitarias, equipos de bombeo, etc., tanto dentro de un edificio o vivienda como desde éste hacia el exterior; que, para

abaratando costos, o simplemente por desconocimiento, desidia o negligencia, se omiten los recursos de control de ruido que existen para estos casos

La ciudad de Holguín se encuentra ante una problemática de ruido preocupante debido a que, en la mayor parte de esta, las emisiones de ruido superan en gran medida a las normativas y recomendaciones estipuladas, afectando de modo gradual a los habitantes de la ciudad en la mayoría de horas del día. Siendo las áreas más vulnerables las que se encuentran cercanas a sectores de alto tráfico y sectores comerciales. Por lo tanto, se debe implementar medidas de regulación acústica, y ya que en muchos casos las medidas de regulación mediante autoridades ambientales no pueden ser impuestas por la dificultad de hacer efectivas las mismas. Es necesario aplicar sistemas de aislamiento acústico en viviendas para de este modo prevenir repercusiones a corto y largo plazo en los habitantes de la ciudad.

En viviendas unifamiliares los problemas acústicos más graves son causados por el tráfico y vecinos además de algunos casos zonas de recreación o industriales cercanas a estas viviendas, por lo tanto, la mayoría de ondas de sonido impactan directamente en muros o en algunos casos en techos. Cuando se habla de vivienda residencial se cuenta con los factores previamente nombrados incluyendo otros factores tales como la unión de una vivienda con la otra lo cual hace que los ruidos generados por los vecinos tiendan a ser más molestos y sea más fácil que se filtren dichos ruidos.

Sumando el factor de que las viviendas se encuentran divididas en pisos tanto los vecinos de arriba como los de abajo se convierten en factor generador de ruido y por lo tanto el aislamiento acústico de techos y pisos requerirá un mejoramiento. En el caso de puertas y ventanas estas se consideran como materiales complementarios para el sistema de insonorización de muros ya que estas aportan entre un 10 a 15% de reducción de ruido.

1.6.1 Contaminación acústica en el área de estudio: Zona aledaña a la plaza Camilo Cienfuegos.

La zona de estudio se encuentra en el centro histórico de la ciudad de Holguín. Alrededor de la plaza Camilo Cienfuegos se encuentran viviendas familiares y

escuelas como el IPU José Varona, y la Escuela de Economía, además de instituciones importantes como el Tribunal Provincial. Esta área cuenta con altas tendencias de tráfico ya sean ómnibus urbanos, taxis, autos y ómnibus de empresas, autos particulares y el incremento de transporte de tracción animal provocan que la zona se vea afectada por altos niveles de ruido ambiental. En estudios realizados se ha podido comprobar que en esta zona los niveles de ruido provocado por el tráfico rodado varían entre 80 y 90 dB (ver figura 1.5), pudiendo alcanzar niveles superiores en determinadas horas del día. A esto se suman los ruidos provocados por la propia plaza, en la cual se realizan actos públicos y recreativos con altavoces y actuación de grupos en vivo, lo cual puede generar emisiones de ruido de 110 dB, pudiendo alcanzar niveles superiores, situación que ha provocado innumerables quejas de los vecinos a las autoridades.

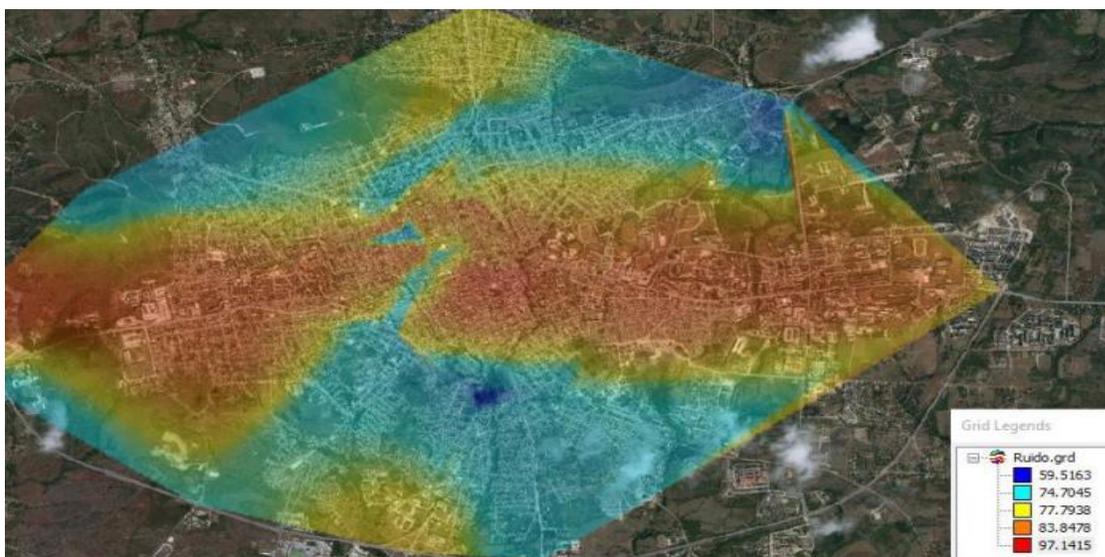


Figura 1.5 Mapa estratégico de ruido del tráfico rodado en la ciudad de Holguín. Fuente: Alemañy (2019).

Las tipologías de viviendas que conforman el conjunto urbano de esta zona se caracterizan por ser construcciones en su mayoría de mampostería de dos niveles, ladrillo o bloques en paredes y cubierta de hormigón armado, carpintería típica con el empleo de persianas de madera. Se observa contigüidad en algunas viviendas, es decir una de cada lado, quedando el resto de su perímetro exterior aislado de

cualquier otra edificación. Además, existen algunas viviendas de estilo colonial, como se muestra en la figura 1.6.



Figura 1.6 Viviendas ubicadas en la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia.

En mediciones realizadas en el área, se pudo constatar que en horarios después de las 10 pm, en que los vecinos de mayor edad y niños duermen, en los días de actividades de la plaza, se midieron valores por encima de los 65 dBA, que superan los niveles de confort acústico, establecidos por la Norma Cubana. La mayoría de los vecinos en edad vulnerable (mayores de 65 y niños menores de 12 años) comenzaron a presentar síntomas como: hipertensión, estrés, tendencia al insomnio, trastornos psicofísicos: ansiedad, depresión, náuseas, jaquecas. Es de destacar que antes de los años 90 del anterior siglo, esta área era una zona residencial muy tranquila, la plaza Camilo Cienfuegos formaba parte del espacio de deportes de la escuela Enrique José Varona, y el tráfico vehicular era menos intenso.

Las viviendas familiares e instituciones de esta zona no presentan el aislamiento acústico suficiente para proteger a sus habitantes del ruido procedente del exterior y la población no cuenta con el conocimiento necesario para solucionar esta problemática. La contaminación por ruido pocas veces es tratada ya que no existe suficiente información para el tratamiento acústico. Al conocer los niveles de confort óptimos y el sistema acústico adecuado se podrá tener una idea clara de que se necesita para obtener estos niveles. Es necesario elaborar recomendaciones

constructivas ante la contaminación acústica presente en esta zona, que sirvan de guía a la comunidad para futuras construcciones o incluso pequeñas modificaciones que se pueden realizar en la vivienda para garantizar un aislamiento acústico adecuado y limitar los ruidos a un nivel aceptable

Conclusiones del capítulo:

- El análisis de los antecedentes del ruido y la contaminación acústica permitió conocer sus orígenes y su comportamiento a lo largo de la historia.
- Se realizó un análisis de su comportamiento a escala nacional e internacional y las afectaciones provocadas a la salud.
- El ruido que altera las condiciones normales del medio ambiente en un lugar determinado se conoce como contaminación acústica por tanto se expone la importancia de un adecuado aislamiento acústico para reducir los niveles de ruido en las viviendas.
- Investigaciones realizadas en la zona de estudio demostraron los problemas que experimentan los vecinos debido a la exposición a los altos niveles de ruido, es por eso que se plantea la necesidad de elaborar recomendaciones constructivas que sirvan para instruir a la comunidad con ejemplos de materiales y acciones que permitan aislar sus viviendas del ruido y mejorar su calidad de vida.

CAPÍTULO 2. ELABORACIÓN DE RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS ANTE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA POR ALTAVOCES Y TRÁFICO VEHICULAR: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ACÚSTICA DE LOS MATERIALES DE CONTRUCCIÓN Y SUS TÉCNICAS DE UTILIZACIÓN.

La elaboración de este capítulo se basa en la evaluación de la capacidad acústica de los materiales de construcción, sus técnicas de utilización y la elaboración de recomendaciones constructivas ante la contaminación acústica por altavoces y tráfico vehicular.

2.1. Caracterización de materiales más usados para el aislamiento acústico.

Un material aislante acústico tiene la capacidad de bloquear o dificultar el paso del sonido. Los aislantes acústicos de este modo, pueden hacer que los sonidos no salgan de un ambiente y que los sonidos exteriores no ingresen a dicho ambiente. En otras palabras, un aislante acústico brinda un resguardo contra el ingreso de los sonidos y, a su vez, impide que los sonidos generados en el interior del ambiente salgan. Por eso ciertos espacios son protegidos con aislantes acústicos para posibilitar el desarrollo de distintas tareas. El caucho, la lana de vidrio, y la lana de roca son algunos de los aislantes acústicos más utilizados. Es habitual que se fabriquen paneles con estos materiales para revestir paredes y techos.

La función de los materiales aislantes, dependiendo de donde estén, puede ser o bien, reflejar la mayor parte de la energía que reciben (en el exterior), o bien, por el contrario, absorberla. A pesar de ello, hay que diferenciar entre aislamiento acústico y absorción acústica, el aislamiento acústico permite proporcionar una protección al recinto contra la penetración del ruido, al tiempo, que evita que el sonido salga hacia el exterior. En cambio, la absorción acústica, lo que pretende es mejorar la propia acústica del recinto, controlando el tiempo de reverberación⁹, etc. Por ello, los materiales aislantes son, generalmente, malos absorbentes. Es un hecho lógico, la misión de un aislante, si está colocado en el interior puede ser absorber el sonido

⁹ Parámetro que se utiliza para cuantificar la reverberación de un determinado recinto. Se define como el tiempo que transcurre hasta que decae a una determinada intensidad las reflexiones de un sonido directo.

que le llega, no obstante, colocado en el exterior, tendrá como misión reflejar la mayor cantidad de energía sonora que reciba, para impedir que penetre en el recinto. Para la obtención de un adecuado aislamiento acústico es importante el material que se emplee, cada material presenta sus características individuales y por tanto aportan diferentes niveles de aislamiento. Su uso estera en dependencia de la finalidad del lugar para el que se vaya a emplear y las condiciones constructivas de este. Básicamente estos materiales se pueden clasificar de acuerdo a su capacidad como aislante de dos formas básica:

- Materiales Impermeables al Sonido

Se considera que un material es impermeable al sonido cuando no permite que la onda de presión se introduzca en su interior. Estos materiales se caracterizan porque una onda sonora incidente produce que el material adquiera una velocidad de vibración, radiando energía acústica en la cara opuesta. Físicamente no hay ninguna onda de presión que atraviese al material, sino que la onda incidente produce esa velocidad de vibración que genera la onda de presión transmitida (ruido aéreo). Existen modelos matemáticos que se acercan a una predicción de la onda de presión transmitida respecto a la onda incidente, es decir, el coeficiente de transmisión del material o capa impermeable. En la mayoría de estos modelos es necesario el conocimiento preciso de las características elásticas del material, pues de ellas depende en mayor grado la velocidad de vibración que se pueda producir. Además, es importante el valor de masa por unidad de superficie, pues dicho valor condiciona, generalmente, el valor del coeficiente de transmisión a baja frecuencia.

- Materiales Absorbentes del Sonido

Los materiales absorbentes del sonido, tales como, lanas minerales u orgánicas, fibras de vidrio o textiles, láminas de celdas abiertas (por ejemplo, poliuretano), etc., se basan en el efecto de absorción de energía que se produce cuando una onda incide sobre el material y lo atraviesa. En estos materiales parte de la energía incidente se disipa cuando la onda lo atraviesa. El fenómeno por el cual se disipa la energía depende de cómo este constituido el material. Unos se caracterizan por estar formados por entramados de poros o canalizaciones conectadas entre sí, y otros se

forman con pequeñas fibras que se comprimen hasta un determinado espesor. En general la pérdida de energía se produce por viscosidad transformándose parte de la energía acústica en calor, el cual se disipa.

En la construcción son empleados un sinnúmero de materiales, cada uno de los cuales presenta sus propias características individuales. Conocer estas características permite su correcta utilización para un determinado fin. En el caso del aislamiento acústico se deben emplear materiales adecuados que aíslen o absorban el sonido. Los materiales que pueden emplearse en la construcción con el fin de lograr un determinado aislamiento acústico son:

- Hormigón: El hormigón está compuesto por cemento, áridos (piedrín, arena, gravas) y agua, el mismo tiene una propiedad ausente de absorción, el material provoca que se dé demasiada reverberación dentro de un ambiente. Este material es completamente eficiente para reflejar el sonido. El hormigón presenta una masa con densidad que supera los 2000kg/m^3 ofrece índices de reducción que superan $R_w=50$. Por lo que es altamente aislante sobre todo en bajas frecuencias. El factor interno de amortiguamiento es poco por lo que el hormigón no es bueno para el aislamiento hacia el ruido de impacto. El coeficiente de absorción es de 0.01 a 0.04 nivel bajo. Este material es apto para el acondicionamiento interno del sonido más que como aislante de sonidos externos, debido a la porosidad las ondas sonoras se transmiten a través de ellos y transmitidos a los ambientes continuos, por lo que es mal absorbente. Para que este sea aislante se debe revestir de algún otro tipo de relleno interior que sea un material con esta propiedad. Dependiendo del tipo de mezcla y proporción estos pueden ser insonoros. Mientras más livianos especiales sean más capacidad acústica tienen.

- Mampostería: La mampostería se compone de piedra pulverizada, arena, cemento y agua. Generalmente es utilizado en muros simples o divisorios, muros estructurales, bandas perimetrales, muros de contención o retención y losas. Las propiedades acústicas varían dependiendo de la masa superficial del mismo y tomando en cuenta las frecuencias bajas ya que son las más difíciles de aislar. Debido a que es un material poroso la capacidad de aislamiento es inferior a los

muros que son completamente llenos en su interior. Debido a la porosidad del material este es poco reflectivo. Para el acondicionamiento acústico interior la porosidad de este permite tener un coeficiente de absorción bastante alto en comparación del hormigón. El coeficiente de absorción es de 0.25 a 0.44 respectivo a distintas frecuencias 0.05 a 0.10.

Los ladrillos comunes que son cocidos son más insonoros. Los ladrillos huecos constituyen un material de escaso peso y consecuente poco insonoro. Algunos modelos son incluso muy sonoros dependiendo de su peso. Pueden presentar puntos débiles pronunciados hacia ciertas frecuencias. A menudo estos elementos son insonoros por su peso, por lo que la resistencia a la compresión está muy relacionada. Todos los bloques tienen mejores resultados con mortero especial que ayude a la absorción de las ondas.

- Madera: La madera se compone por un 50% de carbono (C), 42% de oxígeno (O) 6% de hidrógeno (H) y 2% de nitrógeno (N), celulosa, resinas, ceras, grasas y otras sustancias. Dependiendo de la necesidad esta puede ser caoba, roble, pino. Se emplea en la construcción de muros divisorios, revestimientos, techos, pisos, socalos, mobiliario y paneles perforados. Se puede utilizar para realizar tabiques que aíslen el sonido de un ambiente a otro. Al utilizarse en aglomerados de virutas ligadas al cemento o yeso esta aumenta su capacidad de absorción.

Dependiendo de la forma de la instalación, puede ser reflejante de los sonidos medios-altos. La madera es buen absorbente de las frecuencias bajas. Si el grosor de la madera es delgado la absorción es mayor y puede neutralizarse mucho los bajos. Para lograr la absorción del material es necesario que esta esté separada del muro para que este actúe como resonador a cierta frecuencia y aumente su absorción. La madera utilizada como revestimiento fijado a una pared con una cámara de aire intermedia, refleja los sonidos medios-altos, pero absorbe razonablemente bien los bajos. El revestimiento de madera en un ambiente puede utilizarse para equilibrar los ecos en una sala.

El rango de absorción de la madera se determina por el peso de la tabla y la dimensión de la cámara de aire detrás de la tabla. Si el espacio interior es relleno

con un material poroso y absorbente (lana mineral) la absorción del sonido es más eficiente. Una de las ventajas de la madera es que esta es fácil de moldear por lo que facilita la colocación de las piezas estratégicamente en una sala para reflejar el sonido tanto a los oyentes sino a los intérpretes del sonido. Pegado a los muros con un grosor de la madera considerable provoca reflexiones tempranas y funciona como un amplificador. En piso, y techos para amplificación de sonidos y como absorbente de las bajas frecuencias, facilita la comunicación entre personas.

- Vidrio: El vidrio se obtiene a unos 1 500 °C a partir de arena de sílice (SiO₂), carbonato de sodio (Na₂CO₃) y caliza (CaCO₃). Es un material no poroso y rígido por lo que el coeficiente de absorción es demasiado bajo, dependiendo de la manera en la que se use y los materiales que auxilien a este para la absorción. Cuando se da un nivel de absorción es debido al espesor del vidrio y este vibra en una velocidad de onda diferente a la onda sonora emitida por lo que permite una pérdida porcentual del sonido. Debido a la composición y por ser un material en nada poroso este presenta una excelente capacidad de reflexión del sonido dentro de un ambiente. Por su composición y dependiendo la forma de instalación con la ayuda de distintos materiales el vidrio es un buen aislante del sonido.

La absorción del material cuando este es de un grosor considerable puede ser desde un 0.18 en frecuencia de 125 hasta 0.02 en frecuencias de hasta 4 000Hz Por lo anterior el vidrio absorbe únicamente en frecuencias bajas de 125 y en un ligero porcentaje. La capacidad acústica se determina por el tipo de ambiente y función, en ambientes en los que se requiere una visual de lo que se realiza como en comercios o en los que se requiere el paso de la luz natural como oficinas, residencias y otros puede ser utilizado como un aislante del sonido con una instalación adecuada. Dependiendo del grosor del vidrio cada plancha de material tiene una frecuencia crítica ante la cual vibra mucho más fácilmente. A esta frecuencia el ruido se transmite mucho mejor. La hoja sufre a nivel de aislamiento acústico una pérdida de 10 a 15 decibelios. Para una plancha de cuatro milímetros de espesor la frecuencia. Aumentando el espesor del vidrio la pérdida de prestaciones debida a la frecuencia crítica se desplaza hacia las bajas frecuencias.

Para el adecuado aislamiento sonoro de una ventana debe tomarse en cuenta tanto el grosor de los vidrios como el marco estructural del mismo. Utilizar vidrios de distintos grosores para que las vibraciones transmitidas por uno se encuentren con un vidrio con una frecuencia crítica hacia distinta frecuencia y este no pase al ambiente. A mayor espesor, mayor atenuación. Una cámara de aire dentro de los vidrios hermetizada permite que el aire funcione como un aislante. Se debe sellar los marcos y estructura del vidrio para que no pase el sonido a través de fugas.

- Ladrillos: Los ladrillos son bloques fabricados con arcilla llevados a un proceso de cocción a temperaturas de 350°. Por ser naturalmente fuertes y densos ayudan a bloquear el sonido y evitar que pase de un ambiente a otro, mientras más denso sea mayor es el aislamiento. Es un material que refleja los sonidos por lo que el coeficiente de absorción es casi despreciable y no puede usarse para acondicionamiento interno acústico, es uno de los materiales que provocan eco. El ladrillo es un material altamente aislante por lo que es más usado en los estudios de grabación para reducir los sonidos del exterior al interior, por su falta de absorción este necesitará ser apoyado por materiales absorbentes en el interior para evitar las resonancias y ecos.

- Fibra de vidrio: El material está diseñado exclusivamente para la reducción del tiempo de reverberación en los ambientes, por lo que los componentes son exclusivos para la absorción y reducir los niveles de ruido. Tiene una ligera capacidad de reflexión por lo que convierte las reflexiones demasiado fuertes en suaves reflexiones. Si esta se utiliza como un material acompañante de otro elemento como puertas o relleno interno de muros permiten el aislamiento del ambiente evitando el paso del sonido a otros ambientes.

Las mantas de fibra de vidrio acústico de alto rendimiento se utilizan para reducir la reverberación (reflejados) de energía de ruido en el son seguros de incendio, presentan baja emisión de humo y poseen alta resistencia mecánica. Tienen una amplia gama de límites temperatura, se puede limpiar y es resistente a la humedad, el polvo, la suciedad y la grasa la mayoría de los productos químicos. Pueden ser

instalados dentro de muros o tabiques divisorios en los que se requiera evitar el paso del sonido.

- **Espuma Acústica:** La espuma acústica se compone de aluminio no adhesivo, poliuretano flexible conformado de poros abiertos que permiten la absorción del sonido. Algunas de las espumas acústicas tienen como un complemento de aluminio en la parte posterior que permite reflejar los sonidos y permitir que ellos no pasen a otros ambientes. Estas piezas de espuma son adecuadas para absorber no solo los sonidos que se emiten dentro del ambiente sino para absorber los sonidos del exterior por lo que tiene una función aislante.

Las espumas acústicas están conformadas por un material poroso absorbente y una lámina reforzada que permite el reflejo del sonido y también la protección de la humedad. Es importante conocer las medidas que traen estandarizadas para tomar en cuenta el área de las mismas y realizar los cálculos del tiempo de reverberación exactos.

- **Planchas de plomo:** Este material se compone de óxidos de plomo, el tetraetilo de plomo y los silicatos de plomo y aleación con algunos metales como antimonio, Estaño, arsénico, hierro, bismuto, zinc, cobre, plata y telurio. El plomo es el mejor aislante de todos ya que aísla del sonido y de las vibraciones. La plancha de plomo reúne las características necesarias para ser un excelente aislante acústico: alta densidad, baja rigidez y total estanqueidad y homogeneidad. Particularmente, en el caso del plomo, la denominada frecuencia de coincidencia se sitúa por encima del intervalo de frecuencias normales y por tanto mantiene sus propiedades de atenuación acústica. Últimamente se ha prohibido el uso del material debido al daño potencial a la salud de las personas, debido a su alta toxicidad.

- **Vinil Acústico:** El vinilo de alta densidad o acústico es un polímero por adición y además una resina que resulta de la polimerización del cloruro de vinilo o cloroetano. Por su densidad posee un elevado índice de aislación sonora para un amplio rango de frecuencias, por ser un material compacto y de gran masa. Evita el paso de sonido de un ambiente a otro. Su estructura de espuma ayuda a reducir la

resonancia acústica, aísla el sonido en un ambiente impidiendo el paso a otro ambiente.

- **Viruta Prensada:** Las placas de viruta son principalmente fabricados con elementos naturales como la madera, ya sea abeto, o magnesita y son prensadas y unificadas con algún aglomerante como cemento portland. Por la separación de las virutas de madera entre ellas se crean espacios y por lo tanto se convierten en absorbentes. Estos pueden llegar a tener un coeficiente de absorción de 0.95 alcanzado en las frecuencias medias. Por la composición la madera es un material aislante y los aglomerados contenidos no solo permite el aislamiento del ruido sino también térmico. Por la capacidad de absorción estos elementos pueden utilizarse en los que el sonido a una frecuencia mayor de 150KHz y menor a los 6000KHz es decir frecuencias medias. Regularmente se utilizan como cielos falsos suspendidos que ayudan a la reducción del ruido dentro de los ambientes o para disminuir la reverberación en ellos y permitir escuchar de manera más clara los sonidos.

- **Lana de Roca:** La lana roca, es perteneciente a la familia de las lanas minerales, es un material fabricado a partir de la roca volcánica. Por la composición del material disminuye la velocidad del sonido dentro de la lana roca, por lo tanto, evita el paso de sonido de un ambiente a otro. Las fibras de la lana crean una textura con espacios de aire dentro por lo que absorbe el sonido y reduce el eco y reverberación de las salas. Se utiliza para rellenar cámaras de aire, como amortiguador de vibraciones en estructuras, para fabricación de puertas y ventanas, entrepisos, cubiertas y forjados, ductería y otros.

Puede utilizarse en cualquier tipo de ambiente. Por su capacidad alta de aislamiento se utiliza mayormente para relleno en cámaras de aire para evitar el paso del sonido de un ambiente a otro. Debido a su estructura multidireccional y elástica, la lana de roca frena el movimiento de las partículas de aire y disipa la energía sonora, empleándose también como acondicionador acústico para evitar reverberaciones y ecos excesivos.

- **Lana de Poliéster:** Es un tejido termo-ligado voluminoso a base de fibras de poliéster de densidad variable. Es un material muy bueno para aislar los ruidos

provenientes de vibraciones y reduce los ruidos de impacto, mayormente a una frecuencia media, entre 2 000KHz a 4 000KHz. Por la composición del material y su porosidad se convierte en un buen absorbente y puede utilizarse como acondicionador acústico. Se utiliza en ambientes en los que se quiere reducir el ruido y mayormente de impacto causado por las vibraciones usado como relleno de cámaras, aislante de entrepisos, puertas y tabiques.

Por la estructura porosa y abierta crea una gran resistencia al paso del aire por lo que evita la transmisión de sonido de un ambiente a otro. El coeficiente de absorción viene siendo de 0.50 en frecuencias bajas 0.70 en medias y 0.80 en las más altas, por lo que son útiles para acondicionar ambientes a una frecuencia media-baja. Estas pueden instalarse de distintas maneras: como relleno en cámaras de aire en tabiques o muros de mampostería, como relleno en puertas para aislar sonido, como paneles suspendidos en techos para acondicionamiento, como revestimiento para lograr absorción en frecuencias altas y acondicionar el ambiente a frecuencias medio-bajas.

- Espuma de Polietileno: La espuma de polietileno está formada por cadenas lineales de polietileno que están unidas entre sí por fuertes enlaces químicos creando una estructura en forma de red tridimensional (reticulación) Puede estar disponible en rollos y también en bloques. Con diferentes propiedades, densidades, colores y presentaciones. La propiedad más fuerte de este material es el aislamiento, tanto acústico como térmico, utilizado en juntas, elementos anti vibratorios, cámaras de aire, entrepisos y otros. Este puede utilizarse en cualquier ambiente en el que se requiera aislamiento acústico. Tal como industrias, residencias, comercios y oficinas. Por su propiedad aislante esta reduce el ruido de impacto y las vibraciones transmitidas en el aire a través de los elementos.

- Espuma Elastomérica: La espuma elastomérica se fabrica a base de caucho sintético flexible, tiene una estructura celular cerrada y con un elevado factor de resistencia a la difusión de vapor de agua. Es un material aislante, regularmente utilizado para insonorizar los ruidos provenientes de las instalaciones. Es capaz de insonorizar 25dB. Este material es usado mayormente para la insonorización del

ruido de instalaciones, como recubrimiento de tuberías de PVC¹⁰ o galvanizadas, siendo estos también aislante térmico y muy buen conductor eléctrico. Por la composición de caucho sintético este reduce el ruido de impacto que puede darse dentro de las tuberías por en constante flujo en ellas provocando movimiento y ruidos en ductos.

- Placa de Yeso Laminado: Consiste en una placa de yeso laminado entre dos capas de cartón. Por lo que sus componentes son generalmente yeso y celulosa aprovechándose de la buena resistencia a la compresión del yeso con la buena resistencia a la flexión que le da la unión de cartón. Las placas, consisten en un alma de yeso de origen natural embutida e íntimamente ligada a dos láminas superficiales de celulosa multihoja. Para su fabricación, se admite la utilización de distintos aditivos (reguladores de fraguado, espumógenos, endurecedores) y agregados (fibras minerales, vegetales), con el fin de facilitar su proceso de fabricación o para conseguir placas con determinadas propiedades mejoradas. Las placas de yeso laminado poseen una buena capacidad de aislamiento acústico dependiendo de si la instalación de la misma es doble o simple, dependiendo de las necesidades acústicas. Las placas de yeso pueden tener un coeficiente de absorción acústica que va desde 0.10 hasta 0.30, siendo este más eficiente para absorción de frecuencias bajas. Este se utiliza en lugares en los que se requieran divisiones flexibles y se pueda desmontar fácilmente, como muros divisorios. Siendo las edificaciones en las que mayormente se utilizan, Viviendas, hospitales, administrativos, docentes, residenciales, comerciales y de aparcamiento.

También son utilizados para cielo falso o paneles colgantes. Por su textura estos son estéticos y pueden decorarse fácilmente. Por su capacidad alta de aislamiento esta puede ser utilizada con rellenos para reforzar la insonorización de sonidos exteriores. Al ser un material absorbente mayormente para bajas frecuencias, se considera utilizar este material para acondicionar ambientes a una frecuencia media o alta.

¹⁰ El policloruro de vinilo (PVC) es el producto de la polimerización del monómero de cloruro de vinilo. Es el derivado del plástico más versátil

- Lana Mineral: Es un material fibroso gris que se obtiene de rocas basálticas, balanceada químicamente con sílices y escoria. Dependiendo de las presentaciones esta puede utilizarse para rellenar muros, puertas, marcos de puertas y ventanas e incluso pisos flotantes o entrepisos o para revestimiento de muros o instalaciones, reduciendo eficientemente el ruido y como barrera de sonido. Posee un coeficiente de absorción que va desde 0,6 hasta 0,60 de frecuencias bajas a altas, por lo que este material es eficiente para absorción de frecuencias altas, que van desde los 4000Hz hasta los 6000Hz. La lana mineral se puede obtener en distintas presentaciones, ya sea en lana suelta, mantas aislantes, placas, afelpados, rollos, cementos, cañuelas o cilindros por lo que puede ser utilizado como recubrimiento, relleno de cámaras de aire, aislamiento de tuberías y cementos. Puede utilizarse en todo tipo de ambiente tanto como para acondicionar un ambiente con frecuencias bajas o medias, como para aislar muros divisorios. Por la capacidad de absorción en frecuencias altas es ideal para acondicionamiento acústico y lograr ambientes con frecuencias medias-bajas.

- Poliestireno Expandido: El poliestireno expandido normalmente se presenta en forma de panel el cual se obtiene a partir de gránulos de vidrio reciclado expandido y reforzado en ambas caras con recubrimientos de diferentes características, ligados con resina epoxi y endurecedor con aditivos retardante de llama y un agente hidrófobo. Los materiales se conforman a alta presión y temperatura. La rigidez vuelve al material como un aislante acústico, en baja medida, este no es apto para acondicionamiento acústico y para la absorción del sonido en grandes cantidades. Puede ser utilizado en cualquier ambiente. Se utiliza como aislamiento a ruido aéreo y de impacto de cualquier tipo de forjado o losa, como amortiguador en suelos flotantes y como desolidarizador en bandas resilientes bajo elementos verticales. Mejora de aislamiento con trasdosados directos junto con la placa de yeso laminado y otras aplicaciones en paramentos verticales. En entrepisos este material es colocado entre la losa fundida y la base para pegar el piso, esto sirve como amortiguador al ruido de impacto, regularmente producido por el taconeo.

- Corcho: El corcho proviene de un tejido vegetal, siendo la corteza del alcornoque. Está compuesto por células poliédricas muy unidas entre sí, prácticamente vacías en su interior y muy impermeables. La función natural del corcho es proteger las partes vivas del árbol que lo genera. Su estructura alveolar (impidiendo circular el aire), el bajo contenido en agua y la falta de conductividad de sus compuestos le permite cumplir su función de aislante de forma efectiva. Las planchas de corcho negro aglomerado, granulado o expandido, con un grosor mayor que el habitual, se emplean en obras de aislamiento.

Como revestimiento o como un amortiguador de ruido de impacto. Reduce el nivel de decibeles hasta 66dB en las frecuencias altas. Es uno de los materiales que es resistente a la compresión por lo que se usa como aislante dentro de las estructuras para insonorizar las vibraciones. Se puede utilizar como revestimiento o para colocar dentro de cámaras de aire en paredes. En suelos se instala de acuerdo con los requerimientos, ya sea para amortiguar el ruido de impacto en entresijos o puede usarse directamente como piso. Algunos productos vienen como goma de corchos para colocar pavimentos y son fáciles de limpiar. De manera general el corcho puede ser utilizado en pequeños bloques dentro de las estructuras para reducir el ruido por vibraciones.

- Terciopelo: Es un tipo de tela velluda en la cual los hilos se distribuyen muy uniformemente, con un pelo corto y denso, dándole una suave sensación muy distintiva. El terciopelo se puede hacer de cualquier fibra ya sea seda, lino, lana, algodón, acrílico, acetato, poliéster, viscosa y muchos otros. Bajo ciertas circunstancias pueden utilizarse para mejorar la pérdida de transmisión de sonido hacia afuera. Al ser una tela porosa la forma de colocación estas ondas formadas por el plisado pueden ayudar a que el sonido se pierda entre ellas haciendo que sea un absorbente.

Se utiliza mayormente para el acondicionamiento acústico, ya que la forma de la tela ayuda a reducir el tiempo de reverberación y evita la resonancia dentro de los ambientes. Por su facilidad de fabricación estas pueden ser amoldados de diferentes formas incluso para forrar paneles suspendidos, muros de teatros o cine e incluso

muebles que contribuyen con la acústica del lugar. La tela se utiliza para forrar paneles suspendidos o pueden ir tensadas con un espacio vacío entre pared y ellas para reducir el tiempo de reverberación en los ambientes.

- Alfombras: Es un tejido confeccionado de un telar de lana, seda, fibra o hilo. Por la composición de los materiales y dependiendo a donde sea adherida esta funciona mayormente como aislante que como absorbente. El coeficiente de absorción oscila entre los 0.20 por lo que es un material absorbente dependiendo del tipo de fibra o nudo que tenga. La capacidad de aislamiento de las alfombras es indudablemente buena, ya que al ser utilizadas en entresijos reducen en un 90% el ruido de impacto que se da por el taconeo, movimiento de mobiliario u otro tipo de actividades.

La absorción de estas varía dependiendo el tipo de nudo que este lleve, hasta el largo de las cerdas que compongan los nudos. Mientras más largo sea el nudo, mayor será la absorción porque el sonido se perderá entre la irregularidad de la misma. La instalación de las alfombras se hace solamente cortando la pieza que se necesita y colocándola directamente en el suelo. Si se requiere revestir todo el ambiente se le colocan topes o aseguradores en las uniones entre piso y pared para evitar el deslizamiento de las mismas. Cuando las alfombras se adhieren a los muros si se requiere el uso de pegamentos especiales para que esta no se desprenda, al utilizar alfombras para esto se debe considerar el peso de las mismas para evitar que estas se desplomen fácilmente.

- Tecsound: Es una lámina sintética insonorizante, sin asfalto ni armadura, de alta densidad, elevada viscoelasticidad y gran adaptabilidad. Su función es aumentar el nivel de aislamiento acústico de los diferentes sistemas constructivos con un espesor muy reducido. Sus excelentes características lo convierten en un producto idóneo para conseguir elevadas exigencias de aislamiento acústico. En todos los sectores de la edificación (residencial, hotelera, audiovisual,...) y en el sector industrial, donde puede aplicarse como elemento insonorizante y amortiguante en paneles de chapa, cerramientos metálicos de todo tipo de maquinaria y conductos industriales.

Se caracteriza principalmente por combinar una alta densidad, 1.900 Kg/m³, con una elevada viscoelasticidad. Su alta densidad permite aportar a un sistema,

especialmente en aquellos formados por elementos ligeros, un aumento de masa significativo con un espesor muy reducido. Su elevada viscoelasticidad permite disminuir la rigidez del sistema, desplazando así las frecuencias de resonancia y de coincidencia fuera del margen de frecuencias de interés. Además de proporcionar mayores aislamientos acústicos a bajas frecuencias, precisamente aquellas que más difíciles son de atenuar.

2.2 Técnicas de aislamiento acústico.

El aislamiento acústico permite proporcionar una protección al recinto contra la penetración del ruido. Generalmente un adecuado aislamiento acústico cumple dos funciones fundamentales, evitar que el sonido que producimos salga al exterior y evitar que el ruido exterior penetre y distorsione el sonido de la sala. Para lograr esto es necesario el empleo de técnicas adecuadas, a continuación, se describen algunas técnicas de aislamiento acústico que pueden emplearse:

- Insuflación

A través de la insuflación, se utiliza un material polimérico que se sufla (sopla) dentro de las cavidades del perímetro. Una intervención que suele ser rápida y barata, con la que se pueden obtener efectos inmediatos. La aplicación del material aislante se realiza perforando orificios en la pared. En algunos casos esto puede ser un problema, por ejemplo, en paredes de mampostería o con emplastos que son difíciles de reproducir. No es una intervención de aislamiento «definitiva», con efectos drásticos, sobre todo si no se combina con otras técnicas de aislamiento (por ejemplo, contraventanas o aislamiento de áticos).

- Mampostería de insonorización

La mampostería de insonorización es un tipo de procedimiento de construcción que consigue un buen aislamiento acústico. A través de una estructura alveolar, el ruido se absorbe y se dispersa, limitando fuertemente los ruidos percibidos. La mampostería de insonorización proporciona un excelente rendimiento. Cuando se instala correctamente (la instalación en la parte de la planta puede comprometer la

insonorización), sin embargo, dado el grosor de estas paredes, es posible que debas renunciar a algunos centímetros de tu hogar para conseguir el mejor resultado.

- Contra-pared

Por razones constructivas, la pared contraria es particularmente adecuada para remediar puentes acústicos porque es un elemento de discontinuidad con respecto a la estructura del edificio. La gran mayoría de las contra-paredes (al igual que los falsos techos) están hechas de placas de yeso. Por lo general, se trata de una reforma simple que no supone una gran inversión.

- Paneles acústicos

Los paneles acústicos absorben el sonido gracias a su estructura porosa, que consigue transformarla en calor. Son ideales para ser instalados en falsos techos, paredes y contra-paredes. Los más comunes están hechos de lana de vidrio o lana de roca, pero también hay muchas variantes sintéticas (poliuretano elástico, poliestireno EPS, poliéster, caucho) o naturales (corcho, fibra, madera, celulosa, cáñamo o coco). Es una de las técnicas de aislamiento acústico más utilizada.

- Sistemas de aislamiento de impacto

Los objetos que caen, los muebles en movimiento, las pisadas, las lavadoras, todos estos problemas son bastante comunes en nuestros hogares y no siempre son fáciles de neutralizar. Las técnicas para resolver el problema son básicamente dos: instalar suelo flotante y revestimiento que absorba el sonido. La instalación de suelo flotante consiste en colocar una capa aislante debajo del suelo. Lógicamente, esta intervención requiere la demolición del suelo existente, por lo que en muchos casos optamos por la segunda opción: el revestimiento del suelo existente. Esta técnica es menos compleja ya que no requiere la demolición del piso antiguo

- Paredes dobles

El aislamiento acústico se puede incrementar utilizando paredes dobles, puede hacerse en el caso de paredes ligeras ya que cuanto más pesada (y más aislante) sea la pared más nos costará aumentar el aislamiento. La solución pasa por construir dos paredes simples y separarlas a una cierta distancia. Este conjunto proporcionará un aislamiento mayor que el de una pared simple de masa equivalente y representa

un sistema masa – resorte – masa. Para minimizar las pérdidas de aislamiento originadas por las resonancias en la cavidad, debe colocarse un material absorbente acústico tipo lana mineral o fieltro textil. Para aumentar el aislamiento acústico del sistema en todo el rango de frecuencias y así mejorar el aislamiento acústico global, se utilizarán materiales multicapa, formados por una lámina insonorizante de alta densidad entre materiales absorbentes.

El incremento de aislamiento puede conseguirse colocando un material flexible y absorbente tipo lana mineral dentro de la cavidad de forma que se incrementa el efecto resorte y se eliminan las ondas estacionarias. Otra forma eficaz sobre todo en el caso de paredes muy rígidas es la utilizar el efecto membrana. Este consiste en el colocar en la cavidad un material constituido por una membrana de poco espesor situada entre dos elementos resorte como fieltros o lanas minerales. Los elementos resorte impiden el desplazamiento de la membrana golpeada por las ondas sonoras y esto provoca una mayor disipación de energía sonora en energía mecánica con consiguiente aumento del aislamiento. Es importante no colocar como relleno de la cámara de aire placas de poliestireno o de otras espumas rígidas que empeoran el resultado desde el punto de vista acústico.

- Paredes de yeso laminar

Los tabiques de placa de yeso laminar son muy utilizados en hoteles, oficinas, hospitales etc. La ventaja de este sistema es la posibilidad de lograr elevados aislamientos con relativamente poca masa respecto a las paredes de albañilería tradicional. Siendo sistemas ligeros tiene un bajo aislamiento a las bajas frecuencias. Para construirla se utilizan estructuras autos portantes de aceros constituidos por canales horizontales y perfiles verticales de ancho variable. Dependiendo del nivel de aislamiento que se desea alcanzar es posible utilizar una o dos estructuras independientes. El ancho del canal determina la cámara de aire entre las placas que se atornillan en ambos lados de la estructura. La frecuencia crítica f_c es muy elevada (2 700 – 3 000 Hz) y no depende del número de placas colocadas. Es importante colocar materiales absorbentes en el interior de la cavidad para evitar el efecto tambor. La utilización de una membrana visco-elástica de elevada masa superficial

acoplada con placas de yeso hará que esta se deforme al recibir el impacto de la onda reduciendo la transmisión de vibraciones y sonido. Este sistema permite incrementar sobre todo la respuesta a las bajas y medias frecuencias y reducir la frecuencia de resonancia del sistema.

- Sistemas de insonorización

En algunos casos, la contaminación acústica proviene de los sistemas del hogar: aire acondicionado, calefacción, ascensores, desagües, etc. La diversidad entre un tipo de sistema y otro implica una estrategia diferente para conseguir un buen aislamiento acústico. Pero en la gran mayoría de los casos, la intervención se limita al recubrimiento de las tuberías que cruzan las diferentes salas con materiales que absorben el sonido.

- Suelo flotante

Una de las primeras intervenciones en los proyectos de aislamiento acústico es la instalación del suelo flotante. Normalmente se trata de una losa de hormigón de 5 a 10 cm de espesor apoyada sobre un elemento elástico, lana de roca de alta densidad y lámina de polietileno reticulado o similar. El objetivo de estos elementos elásticos es evitar las uniones rígidas del suelo con el forjado y las paredes de manera que los golpes, el arrastre de sillas, objetos que caen, pisadas etc. no se transmitan por vibración a los recintos colindantes. Los materiales que se utilizan para la realización de suelos flotantes son: polietileno expandido en 5 y 10 mm de espesor, lana de roca o fibra de vidrio de oportuna densidad y espesor (30 - 40 mm), espumas de poliuretano de alta densidad, caucho y corcho aglomerado con goma. Es muy importante evitar la unión lateral del elemento flotante con las paredes que rodean el perímetro. Esto se consigue entregando el material con las paredes por encima del nivel que tendrá el pavimento acabado y recortando el exceso sucesivamente.

- Amortiguadores

Los amortiguadores de techo son de las soluciones más utilizadas como para mejorar el aislamiento acústico de todo tipo de recintos, desde bares, a salas de ensayo auditorios, etc. Los techos suspendidos mediante amortiguadores usarán el

tipo de amortiguador que está calculado para el peso que acabará soportando una vez instalado.

2.3 Propuesta de recomendaciones constructivas contra el ruido por altavoces y tráfico vehicular.

La elaboración de recomendaciones constructivas ante la contaminación acústica por altavoces y tráfico vehicular constituye una nueva estrategia de transferencia dirigida a toda la comunidad. Tiene por finalidad transmitir los conocimientos necesarios sobre el ruido y sus consecuencias adversas, con la inclusión de ejemplos de conductas y acciones convenientes a adoptar para el cuidado de la salud auditiva. Las recomendaciones, al elaborarse en un lenguaje simple, sirven para instruir al ciudadano común en el tema, permitiéndolo asumir sus propias iniciativas sobre una base científica y práctica.

Para la elaboración de estas recomendaciones constructivas se consultaron manuales de diseño ICARO de Calidad Ambiental elaborados en Palmas de Gran Canaria, España, en conjunto con el Departamento de Construcción Arquitectónica como un proyecto de investigación, referentes al ruido en edificaciones. Además de guías técnicas para el aislamiento acústico elaboradas en diversos países de Latinoamérica con similares características con nuestro país y consideraciones para el control de ruido en viviendas. Luego se realiza un análisis sobre las condiciones de Cuba en el ámbito de la contaminación acústica, sistemas constructivos y materiales y se adaptaron las recomendaciones analizadas en los documentos antes mencionados para ser aplicables en nuestro país. Es de destacar que los materiales acústicos que se emplean en su mayoría son importados ya que Cuba no cuenta con un lugar donde se fabriquen estos, sin embargo, se dan opciones de materiales más simples que pueden estar a nuestro alcance. Las recomendaciones varían desde el punto de vista de construir o reconstruir una vivienda en su totalidad, hasta acciones más simples como la modificación de una puerta o ventana, hasta incluso el simple hecho de colocar una alfombra o cortina puede marcar la diferencia desde el punto de vista acústico.

Para obtener el aislamiento acústico deseado es necesario que cada elemento cumpla con determinados requisitos. Las recomendaciones se elaboran por separado para cada uno de los elementos que componen la vivienda, estos se dividen en:

- Paredes y muros en fachada
- Puertas
- Ventanas

– Guía para el uso adecuado de las recomendaciones constructivas propuestas.

Primeramente, se deben ampliar en los conocimientos acústicos, para ello es necesario el estudio del trabajo de diploma en su totalidad pues las investigaciones expuestas en este son las que llevan a la posterior realización de las recomendaciones. Al analizar el Anexo 1, se pueden encontrar soluciones constructivas que se realizan desde el inicio de una construcción o bien pueden emplearse para reconstruir determinados elementos. En el caso que la vivienda ya está construida en su totalidad también se describen recomendaciones útiles y sencillas con construcciones parciales como el uso de paneles acústicos. En la tabla 2.1 se relacionan las recomendaciones constructivas propuestas según el elemento de la edificación que se precise modificar. La descripción de cada una de estas intervenciones se detalla con mayor precisión en el Anexo 1.

Tabla 2.1. Recomendaciones constructivas propuestas. Fuente: Elaboración propia.

Elementos	Recomendaciones constructivas	Observaciones generales
Paredes	Pared de mampostería sólida	Los cuatro tipos de paredes que se ejemplifican, son recomendaciones para la construcción de una nueva vivienda o la reconstrucción de una determinada pared, para realizar el aislamiento acústico en paredes construidas puede
	Pared de mampostería hueca	
	Pared de mampostería sólida entre paneles independientes	
	Pared enmarcada con material absorbente	

	Contra-pared	guiarse utilizando otras recomendaciones que se explican en el Anexo 1
	Paneles acústicos	
Puertas	Puerta sifón	Se debe tener en cuenta que no existan aberturas, de ser el caso es recomendable sellar estos espacios, en el Anexo 1 se ejemplifican recomendaciones para realizar nuevas puertas, además de sugerencias para mejorar las que ya están construidas
	Puerta giratoria	
	Puerta acolchada	
	A través de los materiales	
	Sellar aperturas o grietas	
Ventanas	Ventana sifón	El uso de vidrios dobles resulta muy eficaz. Es necesario advertir que cualquier apertura libre entre interior y exterior disminuye sensiblemente el aislamiento global de la fachada
	Ventana doble	
	Vidrios laminados acústicos	
	Sellar aperturas o grietas	

Es recomendable que para construcciones totales o reconstrucciones se busque la asesoría de personal especializado en el tema para obtener mejores resultados.

2.4 Valoración de expertos sobre las recomendaciones constructivas elaboradas.

Con el objetivo de realizar una valoración en cuanto a: las recomendaciones constructivas ante la contaminación acústica por altavoces y el tráfico rodado como una opción para el aislamiento acústico; se aplicó el criterio de expertos con el empleo del método Kendall en su procesamiento.

El primer paso en la aplicación del método fue la selección de los expertos. En la presente investigación se seleccionó un grupo heterogéneo de 17 personas a los cuales se les envió la encuesta (ver Anexo 2) vía internet y telefónica, para la determinación del coeficiente de competencia de los posibles expertos en el área de la

construcción y su experiencia en aislamiento acústico, a partir de que cumplieran los siguientes requisitos:

- Universitarios, con el título de Ingeniero Civil o Arquitectura.
- Master o Doctor en Ingeniería Civil.
- Experiencia profesional en construcciones que presenten aislamiento acústico.
- Más de 10 años en su desempeño profesional.
- Dominio teórico del tema.
- Una trayectoria avalada por resultados productivos y/o científicos-investigativos destacados.
- Voluntariedad para su cooperación con la investigación.

De los 17 especialistas respondieron la encuesta 11 (debido a la singularidad de la situación actual por la Pandemia de la COVID -19), de los cuales se seleccionaron 8, a los que se les envió la segunda encuesta (Ver Anexo 2). De ellos 5 presentan un coeficiente de competencia superior o igual a 0,8 ($0,8 \leq K \leq 1$), siendo categorizados como expertos altos y otros 3 presentan el coeficiente de competencia en este intervalo: ($0,5 \leq K < 0,8$), clasificados como expertos medios.

El coeficiente de competencia promedio de los expertos seleccionados resultó de 0.78. Se llevó a cabo la interpretación e implementación de este método siguiendo los criterios teóricos y científicos que plantea el mismo para la selección de los expertos y su posterior proceder evaluativo.

La selección de los expertos se hizo atendiendo a la profesión, especialidad, experiencia laboral y cargo institucional que ocupa actualmente. Los 8 expertos fueron sometidos al análisis correspondiente para determinar su coeficiente de competencia, el que fue determinado como alto (K), teniendo presente la fórmula: $K=1/2(K_e+K_a)$. Donde K_e es el coeficiente de información y K_a es el coeficiente de argumentación. Donde K cualitativamente asume los rangos de bajo, medio y alto. Estos rangos están dados cuantitativamente, según estudios, de la siguiente forma: $0.25 \leq K < 0.5$ K=bajo; $0.5 \leq K < 0.85$ K=medio; $0.85 \leq K \leq 1$ K=alto.

Este coeficiente de competencia se determinó a partir de una tabla que contiene elementos que permiten medir los niveles de argumentación o fundamentación sobre el

tema propuesto. Esto permitió realizar las valoraciones pertinentes respecto a la competencia de los 8 expertos seleccionados.

Se seleccionaron un total de 8 personas, de ellos son:

- 1 arquitecto con experiencia profesional en el tema de investigación.
- 5 profesionales con más de 10 años de experiencia de trabajo en empresas de la construcción.
- 1 profesional con conocimiento en aislamiento acústico.
- 1 profesional experto en el objeto de investigación.

Posteriormente se les hizo llegar las recomendaciones constructivas ante la contaminación acústica por altavoces y el tráfico rodado para que, en correspondencia con los aspectos propuestos, pudieran referir sus criterios al respecto (Anexo 2). El procesamiento de la información se realizó a partir de las valoraciones emitidas por los expertos representados en las tablas de frecuencias acumuladas, suma de frecuencia acumulada, frecuencia relativa acumulada, imagen de la frecuencia relativa en la función de la distribución normal y punto de corte que definió el nivel de aceptación de las recomendaciones constructivas propuestas. En la encuesta de valoración se sometió a la consideración de los expertos:

1. Las recomendaciones constructivas que se exponen sirven de base para el cumplimiento exitoso del objetivo de la investigación. El 85.13% de los expertos respondió muy adecuada, 14.87% bastante adecuada, sumando un 100%.
2. Las recomendaciones constructivas constituyen una herramienta de trabajo para el ciudadano común y especialistas de la construcción. El 85% de los expertos respondió muy adecuada, y el 15% su respuesta fue bastante adecuada para un total del 100%.
3. Como respuesta a las necesidades de aislamiento acústico que presentan la mayoría de las viviendas en la ciudad de Holguín las recomendaciones constructivas propuestas constituyen una alternativa. El 88,23% de los expertos respondió muy adecuada, y el 11,77% bastante adecuada para un total del 100%.
4. ¿Cómo valora las recomendaciones constructivas propuestas? El 85% de los expertos respondió muy adecuada, y el 15% respondió que bastante adecuada,

sumando un 100%.

5. En la aplicación práctica las recomendaciones constructivas planteadas garantizan una solución eficiente. El 76,3% de los expertos respondió muy adecuada, el 20% bastante adecuada, el 3,70% adecuada, sumando un 100%.

6. Valore la aplicación de las recomendaciones constructivas para el aislamiento acústico en viviendas. El 76,56% de los expertos respondió muy adecuada, el 23,44% adecuada, sumando un 100%.

El resultado de las opiniones de los expertos acerca de las recomendaciones constructivas en correspondencia con las categorías planteadas, permitió conocer que los aspectos evaluados por los expertos fueron considerados positivos. Algunos expertos realizaron sugerencias, las cuales se tuvieron en cuenta para perfeccionar las recomendaciones, así mismo es destacable que los expertos consultados, coinciden en la importancia de un adecuado aislamiento acústico en viviendas.

Conclusiones del capítulo:

- Al evaluar la capacidad acústica de diferentes materiales que se utilizan en la construcción, analizar sus propiedades físicas y su utilización como aislantes, se afirma la posibilidad de utilizar en viviendas construidas por sus propios habitantes y lograr el aislamiento acústico.
- Se proponen técnicas de aislamiento acústico para minimizar los efectos de la contaminación sonora en viviendas que son factibles de usar en el objeto de estudio.
- Se presentan recomendaciones constructivas para instruir a la comunidad sobre cómo alcanzar un adecuado aislamiento acústico en sus viviendas, de fácil entendimiento y aplicación por el ciudadano común.

CONCLUSIONES GENERALES

Los resultados obtenidos en la investigación permiten concluir que:

1. La sistematización de los fundamentos teóricos y metodológicos en torno a la contaminación acústica, permite conocer las afectaciones a la salud que produce este contaminante, y determinar las técnicas y materiales de construcción más efectivos para atenuar su efecto en las viviendas.
2. El análisis del estado actual de la contaminación acústica en la ciudad de Holguín y en particular, las afectaciones en la zona de estudio demuestran la necesidad de un adecuado aislamiento acústico en las viviendas.
3. Las recomendaciones constructivas ante la contaminación acústica producida por el tráfico vehicular y los altavoces en la ciudad de Holguín constituyen una herramienta de trabajo para el ciudadano común y especialistas de la construcción para lograr viviendas con un adecuado aislamiento acústico.
4. Se evalúan las recomendaciones constructivas ante la contaminación acústica por altavoces y el tráfico rodado como una opción para el aislamiento acústico, mediante la validación por el criterio de expertos.

RECOMENDACIONES

Se sugiere:

Al Departamento de Construcciones de la Universidad de Holguín:

- Profundizar en el tema de materiales acústicos y sus técnicas de utilización en futuros trabajos de investigación para fomentar cambios en la conciencia de las personas sobre este contaminante tan común en zonas urbanas y ampliar la información sobre aislamiento acústico con el fin de implementar su uso en viviendas e instituciones.

A Planificación física y Patrimonio:

- Tomar en cuenta el presente trabajo para la toma de decisiones en intervenciones constructivas en ésta y otras zonas de alta contaminación acústica, para futuros proyectos de construcción o remodelación, y así obtener un adecuado aislamiento acústico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alemañy Zaldívar, M (2019): Mapa estratégico de ruido del tráfico rodado en la ciudad de Holguín. Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Civil. Universidad de Holguín. Cuba.
- Amable Álvarez, I., Méndez Martínez, J., Delgado Pérez, L., Acebo Figueroa, F., de Armas Mestre, J., & Rivero Llop, L. (May-Jun de 2017). Revista Médica Electrónica Contaminación ambiental por ruido. Recuperado el 21 de enero de 2020, de <http://www.revmedicaelectrónica.sld.cu>.
- Colectivo de autores (2008). Perspectivas del Medio Ambiente Urbano: GEO. Editorial Academia. Holguín. Cuba.
- Cerón Escorcia, L. (marzo de 2011). División bienes y servicios. Recuperado el 22 de septiembre de 2021, de <http://www.salud.gob.ec>.
- EcuRed (2013). Aislamiento acústico: Recuperado el 13 de marzo de 2021, de <https://ecured.cu>.
- Esquivel Delgado (2008). Expone nuevas técnicas para la determinación del aislamiento acústico de materiales de construcción en México, demostrando las características acústicas de determinados materiales.
- Estévez Buzón, A. (2011). Realiza una valoración y evaluación de los impactos producidos por la contaminación sonora de la central eléctrica (ce) de fuel oil de San Agustín en La Habana, Cuba.
- Lambraño, (2017). Sistema de insonorización en materiales renovables . Recuperado el 21 de febrero de 2021, de <http://core.ac.uk>.
- González Sánchez, D., & Fernández Díaz, M. (s.f.). Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. Recuperado el 21 de enero de 2021, de <http://scielo.sld.cu>.

- Grupo Empresarial GEOCUBA. (2019). Monitoreo de variables ambientales. Ruido. Empresa HOLPLAST. Holguín.
- Lancerio Echeverría, K. (mayo de 2015). Manual de materiales acústicos en la arquitectura. Recuperado el 21 de enero de 2021, de <http://www.repositorio.usac.edu.gt>.
- Lobos Vega (2008). Realiza una Evaluación del ruido ambiental en la ciudad de Puerto en Chile exponiendo las causas que la ocasionan.
- Ayuntamiento de Madrid, (2005). Educar para vivir sin ruido . Madrid. Recuperado el 25 de noviembre de 2020, de <http://www.ruid.ciu.es>.
- Martin Monroy, M. (2010). Manuales de Diseño ICARO. Manual de Ruido. Recuperado el 26 de noviembre de 2020, de <https://m2db.files.wordpress.com>.
- División de Vibraciones y Acústica del Centro Nacional de Metrología de México, (2017). Consideraciones sobre el control de ruido en viviendas. Recuperado el 21 de febrero de 2021, de <https://www.diba.document.library>.
- Morales Pérez, (2009). Realiza un estudio de la influencia de determinadas variables en el ruido urbano producido por el tráfico de vehículos en Madrid, España demostrando las variables que determinan el ruido urbano.
- Morales Pérez, J., & Fernández Gómez, J. (5 de octubre de 2012). Revista Ingenierías Universidad de Medellín. Recuperado el 25 de noviembre de 2020, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75025842002>.
- NC 26 (2007). Oficina Nacional de Normalización. RUIDO EN ZONAS HABITABLES—REQUISITOS HIGIÉNICOS. La Habana.

Redonda Fernández, M. (julio de 2013). Acústica aplicada . Recuperado el 21 de febrero de 2021, de <http://core.ac.uk>.

Ripoll Gimeno, S. (2010). Evolución de la contaminación acustica provocada por el trafico. Recuperado el 21 de enero de 2021, de <http://riunet.upv.es>.

Ruiz Casal, E. (2012.). Contaminación acústica: efectos sobre parametros físicos y psicológicos. Recuperado el 19 de Febrero de 2021, de <https://riullnet.ull.es>.

Serra, (2016). Manual de Buenas Prácticas para la salud auditiva. Recuperado el 22 de septiembre de 2021, de <http://www.investigación.frc.utn.edu.ar>.

Urueña Gomez, C. (2017). Sistemas aislantes acústicos. Recuperado el 17 de noviembre de 2020, de <https://tesis.ipn.mx>.

ANEXOS

Anexo 2. Encuesta presentada para la selección de expertos.

Estimado especialista: Con motivo de la investigación que realizamos, se necesita someter a criterio de profesionales de la construcción, la propuesta de recomendaciones constructivas ante la contaminación acústica por altavoces y tráfico vehicular. Usted ha sido seleccionado para emitir su opinión, pues se considera con los conocimientos necesarios para hacer valoraciones al respecto.

a. Datos Generales

1. Años de experiencia profesional
2. Cargos que ha ocupado
3. Centro en el que labora actualmente.
4. Experiencia en el tema de investigación
5. Grado científico
6. Cargo que ocupa

b. Autovaloración

1. En la escala que se presenta (de 1 a 10), en donde 10 representa la máxima calificación, marque con una "x", el grado de conocimiento que usted considera tener acerca del tema que se evalúa.

Calificaciones									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2. ¿Cómo evalúa la influencia de las siguientes fuentes de argumentación, en sus criterios?

Marque con una cruz, cuál de las fuentes usted considera que ha influido en su conocimiento, de acuerdo con el siguiente grado: A alto, M medio, B bajo.

Primera			Segunda			Tercera			Cuarta			Quinta		
A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B

Leyenda

Fuentes de argumentación

Primera: Análisis teóricos realizados por usted.

Segunda: Su experiencia profesional y/o científica.

Tercera: Trabajos de autores nacionales.

Cuarta: Trabajos de autores extranjeros.

Quinta: Conocimientos sobre el estado actual del tema de investigación.

Fuentes de argumentación	Grado de influencia de cada una de las fuentes de su criterio.		
Análisis teóricos realizados por usted	0.3	0.2	0.1
Su experiencia profesional y/o científica	0.5	0.4	0.2
Trabajos de autores nacionales	0.05	0.05	0.05
Trabajos de autores extranjeros	0.05	0.05	0.05
Conocimientos sobre el estado actual del tema de investigación	0.05	0.05	0.05

- Resultados de las encuestas de selección

Utilizando los valores de la tabla patrón para cada una de las casillas marcadas por el experto, se calcula el número de puntos obtenidos en total entre los altos, medios y bajos. De esta forma si el coeficiente $K_a=1.0$, el grado de influencia de todas las fuentes es alto, si $K_a=0.86$, es un grado alto y si es igual a 0.5, se considera con grado bajo de influencia de las fuentes (el coeficiente de competencia se encuentra en el rango: $0.6 \leq K \leq 1$). Con un rango promedio de $K=0.96$.

Expertos	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta	K_a	K_e	K
1	0.3	0.05	0.05	0.05	0.05	1	1	1
2	0.3	0.05	0.05	0.05	0.05	1	1	1

3	0.3	0.05	0.05	0.05	0.05	1	1	1
4	0.3	0.05	0.05	0.05	0.05	1	1	1
5	0.2	0.05	0.05	0.05	0.05	0.9	0.9	0.9
6	0.3	0.05	0.05	0.05	0.05	1	1	1
7	0.2	0.04	0.05	0.05	0.05	0.8	0.8	0.8
8	0.3	0.05	0.05	0.05	0.05	1	1	1
						0.96	0.96	0.96

Leyenda

Primera: Análisis teóricos realizados por usted.

Segunda: Su experiencia profesional y/o científica.

Tercera: Trabajos de autores nacionales.

Cuarta: Trabajos de autores extranjeros.

Quinta: Conocimientos sobre el estado actual del tema de investigación.

Consulta a expertos:

1. Cuestionario sobre la propuesta de recomendaciones constructivas ante la contaminación acústica por altavoces y tráfico vehicular. Luego de haber sido seleccionado por su calificación, la presente encuesta, somete a su valoración, la propuesta presentada. Responda el cuestionario, atendiendo a la siguiente escala:

5. Muy adecuada, 4. Bastante adecuada, 3. Adecuada, 2. Poco adecuada, 1. Inadecuada

• Cuestionario

Sobre las recomendaciones constructivas que se plantean responda:

1. Las recomendaciones constructivas que se exponen sirven de base para el cumplimiento exitoso del objetivo de la investigación.

2. Las recomendaciones constructivas constituyen una herramienta de trabajo para el ciudadano común y especialistas de la construcción.

3. Como respuesta a las necesidades de aislamiento acústico que presentan la mayoría de las viviendas en la ciudad de Holguín las recomendaciones constructivas propuestas constituyen una alternativa.

4. ¿Cómo valora las recomendaciones constructivas propuestas?

5. En la aplicación práctica las recomendaciones constructivas planteadas garantizan

una solución eficiente.

6. Valore la aplicación de las recomendaciones constructivas para el aislamiento acústico en viviendas.

Responder con un número en la escala del 1-5 las preguntas del cuestionario.					
1	2	3	4	5	6