



Universidad de Matanzas
Facultad de Ingeniería Industrial

Tesis en opción al título de Máster en Ergonomía, Seguridad y
Salud en el Trabajo.

Título: Contribución al control de ruido en hoteles.
Aplicación en instalaciones de Varadero.

Autor: Dr. C. Yoel Almeda Barrios

Tutor: Dr. Cs. Joaquín García Dihigo

Matanzas, 2022

DEDICATORIA

A Alexa.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Tribunal

Miembro del tribunal

Miembro del tribunal

Dado en Matanzas, el día ____ de _____ de 2022

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo, Yoel Almeda Barrios, declaro ser el único autor de esta tesis de Maestría. Autorizo a la Universidad de Matanzas y a los hoteles involucrados para que hagan uso del mismo con el propósito que estimen conveniente.

Firma

Yoel Almeda Barrios

RESUMEN

El ruido constituye uno de los riesgos de mayor incidencia en la gestión hotelera. La no aplicación de métodos de control de ruido ajustados a las características de las instalaciones hoteleras provoca la prevalencia ruidos que afectan a trabajadores y clientes, lo cual constituye el **problema científico** a resolver en la presente investigación. En consecuencia, se propone como **objetivo general** desarrollar métodos de control de ruido ajustados a las características de las instalaciones hoteleras. Los principales resultados se centran en la selección, modificación y creación de métodos de control de ruido y la propuesta de un procedimiento para el cálculo del coeficiente de absorción acústica de diversos materiales. Resalta la propuesta de empleo de la acústica gráfica como método de control mediante el diseño de pantallas acústicas y conchas acústicas. El objeto de estudio fueron 4 hoteles de sol y playa en Varadero: Iberostar Varadero, Meliá Marina, Be Live Experience Tuxpan y Meliá Las Américas. Se validó la **hipótesis de investigación** mediante la comparación de los Niveles de Presión Sonora antes-después de la implementación, modelación y/o estimación de un grupo de medidas primarias, secundarias y organizativas; en un total de 20 áreas afectadas de los 4 hoteles y donde se demostró de forma general que se logró reducir los niveles de ruido a los que se exponen trabajadores y clientes.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL SOBRE EL RUIDO Y SU CONTROL	8
1.1 Antecedentes y evolución del ruido como agente contaminante	8
1.2 Aspectos generales de ruido.....	9
1.3 Normativas y bases legales a nivel internacional y nacional	15
1.4 Control de ruido. Principales metodologías utilizadas	17
1.4.1 Antecedentes en la evaluación y control del ruido en Matanzas	26
1.5 El ruido en instalaciones hoteleras	27
1.5.1 Control de ruido en instalaciones hoteleras. Estado de la práctica	28
1.6 Conclusiones parciales del capítulo.....	29
CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS PARA EL CONTROL DE RUIDO	30
2.1 Descripción de las propuestas, modificaciones y diseño de medidas de control de ruido	30
2.1.1 Posibles medidas primarias a aplicar.....	30
2.1.2 Posibles medidas secundarias a aplicar	32
2.1.3 Posibles medidas organizativas a aplicar	47
2.2. Procedimiento para la determinación del coeficiente de absorción sonora (α)	47
2.3 Conclusiones parciales del capítulo.....	52
CAPÍTULO 3: APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE CONTROL EN INSTALACIONES HOTELERAS DEL DESTINO TURÍSTICO VARADERO.....	53
3.1 Selección y caracterización del objeto de estudio	53
3.2 Determinación de las áreas para aplicar medidas de control	54
3.3 Valores del coeficiente de absorción acústica determinados para varios materiales	57
3.4 Control de ruido, desarrollo de las medidas.....	63
3.4.1 Aplicación de medidas primarias.....	63
3.4.2 Aplicación de medidas secundarias.....	63
3.4.3 Aplicación de medidas organizativas.....	71
3.5 Validación de la efectividad de las medidas	73
3.6 Conclusiones parciales del capítulo.....	75
CONCLUSIONES GENERALES.....	76
RECOMENDACIONES	77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

Anexo 1: Atenuación en el aire (γ) en dB/100 *m*, en función de la frecuencia, la temperatura centígrada (T) y la humedad relativa ambiente (HRA)

Anexo 2: Valores del coeficiente de absorción para diversos materiales

Anexo 3: Coeficiente de aislamiento sonoro o pérdidas por transmisión del sonido (R) para varios materiales

Anexo 4a: NPS obtenidos con desglose en el espectro de frecuencias en los puntos de interés en el hotel Meliá Marina

Anexo 4b: NPS obtenidos con desglose en el espectro de frecuencias en los puntos de interés en el hotel Be Live Experience Tuxpan

Anexo 4c: NPS obtenidos con desglose en el espectro de frecuencias en los puntos de interés en el hotel Meliá Las Américas

Anexo 5: Avals emitidos por las administraciones de los hoteles sobre los resultados de los estudios de ruido

INTRODUCCIÓN

Entre los numerosos factores que contribuyen a la contaminación del ambiente, que afectan la salud y la comodidad del hombre y que agravan la economía de todos los países, el ruido ocupa uno de los primeros lugares. (Almeda Barrios, 2022)

El ruido representa un problema desde hace ya muchísimo tiempo. Algunos manuscritos desarrollados en el antiguo imperio romano recogen denuncias por el ruido de las carretas en sus calles adoquinadas algunos siglos antes de nuestra era. Además, en algunas ciudades de Europa medieval no se permitía usar carruajes ni cabalgar durante la noche para asegurar el reposo de la población. (Berglund *et al.*, 1999)

Estas primeras Formaciones Económico Sociales, dígase Comunidad Primitiva, Esclavismo y Feudalismo basaban su economía en una agricultura manual, la ganadería, la pesca, la manufactura o la alfarería. Por ello desarrollaron sus actividades sin contaminar al medio con ondas sonoras desagradables o peligrosas, debido a que los medios de producción utilizados no generaban ruido pues se basaban fundamentalmente en actividades manuales o aprovechaban la energía proveniente de la tracción animal, el viento o el calor generado por las llamas, todas ellas silenciosas.

No fue hasta mucho tiempo después, a mediados del siglo XVIII, que con la irrupción de la Revolución Industrial salen a la luz una gran cantidad de cambios tecnológicos, y consecuentemente con ellos aparecen las primeras máquinas, movidas por vapor al inicio y por electricidad después. Se evidencia el surgimiento de nuevos elementos agresores y riesgosos productos de este conjunto de nuevas transformaciones socioeconómicas, tecnológicas y culturales; caracterizadas por el surgimiento de nuevas tecnologías en los procesos productivos, donde los trabajadores se exponen a un nuevo tipo de explotación: condiciones de trabajo difíciles, calor excesivo, gases, polvo, pobre iluminación, riesgos mecánicos y eléctricos.

Es en este momento que en el ambiente industrial aparece el ruido como un riesgo hasta entonces desconocido por el hombre y acerca del cual se ignoraba los daños y secuelas que en el organismo provocaban. (Real Pérez y García Dihigo, 2005)

La Organización Mundial de la Salud estima que al menos 432 millones de adultos presentan pérdida auditiva incapacitante en el mundo; que el 50% de las pérdidas auditivas podrían evitarse mediante prevención, un diagnóstico precoz y una gestión eficaz y que, más de 4 millones de años de vida saludable se perdieron debido a las

pérdidas auditivas inducidas por ruido (WHO, 2019). Este fenómeno se debe a que más de 80 millones de personas están expuestas a niveles de ruido ambiental superiores a 85 decibeles (dB) y otros 170 millones, se exponen a niveles entre 65-85 dB diariamente (Amable Álvarez et. al, 2017).

Derivado de la exposición al ruido, se asocian un elevado número de afectaciones. En la salud el paso del tiempo agrava las consecuencias y, donde comenzaban a proliferar sentimientos de molestias, estrés y otras afecciones leves; se pueden evidenciar incluso enfermedades como la hipoacusia o la sordera profesional (AAE, 2014). Por otra parte, existen consecuencias negativas en la comunicación (López Barrio & Carles Arribas, 1997) y un grupo de consecuencias de carácter general como la pérdida del atractivo de los inmuebles, disminución de la productividad, aumento de los errores, aumento de los accidentes, disminución de la calidad de la producción o el servicio y de la calidad medioambiental (Caballero Núñez et. al., 2016).

Varias investigaciones han estudiado las consecuencias negativas del ruido, tanto desde el punto de vista auditivo y en la salud (Lie et. al, 2016; Auger et. al, 2018; Gupta et. al., 2018; Setyawan, 2021) como desde aristas sociales, comerciales o económicas (Reinten et. al., 2017; Sierra Calderón et. al, 2017).

Como riesgo, el ruido constituye el agente que afecta a mayor número de trabajadores en el mundo puesto que, precisamente por las características tecnológicas de las industrias, es muy frecuente encontrar gran cantidad de fuentes que lo difunden no sólo a su espacio inmediato, sino que pueden afectar áreas aledañas (Almeda Barrios, 2018).

Internacionalmente, cada país posee su normativa propia de ruido donde establecen los límites admisibles. El criterio más generalizado es el límite de exposición a 85 dBA¹ durante una jornada laboral de ocho horas diarias, aunque algunos países recomiendan valores superiores como es el caso de Estados Unidos (90 dBA), México (90 dBA) y Canadá (87 dBA). Específicamente en el continente americano millones de trabajadores están desprotegidos contra el ruido ocupacional. El 27% de los países de la región aún no ha establecido regulaciones con respecto a los niveles de ruido permisibles (Arenas & Suter, 2014).

¹ A partir del criterio de evaluación Nivel Sonoro Equivalente Continuo (Leq).

En Cuba, la NC 871:2011, norma referente para la evaluación del ruido ocupacional, propone un máximo admisible de 85 dBA (Leq-ruidos no constantes) u 80 NdB (Criterio N-ruidos constantes).

El ruido es responsable de pérdidas económicas resultantes de la disminución de la capacidad de trabajo físico e intelectual, e incluso de la eliminación temporal y definitiva del ciclo productivo del trabajador, por licencia laboral o una enfermedad precoz. Como consecuencia del desarrollo industrial, en tiempos recientes se ha notado un aumento del número y potencia de las fuentes de ruido.

A día de hoy las empresas no pueden ser competitivas en el mercado a no ser que sean capaces de garantizar tanto a sus clientes internos como a sus clientes externos los estándares de confort acústico requeridos. Para lograr este objetivo se aplican métodos de control de ruido.

Muchas técnicas para limitar el efecto de las ondas acústicas en el hombre han sido creadas. Todas parten en primera instancia de evitar la vibración, como condición indispensable para su generación al medio, y terminan con la protección al aparato auditivo mediante los medios de protección. Este principio de control, ampliamente empleado en el tratamiento de riesgos de diversa naturaleza, se conoce como principio de jerarquía de control de riesgos (Niosh & CDC, 2018). En el caso específico del control de ruidos, prestigiosos investigadores como Viña Brito & Gregori Torada, (1987); Hong, (2005); Rodríguez González *et. al.*, (2007); Barron, (2010); Crocker & Arenas (2020); proponen emplear el modelo simple fuente-camino-receptor para materializar el principio de jerarquía.

Contrario a la afirmación anterior, según los directivos de los principales organismos del sector empresarial cubano, existen reiteradas violaciones a las disposiciones obligatorias de los límites admisibles y un amplio desconocimiento de estas normativas por los directivos, trabajadores y clientes, así como de los efectos nocivos del ruido y las vías para su evaluación y control².

Aunque el control de ruido es un tema ampliamente abordado en la literatura, en el orden práctico no son muchas las investigaciones y estudios de campo que aplican dichas técnicas de control. En las industrias de manufactura es más común apreciar el desarrollo

² Declaraciones dadas por los directivos de organismos como MINTUR, MINSAP, CITMA, MTSS en las mesas redondas informativas “Mucho, mucho ruido” del 23/6/2011 y “Enfrentar al ruido y a los ruidosos” del 19/7/2016.

de métodos de control específicos como diseños de cabinas para operadores que controlan la producción, cápsulas o silenciadores para equipos ruidosos, sustitución y mejora de equipos para reducir ruidos estructurales o los muy empleados medios de protección individual entre los que destacan las orejeras y tapones auditivos.

No sucede de la misma forma en el sector de los servicios, donde las actividades recreativas, fuentes de audio mal ubicadas y con volumen excesivo, diseño incorrecto de locales o emisiones provenientes de procesos productivos cercanos constituyen aspectos más complejos de controlar.

En el caso de los servicios turísticos, el ruido es un factor determinante por la influencia que tienen las molestias ocasionadas en la satisfacción de los clientes. Por este motivo constituye un problema multifactorial con repercusiones en el medio ambiente, en la calidad de los servicios, en la imagen de la instalación y, por ende, en los ingresos que se perciben de su comercialización.

Varadero, con la infraestructura hotelera más grande del país, tiene más de 60 hoteles de sol y playa con 21500 habitaciones, de las cuales el 80% está en hoteles 4 y 5 estrellas (Hernández Domínguez, *et. al.*, 2021). Estos hoteles, deben ser capaces de controlar los ruidos que se generan en el interior de la instalación para reducir la exposición de trabajadores y clientes.

Justificativa de la investigación

Pese a la importancia que posee, el control de ruido continúa siendo una de las etapas más limitadas en la aplicación de procedimientos de gestión del riesgo. Así lo declara un análisis de 15 procederes para la gestión de ruido recogidos en normas, guías de actuación, planes de prevención o en aplicaciones específicas en sectores determinados realizado por Almeda Barrios (2022); el cual identificó las siguientes limitaciones en la ejecución de fases o etapas vinculadas con el control de ruido:

- No contemplan de manera exhaustiva las posibles medidas de control de ruido que se pueden aplicar; son únicamente mencionadas algunas de ellas.
- No se profundiza, desde el punto de vista técnico, en las metodologías de diseño que permitan el control de ruido.

Complementariamente, el estado de la práctica evidencia que los estudios de ruido en hoteles enfocan el control únicamente a la adopción de medidas organizativas (Caballero Núñez *et. al.*, 2016; Medina Ruíz *et. al.*, 2018; Hernández Peña *et. al.*, 2019; Fajardo

Segarra et. al, 2019) y hacen poco énfasis en las medidas primarias y secundarias que, generalmente, son más efectivas que las primeramente mencionadas.

En correspondencia con los planteamientos anteriores, un estudio de las actuales metodologías para el control de ruido y su posible contextualización a instalaciones hoteleras, fundamentado en el análisis documental como método empírico de investigación; permitió identificar los elementos siguientes:

- Existe una gran variedad de propuestas de metodologías y medidas específicas de control dispersas en la literatura, las cuales no han sido previamente seleccionadas y/o ajustadas a las características de las instalaciones hoteleras.
- No se emplea la acústica gráfica para el control de ruido en dichas instalaciones, en contradicción con las ventajas demostradas por autores como Maekawa (1968); Pérez Miñana (1969); Carrión Isbert, (1998); Barron (2010) y Almeda Barrios et.al (2021) .

Un análisis de las quejas de trabajadores y clientes en 5 hoteles del destino Varadero (Almeda Barrios, 2018; Cabrera Padrón, 2018; González Falcón, 2018; Perdomo Héctor, 2018; Hernández Rodríguez, 2018; González González, 2019) reflejó que, como promedio, el 47% de los clientes había manifestado molestias como consecuencia de la exposición a ruidos y el 54% de los trabajadores en estas instalaciones referían incomodidad con los ruidos existentes en su área de trabajo.

Además de estas investigaciones, los estudios de Almeda Barrios (2022) demostraron la existencia de ruidos molestos en dichas instalaciones que sobrepasaban los máximos admitidos en el marco legal vigente (NC 871:2011) o los límites de confort acústico que proponen normas internacionales como la NTP 503:1998. Este análisis demuestra la necesidad de establecer medidas de control ajustadas a las características de las instalaciones, de forma que permita reducir los niveles de ruido existentes.

Por tal motivo el **problema científico** que se define en la investigación es:

La no aplicación de métodos de control de ruido ajustados a las características de las instalaciones hoteleras provoca la prevalencia ruidos que afectan a trabajadores y clientes.

Para resolver el problema científico planteado el **objetivo general** que se propone es:

Desarrollar métodos de control de ruido ajustados a las características de las instalaciones hoteleras.

Se definen los **objetivos específicos** siguientes:

1. Construir del marco teórico referencial de la investigación sobre el ruido y su control.
2. Proponer, a partir de su oportuna selección, modificación o creación, una serie de técnicas y métodos para el control de ruido en instalaciones hoteleras.
3. Validar la efectividad de las medidas propuestas mediante su aplicación en instalaciones hoteleras del destino Varadero.

El **objeto de estudio teórico** es: el control de ruido en instalaciones hoteleras y el **objeto de estudio práctico** constituye: hoteles Iberostar Varadero, Meliá Marina, Be Live Experience Tuxpan y Meliá Las Américas.

En correspondencia con el problema científico planteado se formuló la **hipótesis** siguiente: la aplicación oportuna de métodos de control de ruido ajustados a las características de las instalaciones hoteleras permitirá reducir los niveles de ruido a que se exponen trabajadores y clientes.

Variable independiente: aplicación oportuna de métodos de control de ruido ajustados a las características de las instalaciones hoteleras.

Variable dependiente: reducción de los niveles de ruido que a que se exponen trabajadores y clientes.

El **valor metodológico** del estudio radica en la selección, modificación y creación de un grupo de medidas de control de ruido ajustadas a las características de las instalaciones hoteleras y que pueden ser fácilmente replicadas en otras instalaciones hoteleras de características similares a las estudiadas.

La investigación posee además **valor económico** dado por la influencia directa que tiene la reducción de los niveles de ruido en la satisfacción de clientes internos y externos. En el caso de los clientes internos se manifiesta en el aumento de la productividad del trabajo y en los clientes externos en una disminución de las no conformidades y de los costos asociados a la calidad por conceptos de devoluciones por reclamaciones. Ambos elementos también influyen en la imagen del destino turístico y el aumento de los niveles de venta por un mejor posicionamiento en los mercados.

Se resalta el **aporte social y medioambiental** de la investigación toda vez que el estudio se enfoca en la actuación oportuna para la disminución del ruido como contaminante ambiental y de las afectaciones provocadas a un amplio número de trabajadores y clientes de las instalaciones hoteleras.

El presente trabajo está estructurado de la siguiente manera:

En el **Capítulo I** se realiza una revisión bibliográfica donde se abordan diferentes definiciones de ruido, se definen sus características físicas principales, su influencia en el sector turístico, las diversas afectaciones que provoca, las principales medidas de control del mismo, así como el cuerpo normativo vigente que refiere a dicho contaminante.

En el **Capítulo II** se proponen las metodologías específicas de control de ruido en instalaciones hoteleras a partir de su oportuna selección, modificación o creación.

En el **Capítulo III** se realiza una caracterización de los hoteles seleccionados y se exponen los resultados de la aplicación de los métodos de control específicos en cada instalación.

Seguidamente se ofrecen las **Conclusiones, Recomendaciones, Referencias bibliográficas** y **Anexos** de la investigación.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL SOBRE EL RUIDO Y SU CONTROL

En este capítulo se sintetizan los principales aspectos del estado del arte y de la práctica vinculados con el control de ruido. Su análisis a partir del enfoque y resultados de diversos autores permiten emitir los juicios críticos y demostrar las brechas que justifican el problema científico establecido y la concepción de la investigación teórico-práctica. La figura 1.1 muestra el hilo conductor que se siguió en este capítulo.

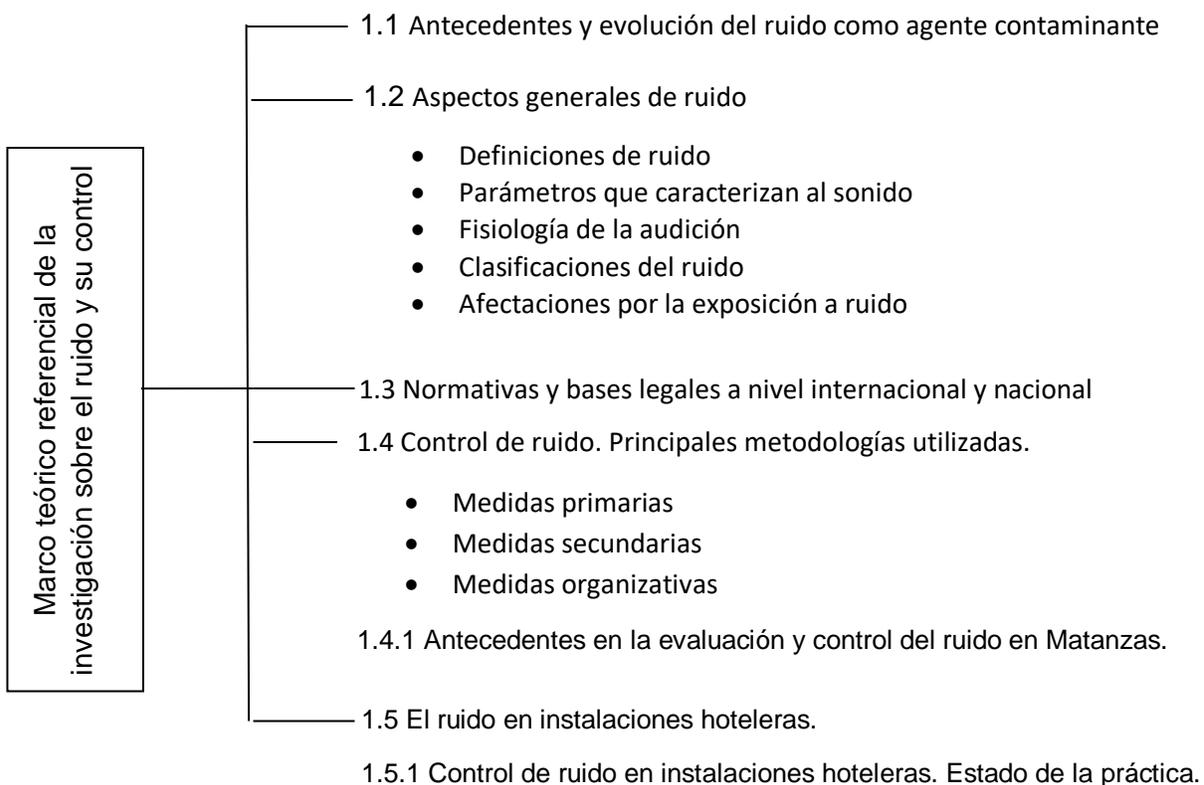


Figura 1.1: Hilo conductor del Capítulo 1

Fuente: elaboración propia

1.1 Antecedentes y evolución del ruido como agente contaminante

Los orígenes del ruido y su estudio son tan antiguos como la civilización humana. Desde la antigüedad el hombre ha luchado, o al menos protestado, contra su efecto. En la época de los romanos se recogen escritos denunciando el ruido de las carretas en las adoquinadas calles de esa urbe algunos siglos antes de nuestra era. También por aquellas épocas la contaminación acústica producida por las cataratas está descrita como uno de los primeros efectos negativos del ambiente sobre el hombre tal y como observó

Plinio el Viejo (28-79 DC) al detectar la sordera contraída por los nativos que vivían y pescaban cerca de las cascadas y rápidos del alto Nilo.

Estas primeras Formaciones Económico Sociales: la Comunidad Primitiva, el Esclavismo y el Feudalismo, desarrollaron sus actividades sin polucionar al medio con ondas sonoras desagradables o peligrosas, ya que los medios de producción utilizados no generaban ruido (García Dihigo, 2017).

Ya en 1713 Bernardo Ramazzini escribió en su obra "De Morbis Artificium Diatriba" que los trabajadores del bronce perdían la audición a causa del martillo sobre el metal, motivo por el cual, aquellas personas que envejecían haciendo el mismo trabajo expuestos a ruido, terminarían siendo sordas por completo (Maran & Stell, 1981).

A mediados del siglo XVIII, con la Revolución Industrial y los innumerables cambios tecnológicos asociados a ella con la aparición de las primeras máquinas, movidas por vapor al inicio y por electricidad después, aparece el ruido como un riesgo en el ambiente industrial, hasta entonces desconocido por el hombre y acerca del cual se ignoraban el daño y las secuelas que en el organismo provocaban, aunque los trastornos auditivos y en cierto modo psicológicos eran evidentes (García Dihigo & Real Pérez, 2005).

Motivado por el creciente desarrollo industrial y la multiplicación de la circulación vehicular con las evidentes afectaciones auditivas asociadas, aparecieron en Europa las primeras normas sobre ruido en la década de 1930. La Organización Mundial de la Salud (OMS) emitió la primera declaración internacional que estimó las consecuencias del ruido sobre la salud humana en el año 1972; en esta publicación se categorizó el ruido como un contaminante generalizado más del ambiente. No fue, sino hasta 1978 que catalogaron al ruido como un contaminante específico en el marco de la Conferencia de Estocolmo (Cattaneo, et. al, 2008).

En el presente siglo, como plantea Salazar Bugueño (2013), la industria, el tránsito en sus diversas formas, los equipos de audio cada vez más sofisticados y más potentes, así como los lugares de esparcimiento y recreación también son fuentes de ruido que cada vez más influyen en la contaminación sonora del medio.

1.2 Aspectos generales de ruido

- **Definiciones de ruido**

El ruido constituye uno de los variados factores que pueden afectar las óptimas condiciones de trabajo (Salvendy, 2012). Ha sido reconocido en diversos estudios como el

contaminante ambiental más difundido y con mayor influencia en la sociedad y en el desarrollo de las actividades de la vida diaria (Kumar et. al., 2018; Arachchige et. al., 2019; Bello et. al., 2019; Dang et. al., 2019; Gomeseria, 2019; Shahidan & Hannan, 2020; Ajibade et. al., 2021; Al-Taai, 2021)

Muchos son los autores que han aportado definiciones sobre el ruido. En el cuadro 1.1 se relacionan algunas de estas definiciones; la omisión de otras, responde a lo extenso que resultaría su tratamiento y que, en general, se considera que las omitidas consultadas son similares, en su esencia, a las que se han incluido.

Cuadro 1.1: Definiciones de ruido dadas por varios autores

Autor (Año)	Definición
Viña Brito & Gregori Torada (1987)	El ruido es un sonido indeseable.
WHO (1999)	El ruido se define como sonido no deseado
López Ugalde, <u>et al.</u> (2000)	Sonido desagradable y molesto, con niveles excesivamente altos que son potencialmente nocivos para la audición
Ormaechea (2000)	Sonido dañino para quien lo percibe
UE, OSMAA & JA (2002)	El ruido es por tanto un caso particular de sonido, una emisión de energía originada por un fenómeno vibratorio que es detectado por el oído y provoca una sensación de molestia
Sommerhoff (2006)	Se define como un conjunto de sonidos no armónicos o descompasados que no nos es grato. Solo se interpreta como ruido cuando afecta psicológicamente o fisiológicamente en forma negativa a las personas.
Alonso Becerra <u>et. al.</u> (2007)	Es un sonido indeseable que no brinda información útil al trabajador y puede originar daño a la salud e interferir en las comunicaciones.
Rodríguez González <u>et. al.</u> (2007)	Es la suma compleja de varios sonidos o tonos puros o, también de aquellos sonidos de vibraciones irregulares o de impulsos confusos y que, a los efectos prácticos, se puede considerar como aquello sonido que, por su intensidad, composición espectral u otras causas, es no deseado o puede originar daño a la salud.
Santos de la Cruz	Es el conjunto de sonidos ambientales nocivos que recibe el oído,

(2007)	por estas características es considerado como un contaminante, es decir, un sonido molesto que puede producir efectos nocivos tanto fisiológicos y psicológicos.
NC 26/2007	Sonido asociado a una sensibilidad negativa o sensación de molestia con posible daño a la salud y el bienestar.
Cortés Barragán, <u>et al.</u> (2009)	Sonido no agradable que origina sensaciones desagradables e interfiere con la actividad humana, siendo el ruido una apreciación subjetiva y molesta del sonido.
(Lazo Antúnez, <u>et al.</u> , 2009)	El ruido es un sonido indeseado y desagradable, que puede perjudicar la capacidad del trabajador al ocasionar tensión y perturbar la concentración
Orozco Romo & Gómez Sánchez (2012)	Es todo sonido indeseable que molesta o perjudica a las personas.
García Dihigo (2017)	Sonido que está en discrepancia por una dependencia temporal compleja que no se repite. Sonido que interfiere en la comunicación entre las personas o en sus actividades y que puede resultar incluso perjudicial para la salud humana.
Truffín Hernández & Pérez Truffín (2019)	Sonido no deseado que resulta desagradable e inoportuno y carece de calidad armónica
RAE, 2020	Sonido inarticulado, por lo general desagradable

Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar en las definiciones ofrecidas, los autores consultados coinciden en que el ruido es todo sonido indeseado que tiene la capacidad de ocasionar molestias o afectaciones a la salud de quienes se exponen. Por tal motivo, en el plano físico el sonido y el ruido poseen iguales propiedades.

- **Parámetros que caracterizan al sonido**

Existen una serie de parámetros que caracterizan desde el punto de vista físico al sonido, entre ellos la frecuencia, la longitud de onda, el Nivel de Presión Sonora (NPS), la reflexión, la reverberación, la difracción, la absorción, la intensidad sonora y la potencia

sonora. En el anexo 1.2 se ofrece una descripción de los parámetros antes mencionados y las unidades de medición correspondientes.

- **Fisiología de la audición**

El oído (ver figura 1.2) es el órgano sensorial responsable de la audición y del mantenimiento del equilibrio mediante la detección de la posición corporal y del movimiento de la cabeza (Imam & Hannan, 2017).

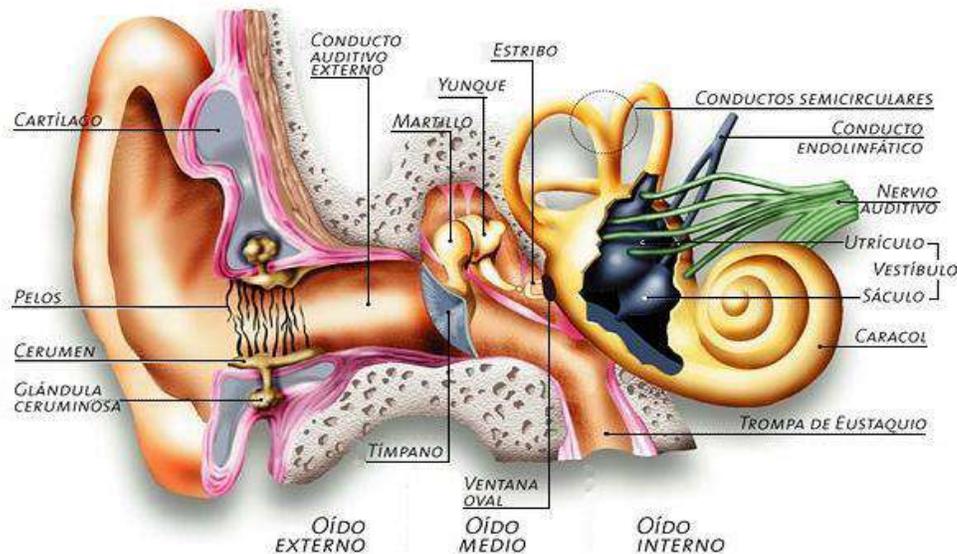


Figura 1.2: Anatomía descriptiva básica del oído. Elementos básicos y partes

Fuente: Cubillana Herrero (2015).

La audición comienza con la llegada de la onda sonora al oído externo. El oído externo está compuesto por el pabellón auricular, formación que recibe las ondas sonoras y las lleva hacia el conducto auditivo externo que en su porción más profunda termina en la membrana timpánica. Así, el pabellón auricular funciona como una especie de embudo que ayuda a dirigir el sonido hacia el interior del oído.

No todas las ondas sonoras pueden ser percibidas por el oído humano, pues este es sensible únicamente a aquellas cuya frecuencia está comprendida entre los 20 Hz y los 20.000 Hz. En el aire dichos valores extremos corresponden a longitudes de onda que van desde 16 metros hasta 1,6 centímetros respectivamente (Cubillana Herrero, 2015).

Como plantea el Manual de Anatomía Fisiológica (Hall & Hall, 2020) cuando el sistema auditivo es estimulado por una fuente sonora externa, la señal es captada y modificada

por el pabellón auricular y transmitida a lo largo del conducto auditivo externo hacia la membrana timpánica, que a su vez mueve la cadena de huesecillos³, facilitando de esta manera su llegada hasta la cóclea, sitio en el que la presión es transmitida a lo largo de los líquidos del oído interno hasta ser convertida, por las células ciliadas, en señales eléctricas que son enviadas a través del nervio auditivo y la vía auditiva, para finalmente ser captadas por los centros corticales auditivos del cerebro e interpretadas como sonido.

- **Clasificaciones del ruido**

Los ruidos poseen varias clasificaciones que permiten diferenciarlos. Estas clasificaciones están en correspondencia con determinados parámetros que los caracterizan o las formas en que se generan o propagan. De especial interés resulta la clasificación que se realiza atendiendo a la variación del nivel de presión sonora en el tiempo puesto que la mayoría de los criterios de evaluación se basan en ella. Tal y como plantean Viña Brito & Gregori Torada (1987) y Alonso Becerra *et. al.* (2007) esta clasificación incluye:

- Ruido constante: Ruido cuyo nivel de presión sonora no fluctúa significativamente durante el período de observación, es decir, los niveles determinados según la respuesta lenta del sonómetro varían en no más de 5 dB en las 8 horas laborales.
- Ruido no constante: Ruido cuyo nivel de presión sonora fluctúa significativamente durante el período de observación, es decir, los niveles determinados según la respuesta lenta del sonómetro, varían en más de 5 dB en las 8 horas laborales.

Los ruidos no constantes, por definición, incluyen otras clasificaciones de ruido: los intermitentes cuyo nivel disminuye repentinamente hasta el nivel de ruido de fondo varias veces durante el período de observación; los fluctuantes cuyo nivel cambia continuamente y en una apreciable extensión durante el período de observación y los de impulso que fluctúan a una razón elevada en tiempos menores a 1 segundo. Estas tres clasificaciones pueden tener asociados también métodos e índices de evaluación específicos.

Otras clasificaciones pueden ser (Kurra, 2020):

- Ruido ambiental: Normalmente está presente en el ambiente, de intensidad medible, compuesto usualmente por sonidos de varias fuentes cercanas y lejanas.
- Ruido de fondo: aquel que prevalece en ausencia del ruido generado por la fuente de objeto de evaluación.

³ Se conocen como martillo, yunque y estribo.

- Ruido tonal: ruido cuyo espectro presenta tonos audibles discretos, es decir, que el nivel de presión sonora determinado en los medios geométricos, de los tercios de octava es superior en 10 dB al nivel de presión sonora de la banda de octava contigua.
- **Afectaciones por la exposición a ruido**

Derivado de la exposición al ruido, se asocian un elevado número de afectaciones. Las mismas se manifiestan de manera diversa, generalmente pueden agruparse en afectaciones a la salud u otras afectaciones de carácter general de la siguiente forma (Guski et al., 2017):

- Afectaciones a la salud: La principal afectación constituye la hipoacusia o sordera profesional⁴. Los efectos nocivos no auditivos incluyen una serie de efectos fisiológicos (nauseas, aturdimientos, reducción del control muscular) y efectos psicológicos que se manifiestan en disminución de la concentración, insomnio, fatiga mental, depresión e inducción de trastornos neuróticos y un incremento del estrés que puede revertir en efectos mayores. La Agencia Ambiental Europea (AAE, 2014) contempla además el posible fallecimiento por la exposición a ruido, para ilustrarlo estableció una pirámide que valora los efectos del ruido en la salud a partir de su severidad (Rodríguez Casals, 2016).
- Otras afectaciones de carácter general: interferencias en las comunicaciones orales con efectos negativos sobre el rendimiento y la seguridad de los trabajadores, pérdida del atractivo de los inmuebles, disminución de la productividad, elevados costos sanitarios, aumento de los accidentes, aumento de los errores, disminución de la calidad de la producción o el servicio y de calidad medioambiental (López Barrio & Carles, 1997; Caballero Núñez, Díaz Marrero, & Trujillo García, 2016).

Varias investigaciones han estudiado las afectaciones provocadas por ruido, tanto desde el punto de vista auditivo y en la salud (Lie et. al., 2016; Auger et. al., 2018; Gupta et. al., 2018; Setyawan, 2021) como desde aristas sociales, comerciales o económicas (Reinten et. al., 2017; Sierra Calderón et. al., 2017). Las revisiones en la literatura de Brown & Van Kamp, (2017); Nieuwenhuijsen et al., (2017); Sliwinska-Kowalska & Zaborowski, (2017); Van Kempen et al., (2018); Clark & Paunovic, (2018); Basner & McGuire, (2018) y Clark & Paunovic, (2018) evidencian la presencia de múltiples investigaciones que evalúan, por la

⁴ Pérdida temporal o total de la audición como consecuencia del desplazamiento del umbral auditivo. Cuba la reconoce como una de las 35 enfermedades profesionales en la Ley 116-2014 Código del Trabajo.

importancia que reviste su análisis, las afectaciones provocadas por los ruidos. Los estudios médicos, en su mayoría, valoran las pérdidas auditivas mediante la aplicación de pruebas audiométricas. Por otra parte la aplicación de encuestas, entrevistas, las valoraciones subjetivas de ambientes de trabajo destacan entre las herramientas más aplicadas para valorar otras afectaciones, de carácter general, producidas por los ruidos.

1.3 Normativas y bases legales a nivel internacional y nacional

Diferentes países y organizaciones internacionales implantan mediante decretos, normas y leyes, su reglamentación respecto al ruido, lo que abarca desde los niveles permisibles del mismo hasta cómo proteger a los trabajadores que están constantemente expuestos a la contaminación acústica.

El nivel de ruido que establecen las normas de la mayoría de los países es por lo general de 85 dBA durante una jornada laboral de ocho horas diarias. Algunos recomiendan niveles superiores como es el caso de Estados Unidos (90 dBA), México (90 dBA) y Canadá (87 dBA).

La Organización Mundial de la Salud propuso con la publicación de la Guía para el ruido urbano (WHO,1999) un marco rector para el establecimiento de normas y políticas a nivel regional y nacional que permitieran la gestión del ruido. Aunque muchos países contemplan en su marco normativo los niveles permisibles, en una búsqueda realizada solamente Australia, Nueva Zelanda y algunos miembros de la Comunidad Europea han establecido legislaciones que incluyen el enfoque de gestión en el tratamiento de la contaminación por ruido.

En el continente americano millones de trabajadores están desprotegidos contra el ruido ocupacional. Tras un análisis de la legislación en 22 países del continente, Arenas & Suter (2014) determinaron que existen diferencias notables entre países en los valores definidos para el límite de exposición permisible y que el 27% de los países de la región aún no ha establecido regulaciones con respecto a los niveles de ruido permisibles.

En Cuba, desde el punto de vista laboral, la Constitución de la República en el artículo 69 reconoce que “El Estado garantiza el derecho a la seguridad y salud en el trabajo mediante la adopción de medidas adecuadas...”. Por otra parte, la Ley 116: 2014-Código del Trabajo en los artículos 127, 134, 135 y 137 del Capítulo XI establece un conjunto de obligaciones para garantizar condiciones seguras y saludables a los trabajadores.

La Ley 116: 2001 en el inciso f del epígrafe 3.7 establece que el ambiente sonoro y las características acústicas del local deben ser tales que se eviten los efectos nocivos del ruido sobre la salud, la seguridad y la eficiencia del trabajador, incluyendo los efectos de las fuentes externas y la Ley No 81/1997 de medio ambiente, en el artículo 147 expresa las prohibiciones de generación de sonidos que afecten la salud de la población. Para hacer cumplir estas disposiciones el Decreto Ley 200/99 establece las contravenciones en materia de medio ambiente.

Específicamente, existen varias normas vinculadas con el ruido, en el siguiente cuadro se ofrece una breve descripción del objeto de cada una de ellas.

Cuadro 1.2: Principales normas de ruido en Cuba

Norma	Descripción
NC 19-01-06, 1983	Plasma los requisitos generales para realizar mediciones de ruido y su correspondiente valoración, en los lugares donde se encuentren personas.
NC 19-01-10, 1983	Ofrece un método para determinar la potencia sonora del ruido emitido por máquinas, mecanismos, equipos técnicos y otras fuentes sonoras.
NC 19-01-13, 1983	Establece los diferentes métodos de exámenes audiométricos para determinar la pérdida auditiva. Reconoce tres grados de hipoacusia profesional.
NC-ISO 7188, 2005	Especifica un método para medir el ruido emitido por los vehículos de pasajeros (como se define en ISO 3833) en movimiento.
NC 26, 2007	Establece el método de medición del nivel sonoro utilizado como indicador del ruido ambiental junto a posibles modelos de pronóstico y niveles máximos admisibles y tolerables en zonas habitables, tanto en el interior de la vivienda como en las áreas urbanizadas aledañas.
NC ISO 1999, 2011	Especifica un método para calcular el desplazamiento permanente del umbral inducido por el ruido, que se espera que se produzca en los niveles umbrales de audición de una población de personas adultas, como consecuencia de la

	exposición a ruido de distintos niveles y duraciones; proporciona la base para calcular el déficit auditivo según diversas fórmulas, cuando los niveles umbrales de audición, medidos en las frecuencias audiométricas usuales o en combinaciones de estas frecuencias, sobrepasan cierto valor .
NC 871, 2011	Establece los requisitos higiénico sanitarios en el ambiente laboral en cuanto a los aspectos generales de la evaluación del ruido como factor de riesgo y de la protección del trabajador expuesto al mismo, al tomar en cuenta tanto criterios de evaluación básicos para determinar los niveles de exposición al riesgo, así como los valores máximos admisibles que se deben aceptar para las diferentes actividades laborales según el criterio de evaluación del riesgo que seleccione el especialista para caracterizar la situación higiénica. La norma establece términos y definiciones básicos necesarios para definir los criterios de evaluación para el ambiente laboral de dicho factor de riesgo.

Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar la NC 871:2011 es la norma referente para la evaluación del ruido ocupacional en Cuba. Ella propone un máximo admisible de 85 dBA (Leq-ruidos no constantes) o 80 NdB (Criterio N-ruidos constantes) que está en correspondencia con la mayoría de las normativas internacionales.

A diferencia de las normas en otros países (fundamentalmente de la Unión Europea), Cuba no contempla en su marco legal disposiciones relativas al confort acústico. Para los países en desarrollo esta constituye una aspiración difícil de alcanzar, puesto que no sobrepasar los límites de ruido ya es un aspecto sumamente complejo (Omokhodion et al., 2008).

1.4 Control de ruido. Principales metodologías utilizadas

El control de ruido, es una rama de la acústica dedicada a generar soluciones para atenuar los niveles de ruido de equipos y maquinarias, con el fin de brindar una mejora en el ambiente y calidad de vida. En el caso de los hoteles, el objetivo del control de ruido es mejorar las condiciones ambientales de trabajadores, vecinos y usuarios (Rastelli, et. al., 2017)

En este epígrafe, con base en la consulta de un conjunto de libros especializados que tratan los fundamentos del control del ruido y las aplicaciones prácticas de las técnicas de control (Sharland, 1972; Crocker & Price, 1975; Irwin & Graf, 1979; Crocker & Kessler, 1982; Bell & Bell, 1993; Fahy & Walker, 1998; Barron, 2003; Bies & Hansen, 2003; Ver & Beranek, 2005; Wilson, 2006; Henao Robledo, 2014; Hansen *et. al.*, 2017; García Dihigo, 2017; Crocker & Arenas, 2020) y otros textos que contienen capítulos vinculados al tema (Viña Brito & Gregori Torada, 1987; García Dihigo & Real Pérez, 2005, Alonso Becerra *et. al.*, 2007; Rodríguez González *et. al.*, 2007; Farrer *et. al.*; 2010) se realiza un análisis de las estrategias y métodos de control de ruido más empleados.

Para Kerr *et al.* (2017) las soluciones de control de ruido se han pasado por alto en gran medida debido a la falta de cumplimiento normativo y a la suposición general de que los controles de ruido son demasiado difíciles y costosos para ser factibles

Un enfoque que agrupa las acciones según su probable eficacia para reducir o eliminar el peligro de ruido es el enfoque de jerarquía de control (ver figura 1.3) asumido por la NC ISO 45001. La jerarquía clasifica las medidas de control desde el nivel más alto de protección y confiabilidad hasta el más bajo (NSW WHS, 2021).

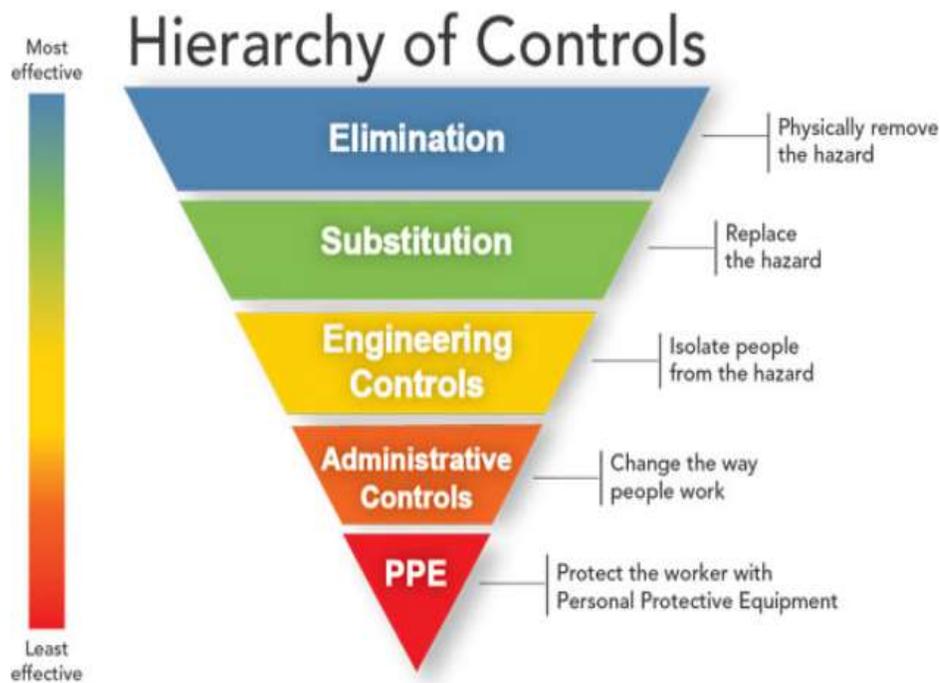


Figura 1.3: Pirámide de jerarquía de control de riesgos

Fuente: Niosh & CDC (2018)

En concordancia con los planteamientos anteriores diversos autores (Viña Brito & Gregori Torada, 1987; Hong, 2005; Alonso Becerra et. al., 2007; Rodríguez González et. al., 2007; Barron, 2010; Crocker & Arenas 2020) proponen emplear el modelo simple fuente-camino-receptor que se analiza a continuación.

1. Actuar sobre la fuente de generación (medidas primarias)
2. Actuar sobre los medios de propagación (medidas secundarias)
3. Actuar sobre el receptor (medidas organizativas)

- **Medidas primarias**

Las medidas primarias, consideradas las más efectivas, van encaminadas a actuar sobre las causas técnicas que producen el ruido, por lo que es imprescindible estudiar las formas en que se produce y a partir de ahí seleccionar las medidas más adecuadas (Viña Brito & Gregori Torada, 1987; Rodríguez González et. al., 2007).

Como plantean Viña Brito & Gregori Torada, (1987) se debe valorar primeramente la sustitución de procesos, equipos, materiales por otros menos ruidosos, si es que la tecnología lo permite. De no lograrse entonces se puede modificar la fuente de ruido.

Para, Barron (2010) entre las más empleadas se encuentran:

- Sustituir procesos más silenciosos, por ejemplo: remachado por compresión por impacto remachado, soldadura para remachar o prensado hidráulico para forja por impacto;
- sustituir máquinas más silenciosas, por ejemplo: prensas por martillos, hidráulicas prensas para prensas mecánicas, transmisiones por correa para engranajes, nailon para engranajes metálicos, o cintas transportadoras para rodillos;
- reducir los impactos, por ejemplo: minimizar el juego suelto en engranajes, levas o cadenas, aplique caucho o plásticos resistentes a las superficies que impactan, o minimice la altura de caída;
- reducir la vibración, por ejemplo: equilibrar las piezas giratorias, montar elementos vibrantes en montajes elásticos, reducen el área de las superficies vibratorias o cubren la vibración superficies con material amortiguador;
- reducir la transmisión de sonido a través de estructuras, por ejemplo: montar grandes máquinas vibratorias sobre aisladores de vibraciones o cimientos separados, o utilice acoplamientos de eje flexible, mangueras, conectores de tuberías y conductos; y

- reducir el ruido producido por los flujos de aire o gas, por ejemplo: prefiera velocidades bajas sistemas de tuberías y conductos de gran diámetro sobre alta velocidad y de pequeño diámetro sistemas, o instalar silenciadores en la toma y escapes o agilizar los flujos.

Por otra parte, Crocker & Arenas, (2020) proponen las siguientes medidas primarias:

- Elegir la máquina más silenciosa disponible
- Reducir las amplitudes de fuerza
- Aplicar fuerzas más lentamente
- Usar materiales más blandos para impactar superficies
- Equilibrar las partes móviles
- Mejorar la lubricación
- Mejorar la alineación de los rodamientos
- Utilizar absorbentes dinámicos
- Cambiar las frecuencias propias de los elementos de la máquina.
- Incrementar la amortiguación de los elementos de la máquina.
- Aislar los paneles de la máquina de las fuerzas
- Reducir las áreas de superficie radiante (agregando agujeros)
- Escalonar el tiempo de las operaciones de la máquina en una planta

Rodríguez et. al. (2007) realizan una división de las medidas primarias atendiendo a la causa que genera el ruido; así analiza posibles soluciones para:

- la transmisión de la vibración de un cuerpo,
- las emisiones por cuerpos vibrátiles,
- los impactos mecánicos,
- la oscilación de corrientes de aire,
- los torbellinos en la periferia de fuentes impulsoras de aire,
- transmitido por conductos de ventilación y
- la transmisión del ruido estructural.

Esta última propuesta incluye todas las posibles medidas primarias que fueron identificadas en la revisión de otras fuentes bibliográficas por lo cual se considera pertinente su empleo como referente en el análisis de medidas primarias a aplicar.

Tal y como plantean Viña Brito & Gregori Torada (1987) y Lazo *et. al.* (2009) la mejor manera de combatir el ruido es sobre su fuente, no obstante, constituyen las medidas más difíciles de implementar (Hong, 2005; Sliwinska-Kowalska & Davis, 2012), fundamentalmente por lo costosas que resultan (Gates & Jones, 2007).

- **Medidas secundarias**

Las medidas secundarias buscan reducir la transmisión de las ondas sonoras en el medio (fundamentalmente en el aire) a partir del establecimiento de controles de ingeniería soportados, en muchas ocasiones, en metodologías de cálculo.

Entre las posibles medidas a emplear se encuentran los revestimientos acústicos de locales, el diseño de cápsulas y cabinas, la división parcial de locales, las pantallas acústicas y las conchas acústicas. A continuación se describen sus características principales:

- Revestimiento acústico de locales:

Es una de las técnicas más utilizadas para reducir los altos niveles de presión sonora cuando existe un campo reverberante; este método resulta de interés en los puestos de trabajos en los cuales el problema es falta de inteligibilidad, por ejemplo, en el sector de servicio y de la enseñanza (García Dihigo & Real Pérez, 2005).

Se basa en disminuir la reflexión del sonido recubriendo las diferentes superficies con materiales que tengan un alto coeficiente de absorción (α). Todos los materiales absorben una parte del sonido y reflejan otras. Los materiales que son suaves, blandos, porosos y con elementos interconectados tienen un α elevado y por tanto su reflexión R es baja. De manera similar, los materiales que son duros, lisos y que no tienen elementos interconectados tienen una elevada R y un bajo α . (García Dihigo, 2017)

El tiempo de reverberación es una medida muy fiel de la calidad acústica de un local, por lo que su medición resulta de interés. En la medida en que este tiempo se reduzca, mejor será la calidad acústica del local y viceversa, ya que por ejemplo en los estudios de grabación, cines, teatros, etc, cuando el sonido proviene de la bocina, si éste es reflejado por la superficie que delimitan el local las personas escuchan con cierto desfasaje en el

tiempo las ondas sonoras provenientes de las bocinas y las reflejadas en dichas superficies produciendo un enmascaramiento de la audición.

- Cápsulas:

Constituyen un enclaustramiento de la fuente generadora de ruido. Con la construcción de tales estructuras, la energía sonora se mantiene dentro del encierro por reflexión en sus paredes. Se basa en dos principios: la desvinculación acústica (y posiblemente vibratoria) entre la fuente y el receptor por medio de una cubierta aislante para el equipo, y la disipación de energía sonora con elementos absorbentes de alto rendimiento, ubicados principalmente en las proximidades de la fuente, donde el campo sonoro es más intenso y por consiguiente la disipación es mayor. (Miyara, 1999)

Debe tenerse en cuenta para su aplicación:

- Condiciones de funcionamiento de la fuente (posibilidad de aislarla del resto de las máquinas y del hombre)
- Condiciones para reparar y dar mantenimiento después de encapsular.
- Protección en caso de incendio.
- Aplicabilidad práctica.
- Reducción en todas las frecuencias de interés.

Andreu Conesa (2012) establece 3 tipos de configuraciones diferentes que son aplicables para el diseño de una cápsula:

1. Cerramiento hermético y rígido con anti vibradores.

El siguiente paso será establecer un cerramiento envolvente del equipo, salvo el suelo, que presenta un aislamiento teórico de la membrana tan elevado como se desee. La reducción del nivel sonoro es evidente especialmente en el campo de las frecuencias altas y medias. No obstante, el cerramiento con materiales rígidos presenta una elevada componente en el campo reverberado ya que su coeficiente de absorción será muy bajo a cualquier frecuencia.

2. Cerramiento hermético y rígido con material absorbente y anti vibradores.

Puede disminuirse el nivel sonoro mediante la introducción de materiales fuertemente absorbentes, como son las lanas de vidrio o roca, que reducen el componente

reverberado. Así se llega a la solución, en la que se reduce el nivel en todo el espectro. Normalmente los materiales absorbentes se presentan a la instalación con recubrimientos.

3. Doble cerramiento hermético y rígido con material absorbente y anti vibradores.

Si el nivel sonoro todavía resultara elevado para las exigencias técnicas previstas, la solución pasa por construir << una caja dentro de la caja>>. En esta solución, el quipo instalado dentro de una envolvente completamente cerrada, cimentando todo lo anterior por elementos antivibratorios del suelo y situándolo en un cerramiento como el presentado en el caso anterior.

- Cabinas:

Para Rodríguez González et al. (2007) la cabina constituye un blindaje para el hombre que se puede emplear cuando es posible efectuar el mando a distancia de las operaciones de trabajo; el tiempo de interrelación directa del operario con el equipamiento es mínima, se trata de puntos de control de la producción o de locales de descanso.

Desde el punto de vista práctico esta técnica, para aplicarla requiere de determinadas características del puesto de trabajo, como son:

- No requieran de desplazamiento (o muy limitado),
- Procurar beneficiar el intercambio térmico, puesto que la cabina incrementa el calor,
- Uso de cristales para dejar pasar la visión,
- Es posible efectuar el mando a distancia de las operaciones de trabajo,
- Cuando el tiempo de interrelación directa del operario con el equipamiento es mínima,
- Se trata de puntos de control de la producción,
- Se trata de locales de descanso.

- División parcial de locales:

Consiste en dividir los locales para separar los emisores de los receptores de ondas sonoras. La división puede ser total o parcial. La división total es posible cuando ésta no trae consigo interferencias en la producción (Rodríguez González et al., 2007).

- Pantallas acústicas:

Al igual que la división de locales consisten en colocar elementos constructivos que limiten la exposición al ruido generado por una o varias fuentes sonoras. Existen varias experiencias del empleo de barreras acústicas para reducir el ruido urbano y de tráfico vehicular. Autores como Maekawa (1968) y Pérez Miñana (1969) referidos por Barron (2010); Miyara (1999); Giménez de Paz (2001) y Romero Ibáñez (2010) proponen métodos para el diseño de pantallas acústicas. Por otra parte, Lau & Tang, (2009) proponen su diseño en interiores.

- Conchas acústicas:

Constituyen es un elemento arquitectónico utilizado para reflejar el sonido generado en su interior hacia la zona de audiencia, presenta generalmente una forma cóncava que permite focalizar la energía acústica (Miyara, 1999; Hidalgo Goñi, 2019).

Una concha acústica permite focalizar la energía acústica lo que provoca que se refuerce naturalmente el nivel de presión sonora emitido por un orador, cantante o músico ubicado en el escenario, ya sea al aire libre o en un local cerrado; también puede ser una cámara desmontable que sirve para albergar representaciones sinfónicas y está formada por paredes laterales, pared de fondo y techo realizados en material reflector acústico, y que se dispone alrededor de la orquesta. Además, podrían seguir una geometría de plegado, o crearse a partir de geométricas en forma de silla de montar o cresta que están en general formadas por una base semicircular y aberturas parabólicas. Estos elementos deben de ser oblicuos entre sí, en ángulos cuidadosamente definidos, de modo que garantice los niveles de reflexión y reverberación adecuados; en su diseño cada estructura debe considerarse caso por caso, debido a las variaciones espaciales del entorno en el que se podrían usar. (Miyara, 1999)

El uso de las pantallas acústicas y conchas acústicas es asociado con una rama de la arquitectura conocida como acústica gráfica.

La acústica gráfica es un instrumento eficaz para detectar y valorar problemas derivados de la distribución sonora en el interior de un local. Con su ayuda se pueden analizar fenómenos como las focalizaciones sonoras o la presencia, por el contrario, de determinadas zonas sordas; determinar con cierta aproximación las posibles zonas de eco; valorar la importancia de un paramento reflectante en el refuerzo de los niveles sonoros, etc. Se puede afirmar que la correcta utilización de la acústica gráfica evitará, en

muchos casos, cometer errores de difícil corrección, especialmente en lo referente a la elección de determinadas geometrías; y será de gran ayuda en la toma de decisiones cuando se desee obtener unas buenas condiciones sonoras en el interior de un local. (Pérez Miñana, 1969)

Carrión Isbert, (1998) plantea que su uso puede estar destinado a disminuir los niveles de presión sonora en lugares como iglesias, habitaciones de lectura y bibliotecas o aumentarlos en otros como salones de ópera, teatros y salas de conciertos. El uso de la acústica gráfica como método de control tiene como objetivo fundamental contribuir al confort acústico en los locales (Kuttruff & Mommertz, 2012).

- **Medidas organizativas**

Por último, las medidas organizativas se corresponden con los controles administrativos y el uso de equipos de protección personal en la pirámide de jerarquía de control. Constituyen las medidas menos efectivas debido a que no logran reducir los niveles de ruido que se generan y transmiten en los locales o puestos de trabajo, sino que limitan la exposición de los afectados.

Algunas de las más empleadas son (Pleban, 2021):

- Organizar los horarios de modo que se realice un trabajo ruidoso cuando solo unos pocos trabajadores están presentes
- Notificar a los trabajadores y a otras personas con anticipación sobre el trabajo ruidoso para que puedan limitar su exposición
- Restringir el acceso a áreas ruidosas solo al personal esencial
- Señalizar áreas ruidosas y restringir el acceso
- Alternar las tareas ruidosas con las silenciosas
- Proporcionar áreas tranquilas para descansos para los trabajadores expuestos a trabajos ruidosos
- Limitar el tiempo que los trabajadores pasan en áreas ruidosas moviéndolos a lugares silenciosos.
- Emplear medios de protección personal cuando los riesgos derivados de la exposición al ruido no se pueden eliminar o minimizado por otras medidas de control más eficaces. También se pueden emplear como medida provisional hasta que se implementen otras medidas de control o donde se necesita protección adicional por encima de lo que se ha logrado utilizando otras medidas de control del ruido.

Como propone Kausek, (2007) otras medidas complementarias que se pueden implementar están relacionadas con procedimientos, instructivos, charlas, capacitaciones que aporten a la advertencia e información del peligro existente.

A partir de un análisis bibliográfico exhaustivo y las experiencias prácticas en estudios desarrollados en hoteles de sol y playa, Almeda Barrios (2022) propone un grupo de medidas organizativas ajustadas a instalaciones hoteleras. Su aplicación práctica demostró la efectividad de dichas medidas. En este sentido se considera oportuno tomar como referencia esta propuesta en cuanto a las posibles medidas organizativas a emplear.

1.4.1 Antecedentes en la evaluación y control del ruido en Matanzas

Como plantea García Dihigo, (2017) desde el año 1984 aparece publicado en la Revista Técnica Popular, Órgano Oficial de la Industria Sidero-Mecánica, dos artículos sobre la evaluación del ruido en la Fábrica “José Valdés Reyes”: “¿Considera ud. ruidoso su puesto de trabajo?” y “El ruido y la iluminación”. Posteriormente se desarrolló la tesis Doctoral “Contribución a la reducción del ruido en centrales termoeléctricas” (Ibrahím,1996) donde se exponen diferentes vías para su control. En particular se desarrolló y aplicó la metodología para el diseño e instalación de silenciadores para las calderas de vapor, las que aun hoy, veinte años después, se encuentran instaladas en las termoeléctricas “José Martí” y “Antonio Guiteras”.

También fue diseñada y construida una cápsula para reducir el ruido en el área de llenado proveniente de la bomba de vacío en la Empresa de Productos Lácteos de Matanzas. Se diseñaron y aplicaron silenciadores en las calderas de los hoy inexistentes centrales azucareros: Julio Reyes y José Smith Comas.

Se evaluaron y redujeron los niveles de ruido mediante dos consultorías: una en tres discotecas pertenecientes a ARTEX: La Rumba, La Salsa y Las Palmas (2006), y otra en la Empresa de Cítricos Victoria de Girón (2008), ambas a través de contratos económicos con el Centro Internacional de La Habana por un monto de \$12 000 CUP.

Se detectaron además cuatro investigaciones; dos relacionadas con la evaluación y diagnóstico mediante la construcción de mapas de ruido en la CTE “Antonio Guiteras” (Domínguez Alejo, 2014) y en la empresa textil “Eddio Teijeiro” (Onwe, 2015) respectivamente, y otras dos con propuestas de control como cápsulas, paneles acústicos y pantallas acústicas para solucionar una demanda judicial realizada a la empresa de

Acueducto y Alcantarillado por los altos niveles de ruido emitidos por una bomba de agua en la UEB Estación de Rebombado Versalles (Almeda Barrios, 2015; Cárdenas Curbelo, 2015).

1.5 El ruido en instalaciones hoteleras

Uno de los indicadores que afecta la sostenibilidad de las instalaciones hoteleras es el ruido. El turismo sostenible es de gran interés e importancia en la actualidad, pues se trata de una alternativa viable para aproximarse a una nueva formulación de desarrollos turísticos integrados compatiblemente con el espacio local (de Córdoba, 2017)

El ruido afecta significativamente el desarrollo del turismo, pero las actividades derivadas del este son a su vez generadoras de ruido. Este enfoque fue demostrado por Ay & Gunay (2019) que analizaron como en destinos turísticos europeos, africanos y asiáticos existen afectaciones en trabajadores y pobladores cercanos a instalaciones turísticas por el ruido que generan las actividades de animación propias del turismo y a su vez, como estos elevados niveles de ruido han creado una imagen negativa del destino por las quejas de clientes insatisfechos, con repercusiones directas en su comercialización.

Un elevado porcentaje de las quejas vinculadas a la exposición al ruido reportadas por clientes en los hoteles se corresponde con la calidad del sueño (McGar, 2015; Basner & McGuire 2018; Chen *et. al*, 2018; Mao, *et. al*, 2018). Por tal motivo en 2015, *Knowledge Center Sound Insulation*, una red de especialistas en aislación acústica y sonora con sede en Holanda, comenzó a otorgar certificaciones de *Quiet Room* (habitación silenciosa) a los hoteles para informar a los turistas que una o más habitaciones cumplen con determinados estándares (Arko, 2015).

La relajación y el buen descanso en un hotel, es una de las características básicas buscada por los clientes. Para algunos turistas, un sonido muy bajo puede ser perturbador y considerarse molesto. Por ejemplo, mientras toman el sol en una playa, puede haber turistas molestos por el sonido de la música transmitida en un nivel relativamente bajo de una instalación turística ubicada allí (Christou, *et. al.*, 2021).

El diseño de los hoteles y la cultura de sus trabajadores influye de forma decisiva en la presencia de ruidos (Lestari & Nabilah, 2018). Las habitaciones cercanas a los ascensores, a salas de juego o bares, en pisos bajos y cercanas a la calle constituyen una fuente potencial de insatisfacción de los turistas a partir de las quejas por ruidos que entorpecen el sueño (Jablonska & Trocka-Leszczynska, 2019).

En el caso de la exposición al ruido ocupacional, los trabajadores de mantenimiento, animación y cocinas son los más afectados en hoteles (Deeb, et.al., 2020). En concordancia con la afirmación anterior Cabrera Padrón (2018); Hernández Rodríguez (2018); González Falcón (2018); Perdomo Hector (2018) y Almeda Barrios (2019b) determinaron que el acceso de los trabajadores de mantenimiento a salas de máquinas, la operación de grupos electrógenos y el mantenimiento a sistemas de ventilación constituyen algunas de las actividades de mayor riesgo de exposición a ruidos. En el caso de las cocinas el funcionamiento de los equipos de fregado y la manipulación de calderos y otros utensilios metálicos clasificaron como las principales fuentes de generación. Por último, la operación de equipos de audio o el trabajo de los animadores en la cercanía de las fuentes de amplificación fueron los riesgos por exposición al ruido más comunes.

1.5.1 Control de ruido en instalaciones hoteleras. Estado de la práctica

Las instalaciones hoteleras precisan mantener niveles de ruido que garanticen el confort acústico. Diversos estudios a nivel internacional evidencian los esfuerzos por reducir los niveles de ruido que se generan en el interior de estas organizaciones.

Rastelli, et. al., (2017) propusieron soluciones de control para reducir las afectaciones provocadas por el ruido de las enfriadoras (Chillers) en un hotel 5 estrellas en Caracas, Venezuela. Los huéspedes de las suites del último piso formulaban quejas por el ruido de los Chillers ubicados en la azotea de la instalación. En el caso de estudio, se sospechaba que la transmisión era debida a la vibración de los equipos, a través de la placa de techo, por lo que se sustituyeron las bases anti vibratorias, logrando una mejoría parcial. Se realizaron mediciones de vibración en equipos, bases y habitaciones, descartándose que el ruido se transmitiera vía estructural y se concluyó que debía ser transmitido por vía aérea. Se encontró que la frecuencia crítica de pérdida de transmisión de la placa, era cercana a la frecuencia de giro de los compresores. Se calculó la solución de control de ruido para aumentar la pérdida de transmisión del techo en la frecuencia crítica, a través de una pared compuesta.

En ocasiones las afectaciones por ruido en los hoteles provienen de fuentes externas. Los investigadores Kaddatz & Jue, (2019) diseñaron un proyecto de modernización para un hotel afectado por el ruido emitido por locomotoras diésel que transitaban por una vía férrea ubicada a 60 metros de las habitaciones. En este caso las propuestas estuvieron encaminadas a sustituir las paredes de hormigón por estructuras dobles con mayor capacidad de absorción del sonido. Se tomaron medidas de las condiciones existentes del

estado interior y exterior para documentar la reducción de ruido proporcionada, también se probó una maqueta de la configuración como vía experimental de comprobación.

Como se comentaba en epígrafes anteriores, las medidas más efectivas se encuentran relacionadas con sustitución de equipos y procesos ruidosos como manifestación de la reingeniería de procesos. La investigación presentada por Matviyk & Sobin, (2019) investiga las perspectivas de introducción de tecnologías acústicas innovadoras en la industria hotelera.

En las instalaciones hoteleras cubanas el ruido es analizado solamente como un indicador más de los sistemas de gestión medioambiental (López Moreda, 2010; Quiala Armenteros, 2011; Ferras Moreno, 2019; Novoa Oropeza, 2020; Ochoa Avila & Leyva Driggs, 2021; Martínez Rodríguez *et. al.*, 2021) pero no se profundiza en la adopción de medidas de control para reducir sus efectos negativos.

En los últimos años un grupo de investigaciones coordinadas por el autor se han centrado en el estudio del ruido en entidades turísticas, específicamente en hoteles. Los estudios de Almeda Barrios, (2018); Cabrera Padrón, (2018); González Falcón, (2018); Perdomo Héctor, (2018); Hernández Rodríguez, (2018); González González, (2019) y Almeda Barrios (2022) han profundizado en los procesos de evaluación, diagnóstico y control de ruido en varias instalaciones hoteleras del destino Varadero.

1.6 Conclusiones parciales del capítulo

1. Los autores consultados coinciden en que el ruido es todo sonido indeseado que tiene la capacidad de ocasionar molestias o afectaciones a la salud de quienes se exponen
2. El control de ruido, en correspondencia con el criterio de los autores consultados, debe realizarse cumpliendo con el principio de jerarquía de control de riesgos y su manifestación mediante el camino simple fuente-camino-receptor.
3. Las investigaciones analizadas en el estado de la práctica evidencian la importancia de la adopción de medidas de control de ruido para la disminución de las afectaciones asociadas a su exposición.

CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS PARA EL CONTROL DE RUIDO

En el capítulo se describen las metodologías para el control de ruido en los medios de propagación con énfasis en las modificaciones y nuevas propuestas que se realizan. Se realiza además la propuesta de un procedimiento para el cálculo del coeficiente de absorción (α) y el diseño de un tubo de impedancias que soporta el método de cálculo empleado.

2.1 Descripción de las propuestas, modificaciones y diseño de medidas de control de ruido

Se debe cumplir con el principio de jerarquía de control de riesgos para garantizar la efectividad de las medidas propuestas. La valoración de las medidas a aplicar debe seguir el orden explicado en el capítulo anterior:

1. Actuar sobre el foco o fuente de generación (Medidas primarias)
2. Actuar sobre los medios de propagación (Medidas secundarias)
3. Actuar sobre el receptor (Medidas organizativas)

2.1.1 Posibles medidas primarias a aplicar

Primeramente, en correspondencia con Viña Brito & Gregori Torada (1987), se debe valorar la posibilidad de sustituir procesos o equipos por otros más silenciosos. Esta medida, aunque es la más efectiva para la eliminación o reducción de los ruidos, también constituye la más costosa por la necesidad de adquirir nuevas tecnologías.

Debido a la variabilidad en las características de una instalación hotelera a otra y a la dificultad práctica que presenta la adopción de estas medidas, se propone, en correspondencia con el análisis del epígrafe 1.4, una lista exhaustiva de las posibles medidas a aplicar planteadas por Rodríguez González *et. al.* (2007).

Estas medidas son aplicables en los hoteles generalmente en salas de máquinas, lavanderías, sistemas de enfriamiento (enfriadoras y conductos), equipos de generación eléctrica y cocinas (Almeda Barrios *et. al.*, 2019a).

En la siguiente tabla se observan las posibles medidas a aplicar a partir de la causa que genera el ruido.

Tabla 2.1: Posibles medidas primarias a aplicar.

Causa que genera el ruido	Medidas a adoptar
Transmisión de la vibración de un cuerpo	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar la impedancia del elemento a partir de la utilización de sistemas amortiguados de masa-resorte, • acoplamientos lo más elásticos posibles, • adicionar masas en los puntos de aplicación de fuerzas dinámicas.
Emisiones de ruido por cuerpos vibrátiles	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio de frecuencia propia, a través del aumento de la masa o disminución de su coeficiente de rigidez.
Impactos mecánicos	<ul style="list-style-type: none"> • lograr pequeñas fuerzas y movimientos dinámicos, • cambios armónicos de las fuerzas dinámicas, • eliminar cambios bruscos de fuerzas y movimientos, • disminución de velocidades, • minimizar la altura de caída, • evitar el choque metálico entre masas, • lograr altos acabados superficiales y exactitudes en la construcción de maquinarias.
Oscilación de corrientes de aire	<ul style="list-style-type: none"> • lograr corrientes continuas de aire, • obstaculizar las excitaciones periódicas.
Torbellinos en la periferia de fuentes impulsoras de aire	<ul style="list-style-type: none"> • colectores de aire con cambio de secciones, • utilización de toberas con flujo lineal.
Trasmitido por conductos de ventilación	<ul style="list-style-type: none"> • reducir las velocidades con que circula el fluido por dentro de los conductos, • utilizar uniones flexibles para la conexión de estos al ventilador, • recubrirlos con materiales absorbentes, • utilizar silenciadores de cámara. • Orificios de escape de gases a altas velocidades. • silenciosos de absorción- buenos en altas frecuencias, • silenciosos de cámara- buenos en bajas frecuencias.
Transmisión del ruido estructural	<ul style="list-style-type: none"> • construcción de capas intermedias elásticas, • construcción de masas de contención y aplicación discontinua de secciones transversales, • construcción de juntas, • utilización de materiales con alto coeficiente de amortiguación, • empleo de Dampers, • construcción de pequeñas superficies emisoras, usando nervios y canales, • utilización de materiales con gran masa por unidad de superficie.

Fuente: tomado de Rodríguez González et.al. (2007)

2.1.2 Posibles medidas secundarias a aplicar

Como parte del análisis que se realiza en el epígrafe 1.4 de varias metodologías para el control del ruido en su propagación por el aire, fueron **seleccionadas** de la literatura, **modificadas** o **creadas** un grupo de ellas.

El empleo de estas medidas dependerá de las características del área afectada y la fuente (o fuentes) que lo genera; así como del cumplimiento de premisas específicas de cada método.

- **Metodologías seleccionadas**

- **Diseño de cápsulas:** Se propone emplear la metodología propuesta por Rodríguez González *et. al.* (2007) y García Dihigo (2017b). La presencia de fuentes puntuales de ruido como bombas de agua o grupos de generación eléctrica pudiese implicar su empleo como método de control.

Los pasos para su desarrollo son los siguientes:

Paso 1: evaluación del ruido

Paso 2: determinar en nivel de presión sonora que se debe atenuar (NR).

$$NR = Lex - Lrec \quad [2.1]$$

Donde:

NR: nivel de reducción [db]

Lex: nivel de presión sonora existente [db]

Lrec: nivel de presión sonora recomendado [db]

Paso 3: cálculo de D (mínima distancia del equipo a la superficie interior de la cápsula)

$$D = \lambda/4 \quad [2.2]$$

$$\lambda = C/Fmi \quad [2.3]$$

Donde:

D: mínima distancia del equipo a la superficie interior de la cápsula [m]

λ : longitud de onda [m]

C: velocidad del sonido [340 m/s]

Fmi: frecuencia mínima de interés [HZ = 1/s]

Paso 4: cálculo de la superficie de la cápsula (S_c)

$$S_c = 2(L_c \times H_c) + 2(A_c \times H_c) + (L_c \times A_c) \quad [2.4]$$

$$L_c = L_{eq} + 2D \quad [2.5]$$

$$A_c = A_{eq} + 2D \quad [2.6]$$

$$H_c = H_{eq} + D \quad [2.7]$$

Donde:

S_c : superficie de la cápsula [m^2]

L_c : largo de la cápsula [m]

A_c : ancho de la cápsula [m]

H_c : altura de la cápsula [m]

Paso 5: atenuación que logra la cápsula sin los orificios.

$$\Delta L_c = R_{res} - 10 \log \left(\frac{S_c}{A_{ci}} \right) \quad [2.8]$$

Donde:

ΔL_c : atenuación que logra la cápsula sin los orificios [db]

R_{res} : coeficiente de aislamiento resultante o de reflexión [db]

S_c : superficie exterior de la cápsula [m^2]

A_{ci} : absorción interior de la cápsula [sabinos]

$$R_{res} = R_1 - \Delta R \quad [2.9]$$

$$\Delta R = 10 \log [1 + (S_2/S_1) \times (10^{(R_1-R_2)/10} - 1)] \quad [2.10]$$

$$A_{ci} = \sum \alpha \times S_{ci} \quad [2.11]$$

Donde:

R_1 : aislamiento sonoro del material base-el de mayor R-[dB]

R_2 : aislamiento sonoro del material secundario [dB]

S_1 : superficie del elemento constructivo-toda la pared, ventanas y puertas de esa superficie [m^2]

S_2 : superficie del elemento secundario [m^2]

Para el cálculo de Sc se deben tener en cuenta las dimensiones exteriores de la cápsula y para calcular la absorción (A) se consideran las dimensiones interiores. Por esta razón es necesario tener bien definidas estas dimensiones desde que se realiza el diseño de la cápsula. Cuando el espesor de las superficies es muy pequeño se desprecia esta diferencia. Un valor comúnmente considerado es espesores inferiores a 20 mm.

En la conclusión de este paso hay que realizar un análisis muy importante. Hay que comprobar que el resultado del ΔLc sea mayor que el valor de NR (paso # 2). De ser así se puede continuar con el diseño. De no ser así se debería diseñar una nueva cápsula con un material de alto coeficiente de aislamiento (R).

Paso 6: atenuación total que lograra la cápsula en presencia de los orificios.

$$\Delta Lt = 10 \log \left(\frac{1}{10^{-\frac{\Delta Lc}{10}} + 10^{-\frac{\Delta Lo}{10}}} \right) \quad [2.12]$$

$$\Delta Lo = 10 \log \left[\left(\frac{Aci + So}{So} \right) \right] \quad [2.13]$$

Donde:

ΔLt : atenuación total que logra la cápsula en presencia de los orificios [db]

ΔLc : atenuación que logra la cápsula sin los orificios [db]

ΔLo : efecto de disminución del aislamiento de la cápsula por concepto de orificio [db]

So : superficie de los orificios [m²]

- **Diseño de cabinas:** Se propone emplear la metodología propuesta por Rodríguez González *et. al.* (2007) y García Dihigo (2017b). El uso de las cabinas, aunque muy limitado por las características de los servicios hoteleros, pudiera aplicarse en puestos de trabajo específicos de procesos de apoyo ubicados en el interior de las instalaciones como es el caso de las lavanderías.

A continuación se pueden apreciar los pasos necesarios para realizar el diseño de una cabina:

Paso 1: evaluación del ruido

Paso 2: determinar en nivel de presión sonora que se debe atenuar (NR).

$$NR = Lex - Lrec \quad [2.14]$$

Donde:

NR: nivel de reducción [dB]

Lex: nivel de presión sonora existente [dB]

Lrec: nivel de presión sonora recomendado [dB]

Paso 3: cálculo de la superficie del frente de onda (Sfo)

Las superficies que reciben el frente de onda dependerán de la ubicación de la cabina con relación a la ubicación de las fuentes de ruido en el local (ver figura 2.1), elemento este muy importante a analizar, pues debe tratarse que el ruido incida en la menor cantidad de superficies posibles.

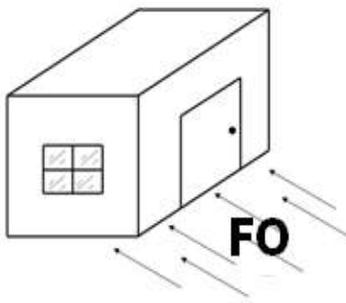


Figura 2.1: Representación del frente de onda de una cabina

Fuente: García Dihigo (2017b)

En la figura se observa que la Sfo corresponde a las paredes donde se encuentran ubicadas la ventana y la puerta, por lo que la expresión sería:

$$Sfo = (L \times H) - (A \times H) \quad [2.15]$$

Donde:

Sfo: superficie sobre la que incide el frente de onda [m²]

L: largo de la cabina [m]

A: ancho de la cabina [m]

H: altura de la cabina [m]

Paso 4: Cálculo de Rres y cálculo del NPS atenuado.

$$\Delta Lc = Rres - 10 \log \left(\frac{Sfo}{Ai} \right) \quad [2.16]$$

Donde:

ΔLc : atenuación que logara la cabina [dB]

Rres: coeficiente de aislamiento resultante de las superficies de la cabina que reciben el frente de onda (dB)

Ai: absorción interior de la cabina (sabinos/m²)

$$R_{res} = R_1 - \Delta R \quad [2.17]$$

$$\Delta R = 10 \log[1 + (S_2/S_{fo}) \times (10^{(R_1-R_2)/10} - 1)] \quad [2.18]$$

$$A_i = \sum \alpha \times S_{ci} \quad [2.19]$$

Donde:

R₁: aislamiento sonoro del material base-el de mayor R-[dB]

R₂: aislamiento sonoro del material secundario [dB]

S₂: superficie del elemento secundario [m²]

S_{fo}: superficie sobre la que incide el frente de onda [m²]

S_{ci}: superficie interna de la cabina [m²]

- **Diseño de conchas acústicas** (acústica gráfica): Se propone emplear la metodología propuesta por Alarcón Aguirre (2002) e Hidalgo Goñi (2019).

En concordancia con Daumal i Domenech (1994) se propone el empleo del Método de Lyon para el diseño de conchas acústicas.

Lyon es un método gráfico basado en la construcción de rayos sonoros para obtener la equipotencialidad sonora en el plano de la audiencia. El método de diseño consiste en determinar la forma del techo del escenario de tal forma que produzca una reflexión dirigida e intensificada en forma creciente. La forma del techo del escenario se conseguirá tras una serie de aproximaciones gráficas, hasta llegar a formar una concha acústica que cubra de reflexiones a un sector propuesto de audiencia. (Luis Reyes & Guido Solís, 2012)

Según Alarcon Aguirre (2002) e Hidalgo Goñi (2019) estos son los pasos que hay que seguir para aplicar el método.

Paso 1: en forma aproximada se ubican, el foco sonoro S, y los puntos que delimitan la altura y la profundidad del escenario, A y B respectivamente.

Paso 2: se divide el plano de audición en un número par de sectores. Se supondrá que la intensidad en cada sector, será igual a la que existe en sus puntos medios.

Paso 3: encontrar los puntos medios de cada sector.

Paso 4: trazar las dos bisectrices que se obtienen del ángulo formado por SA_v y SB_w, cuya intersección determina el punto O1. (v es el punto medio del sector más cercano al escenario y w es el punto medio del sector más alejado del escenario)

Paso 5: dibujar con centro en O1 y radio O1B el arco AB, donde queda establecida una nueva altura.

Paso 6: comprobar, que, para cada punto medio del plano de audición, la diferencia entre el camino directo y camino el reflejado, queden dentro del límite tolerable de 17 metros y computar la relación de intensidades respecto al sonido que llega por reflexión a esos sectores.

Para lo anterior se deben cumplir dos condiciones:

- a) El coeficiente de reflexión debe ser prácticamente igual a 1.
- b) Las superficies de reflexión que dirigen el sonido a cada uno de los sectores, han de ser equivalentes en tamaño.

La tabla que se muestra a continuación permitirá ofrecer de forma resumida los valores calculados en este paso.

Tabla 2. 2: Modelo para recoger los valores obtenidos para la aproximación del método.

Puntos	Camino del sonido		Diferencia (m)	Inverso del cuadrado del camino reflejado $1/r^2$	Intensidades relativas $(1/r^2)/(1/r^2)_{\min}$
	Reflejado $r'(m)$	Directo r (m)			
1					
i					

Fuente: tomado de Hidalgo Goñi (2019)

Paso 7: se divide el arco obtenido AB, en partes proporcionales a las intensidades relativas, de menor a mayor y se empieza por A, de forma que el área destinada a intensificar al sector más próximo al escenario sea proporcional a la intensidad relativa dada por el último punto medio, y la que ha de reflejar al sector más alejado, sea proporcional a la intensidad relativa dada por el primer punto medio del plano de audición.

La proporcionalidad está dada por:

$$\alpha = \frac{\angle AO_1B}{\sum Int\ relativas} \quad [2.20]$$

Donde: α = Ángulo del arco de una unidad de superficie reflectora.

Paso 8: encontrar los puntos medios de cada subdivisión, para luego unirlos con los puntos medios de los sectores a los que tienen que dirigir la reflexión.

Paso 9: se trazan las bisectrices de los ángulos formados. Estas bisectrices permitirán trazar una nueva envolvente del arco AB y será la curva que en segunda aproximación se acercará al perfil buscado.

Paso 10: trazado de la nueva envolvente. Para ello se hallan las intersecciones de cada pareja consecutiva de bisectrices: La primera y la segunda se corta en 1, la tercera y la cuarta en 2 y así sucesivamente.

Con centro en 1, se traza el arco BJ' con radio 1B, con centro en 2 el arco J'G' con radio 2J', y con centro en 3 el arco G'A' con radio 3G'. Esta nueva curva A'B alterará ligeramente los caminos iniciales recorridos por el sonido, debido a que la altura habrá variado, por lo que de nuevo se aplicará el anterior procedimiento para el oportuno ajuste. Por lo tanto, la nueva envolvente así encontrada diferirá de A'B menos que ésta de AB, entonces como máximo será necesario repetir una vez más la operación. Para mejor comprensión se muestra en la figura 2.2 la realización de este paso.

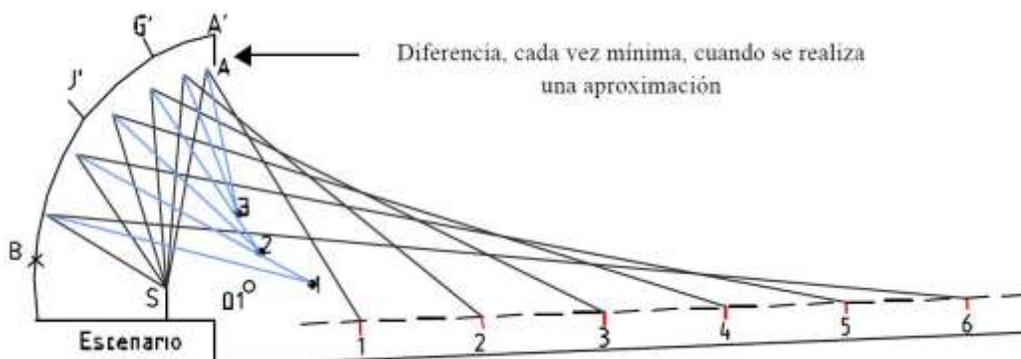


Figura 2.2: Trazado de una nueva envolvente que se acerca al perfil buscado.

Fuente: tomado de Alarcon Aguirre (2002).

La cantidad de superficies reflectoras que tenga la concha, será siempre la mitad de los sectores propuestos en el plano de audición.

- **Metodologías modificadas**

- **Tratamiento acústico de locales:** se realiza una modificación a la metodología planteada por García Dihigo (2017a). Las modificaciones están dadas por la inclusión del cálculo del Tiempo de Reverberación antes y después del diseño como parámetro de efectividad de la medida.

Los pasos a seguir son los siguientes:

Paso 1: cálculo del tiempo de reverberación.

$$Tr = \frac{0,161 V}{Atot + 4MV} \quad [2.21]$$

Donde:

Tr: Tiempo de reverberación [s]

V: Volumen de la sala [m³]

Atot: Absorción total [sabino]

M: constante de atenuación del sonido en el aire [*m*⁻¹].

La atenuación del sonido en el aire (M), según Miyara (1999) se calcula de la siguiente manera:

$$M = \frac{1}{434} \gamma \quad [2.22]$$

Donde:

γ : atenuación en el aire en dB/100 m.

Los valores de γ se extraen de la tabla que ofrece el **anexo 1**.

La absorción total se calcula:

$$Atot = \bar{\alpha} * Stot \quad [2.23]$$

Donde:

$$Stot = \sum S_i \text{ (Superficie total del recinto [m}^2\text{])} \quad [2.24]$$

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum \alpha_i S_i}{Stot} \text{ (Coeficiente medio de absorción del recinto [sabinos/m}^2\text{])} \quad [2.25]$$

α_i = coeficiente de absorción de la superficie "i" (ver **anexo 2**)

Si = área de la superficie "i" [m^2]

Los valores de alfa (α) se obtienen de tablas recogidas en la literatura. El error que introduce en los cálculos emplear valores aproximados del coeficiente de absorción puede conducir a interpretaciones erróneas y a la ineffectividad en el diseño de medidas de control.

Se detectó además que no se encontraba en las tablas de la literatura el valor de alfa de algunos de los materiales constructivos existentes en varias instalaciones hoteleras en Varadero, lo cual impidió que se pudiera calcular el tiempo de reverberación.

Por tal motivo, en el epígrafe siguiente se propone un procedimiento para el cálculo del coeficiente de absorción acústica basado en la norma ISO 10534 parte I-Método de ondas estacionarias con el empleo de un tubo de impedancias (o tubo de Kundt).

Paso 2: determinar el nivel de presión sonora a atenuar (NR).

$$NR = Lex - Lrec \quad [2.26]$$

Donde:

NR: nivel de reducción [dB].

Lex: nivel de presión sonora existente [dB].

Lrec: nivel de presión sonora recomendado [dB].

Paso 3: determinar el material a utilizar.

$$\alpha t = \frac{A_2 - A_{tot} + Aat}{St} \quad [2.27]$$

Donde:

A₂: absorción equivalente del local después del tratamiento [sab].

St: superficie a tratar [m^2].

Aat: absorción del área a tratar antes del tratamiento.

αt : coeficiente de absorción necesario para el tratamiento [sab/ m^2].

A₂ se calcula por la ecuación siguiente:

$$A_2 = Antlog \left(\frac{NR}{10} \right) \times A_1 \quad [2.28]$$

Se debe seleccionar un material cuyo coeficiente de absorción sea mayor o igual que el obtenido en la ecuación 2.27.

Paso 4: determinar el área óptima a revestir (AOR).

$$AOR = \frac{A_2 - A_{tot}}{\alpha_r} \quad [2.29]$$

Donde:

AOR: área óptima a revestir [m²].

α_r : coeficiente de absorción de reducción [sab/m²]. Se calcula por la siguiente expresión:

$$\alpha_r = \alpha_t - \alpha_{at} \quad [2.30]$$

α_{at} : coeficiente de absorción del material de la superficie tratada antes del tratamiento [sab/m²].

El AOR determina la cantidad de m² que se necesitan revestir con el material seleccionado para cumplir con el NR.

Resaltar en este caso que:

Cuando se realice el cálculo de A₂ y A_{tot} hay que tener en cuenta todos los objetos que se encuentran en el local.

El coeficiente de absorción de las ventanas y puertas abiertas es 1 sab/m².

Una persona absorbe aproximadamente 0.57 sab/m².

Paso 5: recálculo del tiempo de reverberación.

Se emplea la expresión 2.21; pero en esta ocasión se emplea el nuevo valor de absorción total del local, resultante de las modificaciones en los valores de absorción de las superficies recubiertas.

Paso 6: cálculo de la disminución del tiempo de reverberación.

$$\Delta RT = RT_a - RT_d \quad [2.31]$$

Donde:

ΔRT : disminución del tiempo de reverberación [segundos].

RT_a: tiempo de reverberación antes del tratamiento [segundos].

RT_d: tiempo de reverberación después del tratamiento [segundos].

- **Metodologías creadas**

- **Diseño de pantallas acústicas (acústica gráfica):** Se crea un nuevo método a partir de la integración de métodos ya existentes y el aprovechamiento de las ventajas individuales que poseen. Constituye, desde la perspectiva metodológica y práctica, un significativo **aporte** al diseño de medidas de control de ruido en los medios de propagación.

Para su aplicación en instalaciones hoteleras se deben valorar primeramente los siguientes factores:

- Es un método útil fundamentalmente para áreas que no son frecuentadas por clientes. Si se decide su emplazamiento en estas áreas, debe analizarse la influencia estética que pueda tener en la arquitectura del lugar y de la instalación.
- No debe interferir en el flujo productivo o servuctivo, por lo cual se debe verificar que no interrumpa una zona de tránsito o carga.
- Sus dimensiones deben estar en correspondencia con las regulaciones urbanísticas, sobre todo si se ubican en exteriores.

Se propone un nuevo método para el diseño de pantallas acústicas que integra los métodos de Maekawa (1968) y Pérez Miñana (1969) referidos por Barron (2010).

Premisas:

- Fuente de ruido considerada omnidireccional.
- Se diseña para la frecuencia menor de interés y siempre que sea mayor de 200Hz
- Distancia entre la fuente y el receptor menor de 100 metros.
- Las barreras serán delgadas. Se consideran así siempre que su anchura sea menor que la relación (f/c); donde "f" es la frecuencia de trabajo (término en el cual se profundiza más adelante) y "c" la velocidad del sonido [343m/s]
- Las ondas del campo acústico pueden ser consideradas esféricas.

Al igual que los métodos anteriores, se debe partir de la evaluación del ruido.

Paso 1: determinar la frecuencia de trabajo y el Nivel de Presión Sonora (NPS) en la fuente.

Para determinar la frecuencia de trabajo se comprueba aquellos NPS sin la barrera a la distancia entre la fuente y el receptor ($L_{(d)}^0$) y sus frecuencias correspondientes que

resultan perjudiciales. Para saber si el NPS existente es dañino se verifica que $L_{ext} > L_{rec}$.

Se selecciona la frecuencia menor, con un $L_{(d)}^0$ perjudicial, siempre que esta supere los 200Hz. Esta frecuencia se denomina frecuencia de diseño o trabajo (f). El NPS en la fuente corresponderá al valor que posee en la frecuencia de trabajo.

Paso 2: determinar si el NPS que llega al receptor es dañino.

Se tiene en cuenta el NPS en la fuente, determinado anteriormente, luego se calcula el NPS que recibe el receptor que se encuentra separado a una distancia de la misma.

$$L_{(d)}^0 = L_S - 20 \log(d) - 10.9 \quad [2.32]$$

Donde:

$L_{(d)}^0$: NPS sin la barrera a la distancia entre la fuente y el receptor (d) [dBA]

L_S : NPS en la fuente [dBA]

d : Distancia entre la fuente y el receptor [m]

Para determinar si es dañino el NPS que llega al receptor se utilizan las ecuaciones 2.32 y 2.26

Paso 3: comprobar que la barrera es delgada.

$$bs < (f/c) \quad [2.33]$$

Donde:

bs : Grosor de la barrera [m]

f : Frecuencia de trabajo [Hz]

c : Velocidad del sonido [343 m/s]

Paso 4: identificar las variables.

Las pantallas acústicas poseen tres dimensiones (altura, largo y grosor o profundidad). En el método que se propone, se deben fijar dos de las tres dimensiones. La dimensión que no se fijó, resultará de un despeje de ecuación solución que engloba al resto de las variables. A continuación se realiza un análisis de las variables y la selección de la variable a calcular:

- bs : grosor o profundidad de la barrera [m]: esta dimensión, por su relación con el material predominante que se elija para la construcción de la barrera; es recomendable fijarla.
- ls : Longitud de la barrera [m]: se propone como dimensión a prefijar, pues como requisito debe sobresalir a ambos lados más allá de la longitud de la fuente o de la longitud de lo que constituya el receptor.
- heq : Altura del equipo o fuente sonora [m]. Esta variable se busca en las especificaciones técnicas del equipo o se mide in situ.
- Ht : Altura de la barrera sobre el equipo o fuente [m]. Esta dimensión es la que se propone calcular en función del resto de las variables.

Paso 5: determinar la altura de la barrera sobre el equipo.

A partir de las ecuaciones descritas por Pérez Miñana (1969); se desarrolló este paso, con las modificaciones de nomenclatura, ajustes y desarrollos de fórmulas pertinentes. Es necesario aclarar que, en lo adelante, las integraciones, despejes y sustituciones de fórmulas que se muestran se realizaron mediante el software Derive 6.0.

De la siguiente ecuación:

$$\Delta L = 10 \log \left[1 + \alpha_f \left(\frac{4\pi}{\Omega - 1} \right) \right] \quad [2.34]$$

Donde:

α_f : coeficiente de absorción en función de la “ f ” de la superficie de la barrera expuesta a la onda sonora [sab]. (Este valor depende del material que se escoja).

Ω : ángulo sólido proyectado sobre la barrera, obtenido de la intercepción de una onda sonora con la propia barrera [Sr].

El término Ω tiene su base de cálculo en las siguientes ecuaciones:

$$\Omega = 4 \text{sen}^{-1}(\text{sen}\beta \times \text{sen}\theta) \quad [2.35]$$

Donde:

$$\beta = \tan^{-1} \left(\frac{ls}{2Ht} \right) \quad [2.36]$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{bs}{2Ht} \right) \quad [2.37]$$

Se sustituye ecuaciones 2.36 y 2.37 en 2.35; y si se simplifica el término entre “llaves” y se obtiene:

$$\Omega = 4 \sin^{-1} \left[\frac{bs \times Ls}{\sqrt{bs^2 + 4Ht^2} \sqrt{Ls^2 + 4Ht^2}} \right] \quad [2.38]$$

Se despeja Ω en la ecuación 2.34:

$$\Omega = \frac{\alpha_f \times 4\pi}{10^{(\Delta L/10)} - 1} + 1 \quad [2.39]$$

Se despeja Ht en la ecuación 2.35:

$$H_t = \frac{\sqrt[2]{\sqrt{\sin^2\left(\frac{\Omega}{4}\right)x(b_s^4 - 2b_s^2 l_s^2 + l_s^4) + \sin\left(\frac{\Omega}{4}\right)x(b_s^2 + l_s^2)}}}{\sqrt[4]{\sin\left(\frac{\Omega}{4}\right)}} \quad [2.40]$$

Si se soluciona la ecuación 2.39 y el resultado se sustituye en ecuación 2.40; se tienen entonces todas las variables para la obtención de Ht ; y al sumarla a la heq se obtiene la altura total de la barrera.

Paso 6: determinar la altura total de la barrera.

$$M = Ht + heq \quad [2.41]$$

Donde:

M : Altura total de la barrera [m]

heq : Altura del equipo [m]

Paso 7: determinar el NPS que llega al receptor con la barrera de por medio.

Para comprobar si la barrera es realmente efectiva, se propone la ecuación de Maekawa (1968); la cual se ha modificado en su nomenclatura:

$$L_{(d)}^B = L_s - 20 \log \left(\sqrt{d_{(1)}^2 + Ht^2} + \sqrt{d_{(2)}^2 + Ht^2} \right) - 10 \log \left(\frac{1}{\alpha_b + \alpha_t} \right) - 10.9 \quad [2.42]$$

Donde:

$L_{(d)}^B$: NPS con barrera a la distancia de la fuente al receptor (d) y f [dBA]

$d_{(1)}$: distancia entre la fuente y la barrera [m]

$d_{(2)}$: distancia entre el receptor y la barrera [m]

α_b : coeficiente de la barrera [adimensional]

α_t : coeficiente de transmisión de la barrera [adimensional]

Los términos α_b y α_t se calculan por las siguientes ecuaciones:

El término a_b : $a_b = (N)$

Donde:

N : Número de Fresnel y se determina según la ecuación:

$$N = \frac{2f}{c} \left(\sqrt{d_{(1)}^2 + Ht^2} + \sqrt{d_{(2)}^2 + Ht^2} - d \right) \text{ (para barreras delgadas)} \quad [2.43]$$

Donde:

$$d = d_{(1)} + d_{(2)} \quad [2.44]$$

Para $N \geq 12,7$; $a_b = 0,004$

$$\text{Para } N < 12,7; \quad \alpha_b = \frac{[\tanh(\sqrt{2\pi N})]^2}{2\pi^2 N} \quad [2.45]$$

El término a_t :

$$\alpha_t = 10^{(-Rf/10)} \quad [2.46]$$

Donde:

Rf : Coeficiente de transmisión de la barrera en fusión de la “ f ” [dB] (ver **anexo 3**).
Depende del material elegido (en ecuación 2.34) para la construcción de la barrera y se tiene que cumplir que:

$$Rf > -10 \log \left(\frac{\alpha_b}{8} \right) \quad [2.47]$$

En caso de no cumplirse habría que escoger otro material y se vuelve a calcular a partir de la ecuación 2.35.

Paso 8: comprobar si la atenuación que logra la barrera es menor o igual que el valor máximo admisible.

Una vez obtenidas todas las variables que intervienen, se realiza el análisis siguiente:

Con el valor obtenido anteriormente de $L_{(d)}^B$ se comprueba la condición siguiente:

$$L_{(d)}^B \leq L_{rec}$$

En caso de que no se cumpliera lo esperado, se debe volver a rediseñar la barrera a partir del paso 5.

2.1.3 Posibles medidas organizativas a aplicar

La adopción de medidas organizativas puede constituir una alternativa a la solución parcial o total del problema de generación de ruidos molestos. Muchas de estas medidas, pueden ser efectivas en el contexto de los hoteles (Almeda Barrios, 2019; Almeda Barrios *et. al*, 2019a). Entre ellas se pueden emplear:

- Destinar locales que no estén afectados por NPS perjudiciales para el descanso de trabajadores.
- Limitar el volumen de los equipos de audio en actividades recreativas y de animación.
- Desarrollar las actividades recreativas y de animación en espacios adecuados.
- Establecer horarios para el desarrollo de actividades recreativas y de animación.
- Direccionar correctamente los medios de amplificación de audio.
- Limitar los tiempos de exposición de trabajadores expuestos a elevados NPS durante su jornada laboral. Tal puede ser el caso de operadores de audio, trabajadores de lavanderías o trabajadores de servicios técnicos destinados a salas de máquinas. Se puede realizar mediante la rotación del personal o mediante la reducción de los tiempos de trabajo a partir del criterio del Leq.

Por otra parte, las instalaciones hoteleras como organizaciones de servicio se basan en la interacción con el cliente, por lo cual es muy limitada la posible utilización de medios de protección individual. Solamente en áreas y momentos específicos sería conveniente el uso de estos medios de protección auditiva. El acceso y trabajo en salas de máquinas, la operación de grupos electrógenos y el trabajo en puestos de lavanderías que no precisen comunicación son actividades donde pudiese incluirse el uso de protectores auditivos (Almeda Barrios *et. al*, 2019b). Los especialistas de Seguridad y Salud del Trabajo en cada instalación deben valorar, atendiendo a las características de su hotel, la posible utilización de dichos medios.

2.2. Procedimiento para la determinación del coeficiente de absorción sonora (α)

En Cuba es limitada la información referente a las propiedades acústicas que se tiene de los materiales que se emplean en la construcción y montaje de obras. Entrevistas sostenidas con representantes del Ministerio de la Construcción (MICONS) en Matanzas reafirmó lo antes expuesto debido a que no cuentan con la tecnología para realizar ensayos que permitan la caracterización acústica de los materiales que fabrican y/o emplean. (Camacho Isaac, 2019); (Díaz Pardo, 2019); (Almeda Barrios *et.al*. 2021a)

Por tal motivo, en correspondencia con los estudios de Castañeda (2004); Infante Salamanca (2012); Parejo Gamboa (2013) y Fernández Arcilla (2015) se propone un procedimiento para la determinación del coeficiente de absorción sonora (α) basado en lo recomendado por la norma ISO 10534 parte I (ISO,1998). El procedimiento se compone de 5 pasos como se aprecia en la figura 2.3.

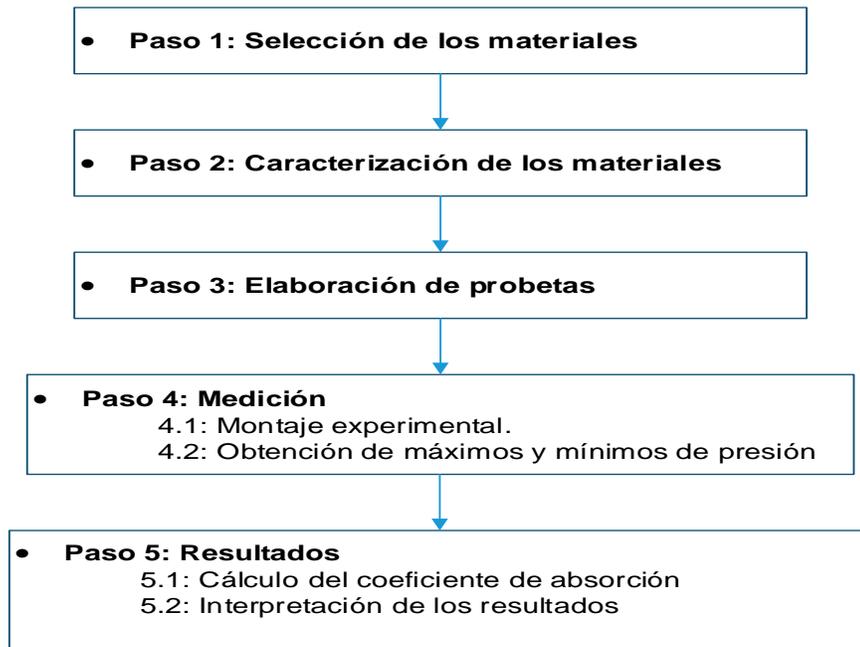


Figura 2.3: Procedimiento para el cálculo del coeficiente de absorción sonora mediante el método de ondas estacionarias. Fuente: elaboración propia.

El procedimiento se basa en el empleo de un tubo de impedancias, o tubo de Kundt como también es conocido, para los procesos de experimentación. El tubo de Kundt es un cilindro largo y estrecho en el que se pueden generar sonidos si se hace vibrar la columna de aire de su interior. (Molina Cornell *et al.*, 2017).

Se construyó un Tubo de Kundt, compuesto por un tubo cilíndrico de vidrio transparente de longitud 135 cm, diámetro interior de 4.4 cm y exterior de 4.8 cm. El tubo es sujetado por una base de madera de longitud 60 cm y altura 13 cm, que cuenta con 2 soportes que hacen función de apoyo para el tubo.

Se dispone de una fuente sonora (bocina) que se acopla en un extremo del tubo, con la potencia e impedancia adecuadas para el amplificador. Dicha fuente está conectada a un amplificador de potencia capaz de alimentar a la bocina de manera que esta pueda transmitir las frecuencias a analizar a través del tubo; se le puede conectar por medio de

un cable auxiliar cualquier dispositivo que emita niveles de frecuencia. En este caso se utiliza un celular con la aplicación móvil “Generador de Frecuencia” para sistema operativo Android que permite emitir niveles de frecuencia hasta 22000 Hz.

Se construyó un pistón ajustable que cierra el tubo en el otro extremo y da la posibilidad de variar su longitud y encontrar los largos efectivos para los cuales se desarrollan ondas estacionarias. En la siguiente figura se muestra el tubo construido.



Figura 2.4: Tubo de Kundt fabricado. Fuente: elaboración propia.

A continuación se explican los pasos del procedimiento propuesto.

Paso 1: Selección de los materiales

Para la selección de los materiales a los cuales se les determinará su coeficiente de absorción sonora se realizará una lista con aquellos más empleados por las empresas constructoras de la provincia vinculadas a la fabricación de obras para el turismo.

Paso 2: Caracterización de los materiales

Una vez seleccionados los materiales a estudiar, se debe realizar una breve caracterización de los mismos donde se muestren su composición y aquellos rasgos que los hacen relevantes para la investigación, así como sus principales áreas de utilización.

Paso 3: Elaboración de probetas

Las probetas son pequeñas piezas (generalmente de dimensiones normalizadas), constituida por un material determinado (o materiales según el caso) cuyas características se desean estudiar. Las probetas constituyen una muestra representativa del material a estudiar.

Las probetas tienen que encajar perfectamente en la sección transversal del tubo y a su vez tienen que ser capaces de poder desplazarse a través de él. Serán perforadas por el centro con el fin de introducir una varilla metálica con un micrófono atado a ella. Esta varilla se desplazará a lo largo del tubo para poder realizar las mediciones requeridas.

Paso 4: Medición

Las mediciones se efectuarán según lo que establece la ISO 10534 parte I. Esta parte de la norma especifica un método para la determinación del coeficiente de absorción de sonido. Los valores se determinan para la incidencia de sonido normal mediante la evaluación del patrón de onda estacionaria de una onda plana en el tubo, que se genera por la superposición de una onda plana sinusoidal incidente con la onda plana reflejada desde el objeto de prueba.

4.1 Montaje experimental

En la figura 2.5 se expone el diagrama de bloques de la configuración de los equipos usados para la medición.



Figura 2.5: Diagrama de flujo-medición del coeficiente de absorción a incidencia normal.

Fuente: elaboración propia.

El objeto de prueba se monta en el final del tubo de impedancia. La onda sonora plana sinusoidal incidente p_i es generada por un altavoz en el otro extremo del tubo. La superposición $p = p_i + p_r$ de la onda incidente p_i con la onda reflejada en el objeto de prueba, p_r , produce un patrón de ondas estacionarias en el tubo.

4.2: Obtención de los máximos y mínimos de presión

De acuerdo a Castañeda (2004) la amplitud en un antinodo de presión (máxima presión) es $(A+B)$, y la amplitud en un nodo de presión (mínima presión) es $(A-B)$. No es posible medir A o B directamente, pero se puede medir $(A+B)$ y $(A-B)$, esto se logra al resonar la onda en el tubo, formándose de esta manera ondas estacionarias. Las amplitudes de presión en los nodos y antinodos son medidas con un micrófono, el cual se desliza a lo largo del tubo de impedancias.

A continuación se muestran los pasos a seguir para medir el coeficiente de absorción sonora, basado en la norma ISO 10534 parte I y que se recogen en la investigación realizada por Infante Salamanca (2012):

1. Colocar la muestra de material acústico en el tubo de impedancia.
2. Conectar el micrófono directamente a la entrada del osciloscopio y el generador de señales al parlante.
3. Prender el osciloscopio y fijar una velocidad de barrido de 5ms/div y una ganancia en el canal de 0.5 mv/div. Aunque estos parámetros pueden variar en dependencia del material y pueden ser ajustados a consideración del usuario.
4. Fijar el generador de señales para producir 250 Hz, en onda sinusoidal.
5. El micrófono se coloca dentro del tubo a 1 mm de la superficie de la muestra
6. Se activa el modo xy del osciloscopio para poder visualizar las figuras de lissajous ya que este ayuda a determinar el desfase de 90°.
7. Observar la figura resultante en el osciloscopio. Si la figura no se acerca a la forma de un círculo, mover la muestra de material dentro del tubo 0.5 cm hasta que se logre.
8. Se desactiva el modo xy para obtener una lectura acerca de la amplitud de la onda, esta amplitud se calcula tras medir la cantidad de cuadros de la grilla del osciloscopio, cada cuadro es de 0,5v.
9. Se determina (A+B) que es la máxima presión (antinodo) que se logra cuando el tubo entra en resonancia, formándose de esta manera ondas estacionarias, esta señal siempre se obtiene a 1mm de la muestra.
10. Se determina (A-B) que es la mínima presión correspondiente a la amplitud del nodo, esto se logra con el traslado del micrófono en dirección opuesta a la muestra hasta obtener en el osciloscopio la primera con menor amplitud.

El procedimiento se repite, para las frecuencias en 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz.

Se realizan 8 mediciones por cada frecuencia en cada muestra.

Paso 5: Resultados

5.1: Cálculo del coeficiente de absorción

Con los datos obtenidos se realizan los cálculos para obtener el coeficiente de absorción de las muestras. Las ecuaciones se relacionan a continuación.

La relación de presión máxima a presión mínima SWR (método de ondas estacionarias)

$$SWR = \frac{(A+B)}{(A-B)} \quad [2.48]$$

Luego de obtener la relación de presiones (SWR), se calcula el coeficiente de reflexión.

$$R = \frac{B}{A} = \frac{SWR+1}{SWR-1} \quad [2.49]$$

Al tener el valor del coeficiente de reflexión se halla el coeficiente de absorción sonora α para las frecuencias de 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz.

$$\alpha = 1 - R^2 = \frac{(SWR-1)^2}{(SWR+1)^2} \quad [2.50]$$

Una vez obtenidos los 8 coeficientes de absorción α se promedian para cada una de las frecuencias y cada una de las muestras.

5.2: Interpretación de los resultados

Una vez se obtengan los coeficientes de absorción para las distintas frecuencias de interés se hará un análisis del comportamiento acústico que presenta el material objeto de análisis. Esto será posible a partir de la interpretación de las tablas de coeficientes de absorción en función de la frecuencia de cada material. Se le debe prestar especial importancia a en cuáles frecuencias presenta sus picos máximos y mínimos de absorción, para así dar un criterio acerca de su posible utilización.

2.3 Conclusiones parciales del capítulo

1. La propuesta de métodos de control de ruido comprende una lista exhaustiva de posibles medidas primarias a emplear; una serie de metodologías extraídas de la literatura, modificadas o creadas por el autor para el control en los medios de propagación que potencian el empleo de la acústica gráfica y varias medidas organizativas de posible aplicación contextualizadas a instalaciones hoteleras.
2. Se creó un tubo de Kundt para la determinación del coeficiente de absorción sonora (α) mediante un procedimiento específico basado en la ISO 10534, lo cual permite mayor precisión en los métodos de control de ruido que utilizan dicha información.

CAPÍTULO 3: APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE CONTROL EN INSTALACIONES HOTELERAS DEL DESTINO TURÍSTICO VARADERO

En el capítulo se muestran los resultados de aplicación de las metodologías previamente explicadas en 4 hoteles del destino Varadero. De igual forma se presentan los valores del coeficiente de absorción de diversos materiales posteriormente utilizados en métodos de control específicos. Finalmente se valida, a partir de la comparación de los NPS antes-después, la efectividad de las medidas de control implementadas.

3.1 Selección y caracterización del objeto de estudio

Se seleccionaron 4 hoteles a partir de una solicitud de representantes del MINTUR en Varadero, específicamente de su Dirección de Capital Humano. La solicitud estuvo fundamentada por 2 criterios principales:

- En los 4 hoteles propuestos existían evidencias en los inventarios de riesgos laborales, que se complementaban con la opinión de los especialistas de Seguridad y Salud en el Trabajo, de la presencia de ruidos molestos en determinadas áreas de la instalación.
- Se reportaban por el Departamento de Calidad en cada hotel quejas de los clientes por la exposición al ruido en áreas específicas.

La siguiente tabla muestra los hoteles estudiados y posteriormente se realiza una breve descripción de cada uno de ellos.

Tabla 3.1: Hoteles objeto de estudio en la investigación.

Hotel	Grupo	Estrellaje
Iberostar Varadero	Cubanacán	*****
Meliá Marina	Gaviota	*****
Be Live Experience Tuxpan	Cubanacán	****
Meliá Las Américas	Cubanacán	*****

Fuente: elaboración propia

El Hotel Iberostar Varadero opera como un hotel cinco estrellas, perteneciente al Grupo Hoteles Cubanacán S.A. Tiene un contrato de administración y comercialización con la Sociedad Mercantil Mar Caribe Internacional Turismo Limitado, Sociedad Mercantil 100% propiedad de Iberostar Hoteles y Apartamentos S.A. Está conformado por 386

habitaciones a los efectos de explotación, distribuidos en: 288 habitaciones estándar, 36 Family Room, 36 habitaciones Junior Suite, 24 Spa Junior, 2 habitaciones presidenciales.

El hotel Meliá Marina Varadero, comenzó su funcionamiento en el verano de 2013. Funciona como hotel vacacional Todo Incluido, de categoría Cinco Estrellas, perteneciente al grupo de turismo cubano Gaviota S.A. y gestionado por la cadena española Meliá Hotels International Cuba en contrato de administración bajo la marca Meliá Hotels & Resorts. Cuenta con 771 Habitaciones, 423 en el módulo del hotel, 126 apartamentos que componen el condominio Vista Mar y 222 apartamentos que forman el condominio Vista Marina.

El hotel Be Live Experience Tuxpan pertenece al complejo Be Live Experience Cactus-Tuxpan desde 2018. Se inauguró el 12 de diciembre de 1990, categoría cuatro estrellas de sol y playa de régimen todo incluido, perteneciente a la cadena Be Live Experience, es un hotel en contrato de administración cuya propiedad está representada por Cubanacán, y administrado por Be Live Experience. La instalación está ubicada en la Avenida Las Américas, km 2 ½. Varadero. Matanzas, Cuba. Limita al norte con la playa Varadero, al sur con el campo de Golf, por el oeste colinda con el Hotel Be Live Experience Cactus y al este con el Hotel Bella Costa y ocupa un área de 4.00 ha, de ellas 2,5 ha corresponden a áreas verdes y 1,5 ha a edificaciones, esta edificación consta de 4 plantas de altura con 233 habitaciones en general.

El hotel Meliá Las Américas, All Inclusive Golf & Beach Resort, abrió sus puertas el 29 de julio de 1994. Es el primer hotel de golf recomendado por la Asociación de Profesionales del Golf de Europa, y el único con acceso directo al Varadero Golf Club. Opera bajo el régimen de Empresa Mixta. La sociedad por la parte cubana está representada por el Grupo Cubanacán S.A y la parte extranjera, española, por un grupo de accionistas. Es administrado por la prestigiosa cadena hotelera española Sol Meliá. Posee Categoría 5 Estrellas y desde mayo del 2005, opera bajo la Modalidad Todo Incluido.

3.2 Determinación de las áreas para aplicar medidas de control

Debido a que el objetivo de la presente investigación se centra en el desarrollo de métodos de control de ruido, se partió de los resultados de la evaluación realizada por Almeda Barrios (2022) en dichas instalaciones, de esta forma se cumple también el primer paso en las metodologías de control de ruido en los medios de propagación.

Las mediciones se realizaron bajo los requisitos de medición que establece la NC ISO 1999:2011. Para ello se empleó el sonómetro vinculado al software Smaart 7. En cada área Almeda Barrios (2022) determinó los NPS en diferentes puntos de interés con desglose en el espectro de frecuencias. A modo de ejemplo, la siguiente tabla muestra los resultados de las mediciones en el hotel Iberostar Varadero, en el anexo 4 a, b y c se encuentran los resultados obtenidos en los tres (3) hoteles restantes.

Tabla 3.2: NPS obtenidos con desglose en el espectro de frecuencias en los puntos de interés en el hotel Iberostar Varadero.

Local	Punto de medición	F (Hz)						
		63	125	250	500	1000	2000	4000
Lavandería	Detrás del Mangler	48	65	70	78	80	75	65
	Sobre las lavadoras centrifugando	69	78	83	90	81	75	70
	Sala de Máquinas	50	63	70	80	85	90	88
	Dentro de la lavandería, cerca de la puerta que se comunica con la sala de máquinas	52	63	70	74	79	80	78
Oficina Coordinación	En la puerta del departamento cercana a la lavandería	35	46	61	78	83	72	49
Ama de llaves	En el centro de la lavandería entre el Mangler y las lavadoras centrifugando	48	65	85	81	81	85	78
	En el centro de la oficina Coordinadora Ama de Llaves	50	59	65	66	70	72	69
Comedor de empleados	Frente a los dispensadores	50	59	56	64	71	73	60
	Sobre la mesa de los trabajadores	52	60	62	70	76	79	72
	Mesas aledañas a los dispensadores y los carritos para la cubertería	52	64	66	70	79	80	78
Lobby bar "Los Arcos"	Al lado del escenario	56	63	70	79	93	98	90
	En la barra del lobby	69	78	83	90	81	75	70
	En el centro del área de show	81	89	93	99	96	96	99
	Sobre las mesas de los clientes	50	60	67	70	80	83	81

Fuente: tomado de Almeda Barrios, (2022)

Se clasificaron los ruidos presentes en cada área en constantes o no constantes, la siguiente tabla ofrece los resultados de dicha clasificación en los cuatro (4) hoteles analizados.

Tabla 3.3: Clasificación de los ruidos presentes en las áreas de interés.

Hotel	Clasificación	
	Constantes	No constantes
Iberostar Vardero	Lavandería	Oficina coordinación ama de llaves Comedor de empleados Lobby Bar “Los Arcos”
Meliá Marina	Habitaciones del “the level” Oficina cajero central	Restaurante Buffet “El Pilar” Mini tintorería Lobby
Be Live Experience Tuxpan	Oficina del personal de costo Oficinas área de servicios técnicos	Mini tintorería Habitaciones 313,315,317 y 319 Área de show Restaurante buffet “Cristal”
Meliá Las Américas	Lavandería Oficina jefe de mantenimiento	Cocina Comedor de empleados Ranchón de la playa

Fuente: tomado de Almeda Barrios, (2022)

Se compararon los NMA que establece la NC 871:2011 con los NPS existentes en todos los locales identificados.

Para facilitar la comprensión del análisis realizado se construyó la siguiente tabla, que muestra en cada área identificada de los cuatro (4) hoteles, los NPS existentes, los NMA y la valoración de si el ruido en dicha área es perjudicial o no.

Tabla 3.4: Comparación de los niveles de ruido en las áreas analizadas

Hotel	Área	NPS exist ⁵	NMA	Valoración
Iberostar Vardero	Lavandería	80 NdB	75 NdB	Perjudicial
	Oficina ama de llaves	71.1dBA	70 dBA	Perjudicial
	Comedor de empleados	77.8 dBA	70 dBA	Perjudicial
	Lobby Bar “Los Arcos”	82.4 dBA	70 dBA	Perjudicial
Meliá Marina	Habitaciones del “the level”	73 NdB	65 NdB	Perjudicial
	Oficina cajero central	75 NdB	65 NdB	Perjudicial

⁵ De los ruidos constantes se mostró únicamente el valor de la menor frecuencia perjudicial.

	Buffet “El Pilar”	85.4 dBA	70 dBA	Perjudicial
	Mini tintorería	87.6 dBA	80 dBA	Perjudicial
	Lobby	88.8 dBA	65 dBA	Perjudicial
Be Live Experience Tuxpan	Oficina personal de costo	80 NdB	65 NdB	Perjudicial
	Oficinas servicios técnicos	75 NdB	65 NdB	Perjudicial
	Mini tintorería	87.6 dBA	80 dBA	Perjudicial
	Habitaciones 313,315,317,319	68.5 dBA	70dBA	Perjudicial
	Área de show	89 dBA	70 dBA	Perjudicial
	Restaurante buffet “Cristal”	87.3 dBA	70 dBA	Perjudicial
Meliá Las Américas	Lavandería	80 NdB	75 NdB	Perjudicial
	Oficina del jefe Mtto.	70 NdB	65 NdB	Perjudicial
	Cocina	80 NdB	75 NdB	Perjudicial
	Comedor de empleados	83.1 dBA	70 dBA	Perjudicial
	Ranchón de la playa	91.1 dBA	70 dBA	Perjudicial

Fuente: tomado de Almeda Barrios, (2022)

Como resultado de la comparación todas las áreas analizadas registraron niveles de ruido por encima del criterio que establece la NC 871:2011 lo cual se correspondió con una valoración de perjudicial. Esta valoración demuestra la necesidad de realizar el control en cada una de ellas.

3.3 Valores del coeficiente de absorción acústica determinados para varios materiales

Inicialmente se validó la funcionalidad del tubo de impedancias construido a partir de la comparación de los valores de coeficiente de absorción calculados mediante el montaje experimental propuesto con valores de referencia ofrecidos por un fabricante internacional. El material elegido fue la espuma de poliuretano.

Se construyó una probeta de 5cm de espesor y un diámetro de 4.3 cm en correspondencia con las dimensiones del tubo de impedancias. En la figura siguiente se muestran los resultados del cálculo de su coeficiente de absorción.



Figura 3.1: Coeficiente de absorción sonora en función de la frecuencia de la espuma de poliuretano de 5 cm de espesor.

Fuente: elaboración propia.

Por otra parte Cibiel (2016) muestra los siguientes valores del coeficiente de absorción de la espuma de poliuretano con espesor de 5 cm para las frecuencias de 250 a 4000 Hz de la banda de octavas.

Tabla 3.5: Coeficientes de absorción de referencia de la espuma de poliuretano de 5 cm.

Espuma de poliuretano de 5 cm de espesor					
Frecuencias (Hz)	250	500	1000	2000	4000
α (sab/m ²)	0,32	0,70	0,85	0,94	0,98

Fuente: tomado de (Cibiel, 2016)

La comparación de los datos calculados con los de referencia ofreció una elevada similitud; con idénticos valores para las frecuencias centrales de 500, 1000 y 2000 Hz y una desviación de solamente 0,1 sab/m² para las frecuencias de 250 y 4000 Hz. Estos resultados evidencian que los márgenes de error con el instrumento que se construyó son mínimos y permiten su utilización para el cálculo del coeficiente de absorción.

Paso 1: Selección de los materiales

De un listado de 83 materiales empleados en las obras constructivas del turismo (hoteles específicamente), que fue confeccionado a partir de la revisión de los inventarios de

materiales de obras y la consulta a los especialistas de la Constructora Hicacos, se seleccionó una muestra inicial de cinco (5) a los cuales se le determinó su coeficiente de absorción sonora. La selección estuvo condicionada por la inexistencia de los valores en tablas de la literatura y su grado de utilización en las obras. Dichos materiales fueron:

- Baldosas 2 cm espesor
- Madera de roble 1,2 cm espesor
- Pladur 1,2 cm de espesor.
- Cartón 0,4 cm espesor
- Filtro 0,4 cm espesor

Paso 2 Caracterización de los materiales

Baldosas 2 cm espesor

Las baldosas son constituidas con base de hormigón, constituyen un material compuesto, empleado en construcción, formado esencialmente por un aglomerante (cemento) al que se añade partículas o fragmentos de un agregado (áridos), agua y aditivos específicos. Su principal característica es que resiste de manera notable los esfuerzos de compresión.

Madera de roble 1,2 cm espesor

El roble es una madera bastante fuerte, lo cual provoca que su empleo en carpintería sea muy extendido. Sus propiedades de imputridez lo hacen idóneo en la construcción naval y de muebles. Se usa en la construcción, sobre todo como recubrimiento de muros exteriores y para tejas de madera.

Pladur 1,2 cm espesor

El pladur es un material de construcción utilizado para la ejecución de tabiques interiores y revestimientos de techos y paredes. Suele utilizarse en forma de placas, paneles o tableros industrializados. 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 el sándwich de cartón.

Cartón 0,4 cm espesor

El cartón es un material formado por varias capas de papel superpuestas, a base de fibra virgen o de papel reciclado. El cartón es más grueso, duro y resistente que el papel. Para el estudio se seleccionó el cartón corrugado que generalmente, se compone de tres o

cinco papeles; las dos capas exteriores son lisas y el interior o los interiores ondulados, lo que confiere a la estructura una gran resistencia mecánica.

Fieltro 0,4 cm espesor

El fieltro es un textil no tejido, en forma de lámina, cuya característica principal es que para fabricarlo no se teje, es decir, que no surge del cruce entre trama y urdimbre, como ocurre con las telas. Aunque puede poseer gran extensión nunca resulta pesado, además es resistente a los vientos, aislante del frío, aguanta bastante bien la acción de la lluvia y retarda el fuego.

Paso 3: Elaboración de probetas

Se fabricaron probetas cilíndricas, de diámetro igual a 43 mm y distintos espesores según los requerimientos de los diferentes ensayos realizados.

El diámetro de 43 mm es común para todas las probetas, pues el tubo de impedancias con el que se efectuó el estudio cuenta de un diámetro interno de 44 mm. Esta medida es la adecuada para garantizar que la muestra de ensayo pueda fijarse a la sección transversal del tubo, sin ocurrencia de fugas de sonido que puedan restar validez al ensayo, y a la vez lograr la holgura necesaria para poder desplazar la probeta por el tubo, condición imprescindible para la realización del experimento.

Paso 4: Medición

4.1 Montaje experimental

Se realizó el montaje experimental en concordancia con la configuración establecida en el capítulo anterior. El laboratorio de pruebas fue el laboratorio de ergonomía de la Universidad de Matanzas. Las pruebas se realizaron entre del 2 al 24 de mayo de 2019.

4.2 Obtención de los máximos y mínimos de presión

Se presentaron las siguientes condiciones experimentales:

- Temperatura entre 26 a 29 grados centígrados.
- Laboratorio con recubrimiento contra ruido.
- No se realizaron pruebas bajo condiciones de lluvia u otros fenómenos generadores de ruidos externos para no afectar los resultados por la influencia del ruido de fondo.
- Posición de la muestra lo más perpendicular posible a la dirección del tubo, para garantizar incidencia normal.

- La muestra de material en condición de apriete dentro del tubo.

Las muestras se introdujeron manualmente con ayuda de una varilla metálica específicamente adaptada para este fin y siempre totalmente perpendiculares al parlante, los objetos de prueba fueron cubiertos en sus lados para evitar desprendimiento del material.

Para el procesamiento de los datos se creó un software que permitió obtener los coeficientes de absorción sonora mediante la introducción de los máximos (A + B) y los mínimos (A- B). Este software ofrece además gráficos que facilitan su comprensión. En la siguiente figura se ejemplifica con los datos obtenidos en las mediciones del material fieltro 0.4 cm espesor.

Tabla 3.6: Valores de máximos y mínimos de presión del fieltro 0.4 cm espesor.

Inicio	Nombre del material		Fieltro			
	Frecuencia	250	500	1000	2000	4000
1	A+B	9,60	15,73	16,80	17,16	16,98
	A-B	0,40	1,21	2,10	1,56	1,83
2	A+B	13,44	15,96	17,16	17,04	15,35
	A-B	0,56	1,14	1,32	2,13	1,40
3	A+B	15,20	19,38	19,35	15,96	17,10
	A-B	0,95	1,02	2,15	0,84	1,73
4	A+B	16,20	18,00	12,30	12,33	17,40
	A-B	0,54	1,80	1,23	1,37	1,45
5	A+B	8,25	14,70	16,80	17,36	17,66
	A-B	0,25	0,98	1,05	1,24	1,50
6	A+B	18,00	13,65	16,38	18,70	17,54
	A-B	0,75	1,05	1,82	1,87	1,85
7	A+B	19,60	18,48	17,40	17,40	12,32
	A-B	0,98	1,32	1,45	1,45	1,30
8	A+B	16,10	18,48	13,53	17,16	17,00
	A-B	0,46	1,54	1,23	1,56	1,15

Fuente: elaboración propia.

Paso 5: Resultados

El software diseñado permitió calcular de forma automática los valores de α para las frecuencias estudiadas, a su vez graficó los resultados para mejor comprensión visual.

5.1 Cálculo del coeficiente de absorción

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de la salida del software con el cálculo de los valores de α para el material fieltro 0.4 cm espesor.

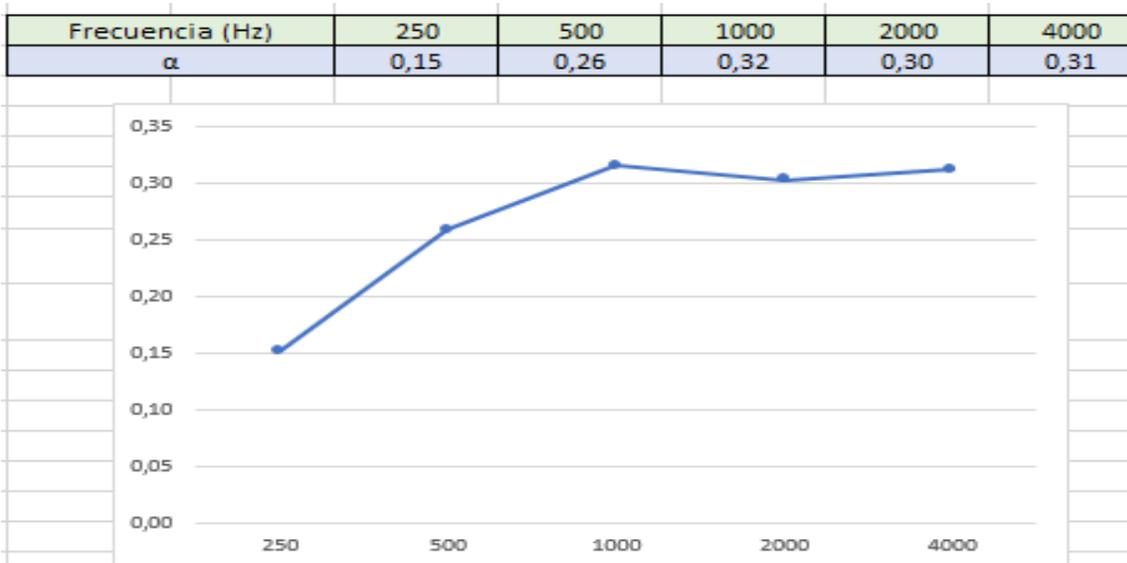


Figura 3.2: Coeficiente de absorción del fieltro 0.4 cm espesor para las frecuencias estudiadas.

Fuente: elaboración propia.

De igual forma se realizaron los cálculos de los 4 materiales restantes, la siguiente figura condensa los resultados obtenidos del cálculo de los coeficientes de absorción (sab/m^2) para las frecuencias estudiadas.

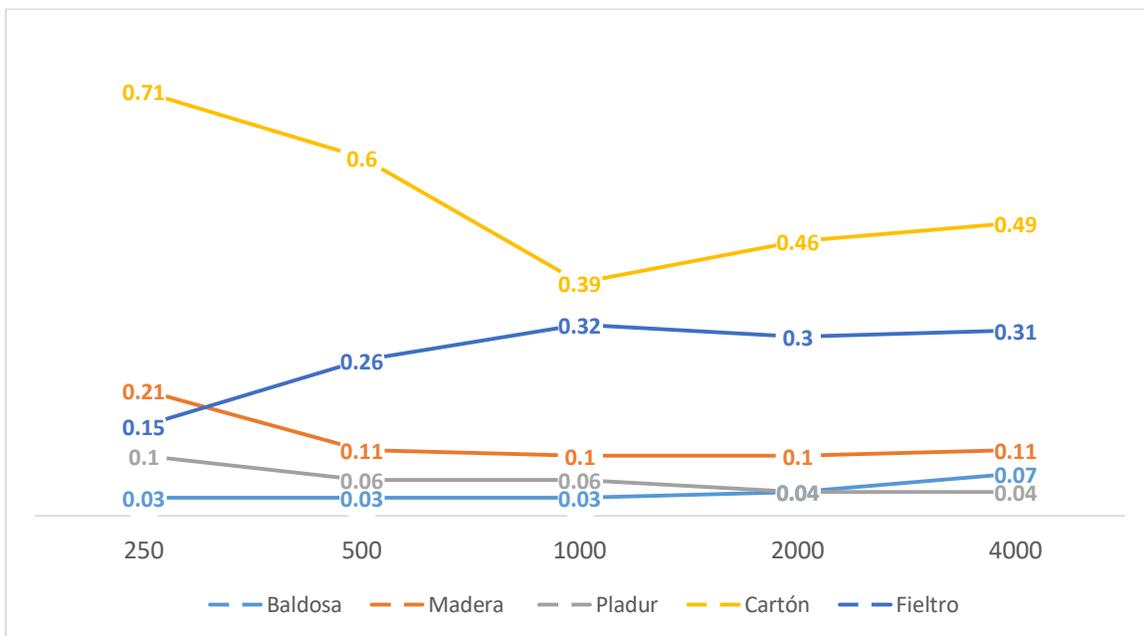


Figura 3.3: Coeficientes de absorción obtenidos de los 5 materiales estudiados.

Fuente: elaboración propia.

5.2 Interpretación de los resultados

Como se observa en la figura 3.5, de forma general, los materiales de mejores propiedades acústicas son el cartón y el fieltro, esto se debe a las propiedades de porosidad y flexibilidad que poseen. Por otra parte, los materiales de mayor rigidez y densidad poseen comportamientos prácticamente lineales con valores por debajo de 0,1 sab/m² en su mayoría; aunque un poco superiores en las bajas frecuencias por las características que poseen. Los comportamientos obtenidos están en concordancia con los estudios de Rodríguez Montejano (2003), Seddeg et.al. (2013) y Segura-Alcaraz et.al. (2020).

3.4 Control de ruido, desarrollo de las medidas

En todas las áreas ruidosas se comenzó por la valoración de la posible sustitución de equipos o procesos por otros más silenciosos. Ante la imposibilidad de efectuar este tipo de cambios se analizó la implementación de medidas primarias.

3.4.1 Aplicación de medidas primarias

La valoración de las características de generación y propagación de los ruidos sobre la base de la descripción realizada en el paso 2 de la segunda etapa permitió proponer medidas primarias en áreas de los hoteles Meliá Marina y Meliá Las Américas.

Área de minitintorería-hotel Meliá Marina y área de lavandería-hotel Meliá Las Américas

La medida primaria propuesta para disminuir el ruido estructural emitido por los equipos de secado fue:

- Utilización de materiales con alto coeficiente de amortiguación para reducir la transmisión del ruido estructural a partir del empleo de calzos de neopreno para la suspensión de los equipos de secado.

3.4.2 Aplicación de medidas secundarias

Se diseñaron, a partir de las metodologías seleccionadas, modificadas o creadas un grupo de soluciones para limitar la transmisión del sonido en el aire en diferentes áreas de los hoteles analizados.

Restaurante buffet “Cristal”-hotel Be Live Experience Tuxpan

Se diseñó el tratamiento acústico del local a partir de la aplicación de la metodología con las adecuaciones planteadas en el segundo capítulo. La tabla siguiente resume los principales resultados obtenidos de la aplicación de la metodología.

Tabla 3.7: Resultados de la aplicación del tratamiento acústico en el restaurante buffet “Cristal”

Pasos	Requisitos de cálculo	Valor obtenido
Paso 1- Tr antes	$V= 1357.12 \text{ m}^3$	0.34 segundos
	$A_{tot} = 631.72 \text{ sab}$	
	$\gamma = 1.07 \text{ dB}/100 \text{ m}$	
	$M=0,00247 \text{ m}^{-1}$	
	$\bar{\alpha} = 0.255 \text{ sab}/\text{m}^2$	
Paso 2- Nr	$F_{mi} = 2000 \text{ Hz}$	3 dB ≤ 8 dB
	$L_{ex} = 73 \text{ dB}$	
	$L_{rec} = 70 \text{ dB}$	
Paso 3- Material a utilizar	$A_2 = 1286.06 \text{ sab}$	Paneles fonoabsorbentes de espuma acústica (2,5 - 15 cm) $\alpha = 0.97 \text{ sab}/\text{m}^2$
	$A_{at} = 79.288 \text{ sab}$	
	$S_t = 792.88 \text{ m}^2$	
	$\alpha_t = 0.91 \text{ sab}/\text{m}^2$	
Paso 4- AOR	Superficies a revestir= Techo y paredes	739.12 m ²
	$\alpha_r = 0.87 \text{ sab}/\text{m}^2$	
	$\alpha_{at} = 0.1 \text{ sab}/\text{m}^2$	
Paso 5- TR después	$A_{tot} = 1274.76 \text{ sab}$	0.17 segundos
Paso 6- Disminución de TR	-	$\Delta RT = 0.17 \text{ segundos}$

Fuente: elaboración propia.

Es necesario revestir 739.12 m² de los 792.88 m² que poseen el techo y las paredes del buffet con paneles fonoabsorbentes de espuma acústica. Con la aplicación del revestimiento se logrará una reducción de 0.17 segundos en el tiempo de reverberación.

Habitaciones del “the level”-hotel Meliá Marina

El emplazamiento al aire libre y la ubicación cercana al mar de la instalación propicia que la corrosión actúe aceleradamente en la estructura de las enfriadoras ubicadas en el patio de servicio. Por este motivo y por la necesidad de limitar el acceso de personal no autorizado al área debido a los peligros que existen, la administración del hotel valora la inversión en una construcción que las proteja.

Por otra parte, un análisis individual de las fuentes de ruido demostró que existe la posibilidad tecnológica de aislar mediante encapsulamiento las enfriadoras. En este

sentido, se propone la aplicación de la metodología de cápsulas de forma tal que el diseño propuesto sea capaz de:

- Evitar la corrosión acelerada de los equipos
- Limitar el acceso de personal no autorizado
- Adicionalmente reducir los niveles de ruido que emiten los equipos y que afectan algunas habitaciones del “the level”

En la siguiente tabla se observan los resultados fundamentales obtenidos.

Tabla 3.8: Resultados de la aplicación de la metodología de diseño de cápsulas a las enfriadoras del hotel Meliá Marina.

Pasos	Requisitos de cálculo	Valor obtenido
Paso 1- Evaluación	Fmi= 250 Hz	Afectaciones en la frecuencia de 250 Hz
	NPS existente=73 dB	
	NPS recom=61 dB	
Paso 2- Nr	-	12 dB
Paso 3-D	Prefijado por NC: 775-9 (2010)	3 m
Paso 4- Superficie de la cápsula	Lc= 17 m	538.82 m ²
	Ac=13 m	
	Hc=5.30 m	
Paso 5 Atenuación sin orificios	Material a emplear= Paredes bloque de hormigón 20 cm espesor Puertas planchas de acero 1 mm espesor Techo de tejas de acero 1 mm espesor	17.4 dB
	R ₁ = 44 dB	
	$\Delta R = 20.40$ dB	
	R _{res} =23.6 dB	
	A _{ci} =128.17 sab	
Paso 6: Atenuación con orificios	Cantidad de orificios: 6	12.69 dB
	Radio de 1 orificio=0,5 m	
	<i>Sup total orificios = 4.74 m²</i>	
	$\Delta L_o = 14.48$ dB	

Fuente: elaboración propia.

El enclaustramiento de las enfriadoras según la NC: 775-9 (2010) se debe realizar a una altura mínima de 3 m debido a su funcionamiento por lo cual este requisito condiciona los valores de D.

El diseño concebido permite el encapsulamiento de los 9 equipos mediante una estructura de paredes de bloque de hormigón de 20 cm con dos (2) puertas de planchas de acero de

1mm de espesor y dimensiones de 5 m de largo y 3 m de altura para el acceso del personal de mantenimiento y la introducción o extracción de partes y piezas. El techo es una estructura desmontable de tejas de acero de 1 mm de espesor que permite la sustitución o extracción de los equipos utilizando medios de izaje adecuados.

En el techo se proponen realizar seis (6) aberturas circulares de 1 m de diámetro para el escape de aire caliente emitido por las enfriadoras como parte de su funcionamiento, para garantizar la ventilación del local.

Como se puede apreciar, el enclaustramiento propuesto permite reducir 12.69 dB de los 12 dB que se necesitan atenuar en la frecuencia perjudicial de 250 Hz.

Lavandería, oficina de coordinación de ama de llaves-hotel Iberostar Varadero; oficina del cajero central, restaurante buffet “El Pilar”-hotel Meliá Marina; oficinas de servicios técnicos-hotel Be Live Experience Tuxpan; comedor de empleados, oficina de mantenimiento y cocina-hotel Meliá Las Américas

Se aplicó además la división parcial o total de locales para limitar la transmisión del ruido de un área a otra; para ello se propuso la reparación o colocación de puertas o ventanas divisorias entre ellas. La tabla siguiente detalla la información referente a las características de dichas divisiones.

Tabla 3.9: Dimensiones de los elementos para la división parcial de locales en diferentes áreas.

Hotel	Área	Descripción	Dimensiones
Iberostar Varadero	Lavandería	Puerta divisoria con la sala de máquinas	$0,9 \times 2,1 = 1,89 \text{ m}^2$
	Oficina Coordinación Ama de Llaves	Puerta divisoria con la lavandería	$1.8 \times 2.1 = 3.78 \text{ m}^2$
Meliá Marina	Oficina del cajero central	Ventanilla de pago	$1 \times 1.30 = 1.30 \text{ m}^2$
	Restaurante buffet “El Pilar”	Puerta divisoria con el área de fregado	$1.25 \times 2 = 2.50 \text{ m}^2$
Be Live Experience Tuxpan	Oficinas de servicios técnicos	Puerta divisoria con la sala de máquinas	$0.89 \times 1.90 = 1.69 \text{ m}^2$
Meliá Las Américas	Comedor de empleados	Ventana hacia el área de fregado	$1.05 \times 1.30 = 1.365 \text{ m}^2$
	Cocina	Puerta divisoria con el área de fregado	$1.00 \times 2.20 = 2.20 \text{ m}^2$
	Oficina de mantenimiento	Puerta divisoria	$0.80 \times 2.10 = 1.68 \text{ m}^2$

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior, los problemas de ruido existentes en muchos de los locales afectados en las instalaciones se debían a la transmisión del ruido de un área a otra como consecuencia del mal estado, inadecuada colocación o inexistencia de elementos divisorios.

Oficina del personal de costo-hotel Be Live Experience Tuxpan

Se diseñó una pantalla acústica para reducir los niveles de ruido en la en la oficina del personal de costo en el hotel Be Live Experience Tuxpan. Como se explicaba en la descripción del área en esta oficina son las mayores afectaciones por lo cual se toma como referencia para el diseño, pero también contribuye a disminuir los NPS en los pasillos y oficinas cercanas.

Inicialmente se determinó que la pantalla podía ser emplazada en la zona de transmisión del sonido sin influir en la operación del hotel. Se verificó además que todas las premisas para la aplicación del método se cumplían.

En la tabla siguiente se ofrecen los datos relevantes obtenidos de la aplicación de la metodología.

Tabla 3.10: Resultados de la aplicación de la metodología de diseño de pantallas acústicas en el hotel Be Live Experience Tuxpan.

Pasos	Be Live Experience Tuxpan-oficina del personal de Costo	
	Requisitos de cálculo	Valor obtenido
Paso 1- $L_{(d)}^0$ y NPS en la fuente	f= 250 Hz	$L_{(d)}^0 = 77.08 \text{ dBA}$ NPS fuente=94 dBA
	$L_s=94 \text{ dBA}$	
	$d_1= 0.5\text{m}$	
	$d_2= 1.5\text{m}$	
	$d= 2 \text{ m}$	
Paso 2- NPS dañino	Lrec= 72 dBA	El NPS es dañino
Paso 3- barrera delgada	c= 343 m/s	0.2 < 0.72 se cumple
	f= 250 Hz	
Paso 4- Variables	-	Bs= 0.2m ls= 4m heq= 2m

Paso 5- Altura de la barrera sobre el equipo (Ht)	$\Omega = 3.55 \text{ Sr}$	2.37 m
	$\alpha_f = 0.45 \text{ sab/m}^2$	
	$\Delta L=5.08$	
Paso 6- Altura total de la barrera (M)	-	4.37m
Paso 7- NPS que llega al receptor con la barrera	$\alpha_b = 0.011$	49.2 dBA
	N= 4.70	
	$\alpha_t=3.98 \times 10^{-5}$	
	Rf=44 dB	
	$Rf > -10 \log \left(\frac{\alpha_b}{8} \right)$ 44 > 28.6	
Paso 8- Comprobar atenuación		49.2 dBA ≤ 72dBA

Fuente: elaboración propia.

Como se aprecia en la tabla anterior se seleccionó para la fabricación de la pantalla el bloque de hormigón de 20 cm. Se cumple la condición del coeficiente de transmisión de la barrera. Las dimensiones resultantes de la pantalla fueron de 4 metros de largo por 4.37 metros de altura con una reducción en los NPS que llegan al receptor de 77.08 dBA a 40.85 dBA respectivamente. El diseño físico de la pantalla, por las dimensiones obtenidas, debe comprender la valoración civil que garantice la fiabilidad del cerramiento. Su ubicación permite emplearla como mural para contribuir con requisitos estéticos de la instalación.

Lobby-hotel Meliá Marina

Se propuso la creación de una concha acústica y un escenario al aire libre en las áreas exteriores de la instalación, en el área cercana a la piscina. Esta medida permitirá desplazar las actividades de animación que se realizan en el lobby bar, mejorando de forma considerable la calidad acústica de los espectáculos ofrecidos y eliminando a la vez las molestias generadas por ruido en el interior del hotel.

Para comenzar a aplicar el Método de Lyon se fijó una altura de 1.66 m sobre el piso del escenario, una profundidad de 3 m y una fuente con una altura de 1.5 m. El escenario, estará a 0.66 m sobre el suelo. El plano de audición, se dividió en diez 10 sectores, de 1,30 m de longitud cada uno. Al aplicar los pasos del método, se obtuvo en una primera

aproximación. Los datos obtenidos como resultado del paso 6 se observan en la siguiente tabla.

Tabla 3.11: Resultados de la primera aproximación del método de Lyon.

Puntos	Camino del sonido		Diferencia (m)	Inverso del cuadrado del camino reflejado $1/r^2$	Intensidades relativas $(1/r^2)/(1/r^2)_{\min}$
	Reflejado $r'(m)$	Directo r (m)			
1	SA1= 8.67	3	5.67	0.0133	3.5
3	SD3= 11.2	6.17	5.03	0.0079	2.07
5	SC5= 14.8	9.5	5.3	0.0045	1.18
6	SB6= 16.2	11.2	5	0.0038	1
2	9.67	9.73	-0.06	0.0106	2.78
4	12.67	12.85	-0.18	0.0062	1.63

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente se dividió el arco en partes proporcionales a las intensidades relativas encontradas y se encontraron los puntos medios de cada subdivisión, para luego unirlos con los puntos de los sectores a los que se dirigía la reflexión. Se trazaron las bisectrices y se trazó la nueva envolvente con una altura resultante de 2,82 m.

Se realizaron dos (2) aproximaciones más del método

En la segunda aproximación se obtuvo una nueva envolvente con una altura de 3.27 m. La nueva envolvente encontrada, estuvo compuesta por cinco (5) superficies curvas, más la superficie vertical trasera. Entre la primera y segunda aproximación del método, la altura de la curva, varió en 0.45 m, por lo que fue necesario repetir el Método de Lyon desde el quinto paso, para el oportuno ajuste.

En una tercera aproximación se obtuvo una envolvente de altura 3.40 m. La altura de esta envolvente varió muy poco en relación a la altura de la anterior aproximación (13 cm), por lo tanto, fue la forma definitiva de la curva de la concha acústica.

A partir de la modelación, con el fin de validar el funcionamiento de la concha acústica diseñada, se construyeron dos (2) maquetas con escalas de 6:100 donde 6 cm representan un (1) metro y de 24:100 donde 24 cm representan un (1) metro respectivamente. En la tabla 3.16 se muestran las dimensiones reales del diseño y las dimensiones de las maquetas construidas y en la figura 3.5 que aparece después una imagen de las mismas.

Tabla 3.12: Dimensiones de las maquetas construidas de la concha acústica diseñada.

	Dimensiones reales del diseño propuesto	Dimensiones de la concha acústica a escala 6:100	Dimensiones de la concha acústica a escala 24:100.
Altura de la concha	3.40 m	20 cm	80 cm
Profundidad de la concha	3 m	18 cm	72 cm
Ancho de la concha	5.66 m	34 cm	136 cm
Largo máximo del escenario	71,5 m	143 cm	-
Ancho máximo del escenario	16,66 m	100 cm	-

Fuente: elaboración propia.



Figura 3.4: Disposición final de las maquetas. Fuente: elaboración propia.

El desarrollo de un grupo de pruebas experimentales descritas por Almeda Barrios et. al. (2021b) permitieron demostrar la efectividad del diseño propuesto dado que reflejaron la capacidad de la concha para lograr la equipotencialidad del sonido en las diferentes partes del escenario y la mejora de la calidad acústica de diferentes espectáculos.

3.4.3 Aplicación de medidas organizativas

Se propusieron una serie de medidas organizativas como complemento a otras medidas primarias y secundarias. De igual forma se plantearon en áreas afectadas donde no fue posible la aplicación del control en el foco o los medios de propagación. En la siguiente tabla se muestra, por cada hotel, las medidas correspondientes a las áreas con afectaciones analizadas.

Tabla 3.13: Medidas organizativas propuestas en diferentes áreas de los hoteles estudiados

Hotel	Área afectada	Medidas propuestas
Iberostar Varadero	Comedor de empleados	-Redistribuir las mesas de servicios que se encuentran cerca de los dispensadores y de los carritos para la cubertería de tal forma que no obstaculice el paso de los trabajadores.
	Lavandería	-Uso obligatorio de medios de protección auditiva para los trabajadores -Emplear señalética de elevados niveles de ruido en correspondencia con RD 286/2006
	Lobby bar “Los Arcos”	-Disminución del volumen de sonido de los amplificadores del audio, con la consideración de no afectar el show por deficiente escucha. -Ubicación de los bafles de sonido en un ángulo al cual no afecte la calidad del show pero que evite la constante emisión de ruido hacia el lobby bar.
Meliá Marina	Mini-tintorería	-Uso obligatorio de medios de protección auditiva para el trabajador. -Emplear señalética de elevados niveles de ruido en correspondencia con RD 286/2006

Meliá Las Américas	Comedor de empleos	<ul style="list-style-type: none"> -Sustituir el secador de manos del comedor de empleados por papel toalla para que los trabajadores puedan secarse las manos luego de ser higienizadas en el lavabo que allí se encuentra. -Cerrar la ventana de fregado, y dejar solamente una apertura para introducir la bandeja.
	Lavandería	<ul style="list-style-type: none"> -Realizar el mantenimiento planificado a los equipos -Uso obligatorio de protectores auditivos para los trabajadores. -Emplear señalética de elevados niveles de ruido en correspondencia con RD 286/2006
	Ranchón playa	<ul style="list-style-type: none"> -Reducir el volumen de sonido de los amplificadores del audio. -Establecer niveles máximos de volumen en diferentes horarios del día. -Ubicación de los amplificadores de sonido en un ángulo adecuado, con dirección al mar.
Be Live Experience Tuxpan	Habitaciones 313, 315, 317 y 319	<ul style="list-style-type: none"> -Vender las habitaciones de domingo a viernes para evitar que existan clientes en el horario de la discoteca “La Bamba”. -Destinarlas los sábados para Day-Pass que comprenden el horario de 9:00 am - 6:00 pm. -Establecer estas habitaciones como: “Habitaciones de Cortesía”, utilizadas para clientes repitentes o grupo fam. -Establecer estas habitaciones para Guardia Administrativa.
	Buffet	<ul style="list-style-type: none"> -Redistribuir las mesas de servicios que se encuentran cerca de la puerta de la cocina hacia la otra sección del restaurante donde no existe mesas buffet, solo estaciones. -Agregarle a la puerta de acceso a la cocina un brazo hidráulico y quitarle el llavín con el objetivo de que cuando lleguen los dependientes hacia el área de la cocina puedan abrir la puerta con cualquier parte del cuerpo. -Aplicarles mantenimiento a los carritos auxiliares y sustituir las ruedas que se encuentran deterioradas.

Fuente. Elaboración propia.

Como se puede observar, muchas de las medidas organizativas propuestas complementan las medidas primarias y secundarias ya realizadas, lo cual demuestra, en correspondencia con los planteamientos de Viña Brito & Gregori Torada (1987), la posibilidad de combinar las medidas de control para elevar su efectividad.

Se aprecia también la propuesta de empleo de medios de protección individual en puestos de trabajo sin necesidades de comunicación verbal como el caso de las lavanderías y mini-tintorerías.

3.5 Validación de la efectividad de las medidas

A partir de la implementación, modelación y/o estimación de todas las medidas propuestas, se realizó la comparación de los valores de los NPS antes-después en todas las áreas afectadas. Este análisis permitió, como método de validación de la hipótesis, verificar la efectividad de las técnicas y métodos específicos de control que fueron seleccionados, modificados o creados.

Complementariamente, los avales emitidos por los directivos de las instalaciones donde se aplicaron las medidas, que se muestran en el **anexo 5**, evidencian la conformidad con los resultados obtenidos y el compromiso de las administraciones con la implementación de las medidas modeladas, que implicaban grandes inversiones.

Con la implementación, modelación y/o estimación de las medidas se evidencian reducciones de los niveles de ruido por debajo de los NMA establecidos por la NC 871:2011 en 19 de las 20 áreas analizadas en los cuatro (4) hoteles.

Solamente en las habitaciones 313, 315, 317 y 319 del hotel Be Live Experience Tuxpan no fue posible la reducción del ruido debido al interés comercial de las actividades ofrecidas en la discoteca “La Bamba”, no obstante; las medidas organizativas implementadas han permitido a la administración emplear las habitaciones sin lamentar quejas de clientes por ruidos molestos.

En la tabla 3.14 se reflejan los resultados como parte de las comparaciones antes descritas.

Tabla 3.14: Análisis de la diferencia de los NPS antes-después de la implementación, modelación y/o estimación de las medidas de control.

Hotel	Área	Medidas propuestas	Método de validación	NPS antes (dBA)	NPS después (dBA)
Iberostar Varadero	Lavandería	Medidas primarias/ medidas organizativas	Implementación/ estimación	80	80 65 con MPI
	Oficina Coordinación Ama de Llaves	Medidas Secundarias	Implementación	71.1	66.4
	Comedor de empleados	Medidas organizativas	Implementación	77.8	68.5
	Lobby bar “Los Arcos”	Medidas organizativas	Implementación	82.4	67.8
Meliá Marina	Restaurante Buffet “El Pilar”	Medidas organizativas	Implementación	85.4	69.2
	Mini tintorería	Medidas primarias/ medidas organizativas	Implementación/ estimación	87.6	85.3 70.3 con MPI
	Habitaciones del “the level”	Cápsula	Modelación	73	56.14
	Oficina cajero central	Medidas secundarias	Implementación parcial	75	65
	Lobby	Concha acústica	Modelación/ implementación	88.8	67.6
Be Live Experience Tuxpan	Mini-tintorería	Medidas primarias/ medidas organizativas	Implementación/ estimación	87.6	83.3 68.3 con MPI
	Oficinas del área de Servicios Técnicos	Medidas secundarias	Implementación	75	60
	Oficina de Costo	Pantalla acústica	Modelación	77.08	49.2
	Habitaciones 313, 315, 317 y 319	Medidas organizativas	Implementación	68.5	68.5
	Área de show (Bar Piscina)	Medidas organizativas	Implementación	89	68.9
	Restaurante Buffet “Cristal”	Tratamiento acústico	Modelación	73 Tr=0.34	70 Tr=0.17
Meliá Las Américas	Comedor de empleados	Medidas secundarias	Implementación	83.1	67.4
	Lavandería	Medidas primarias/ medidas organizativas	Implementación/ estimación	80	80 65 con MPI
	Oficina de mantenimiento	Medidas secundarias	Implementación	70	55
	Ranchón de la playa	Medidas organizativas	Implementación	91.1	66.6
	Cocina	Medidas organizativas	Implementación	80	70

Fuente: elaboración propia.

De esta forma se valida la hipótesis de investigación planteada al lograrse, con la aplicación de los métodos de control seleccionados, modificados o creados en los cuatro (4), reducir de manera general los niveles de ruido a los que se exponen trabajadores y clientes en dichas instalaciones.

3.6 Conclusiones parciales del capítulo

1. Se complementó la aplicación de un grupo de metodologías de control de ruido en los medios de propagación seleccionadas, modificadas o creadas como el diseño de pantallas acústicas en la oficina de mantenimiento del hotel Meliá Las Américas y en la oficina del personal de costo del hotel Be Live Experience Tuxpan; el tratamiento acústico propuesto en el restaurante buffet “Cristal” del hotel Be Live Experience Tuxpan y la concha acústica diseñada en áreas exteriores del hotel Meliá Marina con las medidas de control primarias y las organizativas en las restantes áreas afectadas.
2. Se calcularon los coeficientes de absorción acústica de cinco (5) materiales seleccionados por su grado de empleo en las instalaciones hoteleras, los cuales fueron utilizados en la determinación de los Tiempos de Reverberación de los locales analizados.
3. La comparación antes-después de los NPS existentes a partir de la implementación o modelación de las medidas de control propuestas permitió validar la hipótesis de investigación planteada al lograrse, con la aplicación de los métodos de control en cuatro (4) hoteles, reducir los niveles de ruido a los que se exponen trabajadores y clientes en dichas instalaciones.

CONCLUSIONES GENERALES

1. El control de ruido, como actividad encaminada a disminuir los niveles excesivos del contaminante, debe realizarse cumpliendo con el principio de jerarquía de control de riesgos y su manifestación mediante el camino simple fuente-camino-receptor con la aplicación de medidas primarias, secundarias y organizativas.
2. Se propusieron una serie de métodos de control de ruido que fueron seleccionados, modificados o creados para su aplicación en instalaciones hoteleras.
3. A partir de la aplicación de un procedimiento específico basado en la ISO 10534 y con el empleo de equipos creados se determinaron los coeficientes de absorción acústica (antes desconocidos) de cinco (5) materiales utilizados en los hoteles. Los valores obtenidos permitieron mayor exactitud en el cálculo de los tiempos de reverberación como parámetro de control en el tratamiento acústico de locales.
4. Las técnicas y métodos seleccionados, modificados o creados para el control del ruido en la fuente, los medios de propagación y el receptor constituyen una base metodológica para las decisiones de control del contaminante en las instalaciones hoteleras.
5. Los resultados presentados permiten concluir que la hipótesis de investigación quedó validada al demostrarse, a partir de la implementación, modelación y/o estimación de las medidas de control propuestas en 20 áreas ruidosas de cuatro (4) hoteles en Varadero, la disminución de los NPS que afectaban a los trabajadores y clientes.

RECOMENDACIONES

1. Las administraciones de los hoteles estudiados deben, partir del compromiso manifiesto en los avales emitidos, implementar las medidas de control de ruido que quedaron propuestas.
2. Desarrollar otras investigaciones que permitan calcular el coeficiente de absorción acústica de materiales de uso común en Cuba de los cuales no se tenga la información en la literatura.
3. Generalizar, realizando las adecuaciones necesarias, el empleo de los métodos propuestos a otras instituciones del sector empresarial cubano para la reducción de los ruidos presentes en el ámbito laboral.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ajibade, F. O., Adelodun, B., Lasisi, K. H., Fadare, O. O., Ajibade, T. F., Nwogwu, N. A., & Wang, A. (2021). Environmental pollution and their socioeconomic impacts. In *Microbe Mediated Remediation of Environmental Contaminants* (pp. 321-354). Woodhead Publishing. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821199-1.00025-0>
- Al-Taai, S. H. H. (2021). Noise and its impact on environmental pollution. *Materials Today: Proceedings*. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.013>
- Alarcón Aguirre, J. A. (2002). *Diseño y Construcción de un escenario al aire libre mediante una Concha Acústica*. Tesis en opción al título de Licenciado en Acústica y al título profesional de Ingeriero Acústico, Universidad Austral de Chile. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2002/bmfcia321d/sources/bmfcia321d.pdf>
- Almeda Barrios, Y.** (2015). Evaluación y propuestas de control de ruido en la UEB “Estación de rebombado Versalles”. Tesis en opción al título de Ingeniera Industrial. Universidad de Matanzas, Cuba.
- Almeda Barrios, Y.** (2018) Contribución al control de ruido y su valoración socioeconómica en el hotel Sol Palmeras. Tesis para optar por el título de Máster en Administración de Empresas. Universidad de Matanzas, Cuba.
- Almeda Barrios, Y.** (2019) Soluciones novedosas a los riesgos físicos en el ambiente laboral. II Taller nacional de Ergonomía y Seguridad y Salud en el trabajo. Conferencia magistral. Varadero, Cuba.
- Almeda Barrios, Y;** García Dihigo, J.; Alonso Gámez, L., & Acosta Prieto, J. L. (2019a) Contribución al control de ruido y su valoración socioeconómica en el hotel Sol Palmeras. Memorias de la IX Convención Científica Internacional “Universidad Integrada e Innovadora” CIUM 2019. XII Encuentro Internacional de Ciencias Empresariales y Turismo (CIEMPRESTUR). Varadero, Cuba.
- Almeda Barrios, Y.;** García Dihigo, J., & Alonso Gámez, L. (2019b) Estudio del ruido y su influencia en hoteles del polo turístico de Varadero. Un análisis desde el marco normativo cubano. Memorias del III Encuentro Bilateral Cuba – México. Universidad de Matanzas, Varadero, Cuba.
- Almeda Barrios, Y.,** Quesada Somano, A. García Dihigo, J., & Acosta Prieto, J. L. (2021a) Cálculo del coeficiente de absorción sonora de materiales de uso común

en Cuba. Memorias del VII Taller Internacional de Ingenierías. X Convención Científica Internacional “Universidad Integrada e Innovadora” CIUM 2021, Matanzas, Cuba.

Almeda Barrios, Y.; García Dihigo, J.; Acosta Prieto, J. L., & Quesada Somano, A. K. (2021b) Elaboración de medios para contribuir a la formación del profesional en la Universidad de Matanzas. *Revista Atenas*. Vol III (55). pp 161-175.

Alonso Becerra, A. Cidcal Terry, W., Dopico Garofalo, E. Jáuregui Ricardo, D., & Labrada Sosa, A. (2007) Ergonomía. Félix Varela: La Habana, Cuba.

Amable Álvarez, I., Méndez Martínez, J., Delgado Pérez, L., Acebo Figueroa, F., de Armas Mestre, J., & Rivero Llop, M. L. (2017). Contaminación ambiental por ruido. *Revista Médica Electrónica*, 39(3), 640-649. Disponible en: <http://www.revmedicaelectronica.sld.cu/index.php/rme/article/view/2305/3446>

Andreu Conesa, C. (2012). Métodos de control de ruido en el ambiente laboral.

Arachchige, U. S., Amakm, A., Balasuriya, B. M. C. M., Chathumini, K. K. G. L., Dassanayake, N. P., & Devasurendra, J. W. (2019). Environmental pollution by cement industry. *International Journal of Research*, 6(8), 631-635. Disponible en: <https://journals.pen2print.org/index.php/ijr/>

Arenas, J. P., & Suter, A. H. (2014). Comparison of occupational noise legislation in the Americas: an overview and analysis. *Noise and Health*, 16(72), 306. Disponible en: <https://doi.org/10.4103/1463-1741.140511>

Arko, A. (2015) No molestar: una tendencia que no hace ruido. *La Nación*, Buenos Aires, Argentina. Disponible en: <https://www.lanacion.com.ar/turismo/viajes/no-molestar-una-tendencia-que-no-hace-ruido-nid1800965/>

Asamblea Nacional del Poder Popular.(1997). Ley No. 81 del medio ambiente. La Habana, Cuba. Disponible en: <https://www.gacetaoficial.gob.cu/es/ley-81-de-1997-de-asamblea-nacional-del-poder-popular>

Auger, N., Duplaix, M., Bilodeau-Bertrand, M., Lo, E., & Smargiassi, A. (2018). Environmental noise pollution and risk of preeclampsia. *Environmental pollution*, 239, 599-606. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.04.060>

Ay, E. & Gunay, S. A. (2019) Sound pollution and tourism in the urban area. *Advances in Global business and economics Vol 2*. Disponible en:

<https://digitalcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1022&context=anaheipublishing>

- Barron, R. F. (2003). *Industrial Noise Control and Acoustics*. New York: Marcel Dekker.
- Barron, R. F. (2010). *Auditorium Acoustics and Architectural Design*. Second Edition. Taylor & Francis e-Library.
- Basner, M., & McGuire, S. (2018). WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and effects on sleep. *International journal of environmental research and public health*, 15(3), 519. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1660-4601/15/3/519/pdf>
- Bell, L.W. & Bell, D.H. (1993). *Industrial Noise Control – Fundamentals and Applications*, 2e. New York: Marcel Dekker.
- Bello, J. P., Silva, C., Nov, O., Dubois, R. L., Arora, A., Salamon, J., & Doraiswamy, H. (2019). Sonyc: A system for monitoring, analyzing, and mitigating urban noise pollution. *Communications of the ACM*, 62(2), 68-77. Disponible en: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3224204>
- Bies, D.A. & Hansen, C.H. (2003). *Engineering Noise Control-Theory and Practice*, 3ed. London: E& FN Spon.
- Brown, A. L., & Van Kamp, I. (2017). WHO environmental noise guidelines for the European region: A systematic review of transport noise interventions and their impacts on health. *International journal of environmental research and public health*, 14(8), 873. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1660-4601/14/8/873/pdf>
- Caballero Núñez, A., Díaz Marrero, M.A, & Trujillo García, T. A. (2016) *Evaluación del ambiente sonoro en la actividad de un astillero*. RCI Revista Cubana de Ingeniería,. Vol. VII: pp. 64 – 70. Disponible en: <https://rci.cujae.edu.cu/index.php/rci/article/download/494/pdf>
- Cabrera Padrón, L.L. (2018) *Metodología para el control del ruido y su valoración socioeconómica en instalaciones hoteleras. Aplicación: hotel Sol Palmeras*. Tesis para optar por el título de Ingeniera Industrial. Universidad de Matanzas, Cuba.
- Camacho Isaac, J. A. (2019) *Cálculo del coeficiente de absorción acústica de diversos materiales*. Tesis para optar por el título de Ingeniero Industrial. Universidad de Matanzas, Matanzas, Cuba.

- Cárdenas Curbelo, L. (2015). Evaluación y propuestas de control de ruido en la UEB "Estación de rebombeo Versalles". Tesis en opción al título de Ingeniera Industrial. Universidad de Matanzas, Cuba.
- Carrión Isbert, A. (1998). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos* (Vol. 4). Univ. Politèc. de Catalunya. Disponible en: https://www.academia.edu/download/45281301/disenio_acustico_de_espacios_arquitectonicos.pdf
- Cattaneo, M., Vecchio, R., López, M., Navilli, L., & Scrocchi, F. (2008). Estudio de la contaminación sonora en la ciudad de Buenos Aires. *Recuperado el*, 10. Disponible en: https://www.palermo.edu/ingenieria/PDFs/GIIS/Trabajo_COINI_Cattaneo1.pdf
- Chen, H.S., Severt, K., Shin, Y.H., Knowlden, A. & Hilliard, T.W. (2018), "'How'd you sleep?' measuring business travelers' sleep quality and satisfaction in hotels", *Journal of Hospitality and Tourism Insights*, Vol. 1 No. 3, 188-202. Disponible en: <https://doi.org/10.1108/JHTI-11-2017-0015>
- CIBEL, I. d. P. A. (2016). Coeficientes de absorción acústica en función de la frecuencia para distintos materiales. Disponible en: www.cibel.cl
- Clark, C., & Paunovic, K. (2018). WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and quality of life, wellbeing and mental health. *International journal of environmental research and public health*, 15(11), 2400. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1660-4601/15/11/2400/pdf>
- Constitución de la República de Cuba. Disponible en: <https://www.gacetaoficial.gob.cu/es/constitucion-de-la-republica-de-cuba-proclamada-el-10-de-abril-de-2019>
- Cortés Barragán, R., Maqueda Blasco, J., Ordaz Castillo, E., Asúnsolo del Barco, Á., Silva Mato, A., Bermejo García, E., & Gamo González, M. F. (2009). Revisión sistemática y evidencia sobre exposición profesional a ruido y efectos extra-auditivos de naturaleza cardiovascular. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 55(215), 28-51. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4321/S0465-546X2009000200004>

- Christou, P., Hadjielias, E., & Farmaki, A. (2021). Silence, sounds and the well-being of tourism entrepreneurs in noisy tourism workplaces. *Current Issues in Tourism*, 24(18), 2658-2670. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/13683500.2020.1858036>
- Crocker, M.J. & Price, A.J. (1975). *Noise and Noise Control*, vol. I. Cleveland, OH: CRC Press.
- Crocker, M.J. & Kessler, F.M. (1982). *Noise and Noise Control*, vol. II. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Crocker, M. J., Arenas, J. P., & Dyamannavar, R. E. (2004). Identification of noise sources on a residential split-system air-conditioner using sound intensity measurements. *Applied Acoustics*, 65(5), 545-558. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2003.10.008>
- Crocker, M. J. & Arenas, J. P. (2020). *Engineering Acoustics: Noise and Vibration Control*. New York: Wiley.
- Cubillana Herrero, J. D. (2015). Experiencia Inicial (2003-2010) del Programa de Implantes Cocleares del Hospital Clínico Universitario "Virgen de la Arrixaca". Departamento de cirugía, pediatría, obstetricia y ginecología. Universidad de Murcia. Disponible en: <https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/44487/1/Jos%C3%A9%20Domingo%20Cubillana-tesis.pdf>
- Dang, S., Zan, B., Lu, H., & Wang, F. (2019). Design of Noise Environmental Pollution Information Management System in Construction Engineering Construction. *Ekoloji*, 28(108), 2267-2271. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17577/IJERTV9IS010194>
- Daumal i Domenech, F. (1994). La acústica de la Sala de Asambleas del Palacio de las Naciones de Ginebra, de Le Corbusier. *Informes de la Construcción*, 45(430). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.1994.v45.i430.1142>
- Deeb, A., Alananzeh, O. A., Tarhini, A., & Masa'deh, R. E. (2020). Factors affecting job performance: the case of Jordanian hotels' kitchen staff. *International Journal of Public Sector Performance Management*, 6(3), 340-360. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1504/IJPSPM.2020.107766>

- Díaz Pardo, A. (2019) Análisis de la influencia de la variación de las características de diversos materiales en su coeficiente de absorción acústica. Tesis para optar por el título de Ingeniero Industrial. Universidad de Matanzas, Matanzas, Cuba.
- Domínguez Alejo, M. (2014). Elaboración de mapas de ruido en la central termoeléctrica “Antonio Guiteras” de Matanzas. Tesis en opción al título de Ingeniero Industrial. Universidad de Matanzas, Cuba.
- Fahy, F.J., & Walker, J.G. (eds.) (1998). *Fundamentals of Noise and Vibration*. London: E&FN Spon, Routledge Imprint.
- Fajardo Segarra, A. F., Galán Borrero, A., & Benavides César, A. (2019). Evaluación del ruido producido por el transporte automotor en la Avenida 24 de febrero de Santiago de Cuba. *Ciencia en su PC*, 1(2), 70-78. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/1813/181359681006/>
- Félix López, M. (2015). Metodología para la implantación y valoración socioeconómica de los programas de intervención ergonómica. Tesis doctoral. Universidad de Matanzas, Cuba. Disponible en: Repositorio de tesis de doctorado Ingeniería Industrial.
- Fernández Arcilla, E. (2015). Caracterización acústica de un material de uso alternativo a partir de la resistencia al flujo y el coeficiente de absorción para evaluar su posible aplicación en soluciones acústicas. Universidad de San Buenaventura Seccional n Medellín, Colombia.
- Ferras Moreno, S. A. (2019). *Gestión por procesos de los riesgos ergonómicos en el Restaurante Buffet Los Vitrales, Hotel Club Amigo Atlántico Guardalavaca*. Tesis de Maestría. Universidad de Holguín, Facultad de Ciencias Empresariales y Administración, Departamento de Ingeniería Industrial. Disponible en: <https://repositorio.uho.edu.cu/handle/uho/6124>
- García Dihigo, J. & Real Pérez, G. (2005). El Hombre y su Ambiente Laboral. 10-30. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Matanzas, Cuba.
- García Dihigo, J.(2017a) Nuevo modelo de evaluación e intervención ergonómica. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias. Universidad de Matanzas, Cuba. Disponible en: Repositorio de tesis de doctorado Ingeniería Industrial.

- García Dihigo, J. (2017b). Ruido, vibraciones y presiones anormales. Ediciones la U. Colombia.
- Gates, D., & Jones, M. (2007). A Pilot Study to Prevent Hearing Loss in Farmers. *Public Health Nursing*, 24(6), 547-553. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1525-1446.2007.00667.x>
- Giménez de Paz, J. C. (2001). Estado del arte del ruido de tránsito: origen y control. *Revista Ingeniería de Construcción*, Vol.16 N° 2. Disponible en: <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/206/17>
- Gomeseria, R. V. (2019). Environmental Engineering in Built-Up Areas. *CEAI ViewPoint Journal*. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17605/OSF.IO/XEM8G>
- González Falcón, M. (2018) Estudio de ruido en el hotel Meliá Marina Varadero. Tesis para optar por el título de Ingeniera Industrial. Universidad de Matanzas, Cuba.
- Gupta, A., Gupta, A., Jain, K., & Gupta, S. (2018). Noise pollution and impact on children health. *The Indian Journal of Pediatrics*, 85(4), 300-306. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12098-017-2579-7>
- Guski, R., Schreckenberg, D., & Schuemer, R. (2017). WHO environmental noise guidelines for the European region: A systematic review on environmental noise and annoyance. *International journal of environmental research and public health*, 14(12), 1539. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.3390%2Fijerph14121539>
- Hansen, C. H., Doolan, C. J., & Hansen, K. L. (2017) Wind farm noise: measurement, assessment and control. New York: Jhon Wiley & Sons.
- Hall, J. E. & Hall, M. E. (2020). Guyton and Hall textbook of medical physiology e-Book. Elsevier Health Sciences.
- Henao Robledo, F. (2014). *Ruido, vibraciones y presiones anormales*. Editorial ECOE EDICIONES. Bogotá, Colombia.
- Hernández Domínguez, F., Hernández Flores, Y., & Rodríguez González, M. (2021). Hacia un turismo inclusivo en los hoteles comercializados por Ecotur en La Habana y Varadero. *Tendencias*, 22(2), 76-106. Disponible en: <https://doi.org/10.22267/rtend.212202.169>

- Hernández Peña, O., Hernández Montero, G., & López Rodríguez, E. (2019). Ruido y salud. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 48(4). Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/en;/biblio-1126660>
- Hernández Rodríguez, G. (2018) Estudio de ruido en el hotel Meliá las Américas. Tesis para optar por el título de Ingeniera Industrial. Universidad de Matanzas, Cuba.
- Hidalgo Goñi, A. (2019) Construcción de conchas acústicas para el estudio del comportamiento de las ondas sonoras en recintos al aire libre. Tesis para optar por el título de Ingeniero Industrial. Universidad de Matanzas, Matanzas, Cuba.
- Hong, O. (2005). Hearing loss among operating engineers in American construction industry. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 78(7), 565-574. Disponible en: <https://doi:10.1007/s00420-005-0623-9>
- Ibrahim Alí, A. (1996). Contribución a la evaluación y control de ruido en las termoeléctricas de Cuba. Tesis doctoral. Santa Clara. Cuba. Disponible en: Repositorio de tesis de doctorado Ingeniería Industrial.
- Infante Salamanca, J., & Proaño Navas, E. D. (2012). Diseño y construcción de un panel absorbente con materiales de residuo sólido, Tesis de grado, Universidad de San Buenaventura, Bogotá, Colombia.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Real Decreto 286/2006 Exposición de los trabajadores al ruido. Madrid, España.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, NTP 503-1998: Confort acústico: el ruido en oficinas. Madrid, España.
- International Organization for Standardization, ISO 10534-1:1998 Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedances tubes -Part 1: Method using standing wave ratio.
- International Organization for Standardization, ISO 3382-1:2009 Acoustics - Measurement of Room Acoustic Parameters – Part 1: Performance Spaces, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- International Organization for Standardization, ISO 1996-1:2005 Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise- Part 1: Basic quantities and assessment procedures, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

International Organization for Standardization, ISO 1996-2:2017 Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise- Part 2: Determination of sound pressure levels, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

Irwin, J.D. and Graf, E.R. (1979). *Industrial Noise and Vibration Control*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Jablonska, J., & Trocka-Leszczynska, E. (2019). Ergonomics of Sound in a Hotel Environment. In *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics* (pp. 57-65). Springer, Cham. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-030-20151-7_6

Kaddatz, S., & Jue, D. (2019). Exterior Noise Reduction Results Following PTAC and Window Replacement for Hotel Rooms. In *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings* (Vol. 260, No. 1, pp. 448-453). Institute of Noise Control Engineering. Disponible en: <https://www.ingentaconnect.com/content/ince/incecp/2019/00000260/00000001/art00049>

Kausek, J. (2007). OHSAS 18001: Diseño e implementación de un sistema efectivo de gestión de salud y seguridad, Lanham, Md: Government Institutes.

Kerr, M. J., Neitzel, R. L., Hong, O., & Sataloff, R. T. (2017). "Historical review of efforts to reduce noise-induced hearing loss in the United States," *Am. J. Ind. Med.* 60(6), 569–577. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ajim.22627>

Kumar, A., Kumar, P., Mishra, R. K., & Shukla, A. (2018). Study of air and noise pollution in mega cities of India. In *Environmental pollution* (pp. 77-84). Springer, Singapore. Disponible en: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-10-5792-2>

Kurra, S. (2020). *Environmental noise and management: overview from past to present*. New York: Wiley.

Kuttruff, H., & Mommertz, E. (2012). Room Acoustics 10. *Handbook of Engineering Acoustics*, 239. Disponible en: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-540-69460-1>

Lau, S.K. & Tang, S.K. (2009). Performance of a noise barrier within an enclosed space. *Appl. Acoust.* 70 (1): 50–57. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.apacoust.2008.01.006>

- Lazo Antúnez, R., Segura Córdoba, N., Chacaltana Pérez, L., & Yupanqui Olmos, L. (2009). El Ruido y sus Efectos. Servicios Thasos, 21.
- Lestari, P. W., & Nabilah, L. (2018). Correlation between Noise Intensity and The Level of Labor Fatigue at Yello Hotel Project. *Advanced Science Letters*, 24(9), 6461-6463. Disponible en: <https://doi.org/10.1166/asl.2018.12746>
- Lie, A., Skogstad, M., Johannessen, H. A., Tynes, T., Mehlum, I. S., Nordby, K. C., & Tambs, K. (2016). Occupational noise exposure and hearing: a systematic review. *International archives of occupational and environmental health*, 89(3), 351-372. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00420-015-1083-5>
- López Ugalde, A. C., Fajardo Dolci, G. E., Chavolla Magaña, R., Mondragón González, A., & Robles, M. I. (2000). Hipoacusia por ruido: Un problema de salud y de conciencia pública. *Revista Facultad de Medicina*, 2. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/facmed/un-2000/un002b.pdf>
- López Barrio, I. & Carles Arribas, J.L. (1997) La calidad sonora de Valencia, espacios representativos. Fundació Bancaixa, Valencia, España.
- López Moreda, L. J.(2010) Tecnología para la evaluación del desempeño ambiental de empresas hoteleras basada en índices de riesgo. Caso-Varadero. Tesis Doctoral. Universidad de Matanzas. Cuba. Disponible en: Repositorio de tesis de doctorado Ingeniería Industrial.
- Luis Reyes, J., & Guido Solís, J. E. (2012). Diseño de un teatro estilo griego para orquestas sinfónicas. Tesis para obtener el título de ingeniero en comunicaciones y electrónica.
- Maekawa, Z. (1968) Noise reduction by screens. *Applied Acoustics Journal*; vol.1; no. 3; pp. 157–173. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0003-682X\(68\)90020-0](https://doi.org/10.1016/0003-682X(68)90020-0)
- Maran, A.G.D & Stell, P.M. (1981). *Otorrinolaringología clínica*. Editorial Espaxs, Barcelona, p. 137.
- Martínez Rodríguez, M. Á., Pelegrín Naranjo, A., Pelegrín Naranjo, L., & Naranjo Lluart, M. R. (2021). Buenas prácticas ambientales en hoteles caso de estudio: Iberostar Grand Trinidad. *ECA Sinergia*, 12(2), 69-82. Disponible en: http://dx.doi.org/10.33936/eca_sinergia.v12i2.3506

- Matviyk, A., & Sobin, O. (2019). Implementation of modern acoustical insulation materials in hotel.
- Mao, Z., Yang, Y., & Wang, M. (2018). Sleepless nights in hotels? Understanding factors that influence hotel sleep quality. *International Journal of Hospitality Management*, 74, 189-201. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2018.05.002>
- McGar J. (2015). Sleeping Soundly: how to get hotel acoustics right. Sourceable Industry news & Analysis, Engineering. Disponible en: <https://www.kcl.ac.uk/sleeping-soundly>
- Medina Ruíz, B. A., Báez Rodríguez, M., Villalba Torres, C., Mongelós Sars, R., & Mayeregger Cuenca, I. (2018). Pérdida auditiva inducida por ruido en trabajadores expuestos en su ambiente laboral. *Anales de la Facultad de Ciencias Médicas* (Vol. 51, No. 1, pp. 47-56). Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-946440>
- Ministerio del Trabajo y Seguridad Social (MTSS) (2016). Código del trabajo de la República de Cuba. La Habana, Cuba.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (1999). Decreto Ley 200/99. "De las contravenciones en materia de medio ambiente". La Habana, Cuba.
- Miyara, F. (1999). Control de ruido. Jornadas Internacionales Multidisciplinarias sobre Violencia Acústica, España. Disponible en: <https://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/CDcont.htm>
- Molina Coronell, J., Celin Mancera, W., & Solano Mazo, C. (2017). Analizando ondas estacionarias en tubos abiertos y cerrados con el uso de smartphone. *Revista mexicana de física E*, 63(1), pp. 76-82. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfe/v63n1/1870-3542-rmfe-63-01-76.pdf>
- Moradpour, Z., Farhadi, S., Mohsenabadi, M., Jalali, M., & Hesam, G. (2018). Using the Absorptive-Dissipative Silencer in Air Conditioning Systems of an Office Environment in Order to Provide Acoustic Comfort. *Iranian Journal of Health, Safety and Environment*, 5(4), 1138-1143. Disponible en: <https://oaji.net/articles/2017/509-1540264161.pdf>

Moraga Cabello, J. P. (2011). *Diagnóstico y propuestas para el control de ruido en la nave convertidores de la fundición caletones–división el teniente codelco Chile*. Tesis para optar por el título de Ingeniero Acústico, Universidad Austral de Chile.

National Institute for Occupational Safety and health (NIOSH) & Centers for Disease Control and Prevention (CDC) (2018). Controls for Noise Exposure.

Nieuwenhuijsen, M. J., Ristovska, G., & Dadvand, P. (2017). WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and adverse birth outcomes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(10), 1252. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph14101252>

Novoa Oropeza, T. J. (2020). Análisis de buenas prácticas ambientales en un hotel de 5 estrellas de una cadena hotelera. Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú. Tesis en opción al título de Ingeniero ambiental. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12805/1092>

NSW Work Health and Safety (2021) Managing noise and preventing hearing loss at work. Code of Practice. Disponible en: <https://www.safeworkaustralia.gov.au/doc/model-code-practice-managing-noise-and-preventing-hearing-loss-work>

Ochoa Avila, M. B., & Leyva Driggs, D. (2021). Mejoras en la gestión ambiental del hotel Iberostar Ordoño del destino turístico de Gibara, Cuba. *Explorador Digital*, 5(1), 297- 316. Disponible en: <https://doi.org/10.33262/exploradordigital.v5i1.1504>

Oficina Nacional de Normalización, NC 26:2007 Ruido en zonas habitables-requisitos higiénico sanitarios. La Habana, Cuba.

Oficina Nacional de Normalización, NC 775-9:2010 Bases para el diseño y construcción de inversiones turísticas- Parte 9: Requisitos de Mecánica. La Habana, Cuba.

Oficina Nacional de Normalización, NC 116:2011 Seguridad y Salud en el trabajo. Requisitos ergonómicos básicos a considerar en los puestos, procesos y actividades de trabajo (ISO 6385:1981, MOD). La Habana, Cuba.

Oficina Nacional de Normalización, NC 871:2011 Seguridad y Salud en el Trabajo-Ruido en el ambiente laboral-requisitos higiénico sanitarios generales. La Habana, Cuba.

Oficina Nacional de Normalización, NC ISO 1999:2011 Seguridad y Salud en el Trabajo-Acústica- determinación de la exposición al ruido en el trabajo y estimación de las pérdidas auditivas inducidas por el ruido. La Habana, Cuba.

- Omokhodion, F. O., Ekanem, S. U., & Uchendu, O. C. (2008). Noise levels and hearing impairment in an urban community in Ibadan, Southwest Nigeria. *Journal of Public Health*, 16(6), 399-402. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007%2Fs10389-008-0196-7>
- Onwe, H. (2015). Elaboración de mapas de ruido en la empresa textil Eddio Tejeiro. Tesis en opción al título de Ingeniero Industrial. Universidad de Matanzas, Cuba.
- Ormaechea , E. (2000). Efectos del Ruido sobre la Salud, la Sociedad y la Economía. *Cuerpo y Mente*, 17. Disponible en: <https://estrucplan.com.ar/efectos-del-ruido-sobre-la-salud-la-sociedad-y-la-economia/>
- Orozco Romo, J. M., & Gómez Sánchez, A. (2012). La percepción social del ruido como contaminante. Miguel Aguilar, Enrique Delgado, Valente Vázquez y Óscar Reyes (coords.), *Ordenamiento territorial y participación social: problemas y posibilidades*, México, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- Parejo Gamboa, Marta,(2013). Absorbentes acústicos a partir de residuos agrícolas, Universidad de Sevilla, Sevilla, España.
- Perdomo Hector, A. (2019). Estudio de ruido en el hotel Be Live Experience Tuxpan. Tesis para optar por el título de Ingeniera Industrial. Universidad de Matanzas, Cuba.
- Pérez Miñana, J. (1969). *Compendio práctico de acústica*, 1era ed. Barcelona: Labor, pp. 159-182.
- Pleban, D. (2021). *Occupational Noise and Workplace Acoustics. Advances in Measurement and Assessment Techniques*. 1st Ed. CRC Press.
- Quiala Armenteros, Y. (2011). El ruido también contamina. *Cub@: Medio Ambiente y Desarrollo*, 11(21). Disponible en: <http://ama.redciencia.cu/articulos/21.04.pdf>
- RAE (2020) Definición de ruido. Disponible en: <https://dle.rae.es/ruido>
- Rastelli Montbrun, V. H., Rastelli, V., & Montbrun, N. (2017). Control de ruido aéreo de enfriadores a través de paredes dobles para habitación en hotel de cinco estrellas en Caracas. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 40(2), 113-122.
- Reinten, J., Braat-Eggen, P. E., Hornikx, M., Kort, H. S., & Kohlrausch, A. (2017). The indoor sound environment and human task performance: A literature review on the

role of room acoustics. *Building and Environment*, 123, 315-332. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.07.005>

Rodríguez Casals, C. (2016) El problema de la contaminación acústica en nuestras ciudades: evaluación de la actitud que presenta la población juvenil de grandes núcleos urbanos: el caso de Zaragoza. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza, España.

Rodríguez González, I.; Torrens Álvarez, O; Leyva Bruzón, L., Pérez-Delgado Fernández, A. y otros (2007). Seguridad y Salud en el trabajo. La Habana: Félix Varela.

Rodríguez Manzo, F. E. (2015). Ruido ambiental, comunicación y normatividad en la Ciudad de México. *Razón y palabra*, (91). Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1995/199541387021.pdf>

Rodríguez Montejano, R.M. (2003). Propiedades Acústicas del Caucho Granular, Tesis de Doctorado. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España,

Romero Ibáñez, A. (2010). Estudio de la reducción del ruido aerodinámico de trenes de alta velocidad con pantallas acústicas. Tesis Doctoral, Universidad de Cantabria, Santander, España.

Salazar Bugueño, A. M. (2013). *Pérdida auditiva por contaminación acústica laboral en Santiago de Chile*. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona. Barcelona, España.

Salvendy, G. (2012). Handbook of human factors and ergonomics. Fourth Edition. John Wiley & Sons, Inc. West Lafayette, Indiana. Estados Unidos.

Santos de La Cruz, E. (2007). Contaminación sonora por ruido vehicular en la Avenida Javier Prado. *Industrial data*, 10(1), 11-15. Disponible en: <https://doi.org/10.15381/idata.v10i1.6201>

Sanahuja Perales, J. A., & Tezanos Vázquez, S. (2017). Del milenio a la sostenibilidad: retos y perspectivas de la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible. Disponible en: <https://doi.org/10.5209/POSO.51926>

Schwela, D. (2021). Review of environmental noise policies and economics in 2014-2016. *South Florida Journal of Health*, 2(1), 46-61. Disponible en: <https://doi.org/10.46981/sfjvhv2n1-004>

- Seddeq, H.S. , Aly, N.M. , Marwa A, A., & Elshakankery, M. H.(2013). *Investigation on sound absorption properties for recycled fibrous materials*.Cairo, Egipto, 43, 56-73. Disponible en: <https://doi.org/10.1177%2F1528083712446956>
- Setyawan, F. E. B. (2021). Prevention of noise induced hearing loss in worker: A literature review. *JKKI: Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Indonesia*, 12(2). Disponible en: <https://journal.uii.ac.id/JKKI/article/view/18128/pdf>
- Shahidan, S., & Hannan, N. I. R. R. (2020). Environmental Noise. In *Acoustic And Non-Acoustic Performance Coal Bottom Ash Concrete* (pp. 15-24). Springer, Singapore. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-981-15-7463-4>
- Sharland, I. (1972). *Woods Practical Guide to Noise Control*. Waterlow, London: Woods of Colchester.
- Sierra Calderón, D. D., Severiche Sierra, C. A., Bedoya Marrugo, E. A., & Meza Aleman, M. (2017). Occupational implications by exposure to industrial noise: A review. *International journal of applied engineering research*, 12(21), 11424-11431. Disponible en: https://www.ripublication.com/ijaer17/ijaerv12n21_127.pdf
- Sliwinska-Kowalska, M., & Davis, A. (2012). Noise-induced hearing loss. *Noise and Health*, 14(61), 274-280. Disponible en: <https://doi.org/10.4103/1463-1741.104893>
- Sliwinska-Kowalska, M., & Zaborowski, K. (2017). WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and permanent hearing loss and tinnitus. *International journal of environmental research and public health*, 14(10), 1139. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph14101139>
- Sommerhoff, J., Recuero, M., & Suárez, E. (2006). Relationship between loudness perception and noise indices in Valdivia, Chile. *Applied Acoustics*, 67(9), 892-900. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2005.07.004>
- Tang, X., & Yan, X. (2017). Acoustic energy absorption properties of fibrous materials: A review. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 101, 360-380. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2017.07.002>
- Truffín Hernández, R. C., & Pérez Truffín, A. (2019). Necesidad de conocimientos sobre el ruido en el accionar del médico de familia. *Edumecentro*, 11(4), 295-299.

Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/edumecentro/ed-2019/ed194w.pdf>

UNE ISO 3382:2009. Acústica – Medición de parámetros acústicos en recintos (partes 1, 2 y 3), International Organization for Standardization, Ginebra, Suiza

Van Kempen, E., Casas, M., Pershagen, G., & Foraster, M. (2018). WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and cardiovascular and metabolic effects: a summary. *International journal of environmental research and public health*, 15(2), 379. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph15020379>

Ver, I.L. & Beranek, L.L. (2005). *Noise and Vibration Control Engineering – Principles and Applications*, 2e. Hoboken, NJ: Wiley.

Viña Brito, S. & Gregori Torada, E. (1987). Ergonomía. *Pueblo y Educación*: La Habana. Cuba.

WHO (1999). Guidelines for community noise. Londres, Reino Unido. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/66217>

WHO. (2019) Deafness and Hearing Loss. World Health Organization. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>

Wilson, C.E. (2006). *Noise Control*, rev. ed. Malabar, FL: Kreiger.

Workplace Health and Safety Queensland (2018). Managing noise and preventing hearing loss at work. Code of practice. Disponible en: https://worksafe.tas.gov.au/data/assets/pdf_file/0016/537100/Code-of-Practice-Managing-noise-and-preventing-hearing-loss-a....pdf

ANEXOS

Anexo 1: Atenuación en el aire (γ) en dB/100 *m*, en función de la frecuencia, la temperatura centígrada (T) y la humedad relativa ambiente (HRA).

HRA [%]	T [°C]	Frecuencia [Hz]						
		125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
20	10	0,058	0,120	0,327	1,100	3,62	9,15	15,4
	15	0,065	0,122	0,270	0,817	2,82	8,88	20,2
	20	0,071	0,139	0,260	0,653	2,15	7,41	21,5
	25	0,074	0,164	0,286	0,587	1,70	5,88	19,6
	30	0,073	0,187	0,341	0,600	1,45	4,71	16,5
	35	0,068	0,200	0,412	0,682	1,37	3,93	13,6
30	10	0,055	0,105	0,228	0,677	2,35	7,66	18,7
	15	0,060	0,121	0,223	0,545	1,77	6,20	19,0
	20	0,062	0,142	0,252	0,501	1,41	4,85	16,6
	25	0,059	0,160	0,304	0,527	1,22	3,88	13,7
	30	0,054	0,168	0,367	0,615	1,18	3,27	11,3
	35	0,049	0,165	0,422	0,755	1,28	2,97	9,45
40	10	0,052	0,104	0,198	0,507	1,68	5,90	17,7
	15	0,054	0,123	0,218	0,451	1,31	4,57	15,6
	20	0,052	0,139	0,263	0,465	1,12	3,60	12,8
	25	0,048	0,147	0,319	0,539	1,07	3,01	10,4
	30	0,043	0,145	0,370	0,663	1,14	2,70	8,71
	35	0,038	0,136	0,400	0,815	1,34	2,65	7,59
60	10	0,045	0,105	0,190	0,386	1,10	3,84	13,4
	15	0,043	0,118	0,231	0,406	0,95	3,03	10,8
	20	0,039	0,123	0,279	0,480	0,93	2,54	8,78
	25	0,034	0,118	0,318	0,596	1,02	2,32	7,34
	30	0,030	0,109	0,336	0,729	1,22	2,34	6,47
	35	0,026	0,098	0,332	0,845	1,51	2,58	6,07
80	10	0,038	0,102	0,197	0,357	0,88	2,87	10,3
	15	0,034	0,107	0,240	0,415	0,83	2,37	8,28

	20	0,030	0,104	0,277	0,515	0,90	2,13	6,86
	25	0,026	0,096	0,295	0,635	1,07	2,11	5,98
	30	0,023	0,086	0,291	0,741	1,33	2,31	5,57
	35	0,020	0,076	0,273	0,803	1,64	2,74	5,60
100	10	0,032	0,096	0,203	0,355	0,77	2,35	8,37
	15	0,029	0,096	0,241	0,435	0,80	2,03	6,81
	20	0,025	0,090	0,283	0,542	0,92	1,94	5,81
	25	0,021	0,080	0,266	0,647	1,14	2,06	5,28
	30	0,018	0,071	0,252	0,717	1,42	2,40	5,18
	35	0,016	0,061	0,230	0,737	1,71	2,93	5,50

Fuente: tomado de Miyara (1999)

Anexo 2: Valores del coeficiente de absorción para diversos materiales

Material	Frecuencias (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Paneles acústicos	0,15	0,30	0,75	0,85	0,75	0,40
Yeso	0,03	0,03	0,20	0,03	0,04	0,05
Concreto u hormigón	0,02	0,02	0,02	0,04	0,05	0,05
Madera (playwood, pino)	0,15	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10
Fieltro	0,10	0,15	0,25	0,30	0,30	0,30
Muro de ladrillos	0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
Cortinas	0,05	0,12	0,15	0,25	0,37	0,50
Planchas de acero	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Espuma acústica (6 mm)	0,10	0,10	0,13	0,18	0,48	0,45
Espuma acústica (2,5 - 15 cm)	0,16	0,25	0,45	0,84	0,97	0,87
Fibra de vidrio (5 mm)	0,38	0,63	0,78	0,87	0,83	0,77
Fibra de vidrio (4 mm)	0,20	0,35	0,65	0,80	0,75	0,65
Fibra de vidrio (40 mm)	0,29	0,52	0,69	0,89	0,96	0,97
Absorción de una persona	0,18	0,04	0,46	0,46	0,57	0,46
Lana de vidrio (60 mm)	0,24	0,55	0,84	0,92	0,98	1,00
Espuma formaldehído (40 mm)	0,12	0,36	0,80	0,95	0,95	1,00
Corcho	0,12	0,27	0,72	0,79	0,76	0,77
Fibra amianto	-	0,55	0,65	0,75	0,80	0,80
Bloque de hormigón	0,30	0,45	0,30	0,25	0,40	0,25
Muro de ladrillo enlucido en yeso	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05
Piso de listones de madera	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,06
Mármol	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
Amianto proyectado (15 mm)	0,30	0,35	0,45	0,50	0,55	0,60
Butaca de madera	0,01	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04
Suelo de goma de 5 mm sobre cemento	0,04	0,04	0,08	0,12	0,03	0,10
Vidrio	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02
Suelo de corcho 20 mm sobre cemento	0,08	0,02	0,08	0,19	0,24	0,21

Fuente: tomado de García Dihigo (2017)

Anexo 3: Coeficiente de aislamiento sonoro o pérdidas por transmisión del sonido (R) para varios materiales

Material	Frecuencia (Hz)						-	
	125	250	500	1000	2000	4000	R	m Kg/m ³
Pared de ladrillo con repello ambas caras (210 mm)	40	46	51	54	59	62	53	480
Pared de ladrillo con repello ambas caras (75 mm)	31	39	39	37	49	53	40	170
Pared hormigón (150 mm)	38	42	47	54	61	64	50	350
Pared hormigón (60 mm)	35	32	33	41	47	52	39	140
Pared bloques (20 cm)	38	44	51	60	62	61	52	385
Pared bloques (15 cm)	32	40	48	54	59	65	48	320
Pared bloques (10 cm)	38	35	44	50	56	62	46	180
Plancha de goma (10 mm)	16	21	24	27	29	24	26	8
Playwood (25 mm)	16	25	26	24	30	36	26	15
Playwood (10 mm)	19	19	22	25	25	19	22	7
Tablero de bagazo (4 mm)	14	16	19	21	25	20	20	3
Plancha aluminio (2 mm)	13	15	22	26	30	33	22	5
Plancha acero CT-3 (7 mm)	33	38	39	40	30	42	39	55
Plancha acero CT-3 (3,5mm)	29	33	36	39	41	31	37	28
Plancha acero CT-3 (1 mm)	17	23	30	32	35	38	30	8
Manta de fibra de vidrio	27	23	27	34	39	41	32	-
Madera de pino (6 cm)	27	31	33	35	37	40	34	-
Vidrio (3 mm)	-	26	27	31	33	29	30	-
Panel de yeso	28	32	34	40	38	49	37	-
Techo placa hormigón(10 cm)	38	36	43	52	58	64	47	240
Techo placa hormigón(15 cm)	35	41	50	56	61	70	51	360
Techo de losa prefabricada	30	33	40	40	52	55	40	160

Puerta de acero (6 mm)	25	27	31	36	32	-	30	-
Puerta playwood (≥ 4 mm)	15	17	19	21	20	15	18	-
Puerta de madera con fieltro	29	33	36	34	41	40	36	-
Puerta metálica simple	17	21	26	31	35	40	31	-
Puerta de aluminio	19	19	26	31	30	34	27	-
Ventana de madera con vidrio de 3 mm de espesor	13	16	21	25	26	15	21	-
Ventana de vidrio con marco de madera o metal	19	13	22	22	25	27	22	-
Panel de 3 vidrios	21	24	32	37	34	44	31	-
Láminas de PVC (17 mm)							25	-
Láminas de PVC (3.5 mm)							18	-

Fuente: tomado de Rodríguez González et. al. (2007)

Anexo 4a: NPS obtenidos con desglose en el espectro de frecuencias en los puntos de interés en el hotel Meliá Marina.

Local	Punto de medición	Frecuencias (Hz)							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Buffet El Pilar	Centro del buffet	52	58	62	69	73	70	55	51
	Sobre las mesas cerca del área de fregado.	60	66	68	71	80	71	63	65
	Mesas cerca de las estaciones de los dependientes.	33	39	52	60	60	60	64	54
	Puerta del área de fregado	66	59	74	84	95	94	85	67
Mini - tintorería	Cerca de las secadoras cuando centrifugan.	62	69	75	74	84	82	70	68
	En el centro de la mini tintorería cuando las secadoras centrifugan.	35	46	59	61	64	63	49	47
	En la puerta de la mini tintorería.	44	48	58	66	66	61	61	59
Habitaciones the level	Habitación 1639	41	58	50	48	48	49	48	45
	Habitación 1640.	46	47	52	50	48	40	40	38
	Habitación 1641.	45	51	51	51	51	58	57	52
	Habitación 1642 y 1643.	42	40	49	50	55	46	38	36
	Habitación 1644	35	47	57	56	54	40	40	53
	Habitación 1645,1646 y 1647.	41	53	48	44	44	45	46	40
	Pasillo de las habitaciones frente a las enfriadoras.	42	44	40	37	46	46	57	47
	Al final del pasillo de las habitaciones.	47	50	56	56	58	59	61	52
Oficina cajero central	Sobre la mesa de la computadora.	50	44	61	64	58	61	74	64
	La ventanilla de pago abierta.	44	46	61	64	58	60	71	45
	En la sala de máquinas.	49	62	84	87	92	88	82	58
Lobby	Antes de comenzar el show.	44	46	53	56	59	56	53	36
	En los sofás frente al equipo de música.	42	46	55	71	80	64	46	43
	Al lado equipo de música	36	43	47	50	48	48	37	45

Fuente: tomado de Almeda Barrios (2022)

Anexo 4b: NPS obtenidos con desglose en el espectro de frecuencias en los puntos de interés en el hotel Be Live Experience Tuxpan.

Local	Punto de medición	Frecuencias (Hz)							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mini-tintorería	Sobre las secadoras cuando se encuentran en funcionamiento	31	48	58	60	61	59	57	52
	A 1 m de las secadoras	35	48	56	69	68	62	61	59
	Frente los extractores cuando se encuentran encendidos	36	46	58	62	65	64	50	42
	Secadoras y extractores en funcionamiento	61	65	75	74	83	81	70	68
Oficinas del área de Servicios Técnicos	Dentro de las oficinas de área	50	56	65	74	72	64	53	47
	Puerta de sala de máquina	50	59	56	64	71	73	60	49
	Frente al sistema de agua caliente	45	50	73	79	85	84	74	77
	Puerta del local del grupo electrógeno de dicha sala	43	51	64	75	86	87	75	73
	Frente al grupo electrógeno	49	59	69	74	85	69	57	65
Oficina perteneciente al personal de Costo	Dentro del departamento	37	45	61	63	58	61	74	63
	Cercano al sistema de enfriamiento	64	72	73	75	85	80	73	70
	Frente al sistema de enfriamiento	59	62	94	97	92	88	82	78
Habitaciones 313, 315, 317 y 319	En la habitación 313	30	40	49	50	55	46	38	41
	En las habitaciones 315	27	41	48	60	61	48	37	43
	En la habitación 317	34	47	60	72	73	59	48	56
	En la habitación 319	35	46	61	78	83	72	49	46
	En la puerta de la discoteca “La Bamba”	33	75	77	83	85	81	61	59
	Dentro de la discoteca “La Bamba”	49	72	75	84	94	95	75	53
Área de show	En las habitaciones con vista piscina	36	50	68	70	64	59	60	64
	En el Bar Piscina	63	72	80	85	87	85	74	72
	En el centro del área de show	46	61	75	87	98	96	93	84
	Al lado del escenario	64	71	79	80	86	79	74	73
Restaurante buffet “Cristal”	En la puerta del buffet	46	47	58	50	58	54	53	54
	Mesas aledañas a la puerta de la cocina	46	59	74	83	93	90	86	83
	Centro del salón	60	64	68	71	75	71	62	69
	Mesas cercanas al stock de los dependientes en las estaciones del buffet	44	49	58	51	65	59	62	51

Fuente: tomado de Almada Barrios (2022)

Anexo 4c: NPS obtenidos con desglose en el espectro de frecuencias en los puntos de interés en el hotel Meliá Las Américas.

Local	Punto de medición	Frecuencias (Hz)							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Comedor de empleados	Mesas cercanas al secador de manos	55	68	70	71	83	79	75	53
	En el área de fregado	34	47	71	65	80	83	82	79
	Sobre las mesas de los trabajadores	47	62	68	78	76	76	75	66
Lavandería	Mesa de trabajadoras	57	65	71	74	75	76	73	72
	Sobre la secadora	63	73	78	83	88	87	86	80
	Sobre las lavadoras	52	62	68	75	78	70	81	74
	Puesto de doblado	36	46	62	72	79	80	75	68
Cocina	Máquina fregadora	46	59	62	70	82	83	82	77
	Sobre la hielera	65	74	78	80	85	84	83	86
	En el área caliente	49	61	65	70	79	72	71	70
Ranchón playa	Cabina de animación	70	80	83	84	83	91	85	82
	Cerca del bar	52	58	74	78	78	79	78	79
	En las sombrillas	50	58	70	78	74	73	72	73
	Mesas cercanas al bar	48	65	70	78	80	75	65	56
	Sobre la plataforma de los micrófonos	50	58	70	81	80	76	78	69
Oficina de mantenimiento	Dentro de la oficina	52	58	70	69	72	71	70	67
	Frente a las máquinas	48	65	85	81	81	85	78	75
	Dentro de la sala de máquinas	58	70	80	82	80	83	80	81
	En la puerta, dentro de la oficina	46	55	70	72	73	69	75	67

Fuente: tomado de Almeda Barrios (2022)

Anexo 5: Avaluos emitidos por las administraciones de los hoteles sobre los resultados de los estudios de ruido

Matanzas, 20 de mayo de 2021

Aval sobre estudios de ruido en el hotel Iberostar Varadero

Como parte de la gestión medioambiental de nuestro hotel se realizaron estudios de evaluación y control del ruido en diversas áreas de la instalación. Esta investigación fue llevada a cabo por el profesor de la Universidad de Matanzas MsC. Yoel Almeda Barrios y la ingeniera Leandra González González con la intención de garantizar condiciones de trabajo seguras a los trabajadores y el confort de los clientes que visitan la instalación a partir de los límites establecidos por las normas vigentes en Cuba.

Primeramente se identificaron las principales áreas ruidosas y evaluaron con el equipamiento requerido los Niveles de Presión Sonora existentes, lo cual quedó recogido de forma gráfica en mapas de ruido que ilustran por colores el comportamiento del contaminante en la instalación en diversos momentos y actividades.

Ofrecieron además un conjunto de medidas técnicas y organizativas, que abarcan todas las áreas afectadas, para la reducción del ruido. Reconocemos la utilidad e importancia de los estudios desarrollados para mejorar el desempeño medioambiental de nuestra instalación y pretendemos continuar las recomendaciones ofrecidas.



Subdirectora General
Lillian Ruiz Rodríguez

Matanzas, 10 de enero de 2020

Ref: Aval sobre estudios de ruido en el hotel Meliá Marina

Como parte de los vínculos empresa-universidad y con la intención de aplicar los resultados de la ciencia en nuestra instalación se desarrollaron una serie de estudios vinculados con la identificación, evaluación, diagnóstico y control de ruido. Los autores fueron el MsC. Yoel Almeda Barrios y la Ingeniera Massiel González Falcón.

Esta investigación permitió a la administración del hotel conocer las principales áreas ruidosas y las posibles medidas para reducir o eliminar los Niveles de Presión Sonora generados. Consideramos sumamente útil el estudio pues está enfocado en preservar la salud de nuestros trabajadores y el confort de los clientes que visitan nuestra instalación, lo cual posee un impacto directo en la Gestión de la Seguridad y Salud del hotel, en la Gestión Medioambiental y en la Gestión de la Calidad a partir de mejorar la satisfacción de nuestros clientes con el servicio brindado.

Las medidas propuestas están sustentadas en métodos matemáticos y experimentales que respaldan su verosimilitud. Nos resultó muy útil la propuesta de diseño de la cápsula para el control del ruido que generan las enfriadoras y afectan las habitaciones de alto estándar (The Level) así como el diseño de la concha acústica para el desarrollo de actividades de animación al aire libre.

En tal sentido, los resultados ya forman parte de un grupo de soluciones que la administración considera para su posible implementación en las diferentes áreas.

Armando Neninger Fernández

Director Adjunto

Meliá Marina Varadero

DIRECCION

Matanzas, 10 de enero de 2020

AVAL

El hotel Be Live Experience Tuxpan trabaja por obtener niveles superiores en su gestión medioambiental. Como parte de esta meta se desarrollaron los estudios sobre la evaluación y control del ruido en diversas áreas de nuestra instalación por parte de los compañeros MsC. Yoel Almeda Barrios, profesor de la Universidad de Matanzas y la ingeniera Aymée Perdomo Héctor.

Estos estudios, de un elevado rigor científico, estuvieron encaminados también a garantizar condiciones seguras a nuestros trabajadores y el confort de los clientes que visitan la instalación sobre la base de los límites normados por la legislación vigente en nuestro país.

Las medidas propuestas abarcan diseños ingenieriles, de construcción civil y organizativos. Las propuestas están sólidamente sustentadas en cálculos específicos y poseen una valoración socioeconómica que nos apoya en la toma de decisiones en cuanto a la inversión para su implementación.

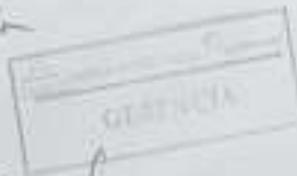
La administración del hotel reconoce la utilidad e importancia de los estudios desarrollados y cuenta con las propuestas diseñadas para mejorar su desempeño.

Yoel Almeda Barrios

Nombre y apellidos

Cargo:

Profesor



Dr. L. Félix Tarrat
Dir. B. Gestión RRHH

[Signature]

