16-

FECHA	viernes, 29 de noviembre de 2019

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
BIBLIOTECA
Facatativá

UNIDAD REGIONAL	Extensión Facatativá

TIPO DE DOCUMENTO	Tesis

FACULTAD	Ciencias Agropecuarias

NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado

PROGRAMA ACADÉMICO	Ingeniería Ambiental

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
ANDRÉS CAMILO	ACUÑA MÉNDEZ	1’069.753.051
JUAN DIEGO	VIRGÜEZ ORJUELA	1’077.974.615

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
DE LUQUE VILLA	MIGUEL ANTONIO

TÍTULO DEL DOCUMENTO
EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA POR LAS ACTIVIDADES DEL AEROPUERTO EL DORADO SOBRE LA LOCALIDAD DE FONTIBÓN - BOGOTÁ D.C.

SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
INGENIERO AMBIENTAL

AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÀGINAS
26/11/2019	113 pág.

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)	
ESPAÑOL	INGLÉS
1. Ruido Ambiental	Environmental noise
2. Mapa de ruido	Noise map
3. Impacto Ambiental	Environmental Impact
4. Pittsburgh	Pittsburgh
5. Res.0627/2006	Res.0627/2006

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS
(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

El ruido ambiental es un contaminante invisible y su comportamiento es variable a causa de las diferentes fuentes que generen un ruido específico, como central foco de la investigación el aeropuerto y fuentes externas al mismo, pero provocadas por el hecho de su existencia, han de ser considerado, ya que genera un aumento en el nivel de presión sonoro en la zona (Cano Álvarez, 2009), el incremento de los impactos sonoros también son resultado de modificaciones que se dan en el entorno. Para determinar el impacto ambiental por medio de una evaluación en la localidad de Fontibón – Bogotá en el componente atmosférico (niveles de ruido) ambiental fue necesario la realización de encuestas a la comunidad para obtener la per sección de los efectos causados en la comunidad y la generación de un mapa de ruido local como una herramienta relevante para la evaluación y la gestión del ruido ambiental (Acero Calderón et al., 2016) para determinar el incumplimiento de los estándares máximos permisibles establecidos en la Res.0627/2006. En la modificación en los niveles de presión sonora y modificación en la calidad del sueño según la evaluación de impacto ambiental se obtuvo un valor de importancia de I = -61 y I= -70 que para ambos es considerado una importancia del impacto severo que se ve reflejado en la salud, el sueño, cambios en la presión sonora, pérdida de audición, ampliaciones entre otros, en donde se afectan los derechos a un ambiente sano y la salud pública de los ciudadanos.

ABSTRACT

The environmental noise is an invisible pollutant and its behavior is variable because of the different sources that generate a specific noise, as the central focus of the investigation of the airport and external sources to it, but caused by the fact of its existence, must be considered, since it generates an increase in the level of sound pressure in the area (Cano Álvarez, 2009), the increase in sound impacts is also the result of changes that occur in the environment. To determine the environmental impact through an evaluation in the town of Fontibón - Bogotá in the environmental noise component, it was necessary to conduct community surveys to obtain the per-section of the effects caused in the community and the generation of a map of local noise as a relevant tool for the evaluation and management of environmental noise (Acero Calderón et al., 2016) to determine the breach of the maximum permissible standards established in Res. 0627/2006. In the modification in sound pressure levels and modification in sleep quality according to the evaluation of environmental impact, an importance value of I = -61 and I = -70 was obtained, which for both is considered an importance of the severe impact It is reflected in health, sleep, changes in sound pressure, hearing loss, extensions among others, where the rights to a healthy environment and public health of citizens are affected.

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÒN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son: Marque con una “X”:

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites

autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, *"Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores"*, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. **SI ___ NO _x_.**
En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la

Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.

j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.

Nota:
Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA POR LAS ACTIVIDADES DEL AEROPUERTO EL DORADO SOBRE LA LOCALIDAD DE FONTIBÓN - BOGOTÁ D.C..PDF	Texto
2. ÍNDICE DE CALIDAD DE SUEÑO DE PITTSBURGH.XLXS	Texto
3.	
4	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafa)
Acuña Méndez Andrés Camilo	Camilo Acuña
Virgüez Orjuela Juan Diego	Juan Virgüez

12.1.40

EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA POR LAS ACTIVIDADES DEL AEROPUERTO EL DORADO SOBRE LA LOCALIDAD DE FONTIBÓN - BOGOTÁ D.C.

Acuña Méndez Andrés Camilo

Juan Diego Virgüez Orjuela

Universidad de Cundinamarca

Facultad de ciencias agropecuarias, pregrado en Ingeniería Ambiental

Facatativá, Colombia

2019

EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA POR LAS ACTIVIDADES DEL AEROPUERTO EL DORADO SOBRE LA LOCALIDAD DE FONTIBÓN - BOGOTÁ D.C.

Acuña Méndez Andrés Camilo

Virgüez Orjuela Juan Diego

Trabajo o trabajo de investigación presentado (a) como requisito parcial para optar el título de:

Ingeniero Ambiental

Director:

Ing. Miguel Antonio De Luque Villa

Línea de Investigación: Contaminación Atmosférica

Grupo de Investigación: Cundinamarca Agroambiental

Universidad de Cundinamarca

Facultad de ciencias agropecuarias

Facatativá, Colombia

2019

Este logro lo dedico especialmente a mi madre, que gracias a todos sus valores hoy en día soy una persona correcta, que nunca desistió de sus batallas. Gracias a Ella que me inspiró cada día a demostrarme que soy una persona veraz y capaz de lograr todas mis metas.

Su constante perseverancia me enseñó que con dedicación todo lo podemos lograr.

Juan Diego Virgüez Orjuela

Ofrendo mi trabajo de investigación a Dios, en quién he confiado siempre, y tengo el corazón agradecido por permitirme este logro para culminar mi carrera.

Dedicado a mis padres y hermanos que me han brindado su amor, su esfuerzo y oraciones para ser mejor persona cada día.

Andrés Camilo Acuña Méndez

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darnos la luz día a día, la sabiduría, compañeros e instructores para llevar a cabo este proyecto.

A nuestro director Miguel De Luque por brindarnos su apoyo y conocimiento que junto con nuestro esfuerzo logramos culminar el proyecto.

Tuvimos altibajos, pero con la perseverancia que nos caracteriza nunca desistimos al deseo de impartir en los campos de investigación.

A nuestros padres que sin ellos nada de esto sería realidad, que, por sus valores, confianza, y entrega han permitido demostrar nuestras capacidades.

A nuestro tiempo, dedicación e ímpetu para llevar a cabo esta investigación.

A las personas que nos acompañaron en este reto para demostrar las capacidades que adquirimos en la Universidad.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN 1
ABSTRACT 2
INTRODUCCIÓN 3
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 5
2 JUSTIFICACIÓN 9
3 OBJETIVOS 12
3.1 Objetivo general 12
3.2 Objetivos específicos 12
4 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO 13
5 MARCO TEÓRICO 15
5.1 Ruido 15
5.1.1 Fuentes generadoras de ruido 17
5.1.2 Ruido de la industria 18
5.1.3 Ruido en la industria aeronáutica 18
5.2 Medición de ruido 21
5.2.1 Mapas de ruido como instrumento para la evaluación 24
5.3 Efectos de la exposición al ruido 25
5.4 Disminución de la capacidad auditiva 29
5.5 El sueño y su estructura 29
5.5.1 Efectos del ruido sobre el sueño 31
5.6 Índices de calidad de sueño 32
5.6.1 Índice de Calidad de Sueño de Pittsburgh (ICSP) 32
5.6.2 Escala de Somnolencia de Epworth (ESE) 33
5.7 Cálculo para la determinación del tamaño de una muestra en la aplicación de encuestas 33
5.8 Problemática de ruido en los aeropuertos internacionales 35
5.9 Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) 38
6 MARCO LEGAL 40
7 METODOLOGÍA 45
7.1 Caracterización del ruido ambiental por las actividades del aeropuerto el dorado en la localidad de Fontibón 45
7.1.1 Para la medición del ruido ambiental 45

7.1.2 Determinación del número de puntos y de los tiempos de medición para el ruido ambiental 48
7.2 Elaboración de mapa de ruido diurno y nocturno de la localidad impactada (Fontibón) por el aeropuerto el Dorado. 52
7.3 Evaluación de la calidad de sueño en la localidad de Fontibón. 55
7.4 Cuantificar el impacto ambiental del componente atmosférico (niveles de ruido) en la localidad de Fontibón 57
7.4.1 Cálculo de Importancia 60
8 RESULTADOS Y ANÁLISIS 61
8.1 CARACTERIZACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL Y MAPAS DE RUIDO 61
8.2 ÍNDICE DE PITTSBURG Y CUANTIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL 73
8.2.1 Datos Sociodemográficos 73
8.2.2 Puntaje total de perturbaciones de sueño 75
8.2.3 IMPORTANCIA DE LOS IMPACTOS IDENTIFICADOS PARA EL AEROPUERTO INTERNACIONAL EL DORADO 84
9 CONCLUSIONES 88
10 RECOMENDACIONES 89
11 REFERENCIAS 90
12 ANEXOS 97

Lista de figuras

Figura 1. Mapa de Fontibón, Bogotá D.C. 13
Figura 2. Tipos de ruido 17
Figura 3. Isófonas del nivel de presión alrededor de las aeronaves que operando en tierra a plena potencia de despegue. 19
Figura 4. Partes del Oído 26
Figura 5. Proceso Auditivo. 27
Figura 6. Impacto Ambiental. 39
Figura 7. Procedimiento para la medición de ruido Cap. II Res. 627 de 2006. 47
Figura 8. Procedimiento para la medición del ruido Cap. III Res. 627 de 2006. 50
Figura 9. Puntos de muestreo diurno. 51
Figura 10. Puntos de muestreo nocturno. 52
Figura 11. Cumplimiento POT por Punto Diurno (Fontibón – Bogotá) 62
Figura 12. Cumplimiento POT por Punto Nocturno (Fontibón – Bogotá) 64
Figura 13. Cumplimiento de máximo permisibles Diurno según el uso del suelo (Fontibón – Bogotá) 65
Figura 14. Cumplimiento de máximo permisibles Nocturno según el uso del suelo (Fontibón – Bogotá) 66
Figura 15. Nivel de Ruido Ambiental Diurno (Fontibón – Bogotá) 67
Figura 16. Cumplimiento Res. 0627/2006 Diurno (Fontibón – Bogotá) 68
Figura 17. Nivel de Ruido Ambiental Diurno (Fontibón – Bogotá) 69
Figura 18. Cumplimiento Res. 0627/2006 Nocturno (Fontibón – Bogotá) 70
Figura 19. Tiempo de residencia en localidad de Fontibón. 74
Figura 20. Rango de edad en la localidad de Fontibón. 74
Figura 21. Valoración del sueño, calidad subjetiva del sueño, localidad de Fontibón (2019). 80
Figura 22. Duración del sueño, localidad de Fontibón (2019) 81
Figura 23. Somnolencia, localidad de Fontibón (2019). 82
Figura 24. Problemas de ánimos, localidad de Fontibón (2019). 83

Lista de tablas

Tabla 1. Personas expuestas, indicador Ld (condiciones normales de operación) en usos del suelo no industrial 6
Tabla 2. Personas expuestas, indicador Ln (condiciones normales de operación) en usos del suelo no industrial- 6
Tabla 3. Clasificación Temporal y Espectral del Ruido. 16
Tabla 4. Fuentes generadoras de ruido. 20
Tabla 5. Resumen de valores críticos OMS. 28
Tabla 6. Intensidad Sonora. 28
Tabla 7. Porcentaje de tiempo total de sueño por fase. 31
Tabla 8. Situación Internacional del ruido en aeropuertos. 35
Tabla 9. Normatividad de Ruido en Colombia. 40
Tabla 10. Nivel Sonoro Promedio Día-Noche (dB). 43
Tabla 11. Combinación de colores para representaciones gráficas cada 5 dB(A) 54
Tabla 12 Criterios para la valorización de los impactos ambientales. 58
Tabla 13. Importancia del Impacto 60
Tabla 14. Cumplimiento POT por Punto Diurno (Fontibón – Bogotá) 61
Tabla 15. Cumplimiento POT por Punto Nocturno (Fontibón – Bogotá) 62
Tabla 16. Género de la Población objetivo Fontibón (2019) 75
Tabla 17. Consecuencias del resultado ICSP Fontibón (2019) 75
Tabla 18. Índice de Pittsburgh Fontibón (2019) 76
Tabla 19. Perturbaciones del sueño, %Persona, %Total Perturbaciones Fontibón (2019). 77
Tabla 20. Afectaciones a la población por perturbaciones del sueño Fontibón (2019) 78
Tabla 21. Puntuación global del índice de Calidad de Sueño de Pittsburgh (2019). 79
Tabla 22. Cálculo de la importancia para los impactos identificados para el Aeropuerto El Dorado 84

RESUMEN

El ruido ambiental es un contaminante invisible y su comportamiento es variable a causa de las diferentes fuentes que generen un ruido específico, como central foco de la investigación el aeropuerto y fuentes externas al mismo, pero provocadas por el hecho de su existencia, han de ser considerado, ya que genera un aumento en el nivel de presión sonoro en la zona (Cano Álvarez, 2009), el incremento de los impactos sonoros también son resultado de modificaciones que se dan en el entorno. Para determinar el impacto ambiental por medio de una evaluación en la localidad de Fontibón – Bogotá en el componente atmosférico (niveles de ruido) ambiental fue necesario la realización de encuestas a la comunidad para obtener la per sección de los efectos causados en la comunidad y la generación de un mapa de ruido local como una herramienta relevante para la evaluación y la gestión del ruido ambiental (Acero Calderón et al., 2016) para determinar el incumplimiento de los estándares máximos permisibles establecidos en la Res.0627/2006. En la modificación en los niveles de presión sonora y modificación en la calidad del sueño según la evaluación de impacto ambiental se obtuvo un valor de importancia de I = -61 y I= -70 que para ambos es considerado una importancia del impacto severo que se ve reflejado en la salud, el sueño, cambios en la presión sonora, pérdida de audición, ampliaciones entre otros, en donde se afectan los derechos a un ambiente sano y la salud pública de los ciudadanos.

PALABRAS CLAVE, Ruido ambiental, Mapa de ruido, Impacto Ambiental, Pittsburgh y Res.0627/2006.

ABSTRACT

The environmental noise is an invisible pollutant and its behavior is variable because of the different sources that generate a specific noise, as the central focus of the investigation of the airport and external sources to it, but caused by the fact of its existence, must be considered, since it generates an increase in the level of sound pressure in the area (Cano Álvarez, 2009), the increase in sound impacts is also the result of changes that occur in the environment. To determine the environmental impact through an evaluation in the town of Fontibón - Bogotá in the environmental noise component, it was necessary to conduct community surveys to obtain the per-section of the effects caused in the community and the generation of a map of local noise as a relevant tool for the evaluation and management of environmental noise (Acero Calderón et al., 2016) to determine the breach of the maximum permissible standards established in Res. 0627/2006. In the modification in sound pressure levels and modification in sleep quality according to the evaluation of environmental impact, an importance value of I = -61 and I = -70 was obtained, which for both is considered an importance of the severe impact It is reflected in health, sleep, changes in sound pressure, hearing loss, extensions among others, where the rights to a healthy environment and public health of citizens are affected.

KEY WORDS, Environmental noise, Noise map, Environmental Impact, Pittsburgh and Res. 0627/2006.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio evalúa el impacto ambiental de la contaminación acústica en la Localidad de Fontibón, a causa de las actividades que realizan las aeronaves en las operaciones de despegue y aterrizaje del Aeropuerto Internacional El Dorado, que debido a la gran magnitud de intensidad sonora que produce, altera el ruido ambiental de la Localidad, afectando el comportamiento del entorno.

Para estudiar esta problemática cabe destacar que la invención de los aviones ha contribuido al desarrollo social y crecimiento de actividades de comercio y transporte, haciendo de la comunicación a nivel mundial cada día más fácil (Maria, Pons, Eva, & Peñas, 2004), estas diversas acciones aeroportuarias conllevan a un impacto notable en la emisión de ruido, perturbando la calidad de vida de una población, que dependiendo del país, cultura y economía tiene un tratamiento diferente.(Bruel & Kjaer, 2000).

Es esta perturbación en la calidad de vida, la razón por la cual se realiza la evaluación de impacto sonoro, con el fin de identificar si el ruido ambiental de Fontibón supera los estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido, que fueron establecidos en la resolución 627 de 2006, y si este modifica la calidad de sueño en la población, con el propósito de conocer el grado de importancia de los impactos identificados.

En segunda instancia, el desarrollo de la investigación se da por el interés de generar un aporte con la representación cartográfica de los niveles sonoros a la Localidad de Fontibón, del comportamiento que tiene hoy en día el ruido en su ambiente, con un enfoque desde de la ingeniería ambiental.

Para realizar el aporte cartográfico se adaptó la metodología de la resolución 627 de 2006, donde presenta el procedimiento de medición para ruido ambiental y la determinación de puntos y medición, utilizando como recurso la grilla adaptada a dicha metodología, la representación se realizó con el software de ArcGIS en su versión 10.5. Al mismo tiempo se hizo uso del instrumento de calidad de sueño de Pittsburgh, con la aplicación de encuesta en una muestra de 354 personas y así identificar qué calidad de sueño tiene la comunidad de Fontibón.

Por último, el grado de importancia de los impactos ambientales identificados tales como: modificación en la presión sonora y modificación en la calidad de sueño, fueron evaluados a través de la metodología para la evaluación de impacto ambiental de Vicente Conesa.

En ese orden, el documento contiene la descripción de la situación actual a la que está sometida la Localidad de Fontibón por las actividades que se llevan a cabo en el aeropuerto Internacional el Dorado por el componente atmosférico (niveles de ruido) y sus afecciones en la calidad del sueño.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De todos los medios de transporte, la aviación es la que genera mayor cantidad de energía acústica (Miyara et al., 2014), y el ruido que genera este tráfico aéreo es una de las principales limitaciones del desarrollo de un aeropuerto (Ganic, Netjasov, & Babic, 2015), sin mencionar que su área de influencia alcanza una gran cobertura. Al mismo tiempo, el impacto que ocasiona en dicha área se debe a un deficiente manejo en los sistemas de gestión ambiental aeronáutica, siendo los aviones la mayor fuente de contaminación sonora, durante despegues, aterrizajes y pruebas expuestas de motores, y como efecto, los problemas asociados a la salud de la población aledaña; como enfermedades cardiovasculares, audición, depresión, irritabilidad y alteración del sueño (Casallas Heredia & Porras Esguerra, 2017).

Tal situación se evidencia en las operaciones aeronáuticas que se llevan a cabo en el Aeropuerto Internacional El Dorado de la ciudad de Bogotá, que constituyen un impacto ambiental y un riesgo elevado para la alteración y trastorno del sueño (Acosta et al., 2016), los principales afectados son los residentes de las comunidades cercanas a las instalaciones del aeropuerto que son las localidades de Fontibón, Engativá y El municipio de Funza, a su vez dicha área de influencia es inestable debido al crecimiento poblacional desmesurado lo que es característico de países en desarrollo (Organización Mundial de la Salud, 1999), y en Bogotá el dinámico crecimiento en las últimas tres décadas condujo a un no controlado y no planificado desarrollo más próximo del recinto aeroportuario, hasta quedar este hoy en día totalmente absorbido por la ciudad (Diaz Olariaga, 2018), es decir que a medida que aumentó al crecimiento urbano sobre el entorno aeroportuario, mayor el número de personas afectadas.

De esta manera la contaminación acústica constituye una fuente de preocupación para aquellas áreas del desarrollo económico y de las entidades que garantizan la seguridad y bienestar de los ciudadanos (Maria et al., 2004) , se han visto en Bogotá donde registros de niveles de presión sonora entre 70,8 y 82,3 dB (A); 76,3 y 84,3 dB (A) en los sectores de Chapinero y Puente Aranda respectivamente (Alberto Ramírez González & Efraín Antonio Domínguez Calle, 2011). Por otra parte, la misma Aeronáutica Civil de Colombia (Aerocivil), mediante un monitoreo realizado en abril de 2014 en zona residencial, expuso el incumplimiento frente al ruido, el cual superó los 65dB en horario diurno y los 50 dB en horario nocturno que exige la norma ambiental (Casallas Heredia & Porras Esguerra, 2017).

En las tablas 1 y 2 extraídas del estudio de (Diaz Olariaga, 2018), se evidencia la afección por ruido en los horarios diurno y nocturno, en diferentes niveles por parte de la población que se encuentra en zona no industrial, del monitoreo realizados por la Aerocivil en el 2014.

Tabla 1. Personas expuestas, indicador Ld (condiciones normales de operación) en usos del suelo no industrial

Afección dB(A)	Personas	Viviendas	Área (ha)
65 – 70	70798	13882	292,2
70-75	5468	1072	24,1
75-80	112	22	0,4

Fuente: (Diaz Olariaga, 2018)

Tabla 2. Personas expuestas, indicador Ln (condiciones normales de operación) en usos del suelo no industrial-

Afección dB(A)	Personas	Viviendas	Área (ha)
55-60	120693	23665	870,8
60-65	61536	12066	274,4
65-70	18691	3665	72,5
70-75	1754	344	6,4

Fuente: (Diaz Olariaga, 2018)

Cabe señalar que diferentes estudios destacan dos de las actividades aeroportuarias que generan un mayor nivel de frecuencia ante el ruido, como lo es el despegue y el aterrizaje de las aeronaves debido a la proximidad que estas tienen con el sobre vuelo en las zonas residenciales por lo que la atenuación del sonido durante la propagación es insuficiente generando un mayor impacto en el ambiente local (Asensio, 2011). Además, los escenarios prospectivos indican que la actividad aeroportuaria se incrementará significativamente en los próximos años, pasar de 2,4 mil millones de pasajeros en 2010 a 16 millones en 2050, aumentando de igual forma los impactos que la actividad genera (Coppa, D'Iorio, Monteagudo, & Tomassini, 2014).

Al mismo tiempo, el ruido generado por fuentes ajenas al propio aeropuerto, pero provocadas por el hecho de su existencia, han de ser considerado, ya que genera un aumento en el nivel de presión sonoro en la zona (Cano Álvarez, 2009). Así mismo, los estudios de ruido ambiental que se han realizado contiguos a los aeropuertos, han puesto en manifiesto el comportamiento tanto a nivel sonoro como en su distribución temporal - espacial, y destacando que la dispersión del ruido generado por un aeropuerto está influenciado por su ámbito geográfico; la topografía, le vegetación, construcciones entre otros (Cano Álvarez, 2009), es decir que no solo el aumento de las actividades en el aeropuerto incrementan los impactos sonoros, sino también los modificaciones que se dan en el entorno de las instalaciones que se encuentran en constante cambio.

En definitiva, la contaminación sonora producida por el aeropuerto El Dorado que afecta a la Localidad de Fontibón, siendo esta una de las zonas de mayor impacto por sus emisiones de ruido y ruido ambiental, es inaplazable realizar evaluaciones, estrategias que garanticen la

seguridad a la población con cambios tangibles en cuanto a la mitigación de la contaminación acústica y la reducción del impacto en la calidad del sueño de los residentes de dicha localidad.

2 JUSTIFICACIÓN

El ruido ambiental es un contaminante invisible y su comportamiento es variable a causa de las diferentes fuentes que generen un ruido específico, acorde a lo anterior el presente estudio permite identificar como la contaminación acústica generada por el aeropuerto El Dorado contribuye al ruido ambiental, tanto en los horarios diurnos como nocturnos.

Es así como la investigación permite conocer el grado de importancia del impacto producido por la actividad aeronáutica sobre los niveles de presión sonora que se propagan en la localidad urbana de Fontibón-Bogotá, es por ello que la atención al ruido generado por el Aeropuerto El Dorado ha planteado diferentes opciones o respuestas que van desde la fuente hasta en el tratamiento de los efectos socio ambientales (Casallas Heredia & Porras Esguerra, 2017), que dicho de otra forma es lo que busca la presente investigación poder hacer una contribución y apoyo actual a la problemática de ruido sobre la población afectada que sin duda es vital para las investigaciones futuras que planteen medidas de mitigación, compensaciones o planes de contingencia como posibles soluciones a este tipo de contaminación ambiental.

Por otra lado es importante conocer de qué manera la población impactada responde frente a la contaminación acústica, dado que el grado de percepción del sonido es susceptible en vista de que la molestia se somete a factores tanto físicos (la edad, la salud entre otros) como socioeconómicos y culturales (Maria et al., 2004), es por ello que es importante conocer el impacto de componente atmosférico (niveles de ruido) en cuanto la perturbación del sueño aplicando el instrumento Pittsburg, puesto que el sueño es una actividad que puede verse afectada seriamente por variables como el ruido, que conllevan a sufrir molestias y consecuencias para realizar actividades (Acosta et al., 2016)

Diferentes investigaciones mencionan que el impacto del ruido altera el bienestar y la salud humana y desde hace un tiempo la sociedad esta concientizada de las implicaciones que tiene el ruido en el medio ambiente, y por ello distintas entidades y personas han propuesto desarrollo de acciones encaminadas al control y la reducción del ruido (Acero Calderón, Jaimes Becerra, & Romero Duque, 2016). Teniendo en cuenta lo anterior una de las herramientas más relevantes para la evaluación y la gestión del ruido ambiental es la que denomina mapa de ruido (Acero Calderón et al., 2016), así bien, el desarrollo de dicho mapa para localidad de Fontibón permite la representación de la situación acústica actual en función del ruido indicando el rebasamiento o no del valor límite según el sector del cual se evalué de acuerdo a la resolución de 627 de 2006.

En efecto, la representación cartográfica de los niveles sonoros de Fontibón generada de forma experimental en este estudio es de gran importancia para la comunidad por la compilación de información, el reconocimiento del territorio, los sitios de monitoreo con sus correspondientes mediciones, puesto que actualmente se vienen registrando altos niveles de ruido ambiental por diferentes fuentes, entre ellas y de mayor aporte el aeropuerto El Dorado.

Por otra parte este estudio contribuye para el progreso de los objetivos de desarrollo sostenible que se han establecidos por las Organización de las Naciones Unidas en el año 2015, para los objetivos 9 “Industria, Innovación e Infraestructura” y 11 “Ciudades y comunidades sostenibles”; para el primero, la inversión en infraestructura investigación e innovación y control de transporte masivo como motor del crecimiento económico (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2016b) , con ello el estudio dará una interpretación que le permitirá a la industria aeroportuaria tomar medidas en el asunto de emisión de ruido; y para el segundo, lograr un desarrollo sostenible es necesario transformar radicalmente la forma en que construimos y

administramos los espacios urbanos (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2016a), de modo que las actividades de los diferentes sectores de la población no se interfieran entre ellas.

En resumen, esta situación de aumento del impacto ambiental en el entorno del aeropuerto debido crecimiento de las operaciones, motivó a que la autoridad ambiental de Colombia fueran aún más estricta en la últimas dos décadas por los niveles de ruido de las aeronaves, lo que genera preocupación por la cantidad de restricciones existentes por el uso de la pista sur, afectando la conectividad que puede generar un impacto negativo en la economía tanto regional como nacional dada la importancia que tiene el aeropuerto en la economía colombiana (Diaz Olariaga, 2018), conforme a ello el aeropuerto debe reevaluar de manera urgente las medidas necesarias para atender tal situación y por ello la necesidad de nuevas evaluaciones de la situación del ruido por actividades del aeropuerto.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Evaluar el impacto de la contaminación acústica generado por las actividades del aeropuerto el Dorado sobre la localidad de Fontibón de acuerdo con el cumplimiento de la normativa.

3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el ruido ambiental que se da por la contribución de las actividades del aeropuerto El Dorado en la localidad de Fontibón
- Evaluar la calidad del sueño de la población en Fontibón.
- Cuantificar el impacto ambiental del componente atmosférico (niveles de ruido) en la localidad de Fontibón

4 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio donde se ejecutó la investigación, se conoce como la localidad de Fontibón, ubicada en la parte noroccidental de Bogotá D.C., espacialmente en dirección norte limita con la localidad de Engativá; al oriente con las localidades de Puente Aranda y Teusaquillo; al occidente con la ribera del río Bogotá y los municipios Funza y Mosquera, por último en dirección sur con la localidad de Kennedy (Secretaría de Planeación, 2009). En cuanto al suelo urbano de Fontibón cuenta con 3.327 hectáreas (ha), donde 329 ha de ellas, corresponden a suelo protegido (Secretaría de Planeación, 2009).

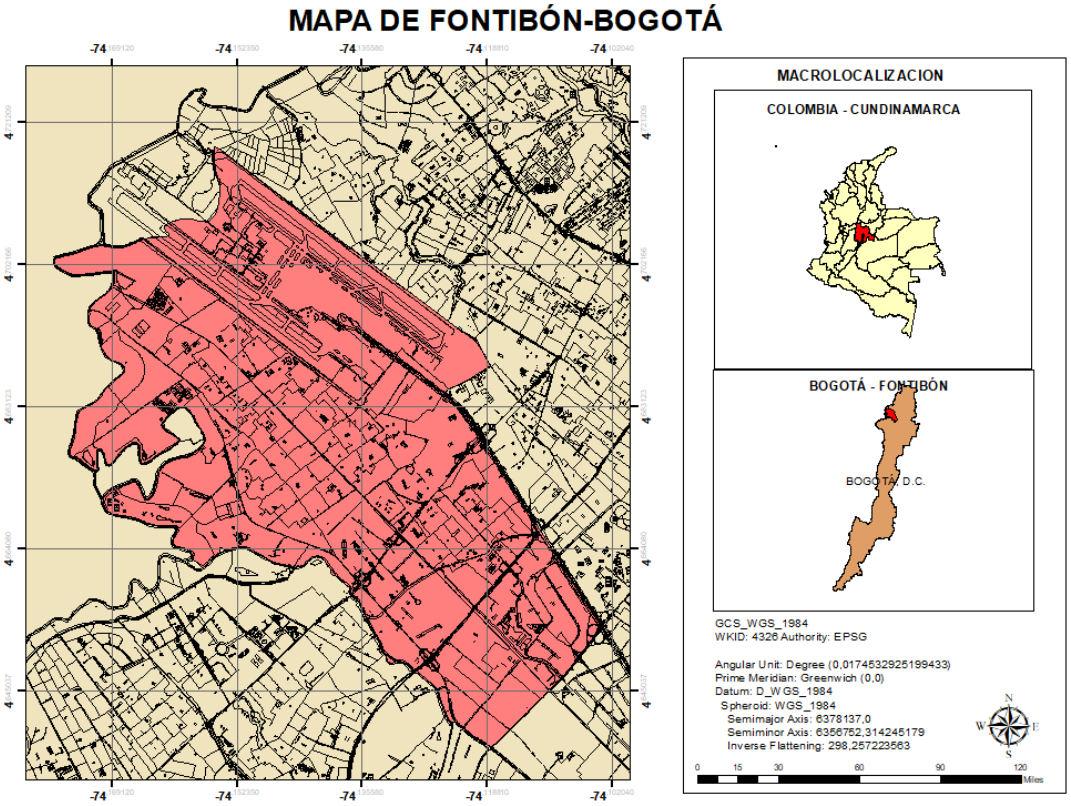

Figura 1. Mapa de Fontibón, Bogotá D.C.

Fuente: Autores, 2019.

El tipo de suelo de Fontibón según las unidades de planeamiento zonal (UPZ) son: Dos para Residencial Cualificado (Ciudad Salitre Occidental y Modelia), Uno para Centralidad urbana (Fontibón), Cuatro para Predominio Industrial (Fontibón San Pablo, Zona Franca, Granjas de Techo y Capellanía), y uno para Predominio Dotacional (Aeropuerto El Dorado), a su vez cuenta con un total de 362 barrios entre las ocho unidades (Secretaría de Planeación, 2018).

El Aeropuerto El Dorado catalogado como predominio dotacional cuenta con 743,1 ha, es decir el 22,3% del área total de Localidad de Fontibón (Secretaría de Planeación, 2018).

De igual forma Fontibón contiene un importante eje industrial de comercio y transporte; que son, la Zona Franca de Bogotá, importantes fábricas y bodegas, el Terminal de Transportes de Bogotá y el Aeropuerto Internacional El Dorado (Guitiérrez Acosta & Guzmán Florez, 2016).

Por otra parte, para el 2017, Fontibón contaba con una densidad urbana de 136 habitantes por hectárea, que en comparación con la densidad de la ciudad es muy baja, puesto que esta es de 212 habitantes por hectárea. De acuerdo a las UPZ de localidad 09 de Bogotá D.C, la densidad más alta es Fontibón con 362 habitantes por hectárea, seguido de la ciudad Salitre Occidental con 218 habitantes por hectárea, y para la unidad del Aeropuerto El Dorado es de 1 persona por hectárea (Secretaría de Planeación, 2018).

Así bien, la población aproximada para la localidad de Fontibón que se encuentra en la base datos de Bogotá es de 413.734 habitantes (Bocanegra Olaya, 2017).

5 MARCO TEÓRICO

5.1 Ruido

Inicialmente para describir el significado de ruido y sus aspectos generales, es fundamental definir el entorno en el cual este se genera o se propaga. Así bien se entiende como entorno al medio en el cual ocurren interacciones de diferentes agentes ya seas físicos, biológicos, sociales y culturales, que pueden ser percibidos o no entre los seres humanos y los demás seres vivientes y todos los elementos del medio en el cual se desenvuelven de orden natural o transformados por el hombre (Angrino Triviño & Bastidas Murillo, 2014).

Dicho lo anterior, la presencia del sonido en el ambiente estimula diferentes percepciones como el escuchar música, captar el canto de las aves, la comunicación oral directa entre las personas entre otros. No obstante, existe un criterio de sonidos que se consideran molestos por irrumpir el entorno, inclusive perjudicial, donde limita actividades diarias y relaciones de manera irreversible (CAR, 2007).

La causa principal de que se genere el ruido se relaciona con las actividades humanas tales como, procesos de urbanización, transporte y actividades de industria. Por ello es considerado una problemática urbana, que en ocasiones también afecta al medio rural (CAR, 2007)

Con respecto al ruido, teóricamente está definido como un sonido inarticulado, por lo general desagradable, que de acuerdo con la etimología de la misma palabra viene del latín "*rigitus*", es decir "ruido" ("ruido | Definición de ruido - «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario," n.d.), considerándose un sonido alterador o dañino para quien lo percibe (Barrera, 2014).

Otra definición de ruido se entiende como aquella emisión de energía originada por un fenómeno vibratorio que es detectado por el oído y provoca una sensación de molestia (CAM, 2017), teniendo en cuenta que no todos los expuestos a dicha alteración presentan el mismo grado de perturbación y que dependerá de la sensibilidad auditiva (Katherine & Guarnizo, 2017). Cabe destacar que existen multitud de variables que permiten diferenciar unos ruidos de otros como su composición en frecuencias, su intensidad, su variación, su cadencia, ritmo, entre otras (CAM, 2017).

A continuación, algunos tipos de ruido, sus características y representación gráfica.

Tabla 3. Clasificación Temporal y Espectral del Ruido.

Clasificación del Ruido		**Descripción**
Carácter Temporal	Continuo	En este tipo de ruido los niveles de presión sonora no presentan oscilaciones y se mantiene relativamente constante a través del tiempo, se produce por maquinaria que opera del mismo modo sin interrupción: ventiladores, bombas y equipos de procesos industriales.
	Ruido Fluctuante	Es aquel en el cual se presentan fluctuaciones bruscas y repentinas de la intensidad sonora en forma periódica: maquinaria que opera en ciclos, vehículos aislados o aviones.
	Ruido Intermitente	Presenta interrupciones en el tiempo.
	Ruido Impulsivo o de Impacto	Se presentan variaciones rápidas de un nivel de presión sonora en los intervalos de tiempos mínimos, es breve y abrupto: por ejemplo, troqueladoras, pistolas, entre otras.
	Ruido periódico	Cíclico y se repite en el tiempo.
Características Espectrales	Ruido de Baja Frecuencia	Es aquel que posee una energía acústica significativamente en el intervalo de frecuencias de 8 a 100 Hz.
	Tono Puro	Es emitido en una sola frecuencia
	De Banda estrecha	Se emite en un intervalo de frecuencias
	Banda Ancha	Se emite en todo el espectro de frecuencia
	Ruido Blanco	Se caracteriza por tener una distribución de energía constante para cada frecuencia
	Ruido Rosa	Modificación del ruido blanco a fin de obtener un gráfico paralelo al eje de frecuencias

Fuente: (CAR, 2007)

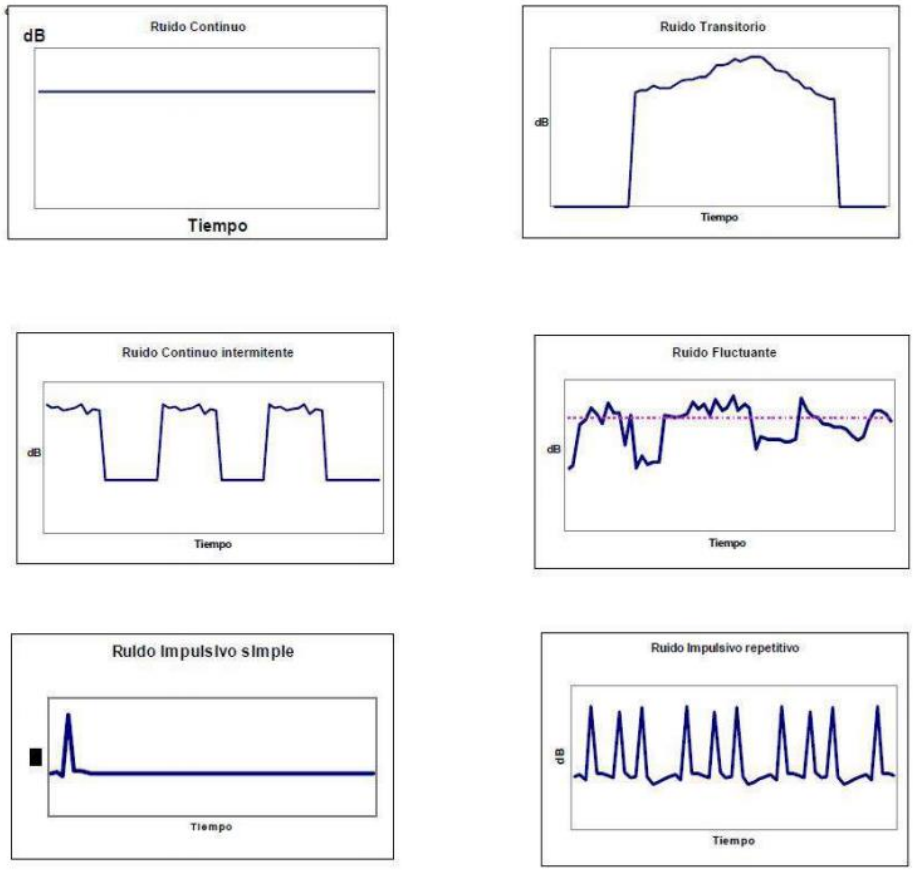

Figura 2. Tipos de ruido

Fuente: (CAM, 2017).

5.1.1 Fuentes generadoras de ruido

Las fuentes se dan en dos ámbitos, antropogénico y natural. La primera constituida por fuentes móviles (medios de transporte), industria, crecimiento urbano, actividades domésticas y de comercio tales como: restaurantes, cafeterías, discotecas, conciertos, competencias deportivas, áreas de juego entre muchas otras. Por otra parte, son de carácter natural los sonidos producidos por el movimiento del agua, el viento y eventos naturales (CAR, 2007).

5.1.2 Ruido de la industria

Este ruido provocado por las industrias se da debido al funcionamiento de máquinas de diversos tipos como plantas de energía o transformadores, calderas, zonas de producción, que en algunos casos el tipo de tecnología produce ruidos excesivos, por encima de lo tolerable (Katherine & Guarnizo, 2017), este ruido se percibe con mayor exposición en el interior de las instalaciones afectando a los trabajadores, y el exterior próximo a estas, puesto que el sector industrial en las grandes ciudades no acata las recomendaciones que la OMS establece de 1500 metros como distancia prudente entre zona industrial y residencial, por consiguiente las quejas por molestias de las comunidades cercanas a estos sectores (Katherine & Guarnizo, 2017).

5.1.3 Ruido en la industria aeronáutica

Los aeropuertos son instalaciones que como consecuencia de sus actividades se denotan altos índices de generación de ruido ambiental, que además dichas infraestructuras se encuentran en constante crecimiento debido a la demanda de vuelos, que como efecto aumenta la problemática por contaminación acústica al igual que las molestias y efectos en las localidades contiguas (Katherine & Guarnizo, 2017).

Siendo los aviones la fuente principal de contaminación acústica durante el despegue, vuelo y aterrizaje alcanzando los 130 dB y 150 dB (Katherine & Guarnizo, 2017), además de los productos por turbulencia, presiones de temperatura, intermitencias en los flujos de aire, contribuyendo de igual forma a la contaminación acústica.

En la siguiente figura se evidencian las isófonas de nivel de presión sonora de un avión operando en tierra a plena potencia de despegue, para la evaluación del direccionamiento de las aeronaves con relación al lugar de las pruebas de motor (ECOFOREST, 2001).

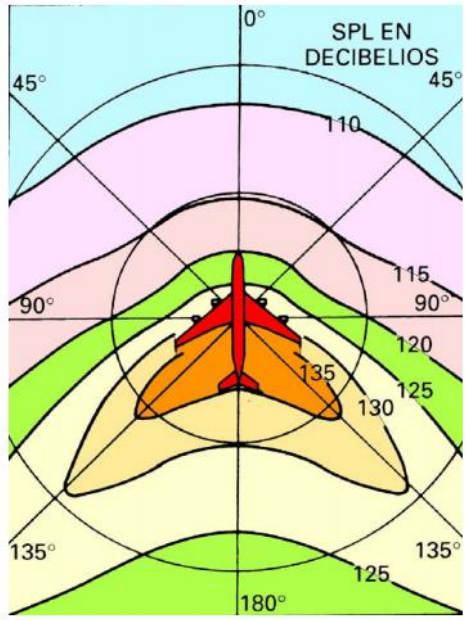

Figura 3. Isófonas del nivel de presión alrededor de las aeronaves que operando en tierra a plena potencia de despegue.

Fuente: (ECOFOREST, 2001).

De acuerdo a la guía ambiental para la operación y funcionamiento de aeropuertos, hace referencia en el apartado 8.1 titulado control de ruido ambiental, al objetivo de reducir los niveles de ruido actuando sobre las fuentes de generación, los medios de propagación y los receptores, de igual forma los impactos ambientales a manejar destacando los siguientes: Generación de ruido aeronáutico producido por las operaciones de aterrizaje, despegue, rodaje, circulación, prueba de motores, Generación de ruido generado por equipos auxiliares, como el LP (Low Pressure), la GPU (Ground Power Unit), la AUP (Auxiliary Power Unid), entre otros y pérdida de salud o bienestar de la población interna o externa por exposición a niveles elevados de ruido ambiental (ECOFOREST, 2001).

Por lo tanto, para prevenir el deterioro del bienestar o salud de la población, se debe plantear medidas de prevención y control, a continuación, las fuentes generadoras ruidos dados por el aeropuerto (ECOFOREST, 2001).

Tabla 4. Fuentes generadoras de ruido.

FUENTE	DESCRIPCIÓN
Aeronaves	El ruido se presenta durante las operaciones de despegue, aterrizaje y laterales (carreteos). El grupo de control técnico dispone de bases de datos y ecuaciones para determinar los niveles de ruido generados por los distintos tipos de aeronaves en función de la etapa, el peso y el número de motores.
Vehículos Grupo I	Ruido generado por los vehículos de la UAEAC, el Concesionario y del Gobierno destinados a la vigilancia y servicios del aeropuerto.
Vehículos Grupo II	Ruido generado por vehículos de apoyo a las aeronaves (tractores movilizadores de aeronaves, equipo o vehículos de cargue y descargue, tractores movilizadores de carga y equipaje, vehículos de mantenimiento de aeronaves, vehículos de aprovisionamiento de combustible, vehículos de servicio de catering, buses de abordaje).
Vehículos Grupo III	Ruido generado por vehículos de servicios ocasionales en plataforma (transporte de carga aduanera, transporte de mercancías in-bond, transporte de prensa, transporte de valores, vehículos de construcción o ampliación - volquetas, motos niveladoras, retroexcavadoras, buldócer)
Servicios de Comunicaciones	Ruidos generados por los servicios de comunicaciones del terminal de pasajeros, salas de espera y oficinas.
Plantas eléctricas	Ruido generado durante el funcionamiento de las plantas eléctricas de emergencia.
Otros equipos	Ruido generado por el incinerador, sistemas de aire acondicionado, sistemas de bombeo, entre otros.

Fuente: (ECOFOREST, 2001).

De igual forma, se debe conocer el comportamiento de la propagación del ruido de los aviones en la atmósfera, es allí donde se presenta el fenómeno del decrecimiento o atenuación del sonido en relación directa con el alejamiento entre la fuente con el receptor (Casallas Heredia & Porras Esguerra, 2017).

Con respecto a los factores que producen la atenuación y las diferentes características que tienen la atmósfera, la velocidad de propagación de la onda sonora en el aire, en condiciones normales de temperatura y presión es de aproximadamente de 340 m/s y en el momento que golpea con un límite físico puede transmitirse, reflejarse o absorbida; propiedad que permite a la energía viajar largas distancias desde la fuente de emisión (Lucía & Echeverry, 2009).

Otros factores son la divergencia geométrica de la fuente, las barreras u obstáculos emplazados entre el receptor y la fuente y la absorción de energía acústica en la atmósfera (Casallas Heredia & Porras Esguerra, 2017).

5.2 Medición de ruido

Tener a disposición los valores cuantitativos de la exposición al factor de riesgo de ruido, es un elemento imprescindible para la realización de evaluaciones que conlleven a planes correctores de los niveles de presión sonora, y para la obtención de esta información se realizan diferentes acciones y apropiación de algunos instrumentos (CAR, 2007).

Los términos a continuación corresponden de la Resolución 627 de 2006 del MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL de la Republica de Colombia (Ambiente & Vivienda, 2006).(Ambiente & Vivienda, 2006)

Acústica: Rama de la ciencia que trata de las perturbaciones elásticas sonoras. Originalmente aplicada sólo a los sonidos audibles.

Ajuste (de un instrumento de medición): Operación destinada a poner un instrumento de medición en estado de funcionamiento adecuado para su uso. El ajuste puede ser automático, semiautomático o manual.

Calibración: Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones especificadas, la relación entre los valores de magnitudes indicados por un instrumento o sistema de medición, o valores representados por una medida materializada o un material de referencia y los correspondientes valores reportados por patrones. Campo sonoro: Es la región del espacio en las que existen perturbaciones elásticas.

dB(A): Unidad de medida de nivel sonoro con ponderación frecuencial (A). Debidamente calculada mediante la expresión establecida en el capítulo II de la resolución 627/2006:

$$L_{Aeq} = 10 * \log(\left(\frac{1}{5}\right) * \left(10^{\frac{L_N}{10}} + 10^{\frac{L_O}{10}} + 10^{\frac{L_S}{10}} + 10^{\frac{L_E}{10}} + 10^{\frac{L_V}{10}}\right))$$

Decibel (dB): Décima parte del Bel, razón de energía, potencia o intensidad que cumple con la siguiente expresión: Log R = 1dB/10 Donde R= razón de energía, potencia o intensidad Emisión de

Frecuencia (*f*) (Hz): En una función periódica en el tiempo, es el número de ciclos realizados en la unidad de tiempo (*f* = c/s). La frecuencia es la inversa del período. La unidad es el Hertzio (Hz) que es igual a l/S.

Fuente: Elemento que origina la energía mecánica vibratoria, definida como ruido o sonido. Puede considerarse estadísticamente como una familia de generadores de ruido que pueden tener características físicas diferentes, distribuidas en el tiempo y en el espacio.

Hertzio (Hz): Es la unidad de frecuencia, equivalente al ciclo por segundo (c/s). Un fenómeno periódico de 1 segundo de período tiene frecuencia 1 Hz.

Índices de ruido: Diversos parámetros de medida cuya aplicación está en función de la fuente productora del ruido y el medio donde incide. Ejemplos: Leq, L10, L90, TNI.

Leq. - Nivel sonoro continuo equivalente: es el nivel en dBA de un ruido constante hipotético correspondiente a la misma cantidad de energía acústica que el ruido real considerado, en un punto determinado durante un período de tiempo T.

Mapas de ruido: Se entiende por mapa de ruido, la representación de los datos sobre una situación acústica existente o pronosticada en función de un indicador de ruido, en la que se indica la superación de un valor límite, el número de personas afectadas en una zona dada y el número de viviendas, centros educativos y hospitales expuestos a determinados valores de ese indicador en dicha zona.

Nivel (L): En acústica, la incorporación del término Nivel a una magnitud, quiere decir que se está considerando el logaritmo decimal del cociente del valor de la magnitud con respecto a otro valor de esta, tomado como referencia.

Nivel de presión sonora (Lp) (dB): Es la cantidad expresada en decibeles y calculada según la siguiente ecuación:

$$Lp(dB) = 20lg\frac{P}{P_0}$$

Donde

P = valor cuadrático medio de la presión sonora.

P_0 = presión sonora de referencia, en el aire. (2 x10-5 Pascales)

Nivel sonoro: Es el nivel de presión sonora obtenido mediante las redes de ponderación A, B o C. La presión de referencia es 2 x10 -5 Pa.

Pascal (Pa): Unidad de presión en el sistema MKS equivalente a: 1 Newton / m 2 = 10 barias.

Pistófono: Es una pequeña cavidad provista de un pistón con movimiento de vaivén y desplazamiento medible, que permite establecer una presión conocida en el interior de la cavidad. Generalmente utilizado para efectuar calibraciones de sonómetros.

Presión sonora: Es la diferencia entre la presión total instantánea en un punto cuando existe una onda sonora y la presión estática en dicho punto.

Sonómetro: Es un instrumento de medición de presión sonora, compuesto de micrófono, amplificador, filtros de ponderación e indicador de medida, destinado a la medida de niveles sonoros, siguiendo unas determinadas especificaciones.

Umbral de audición: Es la mínima presión sonora eficaz que debe tener una señal para dar origen a una sensación auditiva, en ausencia de todo ruido. Se expresa generalmente en dB.

5.2.1 Mapas de ruido como instrumento para la evaluación

Los mapas de ruido tienen la propiedad de ser útiles para la medición, evaluación y definición de las acciones de prevención y control del ruido. Consiste en representar de manera gráfica los niveles de presión sonoros generados por fuentes de ruido como el transporte aéreo y terrestre, las industrias, crecimiento urbano, y actividades humanas (CAR, 2007). Para establecer

un mapa de ruido se deben tomar valores a cuatro metros de altura, que se define como el ruido ambiental, tanto en el día como en la noche.

El objetivo de estas representaciones gráficas de los indicadores de ruido ambiental permite definir zonas para diferentes usos del suelo (CAR, 2007), tener un seguimiento actualizado del comportamiento del entorno, evaluaciones con respecto a los impactos y sus respectivas mediciones de control.

Previo a la construcción de un mapa se debe tener en cuenta el contenido mínimo para presentar la información (Ambiente & Vivienda, 2006):

- Valor de los niveles de ruido ambiental existentes en cada una de las áreas evaluadas.
- Delimitación de zonas afectadas de contaminación por ruido.
- Fecha de elaboración del mapa de ruido.
- Especificación de la altura a la cual se hace la representación gráfica.

Cabe destacar que el aporte científico de la realidad acústica permite la identificación de las principales fuentes de ruido y ubicación, junto con las zonas que presentan más ruido o que son más tranquilas que no presentan contaminación (Suárez, 2006).

En cuanto al aporte a la ciudadanía, disposición a mejor y más información de la situación ambiental, conocimiento de los riesgos para la salud, participación responsable en la gestión ambiental, información para la toma de decisiones (Suárez, 2006).

5.3 Efectos de la exposición al ruido

Para describir los efectos por exposición al ruido, debe entenderse antes la fisiología de la audición en los humanos.

Considerando que la energía vibratoria de las ondas sonoras impacta sobre el oído, el cerebro registra dicha acción por medio de tres componentes principales del aparato auditivo que son: oído externo, medio y oído interno. Al introducirse el sonido por el oído externo provoca vibraciones en el tímpano, en seguida los huesecillos que siguen al tímpano vibran transmitiendo la información mediante la cavidad del oído medio a la membrana llamada ventana oval que forma el extremo de caracol o cóclea, cuyas variaciones de presión transmitidas por ondas ponen en movimiento las células pilosas y la membrana mediante impulsos al cerebro dando lugar la percepción del sonido (CAR, 2007).

En las siguientes figuras se aprecia las partes del oído y el proceso auditivo que este tiene:

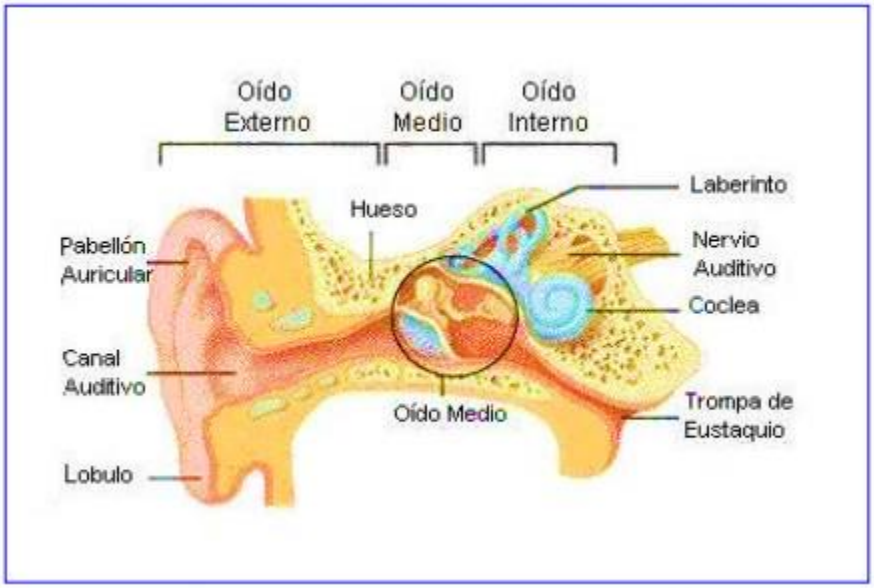

Figura 4. Partes del Oído

Fuente: (Garavito, 2007).

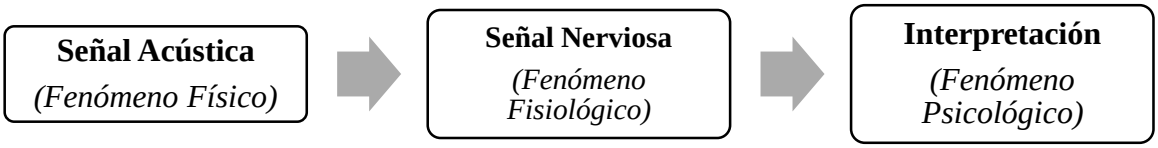

Figura 5. Proceso Auditivo.

Fuente: (Garavito, 2007).

Otro rasgo de importancia para analizar los perjuicios del ruido es la percepción de los receptores, puesto que no todos reaccionan al estímulo del sonido de igual forma, por ello los efectos sobre la salud varían con respecto al tipo de receptor y así mismo la gran variedad de respuestas frente a la molestia para un mismo nivel de ruido (Katherine & Guarnizo, 2017).

Hecha esta salvedad, cuando una persona se encuentra sometida a un nivel de presión sonora mayor a 60dB, las reacciones más conocidas son: aceleración en la respiración y pulso, aumento de la presión arterial, disminución del pertitalismo digestivo que ocasiona gastritis o colitis, problemas neuromusculares que ocasionan dolor y falta de coordinación, disminución de la visión nocturna, aumento de la fatiga y dificultad para dormir (Casallas Heredia & Porras Esguerra, 2017).

Con respecto a lo anterior, y de acuerdo con los valores dados por la OMS, los efectos negativos en la salud se clasifican conforme a los niveles de presión sonora expresados en dB en donde la población detecta sus efectos:

Tabla 5. Resumen de valores críticos OMS.

A partir de este valor en dB	Efectos Nocivos
30	Dificultad en conciliar el sueño. Pérdida de calidad de sueño
40	Dificultad en la comunicación verbal
45	Probable interrupción del sueño
50	Malestar diurno moderado
55	Malestar diurno fuerte
65	Comunicación verbal extremadamente difícil
75	Pérdida del oído a largo plazo
110-140	Pérdida del oído a corto plazo

Fuente: (Barrera, 2014).

En ese orden, se muestra un acercamiento de los generadores de ruido con sus respectivos valores en decibelios, conocida como intensidad sonora:

Tabla 6. Intensidad Sonora.

Variación de intensidad (KPa)	Ejemplo de Ruido	dB
1	Umbral de audición	0
10	Muy silencioso	10
100	Susurro	20
1.000	Ruido muy suave	30
10.000	Interior de una recámara en silencio	40
100.000	Conversación en voz baja	50
1.000.000	Aparato de aire acondicionado	60
10.000.000	Oficina. Tienda	70
100.000.000	Lavadora. Calle con tráfico intenso	80
1.000.000.000	Esmeril	90
10.000.000.000	Martillo automático. Industria textil	100
100.000.000.000	Remachadora. Concierto de rock	110
1.000.000.000.000	Juegos artificiales	120
10.000.000.000.000	Avión reactor despegado	130

Fuente: (Garavito, 2007).

5.4 Disminución de la capacidad auditiva

La pérdida de la capacidad auditiva es la consecuencia negativa por exposición al ruido más conocida y considerada la más grave, que en ocasiones se subestima por no provocar efectos visibles ni dolor alguno (Katherine & Guarnizo, 2017).

El haber estado expuesto a un ruido excesivo durante mucho tiempo, el oído no regresa a su estado prístino, y la pérdida de audición se queda para siempre, la cual no tiene cura, este tipo de malestar puede darse a una exposición prolongada a ruido elevado que en algunos casos a exposiciones cortas de ruidos destacadísimos (Garavito, 2007).

En diferentes estudios comprueban que el ruido constante sobre los 55 dB produce cambios en el sistema hormonal e inmunitario que conllevan cambios vasculares y nerviosos, el aumento de ritmo cardíaco, tensión arterial, empeoramiento de la circulación periférica, el aumento de la glucosa, el colesterol y los niveles de lípidos (Casallas Heredia & Porras Esguerra, 2017).

Así mismo, las repercusiones en el sueño provocando el insomnio, lo que conlleva a un cansancio general que disminuye las defensas y posible aparición de enfermedades infecciosas (Casallas Heredia & Porras Esguerra, 2017). Cabe destacar que una constante por encima de los 45 dB interrumpe un sueño tranquilo (Casallas Heredia & Porras Esguerra, 2017).

5.5 El sueño y su estructura

El sueño considerado una necesidad biológica para los seres humanos, que el objeto de reestablecer funciones físicas y psicológicas que son fundamentales para un pleno rendimiento (Guitiérrez Acosta & Guzmán Florez, 2016).

El sueño presenta dos clasificaciones de manera estructural, el No REM (NREM) y sueño REM (movimientos rápidos oculares, para una persona adulta su sueño inicia con NREM y para los niños comienza con REM (Guitiérrez Acosta & Guzmán Florez, 2016).

No REM (NREM): dividido en cuatro etapas, son las etapas de relajación y descanso:

Etapa I: Se caracteriza por entrar y salir del sueño, con episodios frecuentes de despertar y las sensaciones de "caída". En esta fase, los ojos se mueven lentamente y los músculos entran en estado de relajación e incluso creer que no se está dormido ("LOS CICLOS DEL SUEÑO - IIS," 2018a).

Etapa II: El sueño es más profundo y el tono muscular es más reducido. Los ojos dejan de moverse y las ondas cerebrales se convierten aún más lentas ("LOS CICLOS DEL SUEÑO - IIS," 2018b).

Etapa III: En este estado realmente se descansa y si se despierta se da la sensación de confusión. Es allí donde se dan los trastornos del sueño como sonambulismo, terrores nocturnos y mojar la cama ("LOS CICLOS DEL SUEÑO - IIS," 2018b).

Etapa IV: Se puede conciliar el sueño profundo donde se descansa física y psíquicamente, la actividad cerebral es muy lenta, cuando la persona se encuentra en esta fase es necesario fuertes estímulos táctiles o auditivos para despertarla (Guitiérrez Acosta & Guzmán Florez, 2016).

Etapa REM: En esta fase se sueña, se producen movimientos oculares rápidos, desaparece el tono muscular, otras funciones corporales se mantienen activas como la tensión

arterial, frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, temperatura corporal y cerebral (Guitiérrez Acosta & Guzmán Florez, 2016).

El ciclo del sueño completo, desde la etapa I a la etapa REM, suele durar entre 90 – 110, es decir que puede existir hasta cinco ciclos a lo largo de la noche ("LOS CICLOS DEL SUEÑO - IIS," 2018b).

Tabla 7. Porcentaje de tiempo total de sueño por fase.

FASE 1	**Ocupa entre el 2% y el 5% del tiempo total de sueño**
FASE 2	Ocupa entre el 45% y el 50% del tiempo total de sueño
FASE 3-4	Ocupa entre el 18% y el 25% del tiempo total de sueño
FASE REM	Ocupa entre el 20% y el 25% del tiempo total de sueño

Fuente: (Guitiérrez Acosta & Guzmán Florez, 2016).

5.5.1 Efectos del ruido sobre el sueño

El sueño sin ningún tipo de interrupción es una condición para un correcto funcionamiento fisiológico y mental en personas sanas. El ruido ambiental es una de las principales causas del entorpecimiento en el sueño y cuando se presenta de manera crónica, las consecuencias son cambio de humor, disminución del rendimiento entre otros efectos a largo plazo sobre la salud y el bienestar (OSMAN, 2009).

Los efectos primarios sobre el sueño son: dificultad para quedar dormido, despertar frecuentemente, levantarse demasiado temprano y alteraciones en las etapas del sueño y su profundidad, especialmente una reducción en el sueño REM (OSMAN, 2009).

Otras consecuencias que el ruido provoca durante el sueño es el incremento de la presión arterial, cambios en la respiración, arrítmicas cardiacas, incremento del movimiento corporal (OSMAN, 2009).

La principal consecuencia que puede causar el ruido en el sueño es pasar de un sueño profundo a un sueño más ligero por generación de despertares electrocardiográficos, generando cambios en las etapas del ciclo del sueño, modificando en sí su propia arquitectura, alteraciones que no son percibidas por el afectado. Además, la presencia del ruido en el sueño provoca la necesidad de tener que tomar más tiempo para quedar dormido ("LOS CICLOS DEL SUEÑO - IIS," 2018b).

Por otra parte existen efectos no inmediatos que se pueden medir día después de que se terminen las noches de sueño perturbado, por lo general las evaluaciones subjetivas son la única medida para ver el impacto del ruido por la noche, puesto que otro tipo de colección de información como respuestas endocrinas o grabaciones de sueño salen muy costosas y difíciles de llevar a cabo, estas perturbaciones se ven evaluadas por las quejas acerca de la mala calidad de sueño, despertares nocturnos a menudo acompañados por una calidad deteriorada del periodo diurno y disfunción cognitiva (OSMAN, 2009).

5.6 Índices de calidad de sueño

5.6.1 Índice de Calidad de Sueño de Pittsburgh (ICSP)

Esta escala fue desarrollada por Buysse y coautores, para valorar la calidad del sueño durante último mes y distinguir las personas que duermen bien de las que duermen mal. Este instrumento ha sido validado en diversos países y traducido a muchos idiomas incluyendo el español. El Cuestionario cuenta con 19 preguntas de autoevaluación y 5 preguntas dirigidas al compañero de habitación o de cama, siendo solo las primeras 14, las utilizadas para la obtención de la puntuación global (Saavedra Castillo et al., 2013).

Estas preguntas se organizan en 7 componentes: calidad subjetiva de sueño, latencia, duración, eficiencia, perturbaciones del sueño, uso de medicación para dormir, disfunción diurna. La suma de las puntuaciones de estos componentes da una puntuación total que varía entre 0 y 21 puntos, siendo una puntuación menor de 5, denominada “Sin problemas de sueño”, entre 5 a 7 como “Merece atención médica”, entre 8 y 14 como “Merece atención y tratamiento médico” y cuando la puntuación es de 15 a más, “se trata de un problema de sueño grave”. Por tanto, a mayor puntuación menor calidad de sueño (Saavedra Castillo et al., 2013).

5.6.2 Escala de Somnolencia de Epworth (ESE)

Instrumento creado por Murray Jhons EN 1991 y validad por Colombia por Chica Heydy, Escobar Córdoba Franklin y Eslava Schmalbach Javier, de la facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia, que fue configurada a las condiciones de vida urbana en la en las personas adultas de Colombia. Catalogado como confiable, válida y sensible, con una consistencia interna (α de Cronbach) de 0,85 (Guitiérrez Acosta & Guzmán Florez, 2016).

Para la versión ESE-VC es una escala tipo Likert que determina y/o mide la somnolencia diurna en 8 distintas situaciones de la vida diaria. Los rangos de puntuación son entre 0 a 24, considerándose mayor a 10 como positivas para padecer somnolencia, y en cuanto se mayor la puntuación mayor será el caso de gravedad de somnolencia (Guitiérrez Acosta & Guzmán Florez, 2016).

5.7 Cálculo para la determinación del tamaño de una muestra en la aplicación de encuestas

Ahora bien, para determinar el tamaño de la muestra y aplicar el instrumento a través de una encuesta se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Los encuestados ser mayores de edad y residentes de la localidad
- Un margen de error aproximado del 5% Con un nivel de confianza 95%
- Tipo de muestro aleatorio simple

Dado que la percepción de la calidad del sueño es tan susceptible a la cantidad variables que puedan presentar el encuestado, como su tipo de trabajo, estilo de vida, genero, edad, lugar de residencia, nivel de estrés entre muchas otras.

Por otro lado, se determina el tamaño de la muestra, esta se conoce como la cantidad de respuestas que la encuesta recibe y se llama muestra porque solo representa parte del grupo de personas o población objetivo cuyas opiniones o comportamientos son de interés (SurveyMonkey, n.d.).

La técnica de muestreo utilizada para la presente investigación fue la de muestreo aleatorio simple, es la que garantiza que todos los individuos que componen la población tienen la misma oportunidad de ser incluidos en la muestra, significa que la probabilidad de selección de un sujeto a un estudio, es independiente de la probabilidad que tiene los demás sujetos que forman parte de la población (Otzen & Manterola, 2017).

A continuación, el cálculo del tamaño de la muestra:

Ecuación 1. Cálculo del tamaño de la muestra.

$$Tamaño\ de\ la\ muestra = \frac{\frac{z^2 * p\ (1-p)}{e^2}}{1 + (\frac{z^2 * p\ (1-p)}{e^2\ N})}$$

Donde:

N = Tamaño de la población

p = Margen de error (porcentaje expresado con decimales)

z = puntuación z

e = proporción esperada (en este caso del 2,3%)

5.8 Problemática de ruido en los aeropuertos internacionales

Existe una variedad de investigaciones a nivel mundial con respecto a la situación del ruido aeroportuario, su impacto y los procedimientos de atenuación y/o mitigación. Los siguientes son algunas investigaciones relevantes.

Tabla 8. Situación Internacional del ruido en aeropuertos.

Estudio	Resultados
El mapeo del ruido ambiental del aeropuerto y la gestión del uso del suelo como una herramienta de política de acción de protección ambiental El caso del aeropuerto internacional de Larnaka (Chipre). Año 2012	Planes de acción contra el ruido de aeronaves, aportando elementos a la gestión del uso del suelo en el entorno del aeropuerto. Se realiza dos procedimientos de evaluación y de acción en la zona de influencia. a. Cálculo completo de mapa de ruido en dos escenarios, el actual y el prospectivo. b. Evaluación de los resultados con énfasis de la exposición a varios niveles de ruido de la población cercana al aeropuerto Y por último una evaluación de los planes de acción contra el ruido.
Optimización de impacto múltiple para reducir el ruido y las emisiones de la aviación. Luxemburgo	Problemática de evaluación y minimización de ruido en el entorno del aeropuerto de Luxemburgo. Realizan evaluación del ruido en el entorno urbano al aeropuerto, con indicadores relacionados a las trayectorias de aproximación y despegue de aviones, haciendo uso de satos de operación, en particular con la línea aérea de carga.

Año 2010	Así mismo los autores implementan un conjunto de escenarios basados en trayectorias, programación de los vuelos y composición de flotas, todo con el objeto de llevar al mínimo impacto medioambiental.
Modelado de contaminación acústica y exposición humana estimada alrededor del aeropuerto de Estambul Atatürk en Turquía. **Año 2014**	Calcularon los niveles de exposición al ruido en la proximidad del aeropuerto Atatürk de Estambul, esto fueron los resultados más relevantes: a) El 1,2% de la superficie de la ciudad de Estambul excede el umbral de 55 dB(A) en el día. b) El 1,3% de la población está expuesta a 55 dB(A) o incluso más altos. c) El 1% de la población se encuentra sometida a niveles de ruido superior a 65 dB(A) d) Como única solución para mitigar el ruido, restricción del uso del aeropuerto. Concluyen que los cambios en programación de uso de pistas y sus respectivas actividades, no darán solución real a la reducción de niveles de ruido, reafirmando que la restricción de la utilización del aeropuerto y mejora de las normas son las únicas soluciones que pueden aplicar.
Evaluación de ruido y esquemas de mitigación para el aeropuerto de Hurgada. Egipto **Año 2007**	El enfoque de análisis para la evaluación, como el ruido del aeropuerto en Egipto ocasionaba impacto en el entorno de este. El ruido de las aeronaves fue modelado utilizando el Modelo Integrado de Ruido (INM), con el fin de simular el presente y el prospectivo, teniendo en cuenta las variables de aumento en las operaciones del aeropuerto y crecimiento urbano de la región próxima al aeropuerto. Los autores sugieren a partir de los resultados esquemas de mitigación de ruido, con el fin de aliviar el impacto de la contaminación actual y futura.
Mapeo de ruido en la UE. Modelos y procedimientos. Estados Unidos. **Año 2013**	Estimaron el impacto que tiene el ruido del aeropuerto de Italia y su influencia en la población cercana a este con el Modelo Integrado de Ruido (INM). Lograron hacer simulaciones para el presente y futuro, incluso con la variable de medidas de reducción de ruido. Así bien, cuantificaron el impacto social de fenómeno, con respecto al aumento o disminución en el número de personas expuestas en el entorno. Concluyeron que el hecho de aplicar las medidas de mitigación propuesta contribuiría en reducir el impacto de ruido sobre en la población.
Aliviando el concepto (Enfoque equilibrado) a aeropuertos con entornos	Analizaron el concepto de “Enfoque equilibrado”, en la mitigación de la contaminación acústica en los aeropuertos de Brasil (Caso de estudio Aeropuerto de Congonhas en la ciudad Sao Paulo).

densamente ocupados. El caso del aeropuerto de Congonhas. Brasil Sao Paulo. Año 2016	El resultado más relevante que a través de la reprogramación del 13% de las actividades diarias, en los periodos más críticos, produciría un cambio significativo del 50% en la disminución del área afectada por el ruido.
Evaluación del uso del suelo. compatibilidad y contaminación acústica en Imam Khomeini Aeropuerto Internacional. Año 2014. Irán	Se realizó el estudio de planificación del uso del suelo alrededor de los aeropuertos, determinado como fuentes de contaminación acústica, caso de estudio el aeropuerto de Teherán de Irán. En mapas de ruido simularon distintos escenarios, presente y prospectivo, con ello evaluaron los resultados en énfasis al uso del suelo del área de estudio y la afectación de los residentes a los diferentes niveles de la presión sonora, junto con la intensidad de molestia por el ruido de los aviones tanto en el día como en la noche. Las predicciones declaran que hay aumento en la contaminación acústica y el crecimiento demográfico en la zona de impacto, considerando que debe existir una adecuada gestión y control del ruido en el aeropuerto. Por último, reiteran que las estrategias de mitigación reducen el impacto negativo del ruido, que deberá ir de la mano con la planificación de las comunidades circundantes para atender los conflictos de uso del suelo.
Estimación de los impactos del ruido del aeropuerto en salud pública. Un estudio de caso de Izmir Adnan Menderes Aeropuerto Año 2015 Dokuz Eylül	El caso de estudio de un aeropuerto en Turquía, concluyen que no es suficiente estimar con precisión los efectos del ruido en la salud pública generado por el aeropuerto solo con el uso de encuestas y monitorizaciones. De manera que ellos sugieren la creación de mapas de ruido, para identificar los puntos conflictivos de ruido en todas las zonas afectadas y así facilitar la formulación de políticas de acuerdo con la reducción del impacto acústico. Afirman que los planes de mitigación a realizar deberán iniciar desde los mapas de ruido.
Efectos ambientales del aeropuerto nodos: un enfoque metodológico Año 2010 Un enfoque sistemático para evaluar la efectividad de la mitigación del ruido del aeropuerto estrategias Año 2016 Bolonia (Italia)	Una propuesta de evaluación para determinar los efectos de las acciones adoptadas para la reducción del impacto del ruido del aeropuerto en zonas pobladas. Variables como: El número de despegue y aterrizajes, la distribución de mañana, tarde y noche de movimientos, tipo de aeronave, trayectorias de aproximación y despegue, y características del uso del suelo, todo ello combinado para sintetizar en un índice de los impactos del ruido del aeropuerto y el territorio circundante. Concluyen que la fiabilidad de sus resultados permite el proceso de evaluación propuesto como sistema de ayuda a la toma de decisión de la gerencia del aeropuerto.

Fuente: (Diaz Olariaga, 2018)

5.9 Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

Con respecto a los múltiples efectos que se desglosan de las actividades de los aeropuertos, el ruido representa ser un contaminante de alto impacto ambiental, y por ello establecer medidas mitigación, prevención, corrección y/o compensación no siempre se dan de manera sencilla, así mismo el concepto de ruido y ruido ambiental se puede interpretar desde diferentes perspectivas, y al mismo tiempo las afectaciones que experimentan las áreas de influencia.

Primeramente, el concepto de impacto ambiental es considerado para (Conesa Fernandez - Vitora, 2010), una acción consecuencia de un proyecto o actividad que produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de los componentes del medio, (ver figura 5) sin embargo, cabe destacar que el termino impacto no implica negatividad puesto que se puede dar de manera positiva o negativa. Dicho lo anterior estas acciones son sometidas a evaluaciones específicas que buscan identificar el grado de perturbación sobre el área afectada.

Así bien el propósito consiste en establecer un equilibrio entre el desarrollo de acciones humanas y el medio ambiente, sin tener que ser una obstrucción para el progreso, sino al contrario un instrumento operativo para impedir sobreexplotaciones del medio natural (Conesa Fernandez - Vitora, 2010).

De manera que, se puede describir como Evaluación de Impacto Ambiental el procedimiento jurídico-administrativo que tiene por objetivo la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad generaría al ser ejecutado, junto con la prevención, la corrección y valoración de los mismos, para que finalmente sea

aceptado, modificado o rechazado por las administraciones competentes (Conesa Fernandez - Vitora, 2010).

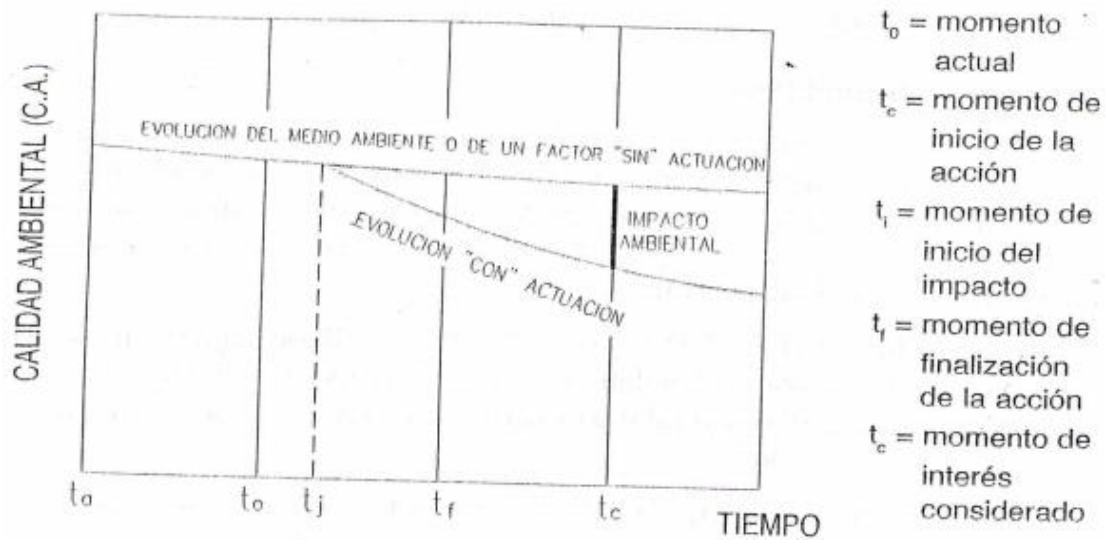

Figura 6. Impacto Ambiental.

Fuente: (Conesa Fernandez - Vitora, 2010).

Teniendo en cuenta que el EIA permite que sea utilizado como instrumento de conocimiento al servicio de la decisión y no instrumento de decisión, por ello cada vez que se habla de Evaluación de Impacto Ambiental se refiere a un proyecto, obra o actividad específica como: tipo de obra materiales, procedimientos constructivos, trabajaos de mantenimiento en la fase operativa entre otros.

De manera que la EIA puede ser un procedimiento para aprobar, modificar o rechazar un proyecto o permitir la elaboración de un análisis encaminado a identificar las alteraciones que el proyecto o actividad produce en la salud humana y el medio ambiente.

Por otro lado para (Garmendia Salvador, Salvador Alcaide, Crespo Sanchez, & Garmendia Salvador, 2005), describen el ambiente como un sistema de alteraciones, donde se

pueden producir efectos ambientales. Para que este efecto ambiental se pueda considerar un impacto hace falta valorarlo y por lo tanto decir si este cambio se considera positivo o negativo y en qué medida, por consiguiente, el impacto ambiental será la alteración de la calidad del medio ambiente producida por una actividad humana directa o indirectamente.

Considerando ahora, la definición de evaluación de impacto ambiental de (Goméz Orea & Gómez Villarino, 2002), dice ser un proceso de análisis, más o menos largo y complejo, encaminado a que los agentes implicados formen un juicio previo, lo más objetivo posible sobre los efectos ambientales de una acción humana prevista y sobre la posibilidad de evitarlos, reducirlos a niveles aceptables y compensarlos.

6 MARCO LEGAL

Teniendo en cuenta lo estipulado en la organización de aviación civil internacional OACI que busca la preservación del medio ambiente, trabaja de la mano con las Normas Nacionales de Colombia para mitigar, e implementar metodologías para reducir dicho impacto sonoro que es causado y propagado por la actividad aeroportuaria.

A continuación, en la tabla 7, se expone la legislación ambiental aplicable a la presente investigación:

Tabla 9. Normatividad de Ruido en Colombia.

Normas	Entes	Referencia	Principios Fundamentales

Resolución 627 Del 07 De abril De 2006.	Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial/ Colombia	Norma Nacional De Emisión De Ruido Y Ruido Ambiental.	Artículo 12. Ruido de Aeronaves: Para efectos de la emisión de ruido de aeronaves se tendrá en cuenta lo consagrado en la Resolución 2130 de 2004 de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil o la que la adicione, modifique o sustituya. Artículo 13. Ruido de Aeropuertos: Los aeropuertos son considerados como sectores industriales y el ruido debe ser evaluado según lo estipulado en la presente resolución para este tipo de sectores.
Resolución 2130 Del 6 De mayo Del 2013	Unidad Administrativa Especial De Aeronáutica Civil	Por La Cual Se Adicionan Y Modifican Las Partes Primera, Y Séptima De Los Reglamentos Aeronáuticos De Colombia Y Se Adopta Una Parte Once, Sobre Disposiciones Ambientales	Que la operación de aeronaves en inmediaciones de los aeropuertos podría afectar adversamente a la comunidad en la superficie, mediante la emisión de ruido en cantidades superiores a las permitidas, si no se toman las medidas necesarias para cuantificar dichos niveles de ruido, vigilar su emisión y atenuar sus efectos. Que el anexo 16 del Convenio sobre aviación civil internacional desarrolla normas sobre niveles máximos de ruido admisible a las aeronaves de acuerdo con su peso y año de certificación, haciéndose necesaria la adopción de normas que garanticen la observancia de tales parámetros.
Resolución 3185 Del 13 De agosto De 2004	Aeronáutica Civil / Colombia	Manual De Atenuación De Ruido Para El Aeropuerto Internacional El Dorado De Bogotá.	Artículo 1°. En desarrollo de lo previsto en la Parte Once de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia, se adopta el Manual de Atenuación de Ruido para el Aeropuerto Internacional El Dorado de la ciudad de Bogotá
Decreto 2564 Del 23 De diciembre De 1999.	Presidencia De La República De Colombia.	Por El Cual Se Establece El Término En El Cual Pueden Operar En El Espacio Aéreo Colombiano Las Aeronaves Que	ARTICULO 1o. A partir del 1o. de enero del año 2003, los explotadores aéreos solamente podrán operar en el país, si la totalidad de sus aeronaves cumplen con los niveles de ruido previstos en

		No Cumplan Con Los Niveles De Ruido	el Capítulo III del Anexo 16 al Convenio de la Aviación Civil Internacional
Resolución 6918 De 19 De octubre De 2010	Secretaria Distrital De Ambiente	Por La Cual Se Establece La Metodología De Medición Y Se Fijan Los Niveles De Ruido Al Interior De Las Edificaciones (Inmisión) Generados Por La Incidencia De Fuentes Fijas De Ruido	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido al interior de edificaciones receptoras por la incidencia del ruido generado por fuentes fijas externas expresado en decibeles dB(A). Periodo diurno: PD, periodo nocturno: PN. Edificaciones de uso Residencial, edificaciones de uso Institucional (Oficinas Públicas y/o Privadas) y edificaciones de usos dotacionales contempladas en el POT PD: 55, PN: 45. Áreas comunes en edificaciones destinadas a actividades comerciales. PD: 70, PN: 70.
Ley 232 De 1995	Congreso De La República	Por Medio De La Cual Se Dictan Normas Para El Funcionamiento De Los Establecimientos Comerciales	Se dictan las normas para el funcionamiento de establecimientos de comercio, donde en materia de ruido se establece que los establecimientos de comercio deberán reunir los requisitos referentes a intensidad auditiva
DECRETO 1076 DE 26 De mayo De 2015	El Presidente De La República De Colombia	Por Medio Del Cual Se Expide El Decreto Único Reglamentario Del Sector Ambiente Y Desarrollo Sostenible	Compila las disposiciones reglamentarias del Sector Ambiente. Reglamenta el control a emisiones de ruidos, las funciones de las autoridades ambientales en relación con la calidad y el control de la contaminación del aire

Fuente: Autores, 2019.

Los aeropuertos según la Resolución 627 (Ambiente & Vivienda, 2006), son catalogados como un sector industrial que deben ser controlados y evaluados, con el objetivo de mitigar el ruido que producen; es responsabilidad de la Autoridad Aeronáutica dar estricto cumplimiento a lo pactado en la resolución 304 del 20 de Febrero de 2007 del Ministerio de Ambiente, en cuanto a la operación de las pistas y horarios de uso, para no importunar a las localidades aledañas.

Además, por medio de los manuales de abatimiento de ruido que fueron convenidos en la Resolución 3185 del 13 de agosto del 2004 de la Aeronáutica Civil, se deben buscar medidas que logren reducir los impactos que afectan a la localidad de Fontibón.

Dentro de este marco legal, la siguiente tabla identifica los niveles de ruido permitidos en el horario diurno y nocturno.

Tabla 10. Nivel Sonoro Promedio Día-Noche (dB).

Zonas	**Día**	**Noche**	**Norma**
	(7 - 21 h) dBA	(21 - 7 h) dBA	
A. Zona de tranquilidad y silencio: Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos	55	45	Resolución 627 Del 07 De abril De 2006.
B. Zona de tranquilidad y ruido moderado: Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes. Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación. Parques en zonas urbanas de diferentes a los parques mecánicos al aire libre.	65	50	
C. Zona de ruido intermedio restringido: C.1. Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	70	Resolución 627 Del 07 De abril De 2006.
C.2. Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes,	75	55	

bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.			
C.3. Zonas con usos permitidos de oficinas. Zonas con usos institucionales.	65	50	
C.4. Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales.	80	70	
D. Zona suburbana o rural de tranquilidad y ruido moderado: Residencial suburbana. Rural habitada destinada a explotación agropecuaria. Zonas de recreación y descanso, como parques y reservas naturales.	55	45	
Aeropuerto El Dorado (para mitigación)	Ldn = 65 dB(A) (con mitigación por encima de este nivel)	Resoluciones 1330 y 1389 de 1995 del Ministerio del Medio Ambiente	
Ruido de aviones: 450 m lateral máximo ruido y 6.500 m en sobrevuelo a partir inicio Pista	Variables según peso máximo de despegue y número de motores de aeronaves.	OACI, Anexo 16 (homologación de aeronaves por ruido) Documento AC36-1G Appendix 1, 08/27/97, OACI	
Por tratarse de una zona portuaria, a los aeropuertos les corresponde la clase C.1, con niveles máximos permisibles de 75 dBA en el día y 70 dBA en la noche.			
Estas normas son obligatorias para la Aeronáutica Civil. En ellas se establece el límite máximo permisible de ruido ambiental en la zona de influencia del aeropuerto en 65 dBA de nivel sonoro promedio día-noche (Ldn), por encima del cual se debe hacer mitigación del ruido.			

Fuente: (Barrera, 2014).

7 METODOLOGÍA

En esta sección se presenta el proceso propuesto para llevar a cabo los objetivos del estudio.

7.1 Caracterización del ruido ambiental por las actividades del aeropuerto el dorado en la localidad de Fontibón.

Para la medición del componente atmosférico (niveles de ruido) sobre la localidad de Fontibón, se aplicó el procedimiento que se denota en los capítulos II y III del anexo 3 de la Resolución 627 (Ambiente & Vivienda, 2006)

7.1.1 Para la medición del ruido ambiental

- Se realizó la descripción general del área de influencia, identificando el impacto del componente atmosférico (niveles de ruido) que tienen las actividades en el ambiente, en seguida, se realizó la medición del ruido ambiental instalando el micrófono a una altura de 4 metros a partir del suelo con una distancia equidistante de fachadas o muros en los puntos de medición.

- Cada medición fue efectuada por la distribución de los 15 minutos, según el artículo 5 de la Resolución 627 (MINISTERIO DE AMBIENTE, 2006), que debe constar de cinco mediciones parciales distribuidas en tiempos iguales, con orientaciones diferentes que son: Norte, Sur, Este, Oeste y Vertical hacia arriba.

- Para la prevención de posibles errores, el micrófono fue protegido por una pantalla anti-viento y adaptado a un trípode con la altura definida, si el viento superaba la velocidad de

3 m/s y/o se encontraba en estado de lluvia no se realizaba la medición hasta que cambiara dichas condiciones, menos aun si los pavimentos se encontraban húmedos.

- Durante el monitoreo, la calibración acústica del sonómetro se realizaba siempre antes de cada medición, y posteriormente se le da la altura correspondiente. Las mediciones se hicieron con el sonómetro *Class 2 Data Logging Sound Level Meter with Certificate PCE-428,* y para ello el nivel sonoro determinado fue expresado en decibeles corregidos por frecuencia conforme a la curva de ponderación normalizada tipo A (dB(A)).

- Para el monitoreo meteorológico se utilizó un anemómetro para llevar el debido registro.

A continuación, el siguiente Flujograma utilizado como recurso para la medición del ruido ambiental.

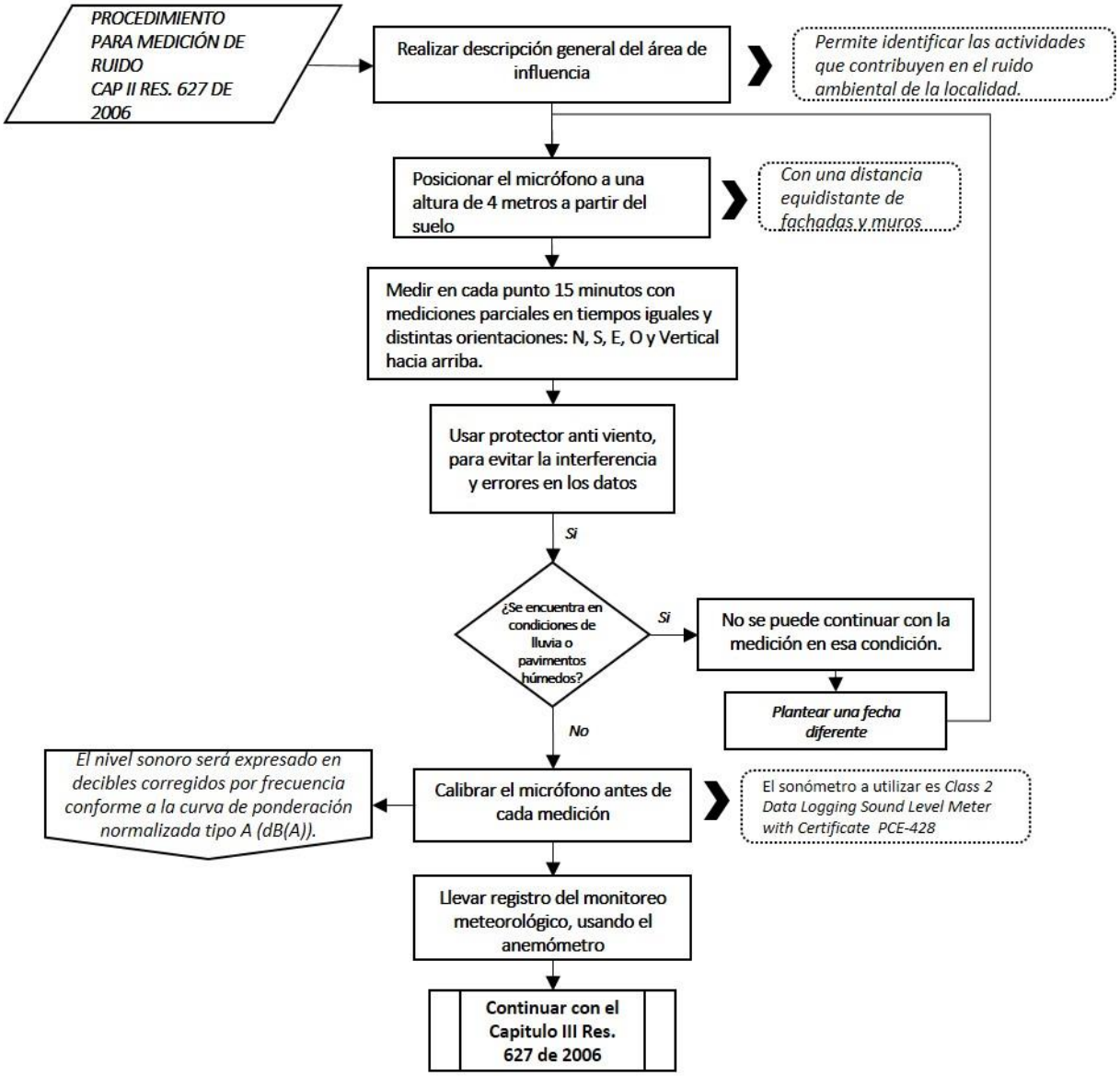

Figura 7. Procedimiento para la medición de ruido Cap. II Res. 627 de 2006.

Fuente: Autores, 2019.

7.1.2 Determinación del número de puntos y de los tiempos de medición para el ruido ambiental

- En la definición del objetivo y la evaluación planteada para la presente investigación, el ruido que se genera de la actividad del tráfico aéreo se representa en el ruido ambiental de la localidad de Fontibón.

- Luego de ello se determinaron las áreas y los puntos en donde se llevaron a cabo las mediciones, con respecto a los sectores o subsectores establecidos en la tabla 2 de la Resolución 627 (Ambiente & Vivienda, 2006)

- Se realizó el diseño de una retícula con las distancias máximas para la ubicación de sitios de medida, de igual forma, para este monitoreo se estableció el número de horas diurnas y nocturnas, y los días específicos en que se realizó el sondeo, días ordinarios y/o festivos durante uno o dos meses.

- Simultaneo al monitoreo se desarrollaron las encuestas a la población para distinguir la percepción que hay del ruido ambiental sobre la localidad, donde se recolectó información sobre fuentes de ruido, variaciones de tráfico, épocas del año más ruidosas durante el día o la noche y la percepción de acuerdo con la calidad del sueño con la aplicación del instrumento índice de calidad de sueño de Pittsburgh.

- Los sitios y tiempos de medida, se establecieron en el cronograma para ejecutar la mediciones de ruido ambiental establecidos en el artículo 17 de la Resolución 627

(Ambiente & Vivienda, 2006), y posterior a ello los resultados fueron comparados con los estándares máximos permisibles de niveles determinados por dicha resolución.

- Finalmente se realizó un mapa de ruido como parte del producto final utilizando el Software de sistemas de información Geográfica ArcGIS, en su versión 10.5 el cual requiere una hoja de cálculo con los datos colectados (por ejemplo Excel), se escogió este software dado que su utilización es amplia en diferentes entidades de orden local, regional y nacional y que a su vez es compatible en bases de datos de estudio para posteriores investigaciones, que tendrá como objeto ser herramienta para el buen desarrollo del proyecto en el cual se efectúa el estudio.

A continuación, el siguiente Flujograma utilizado como recurso para la determinación de número de puntos y de los tiempos de medición para el ruido ambiental.

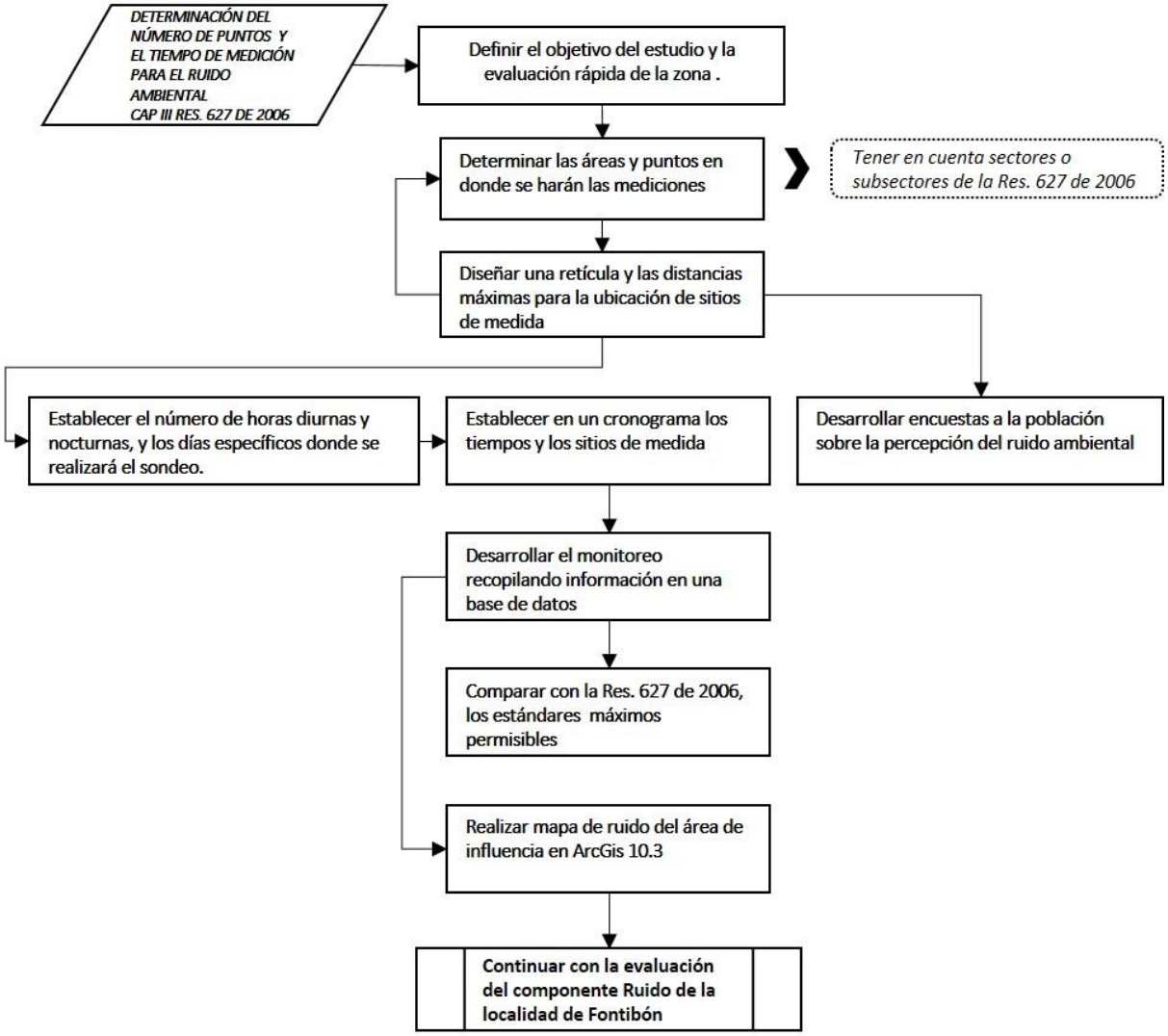

Figura 8. Procedimiento para la medición del ruido Cap. III Res. 627 de 2006.

Fuente: Autores, 2019.

Con respecto a lo anterior, se establecieron 36 puntos de monitoreo en horario diurno y nocturno; la siguiente es la grilla utilizada como recurso para ubicar espacialmente los puntos de acuerdo con las condiciones de la resolución 627 de 2006.

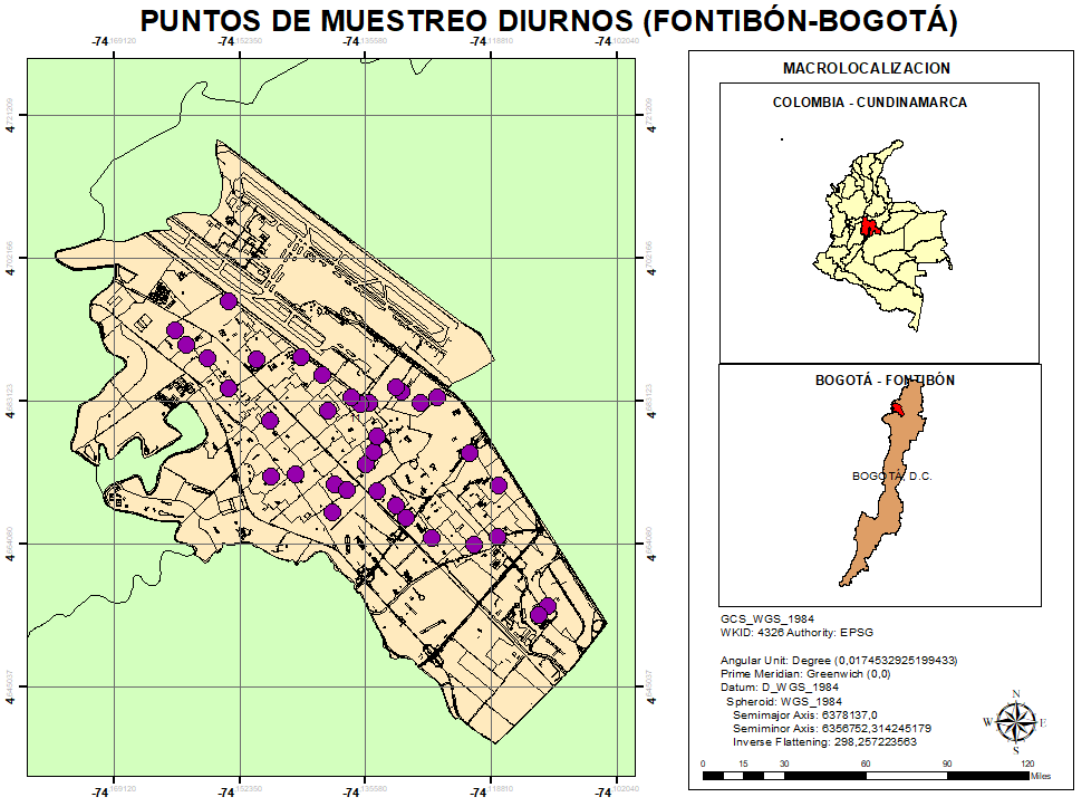

Figura 9. Puntos de muestreo diurno.

Fuente: Autores, 2019.

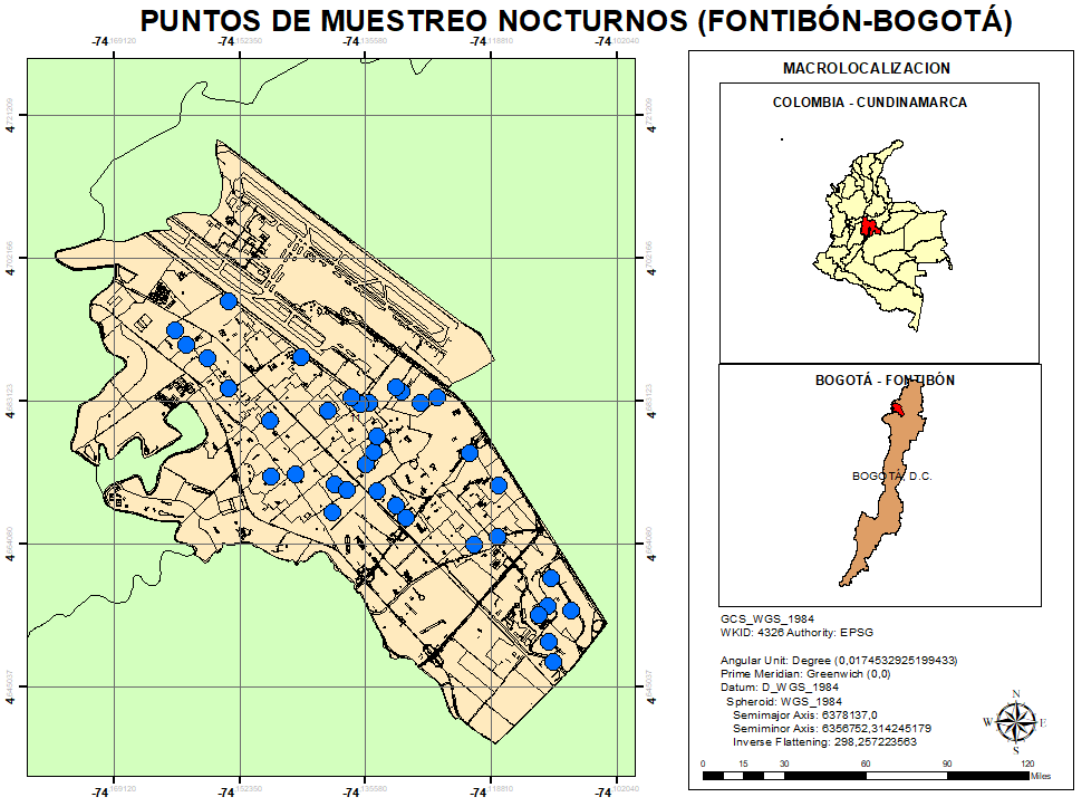

Figura 10. Puntos de muestreo nocturno.

Fuente: Autores, 2019.

7.2 Elaboración de mapa de ruido diurno y nocturno de la localidad impactada (Fontibón) por el aeropuerto el Dorado.

Para la elaboración de la representación cartográfica de los niveles sonoros por las actividades del aeropuerto en la localidad de Fontibón, se hizo uso del software Sistema de información Geográfica ArcGIS, en su versión 10.5. En vista de que esta herramienta es de amplia utilización en las Entidades de orden local, regional y nacional, y presenta compatibilidad con diferentes bases de datos.

Dicho lo anterior se adaptó la guía metodológica para la generación de mapas de ruido utilizando el software ArcGIS por Alberto Cano que se encuentra en su estudio llamado "Metodología para el análisis de la dispersión del ruido de los aeropuertos, estudio de Caso: Aeropuerto Olaya Herrera de la ciudad de Medellín.

La herramienta que se utilizó para la elaboración de los mapas de ruido se conoce como Inverse Distance Weighted (IDW), que según (Cano Álvarez, 2009) El IDW, es un método de interpolación que asume que la variable a interpolar, tiene un comportamiento de aumento o disminución de su valor en función de un cambio de la distancia desde una fuente.

Así bien la guía describe como llevar a cabo el proceso con un paso a paso descriptivo para producir dichos mapas de ruido, técnicas de organización de la información y el manejo de herramientas del programa.

A continuación, breve descripción del proceso para la realización de mapas

Se transfieren los datos ".csd" y ".oct" del sonómetro al ordenador, que por medio del software POST PROCESS OF SLM FILES fueron registrados y ordenados en Excel, en seguida para la obtención del resultado de dB(A) por punto, se resuelve la ecuación que consta de cinco (5) mediciones parciales distribuidas en tiempos iguales: Norte, Sur, Este, Oeste y Vertical hacia arriba. El resultado es obtenido mediante la expresión establecida en el marco teórico según la resolución 627/2006

- ArcGIS, requiere inicialmente, una hoja de cálculo (por ejemplo, Excel) que contenga las siguientes columnas: **Punto:** Identificador del punto de medición, **Coo_X:** Grados decimales Este, **Coo_Y:** Grados decimales Norte y **Leq_dB (A)**: Nivel de presión sonora

en decibeles, dividido tanto como para diurno como nocturno. Este archivo es guardado bajo el nombre de “Mapa”

- Se importa el archivo “Mapa” al software ArcGIS 10.5 para cargar los puntos diurnos y nocturnos al diseño del mapa, con la opción “Display XY Data” para cada una de las hojas.

- En seguida, se asigna las correspondientes columnas, para XField los Grados decimales Este, para Yfield los Grados decimales norte y en Zfield los dB(A). Llegado a este punto, se ajustan las coordenadas a “WGS 1984” en Coordinate system of input Coordinates.

- Ahora bien, con los puntos en el ArcGIS 10.5, se hace uso de la herramienta IDW (Spatial Analyst), para destacar los puntos diurnos y nocturnos según corresponda con la opción “Input point features”, y para “dB(A) la ventana Z value field.

- Para realizar la interpolación se procede a “Environment Setting”, y luego en “Processing Extent” se selecciona “Same as Display”, realizada esta acción, se dan los rangos de colores para diferentes dB(A) según lo establecido en la resolución 627/2006 en el anexo 5, esta modificación se hace en las propiedades del Layer creado por la herramienta IDW (Spatial Analiyst) en su simbología y clasificación.

Tabla 11. Combinación de colores para representaciones gráficas cada 5 dB(A)

Zona de Ruido dB(A)	**Color**

<35	Verde claro
35 a 40	Verde
40 a 45	Verde oscuro
45 a 50	Amarillo
50 a 55	Ocre
55 a 60	Naranja
60 a 65	Cinabrio
65 a 70	Carmín
70 a 75	Rojo lila
74 a 80	Azul
80 a 85	Azul oscuro

Fuente: (Ambiente & Vivienda, 2006)

- Cargado el patrón del ruido ambiental, se incorporan los shapes de Colombia, Bogotá y Fontibón. Para generar un corte con la herramienta Raster Processing, Clip, especificando el patrón del ruido para Fontibón – Bogotá.

7.3 Evaluación de la calidad de sueño en la localidad de Fontibón.

Para la evaluación de la calidad del sueño en la localidad de Fontibón se empleó el instrumento índice de calidad de sueño de Pittsburg ICSP, que es de aplicativo en diferentes estudios a nivel mundial (Luna-Solis, Robles-Arana, & Agüero-Palacios, 2015).

La encuesta para esta investigación fue la adaptación en versión colombiana (VC) por Escobar y Eslava, quienes validaron el contenido de la versión castellana de Schmalbach. En ella obtuvieron un coeficiente alfa de Cronbach de 0,78 para la escala global; y con coeficientes

de confiabilidad mayores al 70%. Es así, que la validación de criterio y concurrente de la prueba arrojó que el ICSP-VC es capaz de encontrar diferencias en las puntuaciones entre las personas con características clínicas de malos dormidores (Luna-Solis et al., 2015).

Se realizaron cambios en la introducción de la encuesta sin alterar su orden, ver encuesta aplicada en los anexos de la presente investigación.

Como criterio significativo el público objetivo a encuestar debía cumplir con dos criterios mínimos, uno ser mayores de 18 años y segundo, residentes únicamente en la localidad de Fontibón.

El tamaño de la población será la cantidad total de personas cuya opinión o comportamiento representará la muestra, que para el caso será la cantidad total de habitantes de Fontibón (413743 hab.).

El nivel de confianza es la probabilidad de que la muestra refleje de forma precisa las actitudes de la población, el estándar recomendado es que sea mayor al 90%.

El margen de error se conoce como el rango (medido como porcentaje) en el que las respuestas de la población pueden variar de las de la muestra

La puntuación z es la cantidad de desviaciones estándar que una proporción determinada se aleja de la media, para el presente estudio si el nivel de confiabilidad es de 95% la puntuación z será 1,96.

Finalmente, el tamaño de la muestra para esta investigación es:

$$Tamaño\ de\ la\ muestra = \frac{\frac{1{,}96^2 * \ 0{,}05\ (1 - 0{,}05)}{0{,}023^2}}{1 + (\frac{1{,}96^2 * \ 0{,}05\ (1 - 0{,}05)}{0{,}023^2\ * 413734})}$$

Tamaño de la muestra = 344,65

Por consiguiente, a este resultado se hizo un total de 354 encuestas aumentando el tamaño de la muestra, lo que significa que hay menos probabilidad de que los resultados sean una coincidencia (SurveyMonkey, n.d.).

7.4 Cuantificar el impacto ambiental del componente atmosférico (niveles de ruido) en la localidad de Fontibón

Con respecto a la evaluación de las emisiones de ruido generadas por el aeropuerto, se adaptó la Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental de (Conesa Fernandez - Vitora, 2010), con las características del proyecto para definir y ponderar los criterios de evaluación y determinar la importancia de los efectos.

Para la identificación del impacto se implementó una matriz Causa – Efecto, relacionando las diferentes actividades desarrolladas y sus repercusiones para los diferentes elementos ambientales, y así se da una interpretación inicial de los componentes más afectados y de las acciones impactantes.

A partir de ello, la valoración cualitativa de los impactos ambientales, efectuando la matriz de importancia, para identificar el nivel de importancia del impacto ambiental generado por una acción simple de una actividad sobre un factor ambiental.

En tabla 10 se hace la descripción de los criterios que se tienen en cuenta para la valoración de la importancia de los impactos identificados:

Tabla 12 Criterios para la valorización de los impactos ambientales.

Carácter (CR)	**Modificación del elemento en términos de sus características iníciales.**	**Positivo si genera cambios favorables sobre el elemento ambiental afectado**	**(+)**
		Negativo si los cambios son perjudiciales.	(-)
Magnitud (MG)	Se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor en el ámbito específico en que actúa. Expresa el grado de destrucción del factor considerado en el caso que se produzca un efecto negativo, independientemente de la extensión afectada. Puede producirse una intensidad muy alta, pero en una extensión pequeña. La valoración según la intensidad del impacto	Magnitud **baja**	1
		Magnitud **media**	4
		Magnitud **alta**	8
Cobertura (CO)	Se refiere al área del entorno socioambiental que en teoría se vería afectada por el efecto generado sobre una variable específica	**Puntual**: efectos generados en el área directamente intervenida por el proyecto.	1
		Local: efectos que trascienden las áreas directamente intervenidas por el proyecto, sin llegar a abarcar la totalidad del área de estudio	4
		Regional cuando el efecto social, físico o biótico abarca el área de estudio en la totalidad de su extensión y/o puede llegar a trascenderlo, hasta llegar al orden municipal.	8
Duración (DR)	Se refiere al tiempo que supuestamente permanecerá el efecto desde su aparición y a partir del cual comienza su proceso de recuperación, con o sin medidas de manejo.	**Fugaz:** si el efecto persiste por menos de un (1) año	1
		Temporal: si el efecto persiste por 1 a 10 años.	4
		Pertinaz: si el efecto persiste de 11 a 15 años.	8
		Permanente: si el efecto persiste por un tiempo indefinido o mayor a 15 años.	12
Reversibilidad (RS)	Capacidad del medio socioambiental para asimilar naturalmente un efecto generado por una o varias actividades del proyecto, de forma que activa mecanismos de autodepuración, sin la implementación de medidas de manejo, una vez desaparece la acción causante de la Modificación. El impacto será reversible cuando el factor ambiental alterado puede retornar sin la intervención humana a sus condiciones	Reversible a **Corto Plazo**: la recuperación natural de la variable a su estado inicial, sin medidas de manejo, se puede producir en menos de dos (2) años.	1
		Reversible a **Mediano Plazo:** la recuperación natural de la variable a su estado inicial, sin medidas de manejo, se puede producir entre dos (2) años y seis (6) años.	4
		Reversible a **Largo Plazo**: la recuperación natural de la variable a su estado inicial, sin medidas de manejo, se puede producir entre seis (6) años y quince (15) años.	8
		Irreversible: la recuperación natural de la variable a su estado inicial, sin medidas de manejo, no es posible.	12

	naturales en un periodo inferior a 15 años.		
Recuperabilidad (RE)	Posibilidad que la Modificación generada sobre una de las variables socioambientales por una acción dada, se pueda eliminar por la ejecución de medidas de manejo ambiental.	Recuperable a **Corto Plazo**: el efecto se puede eliminar en un tiempo menor a un (1) año.	1
		Recuperable a **Mediano Plazo**: el efecto se puede eliminar en un tiempo entre un (1) año y tres (3) años.	4
		Recuperable a **Largo Plazo:** el efecto se puede eliminar en un tiempo entre cuatro (4) años y diez (10) años.	8
		Irrecuperable: el efecto no se puede eliminar ni mitigar con medidas de manejo socioambiental.	12
Periodicidad (PE)	Se refiere a la aparición o permanencia de un efecto a lo largo de un periodo de tiempo.	**Irregular:** el efecto se manifiesta esporádicamente y de forma imprevisible a lo largo de la duración del proyecto.	1
		Periódico: el efecto se manifiesta de forma regular pero intermitente a lo largo de la duración del proyecto.	4
		Discontinuo: el efecto se manifiesta de forma irregular a lo largo de la duración del proyecto.	8
		Continuo: el efecto se manifiesta constante o permanentemente a lo largo de la duración del proyecto.	12
Tendencia (TD)	Los impactos acumulativos son aquellos impactos que tienen el mismo origen y se restringen en un espacio geográfico de uno o varios proyectos, obras o actividades generando efectos en una región determinada.	**Simple:** Cuando una acción se manifiesta sobre un solo componente ambiental o cuyo modo de acción es individualizado, sin consecuencias en la inducción de nuevos efectos, ni en la de su acumulación, ni en la de su sinergia, nos encontramos ante un caso de acumulación simple	1
		Acumulativo: Cuando una acción al prolongarse en el tiempo incrementa progresivamente la magnitud del efecto, al carecer el medio de mecanismos de eliminación con efectividad temporal similar a la del incremento de la acción causante.	4
Tipo (Ti)	Se refiere a la relación causa - efecto o la manifestación del efecto sobre una variable socioambiental como consecuencia de una actividad.	**Directo:** se da cuando el efecto que se está evaluando es consecuencia de la actividad o acción que se está desarrollando.	4
		Indirecto: se da cuando el efecto que se genera sobre una variable socioambiental es consecuencia de la interacción con otra variable, a su vez afectada por la actividad que se está ejecutando.	1
Sinergia (SI)	Los Impactos sinérgicos son impactos de distintos orígenes que interactúan y cuya incidencia final es mayor a la suma de los impactos parciales de las modificaciones causadas por cada una de las acciones que lo genera. Los impactos pueden tener origen en un único proyecto o estar distribuidos en varios proyectos situados en una región próxima.	Sin **sinergia:** Cuando el potencial de multiplicación de los efectos es bajo	1
		Con **sinergia**: Cuando el potencial de multiplicación de los efectos es alto	4

Fuente: (Conesa Fernandez - Vitora, 2010)

7.4.1 Cálculo de Importancia

Estará determinada por la combinación de los criterios de calificación de la tabla 10 Y con ello se define la importancia como el resultado de la suma de todos los criterios evaluados por cada impacto, a diferencia de la magnitud que se multiplicaría por tres (3) y la cobertura por dos (2); puesto que estos dos deben ser priorizados en la determinación de la importancia de un impacto.

$$\boldsymbol{Importancia}\ (\boldsymbol{I}) = +/-(\boldsymbol{3MG} + \boldsymbol{2CO} + \boldsymbol{DR} + \boldsymbol{RS} + \boldsymbol{RE} + \boldsymbol{PE} + \boldsymbol{TD} + \boldsymbol{TI} + \boldsymbol{SI})$$

Tabla 13. Importancia del Impacto

IMPORTANCIA DEL IMPACTO		
CARÁCTER NEGATIVO		
IMPORTANCIA (I)= **- (3MG+2CO+DR+RS+RE+PE+TD+TI+SI)**	**IRRELEVANTE**	**<-25**
	MODERADO	**-25 A <-50**
	SEVERO	**-51 A -75**
	CRITICO	**>-75**

Fuente: (Conesa Fernandez - Vitora, 2010).

Así que, los valores dados a cada rango dentro de cada criterio de evaluación y con la Ecuación 2, el menor valor posible es de 13, que pertenece a un impacto mínimo y el valor más alto será de 100, que pertenece al máximo impacto.

Por tanto, si el impacto resulta crítico o inadmisible no debe existir el proyecto y debe ser reevaluado; si el impacto resulta manejable o significativo se exigen medidas de manejo especial; y finalmente si el impacto es irrelevante o no significativo, se dan medidas de manejo generales.

8 RESULTADOS Y ANÁLISIS

8.1 CARACTERIZACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL Y MAPAS DE RUIDO

En este capítulo se exponen los resultados y análisis obtenidos de los puntos monitoreados y su comparación con la resolución 627 de 2006, a su vez la representación gráfica de las isófonas en los horarios diurno y nocturno. En las figuras 11 y 12 se denota espacialmente el cumplimiento o no de los estándares máximos de ruido ambiental permitidos de acuerdo con el uso del suelo del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá (POT).

Tabla 14. Cumplimiento POT por Punto Diurno (Fontibón – Bogotá)

Puntos	Decimal_La	Decimal_Lo	Ponderado	Uso Suelo	Maximo_Per
1	4,6731	-74,1482	54,3	Residencial	65 dB(A)
2	4,6733	-74,1449	64,6	Residencial	65 dB(A)
3	4,6719	-74,1397	54,4	Residencial	65 dB(A)
4	4,6747	-74,1355	62,7	Residencial	65 dB(A)
5	4,6762	-74,1344	53,0	Residencial	65 dB(A)
6	4,6784	-74,1341	58,0	Residencial	65 dB(A)
7	4,6829	-74,1351	61,5	Residencial	65 dB(A)
8	4,6827	-74,1363	64,9	Residencial	65 dB(A)
9	4,6836	-74,1374	76,1	Residencial	65 dB(A)
10	4,6817	-74,1407	65,4	Residencial	65 dB(A)
12	4,6866	-74,1413	72,0	Residencial	65 dB(A)
13	4,6890	-74,1442	71,7	Residencial	65 dB(A)
14	4,6887	-74,1501	64,9	Residencial	65 dB(A)
15	4,6963	-74,1539	59,9	Industrial	75 dB(A)
16	4,6925	-74,1610	58,3	Residencial	65 dB(A)
17	4,6906	-74,1594	53,9	Residencial	65 dB(A)
18	4,6887	-74,1567	63,5	Residencial	65 dB(A)
19	4,6848	-74,1538	66,7	Residencial	65 dB(A)
20	4,6804	-74,1484	52,1	Residencial	65 dB(A)
21	4,6682	-74,1399	62,0	Residencial	65 dB(A)
22	4,6712	-74,1381	63,3	Residencial	65 dB(A)
23	4,6710	-74,1341	50,3	Residencial	65 dB(A)

24	4,6691	-74,1316	63,9	Residencial	65 dB(A)
25	4,6675	-74,1302	61,1	Residencial	65 dB(A)
26	4,6648	-74,1268	60,3	Residencial	65 dB(A)
27	4,6640	-74,1210	44,9	Residencial	65 dB(A)
28	4,6650	-74,1180	59,9	Residencial	65 dB(A)
29	4,6718	-74,1178	59,7	Residencial	65 dB(A)
30	4,6762	-74,1217	65,3	Residencial	65 dB(A)
31	4,6835	-74,1260	66,2	Industrial	75 dB(A)
32	4,6828	-74,1282	60,0	Industrial	75 dB(A)
33	4,6842	-74,1308	56,2	Industrial	75 dB(A)
34	4,6848	-74,1315	67,6	Industrial	75 dB(A)
35	4,6557	-74,1113	52,8	Residencial	65 dB(A)
36	4,6546	-74,1125	54,3	Residencial	65 dB(A)

Fuente: Autores, 2019.

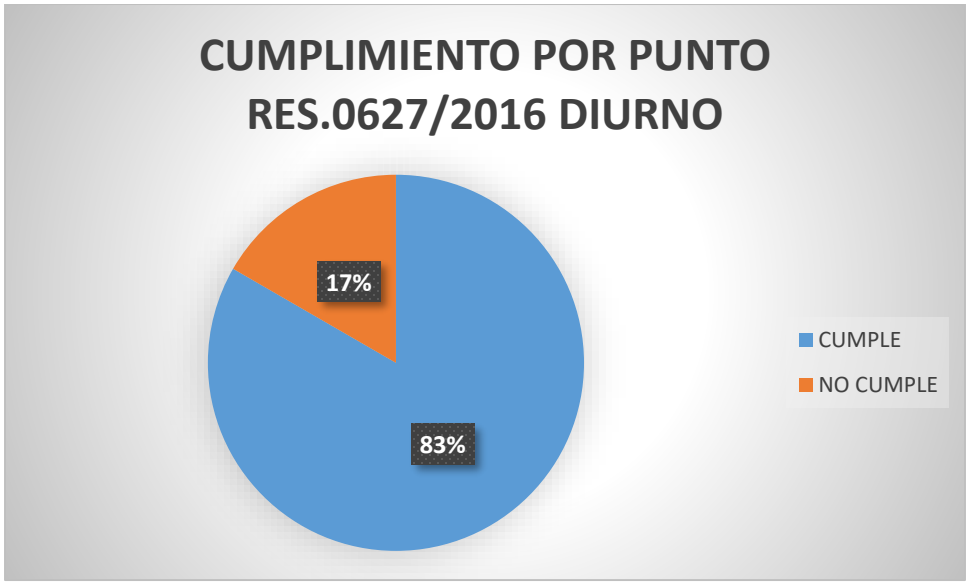

Figura 11. Cumplimiento POT por Punto Diurno (Fontibón – Bogotá)

Fuente: Autores, 2019.

Tabla 15. Cumplimiento POT por Punto Nocturno (Fontibón – Bogotá)

Puntos	Decimal_La	Decimal_Lo	Ponderado	Uso Suelo	Maximo_Per

1	4,6731	-74,1482	62,9	Residencial	50 dB(A)
2	4,6733	-74,1449	61,1	Residencial	50 dB(A)
3	4,6719	-74,1397	39,8	Residencial	50 dB(A)
4	4,6747	-74,1355	58,1	Residencial	50 dB(A)
5	4,6762	-74,1344	49,3	Residencial	50 dB(A)
6	4,6784	-74,1341	53,9	Residencial	50 dB(A)
7	4,6829	-74,1351	66,3	Residencial	50 dB(A)
8	4,6827	-74,1363	65,6	Residencial	50 dB(A)
9	4,6836	-74,1374	47,7	Residencial	50 dB(A)
10	4,6817	-74,1407	67,3	Residencial	50 dB(A)
11	4,6890	-74,1442	72,4	Residencial	50 dB(A)
12	4,6963	-74,1539	58,8	Industrial	70 dB(A)
13	4,6925	-74,1610	56,5	Residencial	50 dB(A)
14	4,6906	-74,1594	58,4	Residencial	50 dB(A)
15	4,6887	-74,1567	50,7	Residencial	50 dB(A)
16	4,6848	-74,1538	53,9	Residencial	50 dB(A)
17	4,6804	-74,1484	37,9	Residencial	50 dB(A)
18	4,6682	-74,1399	61,0	Residencial	50 dB(A)
19	4,6712	-74,1381	59,4	Residencial	50 dB(A)
20	4,6710	-74,1341	55,1	Residencial	50 dB(A)
21	4,6691	-74,1316	60,5	Residencial	50 dB(A)
22	4,6675	-74,1302	56,7	Residencial	50 dB(A)
23	4,6640	-74,1210	48,0	Residencial	50 dB(A)
24	4,6650	-74,1180	50,2	Residencial	50 dB(A)
25	4,6718	-74,1178	59,0	Residencial	50 dB(A)
26	4,6762	-74,1217	49,9	Residencial	50 dB(A)
27	4,6835	-74,1260	63,5	Industrial	70 dB(A)
28	4,6828	-74,1282	58,8	Industrial	70 dB(A)
29	4,6842	-74,1308	45,6	Industrial	70 dB(A)
30	4,6848	-74,1315	49,8	Industrial	70 dB(A)
31	4,6557	-74,1113	50,8	Residencial	50 dB(A)
32	4,6546	-74,1125	57,6	Residencial	50 dB(A)
33	4,6510	-74,1112	44,2	Residencial	50 dB(A)
34	4,6484	-74,1105	39,4	Industrial	70 dB(A)
35	4,6552	-74,1081	58,1	Residencial	50 dB(A)
36	4,6594	-74,1109	48,7	Residencial	50 dB(A)

Fuente: Autores, 2019.

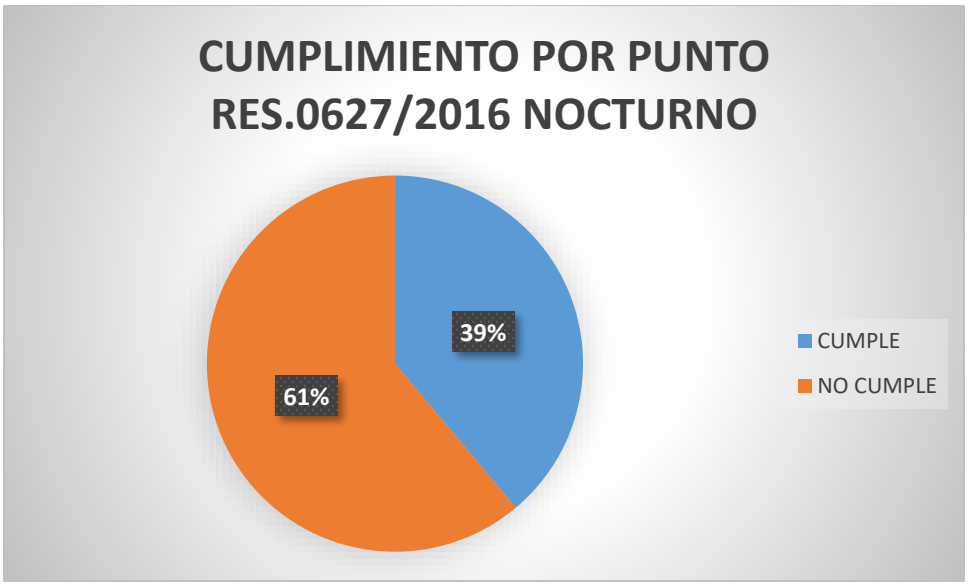

Figura 12. Cumplimiento POT por Punto Nocturno (Fontibón – Bogotá)

Fuente: Autores, 2019.

De acuerdo con los resultados obtenidos en las tablas 14 y 15 a partir de las figuras 11 y 12, se estimó el porcentaje de los estándares máximos de ruido ambiental lícitos en el artículo 17 de la resolución 627 de 2006, demostrando que para el horario diurno se incumplió en un 17% de los 36 puntos monitoreados y un incumplimiento del 61% en el horario nocturno para los meses de septiembre y octubre. Por tanto, los niveles de presión sonora en la Localidad de Fontibón se ven alterados por las actividades aeroportuarias, esto se debe a que la pista sur (13L/31R) donde se hacen los aterrizajes y despegues se encuentran cercanos a las áreas residenciales.

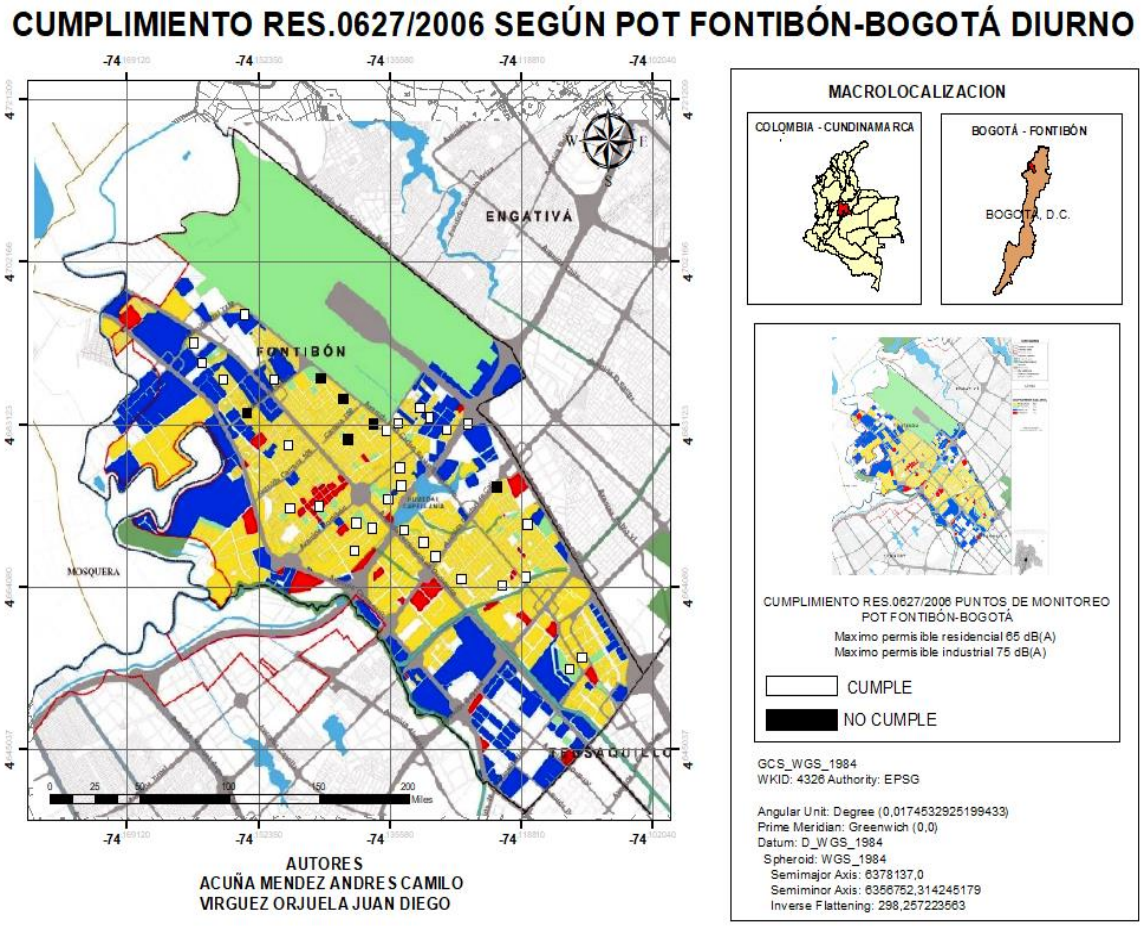

Figura 13. Cumplimiento de máximo permisibles Diurno según el uso del suelo (Fontibón – Bogotá)

Fuente: Autores, 2019.

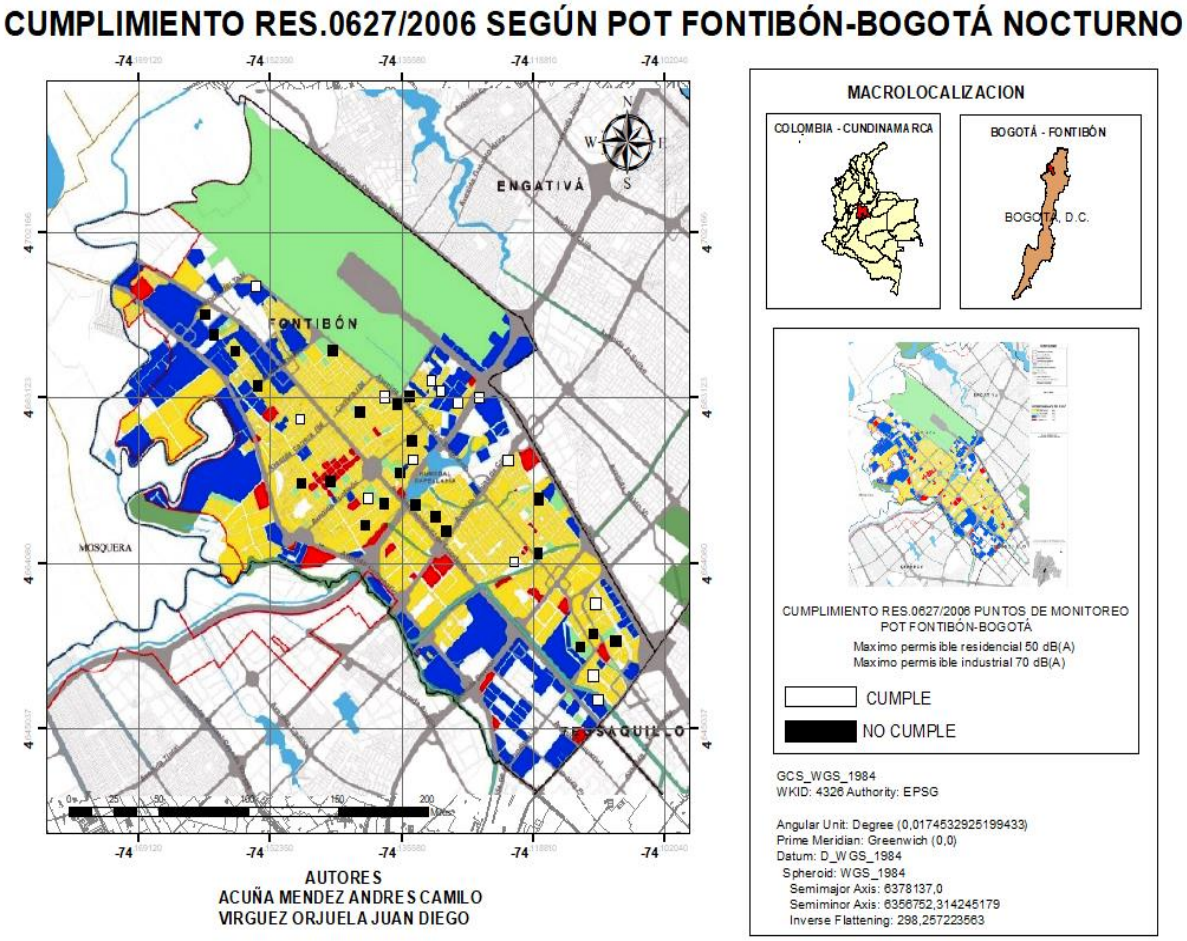

Figura 14. Cumplimiento de máximo permisibles Nocturno según el uso del suelo (Fontibón – Bogotá).

Fuente: Autores, 2019.

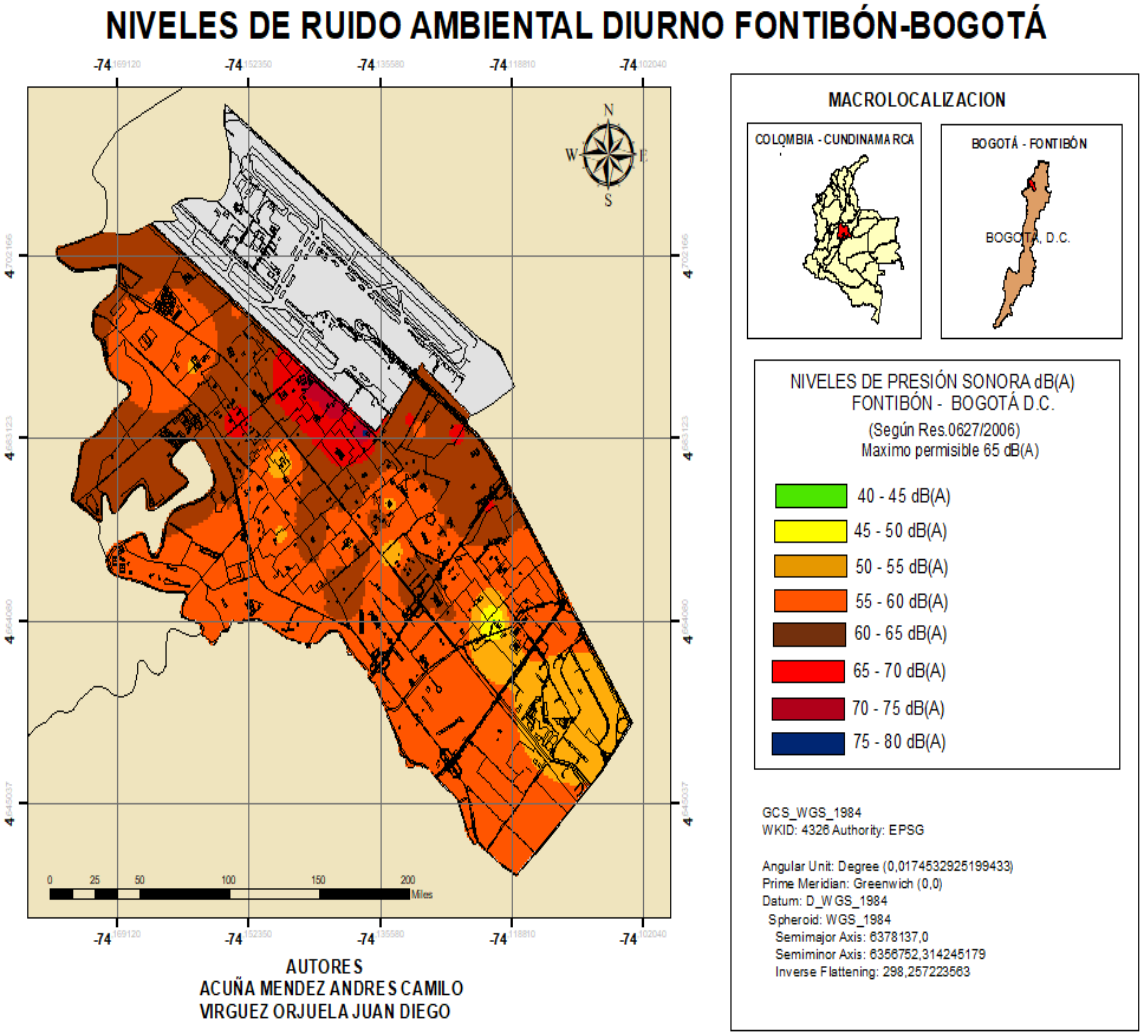

Figura 15. Nivel de Ruido Ambiental Diurno (Fontibón – Bogotá)

Fuente: Autores, 2019.

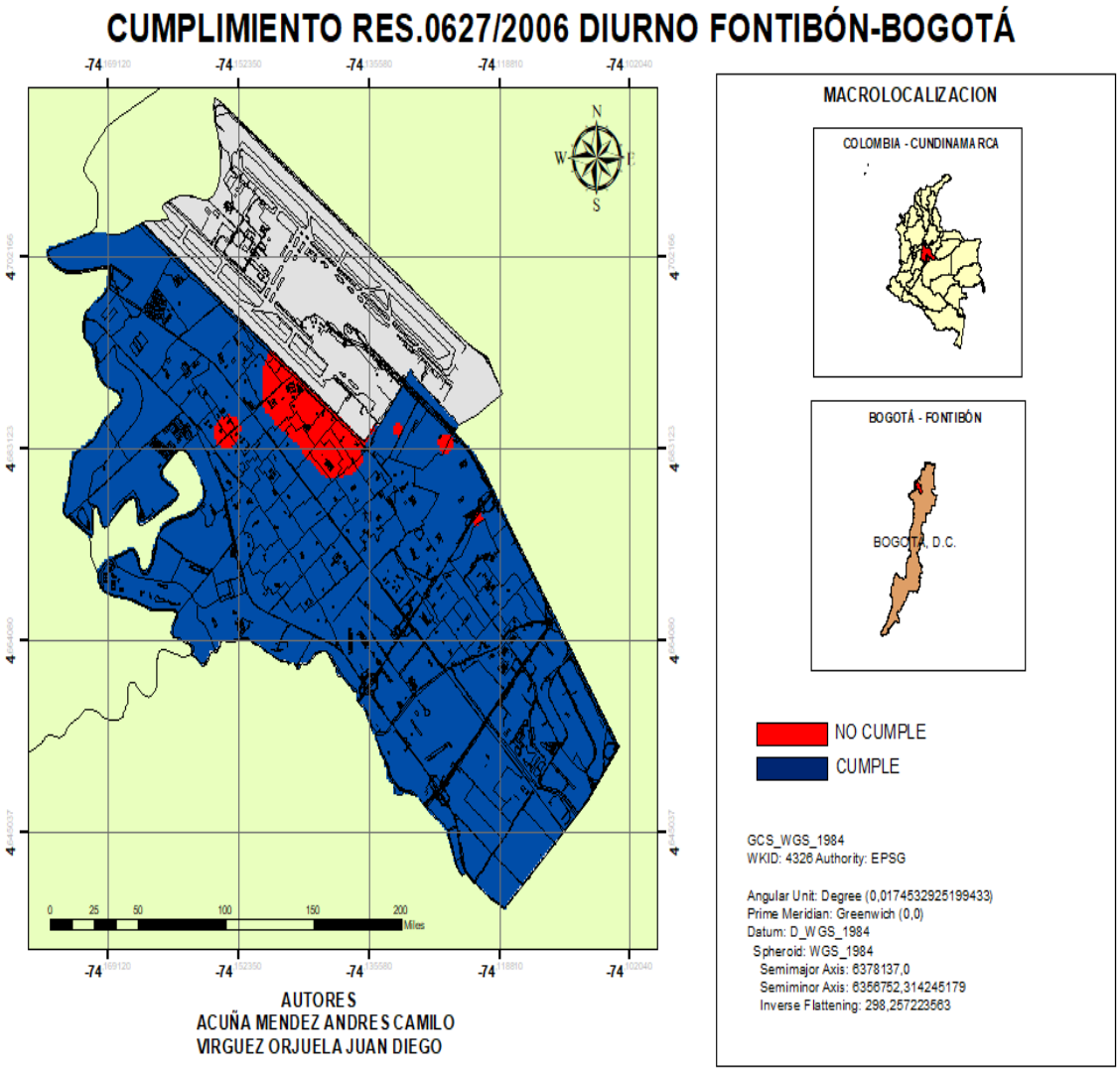

Figura 16. Cumplimiento Res. 0627/2006 Diurno (Fontibón – Bogotá)

Fuente: Autores, 2019.

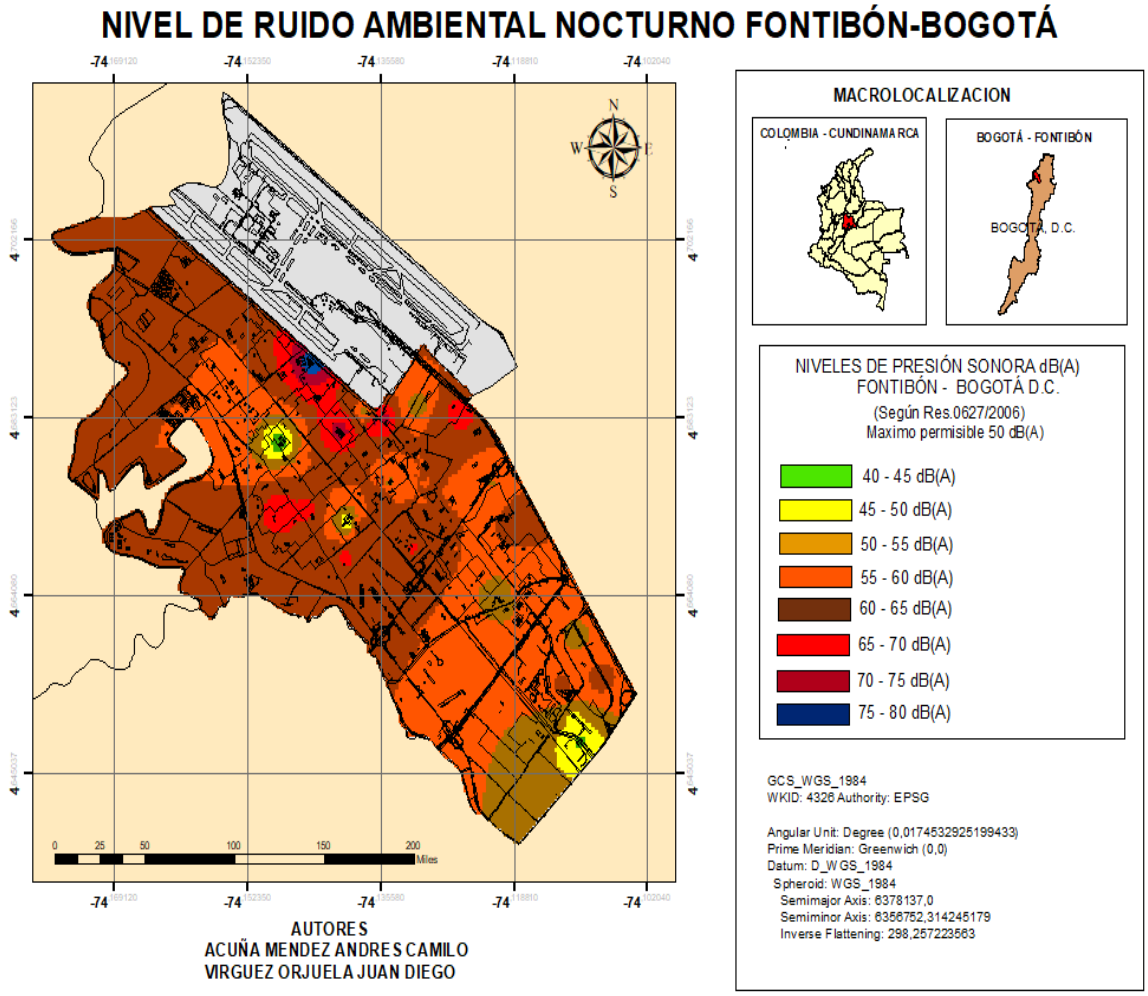

Figura 17. Nivel de Ruido Ambiental Diurno (Fontibón – Bogotá)

Fuente: Autores, 2019.

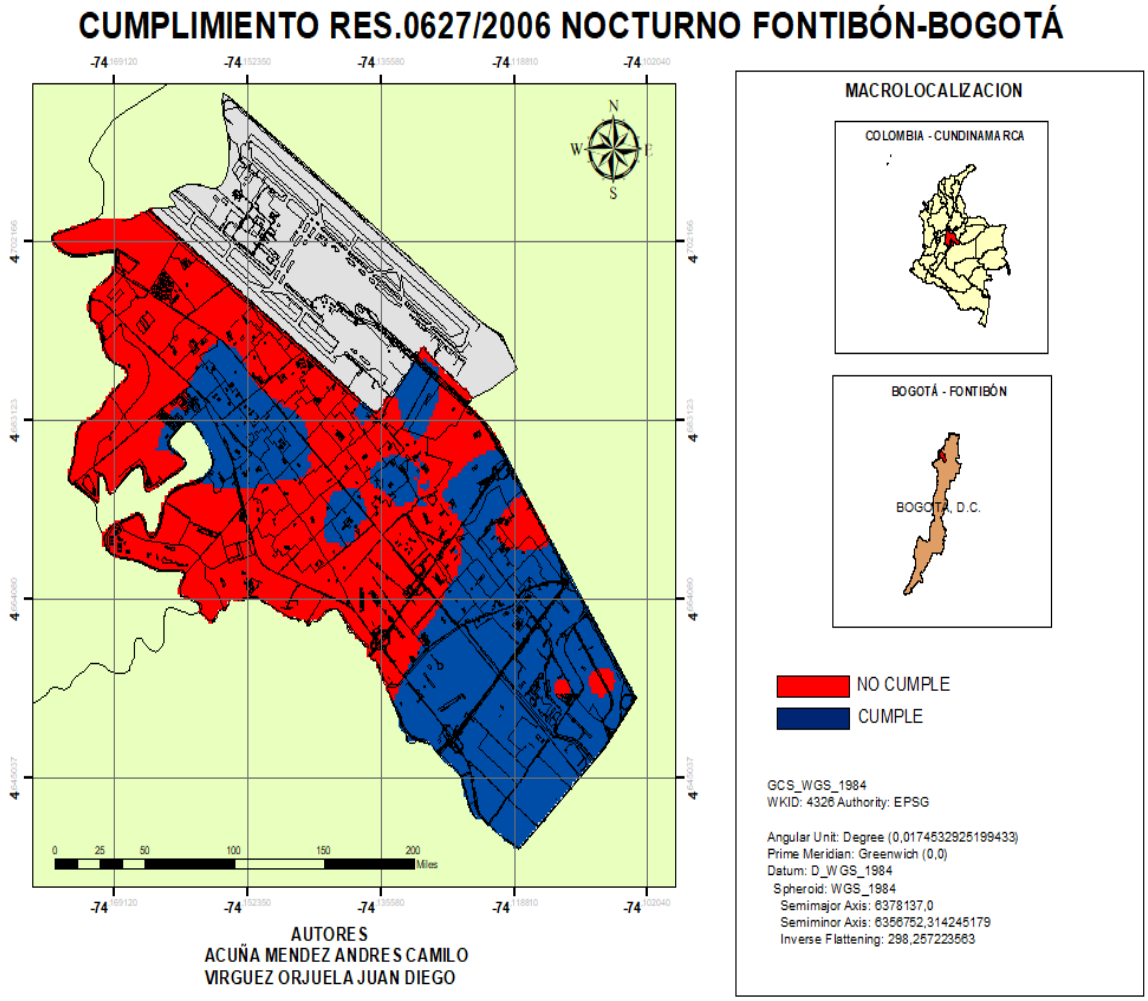

Figura 18. Cumplimiento Res. 0627/2006 Nocturno (Fontibón – Bogotá)

Fuente: Autores, 2019.

Los mapas de las figuras 13, 14, 15, 16, 17 y 18 son usados como herramienta en el estudio para conocer el patrón de dispersión del ruido ambiental, su magnitud, el incumplimiento de los máximos permisibles según la norma con respecto al área de estudio Fontibón – Bogotá ya que es usado como información visual observando el comportamiento acústico (Yepes, Gómez, Sanchez, & Jaramillo, 2008). Se excluyó el área del aeropuerto internacional el Dorado – Bogotá

debido a que este pertenece a las localidades de Fontibón y Engativá, también porque no se registraron puntos de monitoreo dentro de la industria.

Como podemos evidenciar en las tablas 14 y 15 sobre el cumplimiento de la normativa de los niveles máximos permisibles establecidos en la Res.0627/2006, en la localidad 09 de Bogotá (Fontibón) los niveles de ruido ambiental exceden en los horarios nocturno (ver Figura 18) (65 dB(A)) en un porcentaje del 61% con respecto a los puntos de estudio de los niveles de ruido ambiental (ver Figura 12) a comparación con el horario diurno Figura 16 (50 dB(A)) en un porcentaje del 17% con respecto a los puntos de estudio de los niveles de ruido ambiental (ver Figura 11) con respecto al POT en donde predomina el uso del suelo residencial en Fontibón (Secretaría de Planeación, 2018).

Sin embargo, las personas no se percatan de los alcances que tiene la contaminación de ruido ambiental sobre su salud, los altos niveles de ruido nocturno ambiental (ver Figura 18) ante el incumplimiento de la normativa Res.0627/2006 y su propagación (ver Figura 17) afectando progresiva y sigilosamente la calidad de vida de la comunidad de Fontibón (Casas-García, Betancur-Vargas, & Montaño-Erazo, 2015), que se ve reflejado en el comportamiento diario de las personas y el desarrollo normal de sus actividades.

Según las tablas 14 y 15 podemos encontrar puntos en donde su nivel de ruido decrece drásticamente, esto es debido a la existencia de parques, zonas verdes y la poca proximidad tanto de la industria aeroportuaria y vías principales de la localidad de Fontibón (Jiménez et al., 2017). Las zonas verdes actúan como barreras que reducen el nivel de ruido propagado por las diferentes fuentes y la suma de sus actividades, los espacios de gran amplitud asegura que la dispersión del ruido ambiental disminuya consideradamente con respecto al punto de inicio en su generación (D. Tortosa, Llimpe Quintanilla, & Martínez Mora, 2017).

Los niveles permisibles de ruido varia con respecto al POT de acuerdo con la Res.0627/2016, las figuras 13 y 14 se evalúan el cumplimiento de los puntos con respecto al POT (ver Figura 15) en sus usos residenciales e industriales.

8.2 ÍNDICE DE PITTSBURG Y CUANTIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

En este capítulo se presentan los resultados y análisis obtenidos de la aplicación del instrumento de calidad de sueño de Pittsburgh, y al mismo tiempo la correlación de acuerdo con el valor de importancia de los impactos identificados a causa del componente atmosférico (niveles de ruido) por las actividades del Aeropuerto El Dorado, estos impactos son: modificación en los niveles de presión sonora y modificación en la calidad del sueño.

La población objetivo está conformada por los residentes de la Localidad de Fontibón, en donde se presentan zonas que superan los estándares permisibles de niveles de emisión de ruido, tanto en horario diurno que llegan a los 76dB(A), como en horario nocturno a los 72dB(A). Al mismo tiempo, se realizaron un total de 354 encuestas por el método de muestreo aleatorio simple en modo de entrevista personal en aproximadamente 50 barrios.

8.2.1 Datos Sociodemográficos

En los residentes del área de estudio (Fontibón), se denotó que un 48% de la población encuestada ha vivido más de 9 años en la localidad o incluso afirman que toda su vida (ver figura 17), esto indica que los moradores de dicha zona han convivido al menos una cuarta parte de su vida con las actividades del aeropuerto el Dorado. Esta afirmación es válida dado que el 86% de la población encuestada es mayor a 31 años (ver figura 18).

La edad promedio fue de 44,8 (rango de 18 a 73), correspondiendo a un 36% los individuos entre 44 y 56 años con mayor participación del estudio de calidad de sueño por el índice de Pittsburgh.

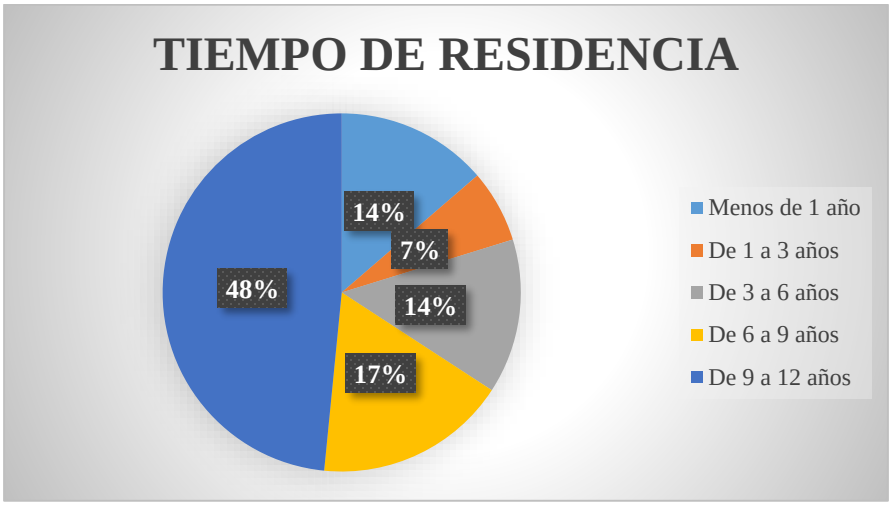

Figura 19. Tiempo de residencia en localidad de Fontibón.

Fuente: Autores, 2019.

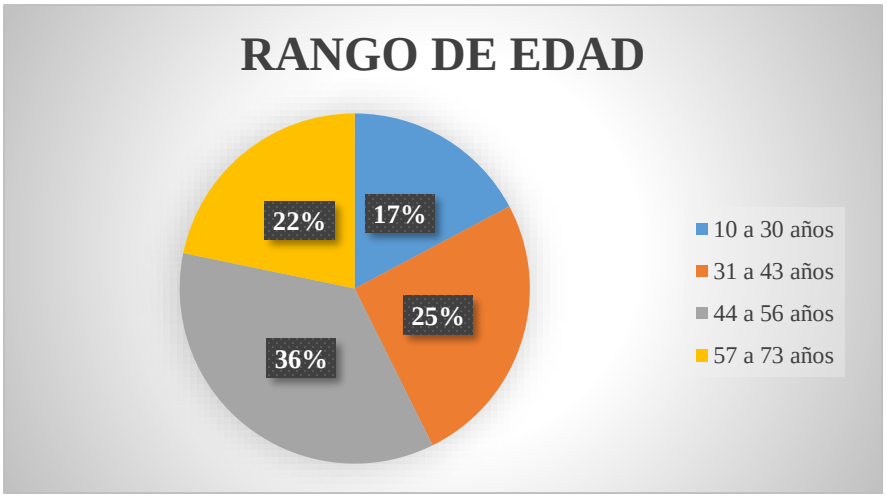

Figura 20. Rango de edad en la localidad de Fontibón.

Fuente: Autores, 2019.

Con respecto al género, de las 354 personas encuestadas el 47,45% n=168 corresponden a hombres y 52,54% n=186 corresponden a mujeres (ver tabla 15).

Tabla 16. Género de la Población objetivo Fontibón (2019)

	Número de personas encuestadas
Hombres	168
Mujeres	186
Total	354

Fuente: Autores, 2019.

8.2.2 Puntaje total de perturbaciones de sueño

Conforme a la calificación del ICSP-VC, cuando el resultado de los siete componentes es mayor a 5 significa que requiere atención médica, dicho lo anterior, se halló que el 7,9% n= 28 de los encuestados no presentan ningún problema en el sueño, por ende, son considerados buenos dormidores. En el 29,66% n=105 de los encuestados dio como resultado índice entre 5-7, es decir que merecen atención médica.

Enseguida, el 59,60% n=211 de los encuestados presentaron una alta puntuación en el índice entre 8-14, indicando que más de la mitad de los encuestados tiene la menor calidad de sueño posible y por ello, además de la consideración clínica es necesario un tratamiento médico, por último, el 2,82% n=10 de los encuestados presentan un problema de sueño grave con un índice mayor o igual a 15 (ver tabla 16), siendo la población más afectada.

Tabla 17. Consecuencias del resultado ICSP Fontibón (2019)

INDICE DE PITTSBURGH	N. PERSONAS	PROMEDIO
≤4 "Sin problemas de sueño"	28	7,90%
5-7 "Merece atención médica"	105	29,66%
8-14 "Merece atención y tratamiento médico"	211	59,60%

≥15 "Se trata de un problema de sueño grave"	10	2,82%

Fuente: Autores, 2019.

Considerando que el 92,08% de los encuestados presentan altos valores en el índice de Pittsburgh, además de un puntaje global de 8,62 en ICSP-VC (ver tabla 17), es probable que los trastornos del sueño tengan vínculo con el impacto del componente atmosférico (niveles de ruido) por el Aeropuerto Internacional el Dorado, puesto que la población residente de la Localidad de Fontibón se encuentra en el área de influencia del mismo (Callejas et al., 2015). De manera que, las perturbaciones en el sueño pueden estar dadas al exceso de ruido ambiental, siendo una las razones más comunes para las quejas de ruido (Fyhri & Aasvang, 2010), causando problemas psíquicos y físicos, considerados trastornos potencialmente graves y por ello el cuerpo humano reacciona ante la percepción de la contaminación de ruido continuo conforme pasa el tiempo (Fyhri & Aasvang, 2010).

Tabla 18. Índice de Pittsburgh Fontibón (2019)

COMPONENTE	PUNTAJE
1. Calidad subjetiva del sueño	1,41
2. Latencia del sueño	1,19
3. Duración del sueño	1,37
4. Eficiencia del sueño	1,37
5. Perturbación del sueño	1,44
6. Uso de medicamento hipnótico	0,31
7. Disfunción diurna	1,5
TOTAL, ICSP FONTIBÓN	**8,62**

Fuente: Autores, 2019.

De acuerdo con la cantidad de posibles perturbaciones que irrumpen el sueño y las veces que estas se presentan, ha afectado al 58,91% de la población encuestada (ver tabla 19), y entre las más representativas son: no poder quedarse dormido en la primera media hora y

despertarse durante la noche en la madrugada, incluso las sensaciones de sentir frío o calor (ver tabla 18).

Aunque la probabilidad de que exista relación entre el ruido y trastornos del sueño y la salud, son generalmente bajas, existe evidencia de que el ruido del tráfico aéreo excede los niveles de ruido continuo equivalentes LAeq de 60 dB en el exterior durante el día y se asocia con un mayor riesgo de eventos cardiovasculares y por lo tanto, perjudica la salud (Basner, Griefahn, & Van Den Berg, 2010), con dicha afirmación, para la localidad de Fontibón el ruido ambiental consigue perjudicar la calidad del sueño, a razón de que supera los máximos permisibles en horario nocturno.

Y si las perturbaciones más comunes son el despertarse en la noche o no conciliar el sueño en la primero media hora, se debe a que las propiedades acústicas del ruido del tráfico aéreo podrían ser la responsables de los cambios en la estructura y la continuidad del sueño (Callejas et al., 2015)

Tabla 19. Perturbaciones del sueño, %Persona, %Total Perturbaciones Fontibón (2019).

Perturbación del sueño	Ninguna vez a la semana	Menos de una vez a la semana	Una o dos veces a la semana	Tres o más veces a la semana
No poder quedarse dormido en la primera hora	120 (33,89%) (3,77%)	119 (33,62%) (3,74%)	83 (23,45%) (2,61%)	32 (9,04%) (1,00%)
Despertarse durante la noche o la madrugada	88 (24,86%) (2,76%)	91 (25,71%) (2,86%)	106 (29,94%) (3,33%)	69 (19,49%) (2,17%)
Tener que levantarse para ir al baño	167 (47,18) (5,24%)	93 (26,27%) (2,92%)	70 (19,77%) (2,19%)	24 (6,78%) (0,75%)
No poder respirar bien	228 (64,41%) (7,16%)	64 (18,08%) (2,01%)	40 (11,29%) (1,25%)	12 (3,39%) (0,38%)
Toser o roncar	157 (44,35%) (4,93%)	101 (28,53%) (3,17%)	68 (19,21%) (2,13%)	28 (7,91%) (0,88%)
Sentir frio	113 (31,92%) (3,55%)	78 (22,03%) (2,45%)	117 (33,05%) (3,67%)	46 (12,99%) (1,44%)
Sentir calor	134 (37,85%) (4,21%)	91 (25,71%) (2,86%)	87 (24,57%) (2,73%)	42 (11,86%) (1,32%)

Tener "malos sueños" o pesadillas	197 (55,65%) (6,18%)	96 (27,12%) (3,01%)	48 (12,71%) (1,41%)	13 (3,67%) (0,41%)
Tener dolores	105 (29,66%) (3,29%)	69 (19,49%) (2,17%)	104 (29,38%) (3,27%)	76 (21,47%) (2,38%)

Fuente: Autores, 2019.

Tabla 20. Afectaciones a la población por perturbaciones del sueño Fontibón (2019)

POBLACIÓN NO AFECTADA	POBLACIÓN AFECTADA
41,09%	58,91%

Fuente: Autores, 2019.

La población encuestada que afirma tener al menos una de las perturbaciones en el sueño, expuestas en la tabla 18, presentan cierta aceptación, es decir, si la persona afirma tener dolores como, presión en el pecho o problemas en las articulaciones entre otros, logran convivir con ello convirtiéndose en un hábito, pongamos por caso, si un individuo tiene la sensación de levantarse para ir al baño, su adaptación conlleva a que en una hora determinada de la noche deba ir al baño, algo parecido ocurre cuando los encuestados manifiestan que hoy en día las actividades aeroportuarias no interrumpen su sueño, explicando que se sienten acostumbrados a ello, lo que permite para algunos identificar la dinámica del aeropuerto, es decir que si el tráfico aéreo comienza a las 4 de la madrugada, sabrían que a esa hora despegan los primeros aviones y por lo tanto no se encontraría como algo fuera de lo común. En un estudio que habla del proceso de adaptación a los entornos acústicamente hostiles demuestran que, resulta inevitable pensar en el costo de aceptación y en el tipo de afectaciones o adecuaciones que se tienen que dar para acostumbrarse a cosas tan extremas como un despegue o un aterrizaje y como parte de normalidad de vivir cerca de un aeropuerto consiste en la incorporación del ruido a sus dinámicas cotidianas (Lidia & Domínguez Ruiz, 2014).

Como dato más representativo que marca el estudio, el 59,6% (ver tabla 19) de la población, se ve afectada por las razones expuestas en el instrumento y sumado a ello los elevados niveles de ruido ambiental, donde solo un 7,9% (ver tabla 16) logra conciliar el sueño; ello se puede atribuir a la adaptación y la selección natural en Pinker (2000: 219 - 232) que define que la capacidad adaptativa de las especies lleva cientos de generaciones, y responde no a causas y efectos, sino a complejos algoritmos (Luis Torres Laborde & Rosillo Ricardo, 2009). Es de aquí en donde los porcentajes de los años vividos cobra relevancia en la investigación, en donde se infiere que a pesar de los altos niveles de contaminación auditiva del componente atmosférico (niveles de ruido) generado por la suma de las actividades del aeropuerto el Dorado que se ven representado en el cálculo de importancia (ver tablas 21), llevan a la población por necesidad a una adaptación al ruido, este hecho ocurre en el 48% de los encuestados que afirman llevar más de 9 años en la localidad de Fontibón (ver figura 17). Con respecto al total de las encuestas el resultado de la media de la muestra indica que la gente tiende a vivir 7 años en adelante en Fontibón, los cuales son determinados como buenos dormidores ya que se adaptaron a las condiciones de la zona.

Tabla 21. Puntuación global del índice de Calidad de Sueño de Pittsburgh (2019).

	EXPOSICIÓN
N	354
Media	8,62
Mediana	8-14
Desviación	3,985
Mínimo	1
Máximo	16

Fuente: Autores, 2019.

En cuanto a la tabla 20, se evidencia los datos estadísticos del comportamiento del instrumento de Pittsburgh, siendo N el total de encuestados, representando un mínimo de respuesta al índice de 1, con un máximo de 16.

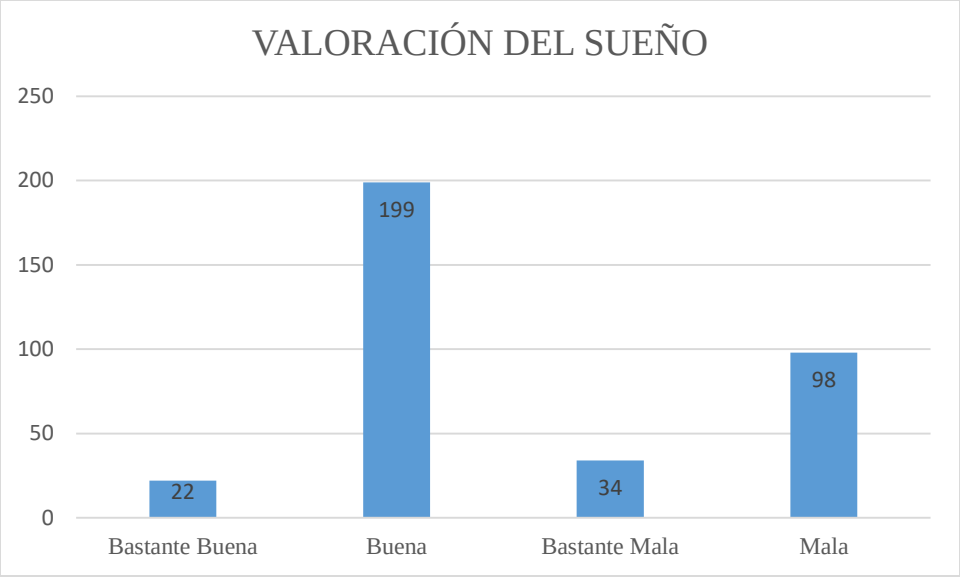

Figura 21. Valoración del sueño, calidad subjetiva del sueño, localidad de Fontibón (2019). Fuente: Autores, 2019.

El 56,21% (199/354) (ver figura 19), de la población encuestada de la localidad de Fontibón califican que duermen de forma plena y que no se ve afectada por las actividades llevadas a cabo en las instalaciones del aeropuerto internacional el Dorado de Bogotá. Esta es una valoración que las personas dan a primera vista con respecto al tiempo que pasan en la cama sin tener en cuenta otros factores como las veces que se ve obligado a levantarse, la duración para conciliar el sueño, despertar con malestares entre otros (Schiemann & Salgado, 1996).

Al mismo tiempo, se vio reflejado que el 37,2% (132/354) de los encuestados califican su calidad de sueño como “mala” o “bastante mala”, esta cifra es mayor a la encontrada por (Callejas et al., 2015) donde evidenciaron que el 25% de su población objetivo tenía la misma percepción de tener una “muy mala” o “bastante mala” calidad del sueño en el que se podría constatar la premisa de que el ruido percibido conscientemente determina la evaluación subjetiva de la calidad del sueño.

Por consiguiente si este dominio se encuentra mayor respecto al estudio mencionado realizado en el 2015, significa que los cambios realizados en el aeropuerto, como para el 2017 en donde se inauguró una nueva ampliación por el ex presidente Santos (SEMANA, 2019), han provocado alteración en la percepción de la calidad del sueño.

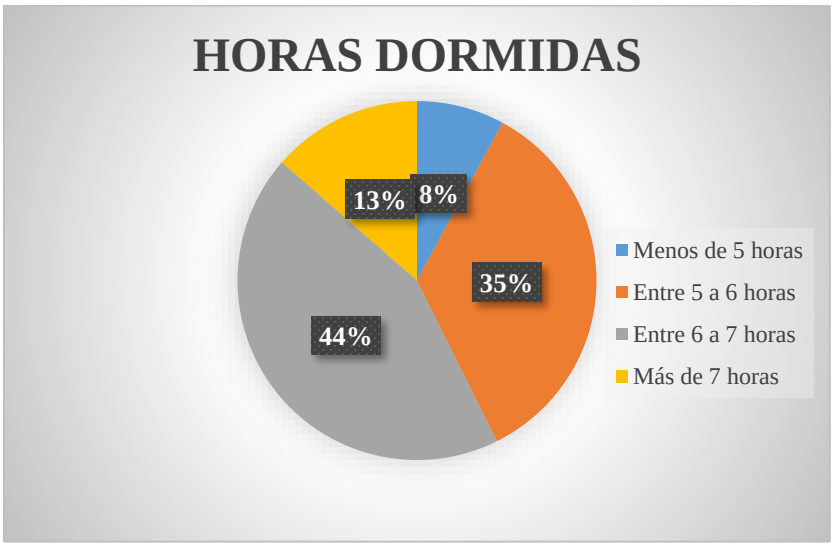

Figura 22. Duración del sueño, localidad de Fontibón (2019)

Fuente: Autores, 2019.

Por otro lado, la duración de horas dormidas, la figura 20 muestra que 57% de los encuestados duermen más de 6 horas, se puede decir que alcanza el umbral de horas necesarias de descanso que, según estudios previos definen que el cuerpo debe descansar un numero de hora determinado conforme a la edad, un recién nacido necesita dormir 16-18 horas y con el paso del tiempo se estabilizan 8 horas en adultos normales y reduciéndose conforme se envejece a 6 horas diarias de sueño (Lira & Custodio, 2018), puesto que la edad promedio es de 44,8 (rango de 18 a 73).

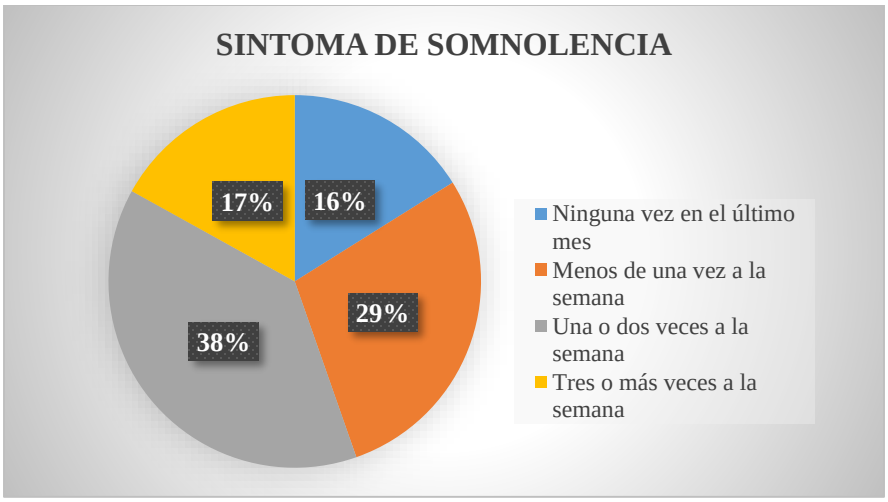

Figura 23. Somnolencia, localidad de Fontibón (2019).

Fuente: Autores, 2019.

Por otra parte existen efectos adversos, que se originan de no poder tener una plena calidad en el sueño, conocidos como somnolencia o problemas de ánimo, para el caso el 84% (ver figura 21) de la población encuestada manifiesta presentar síntomas de somnolencia, y como este afecta sus hábitos diarios y el estado de ánimo, como se ve reflejado en figura 22, 100 de los 354 encuestados dicen sus problemas de ánimo lo consideran como un problema o un grave problema en el día es decir el 28,2% de la población.

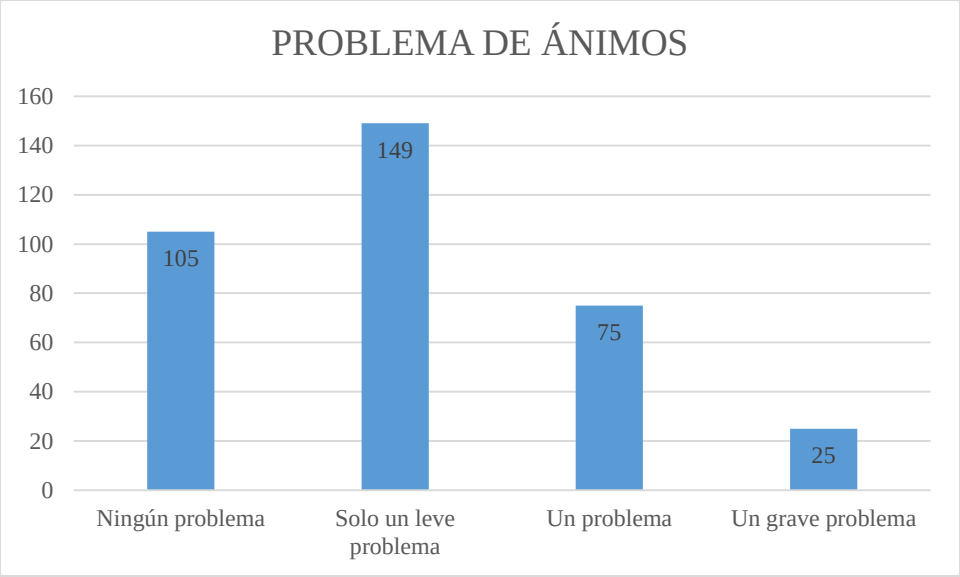

Figura 24. Problemas de ánimos, localidad de Fontibón (2019).

Fuente: Autores, 2019.

El ruido puede causar respuestas negativas en el componente emocional, frustrar la comunicación, la concentración o el sueño, provocando irritación o reacciones de ira, además el ruido provoca reacciones de miedo y preocupación si está asociado con el peligro, como un contexto actual que una considerable muestra de la población cercana a los aeropuertos está preocupada sobre accidentes catastróficos y asociar el miedo con el ruido de los aviones (Miedema, 2007). La relación de asociar el sonido de los aviones al miedo o preocupación está dado por el nivel de exposición causado por el avión que sobrevuela, modificando fuertemente la sensibilidad al ruido de la persona expuesta (Miedema, 2007).

8.2.3 IMPORTANCIA DE LOS IMPACTOS IDENTIFICADOS PARA EL AEROPUERTO INTERNACIONAL EL DORADO

Con el propósito de analizar y correlacionar los resultados de los monitoreos de ruido y la aplicación del instrumento de Pittsburgh en la localidad de Fontibón, se evaluaron los siguientes impactos ambientales: Modificación en los niveles de presión sonora y modificación en la calidad del sueño, a partir de las actividades de sobrevuelo de los aviones, en la tabla 21 se representan los valores obtenidos de los criterios de evaluación de Conesa, en este se contempla para el primero un valor de importancia de I = -61 y el segundo de I= -70 que para ambos es considerado una importancia del impacto severo.

Tabla 22. Cálculo de la importancia para los impactos identificados para el Aeropuerto El Dorado

Impacto ambiental	**Actividad de despegue y aterrizaje de aeronaves en el aeropuerto El Dorado**										
	CR	**MG**	**CO**	**DR**	**RS**	**RE**	**PE**	**TD**	**Ti**	**SI**	**I**
Modificación en los niveles de presión sonora	-1	8	8	1	1	1	12	1	4	1	-61
Modificación en la calidad de sueño	-1	8	8	4	4	4	12	1	4	1	-70

Fuente: Autores, 2019.

Se conoce que los aeropuertos son infraestructuras donde se concentran varios efectos negativos y entre los impactos medioambientales se encuentra el ruido, que representa un alto porcentaje en la magnitud del aumento de la modificación en los niveles de presión sonora, produciendo en la población mayor incidencia a la exposición del ruido (Maria et al., 2004), y aunque los proyectos de construcción, modificación, ampliación o cualquier tipo de cambio que hacen los aeropuertos, debe contar con un estudio de evaluación de impacto, los efectos negativos

relacionados con el ruido siempre son difíciles de mitigar (Maria et al., 2004). Por ello la importancia de la realización de estudios conforme al componente atmosférico (niveles de ruido) generado por las actividades aeroportuarias, para dar a conocer qué tipo de efectos produce en la población cercana a las instalaciones y a su vez como contrarrestar dichas afecciones.

Existen estudios sobre los impactos del aeropuerto de Bogotá con respecto a la salud, el sueño, cambios en la presión sonora, pérdida de audición, ampliaciones entre otros, que presentan resultados en el que se ven alterados los derechos a un ambiente sano y la salud pública de los ciudadanos que viven en el aérea de influencia del Aeropuerto Internacional El Dorado (AmbienteBogota, n.d.).

Dichas investigaciones han sido analizadas detenidamente por el ANLA, para constatar que los estudios realizados tengan validez para ser tenidos en cuenta en la toma de decisiones. Pongamos por caso, en la resolución 1567 del 7 de diciembre 2015 en la cual resuelven los recursos de reposición interpuestos contra la resolución 1034 del 24 de agosto de 2015 y se toman otras determinaciones, fueron analizados los argumentos del Concepto Técnico 6142 del 17 de noviembre de 2015 en donde señalan lo siguiente:

"En el informe de secretaria de salud sobre los efectos en salud asociados con los elevados niveles de ruido en la zona de influencia del Aeropuerto El Dorado. Los mecanismos de mitigación de la operación aeroportuaria no están siendo efectivos para garantizar el bienestar y calidad de vida de la población residente en la zona aledaña a esta terminal. Según la fuente: Vigilancia epidemiológica, ambiental sanitaria de la Línea de Aire, Ruido y Radiación Electromagnética ESE – Hospital de Fontibón Secretaría Distrital de Salud los niveles superan los establecidos por las normas de Leyes Nacionales e Internacionales."

Frente a ello, exponen que en el marco de proceso de evaluación y modificación de licencia solo fueron allegados los resultados de los estudios realizados por la Secretaría de Salud del Distrito, y no los insumos o análisis que llevaron a concluir las afectaciones asociadas al aeropuerto, por ende, la Autoridad puso en discusión estudios que pretendían demostrar los efectos frente al impacto del ruido; mismos estudios que también fueron tenidas en cuenta en el presente documento. En este ejercicio, aclaran que no existen investigaciones que demuestren la relación de las afectaciones a la salud con la operación del aeropuerto, donde se destacan que las conclusiones están asociadas a los niveles de ruido ambiental globales de zona, o el desconocimiento al argumento técnico bajo el cual fueron atribuidos los efectos negativos por exposición a ruido ambiental, para otro estudio manifestaba si la investigación realizada es de tipo descriptivo o experimental, asociando valores Lmax con efectos nocivos a la salud y cómo para ello descartaron los efectos generados por el tráfico vehicular y demás fuentes existentes en la zona.

Más adelante, contemplan los resultados donde una población encuestada, que solo el 17% de la muestra informó no poder dormir debido al tráfico aéreo, y que sin embargo no contaban con los análisis que sustentarán dichos resultados considerando improcedente pronunciarse, además de la falta de competencia de esta Entidad sobre el tema de salud, conforme en lo dispuesto en el Decreto 3573 del 27 de septiembre de 2011, a pesar de estar involucrados en dicha investigación el Hospital de Fontibón E.S.E, Secretaría De Salud y la Universidad Nacional de Colombia.

Estos son solo algunas de las observaciones que hicieron de varios estudios y en todas concluían lo mismo la no relación de afecciones en la salud y la operación del aeropuerto.

Volviendo al tema que nos ocupa, si bien el haber realizado un mapa de ruido específico para la localidad de Fontibón, distinguir puntos de monitoreo que cumplen o incumplen de acuerdo a la resolución 627 de 2006 sobre los máximos permisibles o tener una muestra de la población que se encuentra en el área de influencia del aeropuerto para aplicar una encuesta y conocer su calidad de sueño, permitió distinguir dos impactos ambientales procedentes del componente atmosférico (niveles de ruido) por las actividades del aeropuerto el dorado (la modificación en la presión sonora y la modificación en la calidad del sueño), mantiene la hipótesis de que si existe una relación entre el ruido del aeropuerto y la afectación de la salud auditiva, psicológica.

Llegado a este punto, si los dos impactos de la tabla 21 tienen un valor de importancia severo, significa que el impacto resulta manejable o significativo y requiere de medidas de manejo especial, además de que es un impacto negativo cuyo efecto se traduce en pérdida de valor naturalístico, con aumento de los perjuicios derivados de la contaminación y demás riesgos ambientales (Conesa Fernandez - Vitora, 2010).

En definitiva esto dos impactos calificados como severo, son efectos en el que la recuperación de las condiciones del medio exigen la adecuación de medidas correctoras o protectoras y que aun así con dichas medidas la recuperación requiere de un periodo de tiempo dilatado (Conesa Fernandez - Vitora, 2010), es decir que aunque la tráfico aéreo produce contaminación acústica difícil de mitigar, el valor importancia arrojado en este estudio, permite la posibilidad de solucionar y hacer algo al respecto para mejorar las condiciones del ambiente del área de influencia.

9 CONCLUSIONES

- Se denota que los niveles de ruido ambiental incumplen en un 61% para el horario nocturno, según los máximos permisible de la Res.0627/2006 por lo cual se ve afectada la calidad de vida de la comunidad de Fontibón – Bogotá en una relación directamente proporcional a los niveles de ruido expuestos.
- La capacidad de adaptación en el tiempo de los habitantes a la problemática de la magnitud y la dispersión del ruido ambiental se representa en el 7,92% según el resultado del instrumento de Pittsburgh.
- Se demuestra que el 92,08% de la población encuestada de la localidad de Fontibón presenta una mala calidad del sueño, según el resultado del instrumento de Pittsburgh, cifra alarmarte para la población, pues no consiguen el descanso cuando se disponen a dormir.
- El ICSP global de la población encuestada es de 8,62 indica que merecen atención y tratamiento médico, para mejorar su calidad de sueño.
- Es conveniente realizar evaluaciones de impacto a proyectos ejecutados, dado que permiten realizar análisis reales de la situación en cuestión, con resultados concretos y así conocer los efectos más a fondo.
- El ruido procedente de las actividades del Aeropuerto Internacional El Dorado, modifica los niveles de presión sonora para la Localidad de Fontibón y a su vez la calidad de sueño de las personas residentes en un grado de importancia severo.

- Las medidas estipuladas en el plan de manejo ambiental del aeropuerto el Dorado no tienen incidencias en la disminución del impacto de la contaminación acústica sobre la localidad de Fontibón

10 RECOMENDACIONES

Al finalizar el proyecto se recomienda para futuras investigaciones los siguientes aspectos:

- Los mapas de ruido son una herramienta para la toma de decisiones y conocer el patrón de dispersión del ruido ambiental en un área de estudio, por esto es necesario la actualización de estas representaciones cartográficas, dado que los niveles de ruido fluctúan periódicamente por el conjunto de actividades que se desarrollan en las áreas de influencia del Aeropuerto Internacional El Dorado.
- Aumentar los puntos de monitoreo del área objeto de estudio para asegurar una confiabilidad mayor a la hora de generar la interpolación entre puntos para obtener los patrones de dispersión de la presión sonora.
- Realizar evaluaciones de impacto ambiental que abarquen más ámbitos para una toma de decisiones más acertada ante problemáticas velando por la seguridad, calidad del ambiente y vida de la comunidad.
- Implementar un plan de reforestación de zonas verdes, que logren actuar como muros que reduzcan los niveles de ruido ambiental desde la fuente hasta la comunidad receptora.
- Realicen medidas correctoras para mitigar el impacto mediante el análisis del componente que afecten la salud por las emisiones de ruido, problemas cardiovasculares, estrés por

medio de un comité o mesa de trabajo que se encargue específicamente de esta problemática, propuesta- en la resolución 1567 de 2015.

11 REFERENCIAS

Acero Calderón, J., Jaimes Becerra, M., & Romero Duque, G. A. (2016). Generación de mapas de ruido (industrial) desde sistemas de información geográfica. Un acercamiento desde la literatura. *Revista Tecnura*, *20*(49), 152. https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.3.a10

Acosta, G., María, A., Florez, G., Katherine, D., Metodológico, A., Yaneth, M., … Clínico, L. (2016). *CALIDAD DEL SUEÑO ASOCIADO AL RUIDO CAUSADO POR LA OPERACIÓN DEL AEROPUERTO EL DORADO EN ADULTOS DE LAS LOCALIDADES DE FONTIBÓN, BOGOTÁ, 2016*.

Alberto Ramírez González, & Efraín Antonio Domínguez Calle. (2011). El Ruido Vehicular Urbano: Problemática Agobiante De Los Países En Vías De Desarrollo. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, *35*(137), 509–530. Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082011000400009

Ambiente, M. D. E., & Vivienda. (2006). *RESOLUCIÓN (627) DE 2006*. (627), 1–29.

AmbienteBogota. (n.d.). *MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL 26 DE JUNIO DE 2015 SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE*.

Angrino Triviño, C. F., & Bastidas Murillo, J. (2014). EL CONCEPTO DE AMBIENTE Y SU INFLUENCIA EN LA EDUCACIÓN AMBIENTAL: ESTUDIO DE CASO EN DOS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL MUNICIPIO DE JAMUNDI. *Universidad Del Valle*. https://doi.org/10.1177/1742766510373715

Asensio, C. (2011). *Monitorado de ruido de aeropuertos: Técnicas de detección, claseficación e identificación de ruido de aeronaves como causantes de incertidumbre en la medida.* 84. Retrieved from http://oa.upm.es/8825/2/TESIS_,MASTER_CESAR_ASENSIO.pdf

Barrera, S. (2014). *El ruido aeronáutico: Realidad que enfrenta el aeropuerto el dorado y sus comunidades aledañas.* Universidad Militar Nueva Granada.

Basner, M., Griefahn, B., & Van Den Berg, M. (2010). Aircraft noise effects on sleep: Mechanisms, mitigation and research needs. *Noise and Health*, *12*(47), 95–109. https://doi.org/10.4103/1463-1741.63210

Bocanegra Olaya, J. P. (2017). Localidad de Fontibón | Bogota.gov.co. Retrieved October 15, 2019, from https://bogota.gov.co/mi-ciudad/localidades/fontibon

Bruel & Kjaer. (2000). Ruido Ambiental. *Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S*, 35. Retrieved from http://www.meteogalicia.gal/datosred/infoweb/meteo/docs/ruido/Informe-Ruido_Amb_es.pdf

Callejas, L. M., Sarmiento, R., Medina, K., Sepúlveda, H., Deluque, D., & Escobar-Córdoba, F. E. (2015). Calidad del sueño en una población adulta expuesta al ruido del Aeropuerto El Dorado, Bogotá, 2012. *Biomedica*. https://doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2465

CAM. (2017). *MAPAS DE RUIDO AMBIENTAL Y PLAN DE DESCONTAMINACIÓN POR*

RUIDO DEL MUNICIPIO DE PITALITO.

Cano Álvarez, J. A. (2009). *Metodología para el análisis de la dispersión del ruido en aeropuertos, estudio de caso: aeropuerto Olaya Herrera de la ciudad de Medellin*.

CAR. (2007). *CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA MAPA DE RUIDO Municipio de Girardot Cundinamarca*.

Casallas Heredia, E. D., & Porras Esguerra, E. (2017). *ESTUDIO SONOMÉTRICO SOBRE EL IMPACTO DE LA APERTURA DE LA VENTANA OPERACIONAL EN EL AREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL EL DORADO DE BOGOTA EFRAIN DAVID CASALLAS HEREDIA EDWIN FABIANY PORRAS ESGUERRA FUNDACION UNIVERSITARIA LOS LIBERTA*.

Casas-García, O., Betancur-Vargas, C. M., & Montaño-Erazo, J. S. (2015). Revisión de la normatividad para el ruido acústico en Colombia y su aplicación. *Entramado*, *11*(1), 264–286. https://doi.org/10.18041/entramado.2015v11n1.21106

Conesa Fernandez - Vitora, V. (2010). *GUIA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL*.

Coppa, M., D'Iorio, J. I., Monteagudo, J. P., & Tomassini, N. (2014). Contaminación acústica en el Aeropuerto Internacional de Santiago de Chile y su impacto en la planificación de usos del suelo. In *XII Jornadas de Jóvenes Investigadores*.

D. Tortosa, D., Llimpe Quintanilla, C., & Martínez Mora, J. A. (2017). *ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN SONORA A TRAVÉS DE MAPAS DE RUIDO Y DE ENCUESTAS DE PERCEPCIÓN SUBJETIVA EN EL DISTRITO DE SAN ISIDRO, LIMA PERÚ*.

Diaz Olariaga, O. (2018). *Análisis de mitigación de ruido aeroportuario. El caso del aeropuerto internacional de Bogotá-El Dorado (Colombia)*. *1*, 376–557.

ECOFOREST. (2001). *GUIA AMBIENTAL PARA LA OPERACIÓN GUIA AMBIENTAL PARA LA OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE AEROPUERTOS Y FUNCIONAMIENTO DE AEROPUERTOS COLOMBIA COLOMBIA--ECOFOREST ECOFOREST*.

Fyhri, A., & Aasvang, G. M. (2010). Noise, sleep and poor health: Modeling the relationship between road traffic noise and cardiovascular problems. *Science of the Total Environment*, *408*(21), 4935–4942. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.06.057

Ganic, E. M., Netjasov, F., & Babic, O. (2015). Analysis of noise abatement measures on European airports. *Applied Acoustics*, *92*, 115–123. https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2015.01.010

Garavito, J. (2007). *Escuela Colombiana de Ingeniería*.

Garmendia Salvador, A., Salvador Alcaide, A., Crespo Sanchez, C., & Garmendia Salvador, L. (2005). *Evaluación de impacto ambiental*.

Goméz Orea, D., & Gómez Villarino, M. T. (2002). *Evaluación de Impacto Ambiental*.

Guitiérrez Acosta, A. M., & Guzmán Florez, D. K. (2016). *CALIDAD DEL SUEÑO ASOCIADO AL RUIDO CAUSADO POR LA OPERACIÓN DEL AEROPUERTO EL DORADO EN ADULTOS DE LAS LOCALIDADES DE FONTIBÓN, BOGOTÁ, 2016.* (UNIVERSIDAD DE CIENCIAS APLICADAS Y AMBIENTALES UDCA; Vol. 53; Intergovernmental Panel on Climate Change, Ed.). https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Jiménez, B., Luis, J., Romero, P., Molina, H., Zacarías, F., Velázquez-Gaztelu, B., … López, L. (2017). *48º CONGRESO ESPAÑOL DE ACÚSTICA ENCUENTRO IBÉRICO DE*

ACÚSTICA.

Katherine, J., & Guarnizo, E. (2017). *ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN POR RUIDO GENERADA POR AEROPUERTOS Y SU EFECTO EN LA SALUD*. Retrieved from http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/16428/1/EscobarGuarnizoJuliethKatherine2017.pdf

Lidia, A., & Domínguez Ruiz, M. (2014). Vivir con ruido en la Ciudad de México. El proceso de adaptación a los entornos acústicamente hostiles. In *ESTUDIOS DEMOGRÁFICOS Y URBANOS* (Vol. 29).

Lira, D., & Custodio, N. (2018). Sleep disorders and their complex relationship with cognitive functions. In *Rev Neuropsiquiatr* (Vol. 81).

LOS CICLOS DEL SUEÑO - IIS. (2018a). Retrieved October 7, 2019, from https://www.iis.es/los-ciclos-del-sueno-soniaesquinas-clinica-salud-instituto-del-sueno/

LOS CICLOS DEL SUEÑO - IIS. (2018b).

Lucía, C., & Echeverry, Z. (2009). *Un aporte a la gestión del ruido urbano en Colombia , caso de estudio : Municipio de Envigado Un aporte a la gestión del ruido urbano en Colombia , caso de estudio : Municipio de Envigado*.

Luis Torres Laborde, J., & Rosillo Ricardo, L. (2009). *Evolución y creatividad*.

Luna-Solis, Y., Robles-Arana, Y., & Agüero-Palacios, Y. (2015). Validación Del Índice De Calidad De Sueño De Pittsburgh En Una Muestra Peruana Validation of the Pittsburgh Sleep Quality Index in a Peruvian Sample. *23 Anales de Salud Mental*, *XXXI*(2), 23–30. Retrieved from http://www.insm.gob.pe/ojsinsm/index.php/Revista1/article/viewFile/15/14

Maria, J., Pons, S., Eva, J., & Peñas, M. (2004). *EL PROBLEMA DEL RUIDO EN LOS ENTORNOS*. 225–244.

Miedema, H. M. E. (2007). Annoyance caused by environmental noise: Elements for evidence-based noise policies. *Journal of Social Issues*, *63*(1), 41–57. https://doi.org/10.1111/j.1540-4560.2007.00495.x

Miyara, F., Cabanellas, S., Mosconi, P., Pasch, V., Yanitelli, M., Rall, J. C., & Vazquez, J. (2014). Ruido de aeropuertos: Caracterización acústica de una aeronave a partir del ruido del sobrevuelo. *Universidad Nacional de Rosario (UNR), Argentina*, 1–7.

Organización Mundial de la Salud. (1999). Guías para el ruido urbano. In *academia.edu*. Retrieved from http://www.academia.edu/download/39702748/guia_oms_ruido_1_bergurl_ruido_ambiental.pdf

OSMAN. (2009). *Ruido y Salud*.

Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio Sampling Techniques on a Population Study. In *Int. J. Morphol* (Vol. 35).

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2016a). Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles | PNUD. Retrieved August 21, 2019, from https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-11-sustainable-cities-and-communities.html

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2016b). Objetivo 9: Industria, innovación e infraestructura | PNUD. Retrieved August 21, 2019, from

https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-9-industry-innovation-and-infrastructure.html

ruido | Definición de ruido - «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. (n.d.). Retrieved October 7, 2019, from https://dle.rae.es/?id=WoW1aWq

Saavedra Castillo, J. E., González, S., Robles, Y., Pomalima, R., Vargas, H., Paz, V., … Saavedra, C. (2013). *ESTUDIO EPIDEMIOLÓGICO DE SALUD MENTAL EN INFORME GENERAL*.

Schiemann, J., & Salgado, I. (1996). *Trastornos del sueño Estructura del sueño*.

Secretaría de Planeación. (2009). *Conociendo la localidad de fontibon*. 149.

Secretaría de Planeación. (2018). *Fontibón Localidad 09*. 170.

SEMANA. (2019). ¿Por qué el aeropuerto El Dorado está colapsado? Retrieved October 21, 2019, from Revista Semana website: https://www.semana.com/economia/articulo/por-que-el-aeropuerto-el-dorado-esta-colapsado/632691

Suárez, E. (2006). *MAPAS DE RUIDO Importancia y Metodologías Comisión Nacional del Medio Ambiente Región de Los Lagos*.

SurveyMonkey. (n.d.). Calcular el tamaño de la muestra: entender el tamaño de la muestra | SurveyMonkey. Retrieved October 15, 2019, from https://es.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/

Yepes, D. L., Gómez, M., Sanchez, L., & Jaramillo, A. C. (2008). METODOLOGÍA DE ELABORACIÓN DE MAPAS ACÚSTICOS COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN DEL RUIDO URBANO - CASO MEDELLÍN. Retrieved October 22, 2019, from https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/10243/40048

12 ANEXOS

ANEXO 1

INSTRUMENTO INDICE DE CALIDAD DE PITTSBURGH, VERSIÓN COLOMBIANA

Estimado (a) participante:

Buen día, somos estudiantes de la Universidad de Cundinamarca, y estamos realizando una investigación del impacto ambiental que provocan las actividades del aeropuerto El Dorado y los efectos en la calidad del sueño, la información colectada será de carácter confidencial, con el único fin de investigación académica, por esta razón estamos realizando este cuestionario ¿Sería tan amable de compartirme de 10 a 15 minutos de su apreciado tiempo para responder la siguiente encuesta?

Datos Sociodemográficos:

¿Hace cuánto vive en la localidad de Fontibón?

- Menos de 1 año
- De 1 a 3 años
- De 3 a 5 años
- De 6 a 9 años
- Más de 9 años

Barrio en el cual reside: _____

¿En qué rango de edad se encuentra?

- 10 a 30 años
- 31 a 43 años
- 44 a 56 años
- 57 años o más

Fecha: *(el día en que era encuestado)*

Género:

- Mujer
- Hombre
- Otro

Estimado Participante:

Las preguntas hacen referencia a su forma habitual de dormir únicamente durante el último mes, en promedio. Sus respuestas serán ajustadas a la manera más exacta posible a lo ocurrido en los días y noches del último mes.

Apreciamos que pueda contestar todas las preguntas.

1. ¿A qué hora se acuesta a dormir normalmente por la noche?

a) Antes de las 9 P.M
b) Entre las 9:01 P.M y las 10 P.M
c) Entre las 10:01 P.M y las 11 P.M
d) Entre las 11:01 P.M y las 12 P.M
e) Después de las 12 P.M

2. ¿Cuánto tiempo se demora en quedarse dormido en promedio?

a) Menos de 15 minutos
b) Entre 16 a 30 minutos
c) Entre 31 a 60 minutos
d) Más de 60 minutos

3. ¿A qué hora se levanta habitualmente en la mañana?

a) Antes de las 4 A.M
b) Entre las 4:01 A.M y 5 A.M
c) Entre las 5:01 A.M y 6 A.M
d) Después de las 6 A.M

4. ¿Cuántas horas duerme en la noche? A diferencia del tiempo que permanezca en la cama

a) Menos de 5 horas
b) Entre 5 a 6 horas
c) Entre 6 a 7 horas
d) Más de 7 horas

5. Durante el último mes, cuántas veces ha tenido problemas para dormir a causa de:

Posibles respuestas: *Ninguna vez en el último mes, Menos de una vez en la semana, Una o dos veces a la semana o Tres o más veces a la semana*

I. No poder conciliar el sueño en la primera media hora:
II. Despertarse durante la noche de madrugada:
III. Tener que levantarse para ir al baño:
IV. No poder respirar bien:
V. Toser o roncar ruidosamente:
VI. Sentir frío:
VII. Sentir demasiado calor:
VIII. Tener pesadillas o "malos sueños":
IX. Sufrir dolores:
X. Otras razones (Por favor descríbalas)

6. En el último mes ¿Cómo valoraría, en conjunto la calidad del sueño?

a) Bastante Buena
b) Buena
c) Mala
d) Bastante Mala

7. En el último mes ¿Cuántas veces habrá tomado medicinas (por su cuenta o recetadas por el médico) para dormir?

a) Ninguna vez en el último mes
b) Menos de una vez a la semana
c) Una o dos veces a la semana
d) Tres o más veces a la semana

8. En el último mes ¿Cuántas veces ha sentido somnolencia mientras conducía, comía, o desarrollaba alguna otra actividad?

a) Ninguna vez en el último mes
b) Menos de una vez a la semana
c) Una o dos veces a la semana
d) Tres o más veces a la semana

9. En el último mes ¿Ha representado problema el "Tener ánimos" para realizar alguna de las actividades mencionada en la pregunta anterior?

a) Ningún problema
b) Solo un leve problema
c) Un problema
d) Un grave problema

10. ¿Duerme solo o acompañado?

a) Solo
b) Con alguien en otra habitación
c) En la misma habitación, pero en otra cama
d) En la misma cama

POR FAVOR, SÓLO CONTESTE A LAS SIGUIENTES PREGUNTAS EN EL CASO QUE DUERMA ACOMPAÑADO

Si tiene pareja o compañero de habitación pregúntele, su durante el último mes ha tenido:

Posibles respuestas: *Ninguna vez en el último mes, Menos de una vez a la semana,*

Una o dos veces a la semana o Tres o más veces a la semana

i. Ronquidos ruidosos.
ii. Grandes pausas entre respiraciones mientras duermen.
iii. Sacudidas o espasmos de piernas mientras duerme.
iv. Episodios de desorientación o confusión mientras duerme.
v. Otros inconvenientes mientras duermen (Por favor, descríbalas)

Agradeciendo de antemano su colaboración, le saludamos atentamente y quedamos a su disposición. ¿Sería tan gentil de brindarnos algún correo o teléfono de contacto para ofrecerle más información sobre este y otras investigaciones? ¡Muchas gracias, es usted muy gentil!

Datos:

ANEXO 2

PCE Instruments

Kalibrierlabor / *Calibration laboratory*

Test Instruments
Control Systems
Scales
Laboratory Equipment

3. Messbedingungen / *Measurement conditions*

Alle Messungen wurden mit der Funktion SLOW durchgeführt.
All measurements have been carried out using the SLOW function.
Die Frequenz bei der Kalibrierung betrug 1kHz. *The frequency during calibration was 1 kHz*

Das Gerät enspricht der Genauigkeitsklasse 2. *The device corresponds to accuracy class 2.*

4. Ergebnisse / *Results*

Anzeige im Messbereich 22...137dB (A) / *Indication within range 22...137dB (A)*

Soll-Wert *Target value* [dB]	**Ist-Wert (Mittelwert)** *Actual value (average)* [dB]	**Abweichung** *Deviation* [dB]	**Ergebnis** *Result*
94,01 / *94.01*	94,00 / *94.00*	-0,01 / *-0.01*	i.o. / *pass*
114,01 / *114.01*	113,90 / *113.90*	-0,11 / *-0.11*	i.o. / *pass*

Anzeige im Messbereich 22...137dB (B) / *Indication within range 22...137dB (B)*

Soll-Wert *Target value* [dB]	**Ist-Wert (Mittelwert)** *Actual value (average)* [dB]	**Abweichung** *Deviation* [dB]	**Ergebnis** *Result*
94,01 / *94.01*	94,00 / *94.00*	-0,01 / *-0.01*	i.o. / *pass*
114,01 / *114.01*	113,90 / *113.90*	-0,11 / *-0.11*	i.o. / *pass*

Anzeige im Messbereich 22...137dB (C) / *Indication within range 22...137dB (C)*

Soll-Wert *Target value* [dB]	**Ist-Wert (Mittelwert)** *Actual value (average)* [dB]	**Abweichung** *Deviation* [dB]	**Ergebnis** *Result*
94,01 / *94.01*	94,00 / *94.00*	-0,01 / *-0.01*	i.o. / *pass*
114,01 / *114.01*	113,90 / *113.90*	-0,11 / *-0.11*	i.o. / *pass*

Anzeige im Messbereich 22...137dB (Z) / *Indication within range 22...137dB (Z)*

Soll-Wert *Target value* [dB]	**Ist-Wert (Mittelwert)** *Actual value (average)* [dB]	**Abweichung** *Deviation* [dB]	**Ergebnis** *Result*
94,01 / *94.01*	94,00 / *94.00*	-0,01 / *-0.01*	i.o. / *pass*
114,01 / *114.01*	113,90 / *113.90*	-0,11 / *-0.11*	i.o. / *pass*

Bemerkung: / *Note:*

Der Mittelwert wurde aus 3 Einzelwerten gebildet.
The mean value was calculated on the basis of 3 individual values.

Firmenstempel *Company seal*	Ausstellungsdatum *Date of issue*	Bearbeiter *Person in charge*	Leiter Kalibrierlabor *Head of calibration laboratory*
PCE Produktions- und Entwicklungsgesellschaft mbH Kalibrierlabor im Langel 26, 59872 Meschede 02903 976 99 0 · info@pce-instruments.de www.pce-instruments.com	04.04.2018 *04 April 2018*	L. Leutner	J. Gerke

Img certificado de prueba de toma de datos y calibración del equipo

Img equipo sonometro para toma de datos

PCE Instruments

Kalibrierlabor / *Calibration laboratory*

Test Instruments
Control Systems
Scales
Laboratory Equipment

Werks-Kalibrierschein
Factory Calibration Certificate

Kalibrier-Nr / *Calibration No.* WK2018040003

Gegenstand / *Object*	Schallpegelmeter *Sound Level Meter*
Typ / *Type*	PCE-428
Hersteller / *Manufacturer*	PCE Instruments
Auftraggeber / *Customer*	PCE Instruments
Serien-Nr. / *Serial number*	557225
Serien-Nr. Sensor / *Serial number sensor*	550717
Kalibrierdatum *Date of calibration*	04.04.2018 *04 April 2018*
Umgebungsbedingungen *Calibration conditions*	20,6 °C ±1 K / *20.6 °C ±1 K* 37,1 %r. F. ±5 %r. F. / *37.1 %RH ±5 %RH*

Die Kalibrierung erfolgt durch Vergleich mit Bezugsnormalen. Für die Kalibrierung trägt der Aussteller dieses Kalibrierscheins die alleinige Verantwortung. Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich. Die für die Kalibrierung verwendeten Messeinrichtungen werden regelmäßig kalibriert und sind rückführbar auf die nationalen Normale der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB) oder auf andere internationale Normale.

The calibration is performed by comparison with reference standards. The issuing company is solely responsible for the performance of the calibration. The user is responsible for the observance of a suitable recalibration period. The measurement equipment used for calibration is calibrated frequently and is traceable to national standards of the federal center of physics and technics (PTB) or other international standards .

Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverarbeitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung der ausstellenden Firma. Kalibrierscheine ohne Stempel und Unterschrift haben keine Gültigkeit.

This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with permission of the issuing campany. Calibration certificates without signature and seal are not valid.

1. Kalibriereinrichtung / *Calibration device*

Beschreibung *Description*	**Typ** *Type*	**Hersteller** *Manufacturer*	**Serien-Nr.** *Serial number*	**Kalibrierzeichen** *Calibration mark*
Schallkalibrator *Sound Calibrator*	4231	Brüel & Kjær	3015075	Reg.nr. 307 Calib.d.: 2017-11-24 Cert.no.: CDK1708866

2. Kalibrierverfahren / *Calibration procedure*

Die Kalibrierung erfolgte durch Vergleich der Anzeige des Kalibriergegenstandes mit denen durch die Kaliriereinrichtung dargestellten Werte.

Calibration was carried out by comparing the indication of the calibration item with the values shown on the device.

PCE Produktions- und Entwicklungsgesellschaft mbH WK2018040003

Img certificado de prueba de toma de datos y calibración del equipo

	Sound Level Calibrator	Date 03.14.18	Version 1.0
	Test Certificate	Document No. 180314062	Page 1 of 1

Model No.	PCE-SC42
Serial No.	N839959
Tested by	QC03-YX

1. Sound Level (dB) :

Standard Sound Pressure Level		Tolerance Range of the Gauge		Readings (dB)
Standard Level dB	Tolerance dB (±)	Minimum dB	Maximum dB	
94	0.3	93.7	94.3	94.1
114	0.3	113.7	114.3	114.0

2. Signal Frequency :

1000Hz±0. 01%

3. Distortion for output signal:

Sound Level	Distortion	Tolerance
94	0.4	3%
114	1.2	3%

CONCLUSION: pass

Note:

1. TEST CONDITIONS: TEMP. 21.5 ℃ HUMIDITY: 72 %
2. The calibration was performed by comparison of the instrument with the standard equipment 4228.

SIGNITURE:

Img certificado de prueba de toma de datos y calibración del equipo

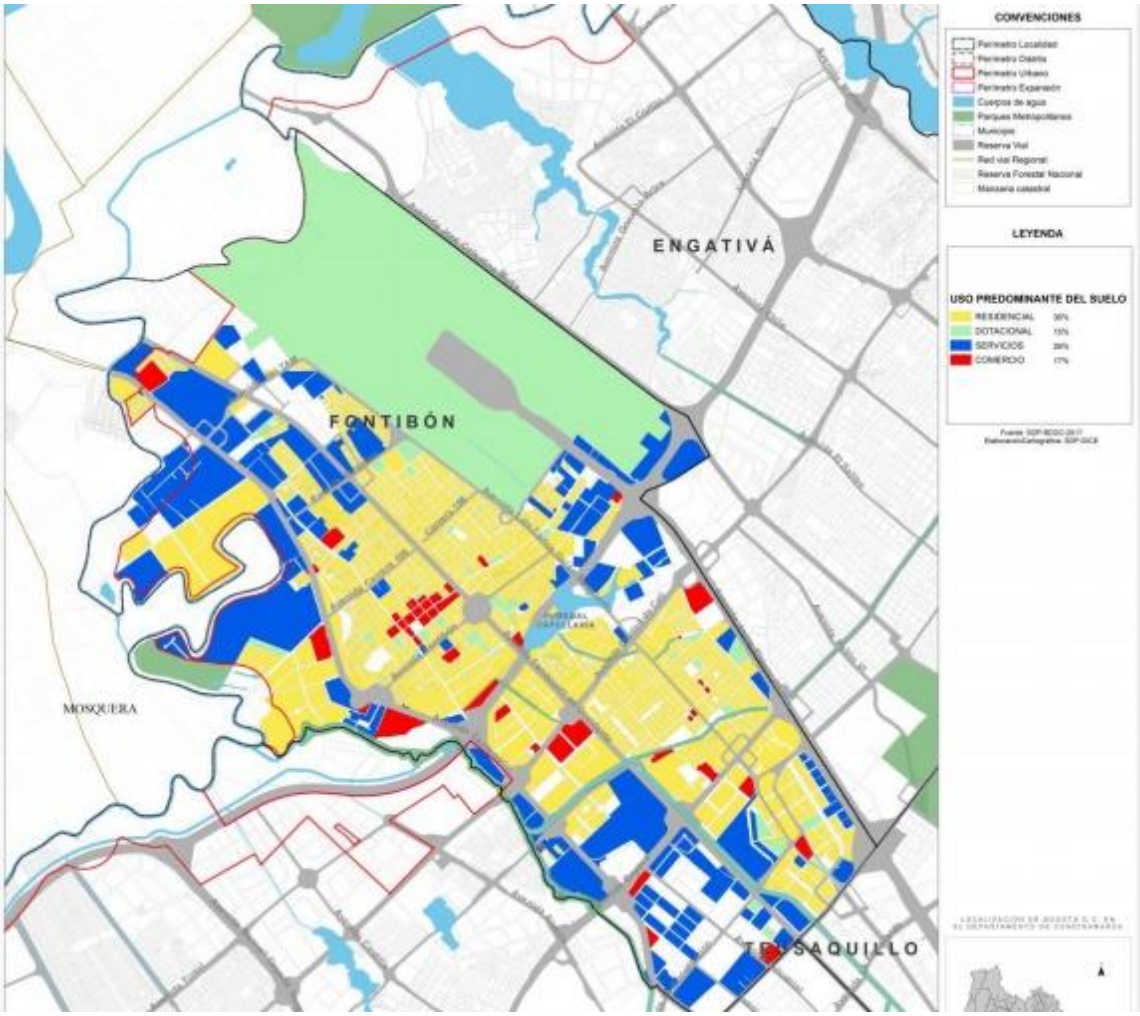

Imagen como referencia al POT de Bogotá tomado de (Secretaría de Planeación, 2018)