

COMPARACIÓN GEOESTADÍSTICA DE SONÓMETROS TIPO I Y TIPO II  
EN LA MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTAL EFECTUADA A DOS  
DISTANCIAS SOBRE EL NIVEL DEL SUELO EN LA UPZ 99-CHAPINERO-  
BOGOTÁ D.C

**KAREN JOHANNA CARVAJAL ANZOLA**  
**IVÁN MAURICIO PARRA LEGUIZAMÓN**

Universidad Santo Tomás  
División de Ingenierías  
Facultad de Ingeniería Ambiental  
Bogotá, D.C.  
2021

COMPARACIÓN GEOESTADÍSTICA DE SONÓMETROS TIPO I Y TIPO II  
EN LA MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTAL EFECTUADA A DOS  
DISTANCIAS SOBRE EL NIVEL DEL SUELO EN LA UPZ 99-CHAPINERO-  
BOGOTÁ D.C

**KAREN JOHANNA CARVAJAL ANZOLA  
IVÁN MAURICIO PARRA LEGUIZAMÓN**

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental  
Línea de investigación: Salud Ambiental

Director  
JOHAN ALEXANDER ÁLVAREZ BERRIO  
Ingeniero ambiental y sanitario  
Magíster en toxicología

Universidad Santo Tomás  
División de Ingenierías  
Facultad de Ingeniería Ambiental  
Bogotá, D.C.  
2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

Firma Ingeniero Johan Alexander Álvarez Berrio  
Director

---

Firma Ingeniero                      Jurado

---

Firma Ingeniero                      Jurado

Bogotá, mayo 2021

# CONTENIDO

pág.

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>17</b>
<b>1. OBJETIVOS</b> .....	<b>19</b>
<b>1.1 GENERAL</b> .....	<b>19</b>
<b>1.2 ESPECIFICOS</b> .....	<b>19</b>
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	<b>20</b>
<b>3. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>22</b>
<b>3.1 MARCO CONCEPTUAL</b> .....	<b>22</b>
3.1.1 Sonido .....	22
3.1.2 Ruido .....	24
3.1.3 Emisión de ruido.....	26
3.1.4 Octava .....	26
3.1.5 Sonómetros .....	26
3.1.6 Calibración.....	30
3.1.7 Pistófono.....	30
3.1.8 Mapa de ruido.....	30
3.1.9 Plugin OpeNoise.....	31
3.1.10 Método de grillas .....	31
3.1.11 Estadística descriptiva.....	31
3.1.12 Estadística paramétrica y no paramétrica.....	32
<b>3.2 MARCO LEGAL</b> .....	<b>32</b>
<b>3.3 MARCO CONTEXTUAL</b> .....	<b>34</b>
3.3.1 Uso del suelo y actividades desarrolladas en la UPZ 99.....	34
3.3.2 Transporte y movilidad .....	35
3.3.3 Contexto socioeconómico.....	36
3.3.4 Actividades económicas .....	36
3.3.5 Problemática ambiental .....	36
<b>4. METODOLOGÍA</b> .....	<b>38</b>

<b>4.2 ETAPA DIAGNÓSTICA.....</b>	<b>38</b>
4.2.1 Delimitación del área de estudio.....	38
4.2.2 Reconocimiento de campo .....	39
<b>4.3 ETAPA SELECTIVA .....</b>	<b>39</b>
4.3.1 Determinación del número de puntos y de los tiempos de la medición .....	39
4.3.2 Método de grillas .....	40
<b>4.4 MEDICIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL.....</b>	<b>43</b>
4.4.1 Calibración de los instrumentos de medición .....	44
4.4.2 Cálculo del nivel equivalente de presión sonora.....	45
4.4.3 Instrumentos y equipos de medición .....	45
<b>4.5 ADAPTACIÓN DE PROTOCOLO.....</b>	<b>48</b>
<b>4.6 MAPAS DE RUIDO .....</b>	<b>48</b>
<b>4.7 TRATAMIENTO DE LOS DATOS.....</b>	<b>49</b>
<b>5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>52</b>
<b>5.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO.....</b>	<b>52</b>
5.1.1 Análisis diario de niveles de presión sonora por mes y comparación con la norma .....	58
<b>5.2 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS MEDICIONES EFECTUADAS A 4 METROS Y A 1,5 METROS DE ALTURA .....</b>	<b>71</b>
<b>5.3 PRUEBA DE NORMALIDAD .....</b>	<b>72</b>
<b>5.4 TEST DE DIFERENCIA DE MEDIAS.....</b>	<b>73</b>
<b>5.5 ANÁLISIS DE MAPAS DE RUIDO.....</b>	<b>73</b>
5.5.1 Análisis para el mes de noviembre en la jornada de medio día.....	74
5.5.2 Análisis para el mes de noviembre en la jornada de la tarde .....	76
5.5.3 Análisis para el mes de noviembre en horario nocturno .....	78
5.5.4 Análisis para el mes de febrero en la jornada de medio día .....	80
5.5.5 Análisis para el mes de febrero en la jornada de la tarde.....	82
5.5.6 Análisis para el mes de febrero en la jornada nocturna.....	84
5.5.7 Análisis para el mes de marzo en la jornada de medio día .....	86
5.5.8 Análisis para el mes de marzo en la jornada de la tarde .....	88
5.5.9 Análisis para el mes de marzo en la jornada nocturna .....	90

<b>6. IMPACTO SOCIAL Y HUMANÍSTICO .....</b>	<b>93</b>
<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>94</b>
<b>8. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>96</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>101</b>

## LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1 Distintos Timbres.....	24
Ilustración 2. Estructura de un sonómetro .....	27
Ilustración 3. Curvas de Ponderación .....	28

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Tipos y fuentes de ruido.....	25
Tabla 2. Pruebas estadísticas.....	32
Tabla 3. Normas para el control de ruido ambiental .....	33
Tabla 4. Horas de mayor y menor actividad .....	39
Tabla 5. Horarios de medición .....	40
<i>Tabla 6. Descripción de los puntos de muestreo.</i> .....	41
Tabla 7. Instrumento y equipos de medida .....	45
Tabla 8. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles dB(A) .....	50
Tabla 9. Clasificación de los puntos de muestreo por subsector .....	58
Tabla 10. Resultado de la prueba t-student .....	73
Tabla 11. Intervalos para el horario diurno y nocturno.....	74
Tabla 12. Porcentaje de diferencia de áreas para el mes de noviembre en jornada de medio día .....	76
Tabla 13. Porcentaje de diferencia de áreas para el mes de noviembre en jornada de la tarde .....	78
Tabla 14. Porcentaje de diferencia de áreas para el mes de noviembre en jornada nocturna .....	80
Tabla 15. Porcentaje de diferencia de áreas para el mes de noviembre en jornada de medio día .....	82
Tabla 16. Porcentaje de diferencia de áreas para el mes de noviembre en jornada de la tarde .....	84

Tabla 17. Porcentaje de diferencia de áreas para el mes de febrero en jornada nocturna .....	85
Tabla 18. Porcentaje de diferencia entre áreas para el mes de marzo en jornada de medio día .....	88
Tabla 19. Porcentaje de diferencia entre áreas para el mes de marzo en jornada de la tarde .....	89
Tabla 20. Porcentaje de diferencia de áreas para el mes de marzo en jornada nocturna .....	92

## LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Punto de muestreo vs altura- Nocturno .....	52
Gráfica 2. Punto de muestreo vs altura-Medio día .....	53
Gráfica 3. Punto de muestreo vs altura- Tarde .....	53
Gráfica 4. dBA por punto y altura .....	55
Gráfica 5. dBA vs valores diarios de dBA en noviembre .....	56
Gráfica 6. dBA vs Valores diarios de dBA para febrero .....	57
Gráfica 7. dBA vs Valores diarios de dBA para marzo .....	57
Gráfica 8. Valores diarios de dBA para el horario de Medio día .....	59
Gráfica 9. Comparación con la norma para noviembre en la jornada tarde .	62
Gráfica 10.Comparación con la norma para noviembre en la jornada nocturna .....	63
Gráfica 11. Comparación con la norma para febrero en la jornada de medio día .....	64
Gráfica 12. Comparación con la norma para febrero en la jornada de la tarde .....	66
Gráfica 13. Comparación con la norma para febrero en la jornada nocturna	67
Gráfica 14. Comparación con la norma para marzo en la jornada de medio día .....	68
Gráfica 15. Comparación con la norma para marzo en la jornada de la tarde .....	69
Gráfica 16.Comparación con la norma para marzo en la jornada nocturna..	70
Gráfica 17. Densidad vs medición del sonómetro .....	72

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Delimitación del área de estudio .....	102
Anexo B. Formato de campo .....	104
Anexo C. Protocolo para la medición de ruido ambiental a 1,5 metros de altura. .....	106
Anexo D. Datos obtenidos de las mediciones de ruido ambiental .....	110
Anexo E. Fotografías del muestreo.....	120

## LISTA DE ECUACIONES

pág.

Intensidad (1).....	22
Umbral de audición del oído humano(2).....	22
Cálculo del nivel equivalente de presión sonora(3).....	45

## LISTA DE MAPAS

pág.

Mapa 1. Ubicación geográfica de la UPZ 99 Chapinero .....	35
Mapa 2. Ubicación de puntos de muestreo.....	43
Mapa 3. Mapas de ruido ambiental para el mes de noviembre en horario de medio día .....	75
Mapa 4. Mapa de ruido ambiental para el mes de noviembre en la jornada de la tarde.....	77
Mapa 5. Mapa de ruido ambiental para el mes de noviembre en la jornada nocturna.....	79
Mapa 6. Mapa de ruido ambiental para febrero de medio día .....	81
Mapa 7. Mapa de ruido ambiental para el mes de febrero en la jornada de la tarde.....	83
Mapa 8. Mapa de ruido ambiental para el mes de febrero en la jornada nocturna.....	85
Mapa 9. Mapa de ruido ambiental para el mes de marzo en la jornada de medio día.....	87
Mapa 10. Mapa de ruido ambiental para el mes de marzo en la jornada de la tarde.....	88
Mapa 11. Mapa de ruido ambiental para el mes de marzo en la jornada nocturna.....	91

## LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

<b>Símbolo</b>	<b>Término</b>
----------------	----------------

<i>m.</i>	<i>Metros</i>
<i>W/ m<sup>2</sup></i>	<i>Vatio por metro cuadrado</i>
<i>Log</i>	<i>Logaritmo</i>
<i>Hz</i>	<i>Hertzios</i>
<i>kHz</i>	<i>Kilohercio</i>

Abreviatura	Término
UPZ	Unidad de Planeamiento Zonal
POT	Plan de Ordenamiento Territorial
ISO	Organización Internacional de Normalización
EPA	Agencia de Protección Ambiental
MAVDT	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
Leq	Nivel sonoro continuo equivalente
dBA	Unidad de medida del nivel sonoro con ponderación frecuencial (A)
CORPOCALDAS	Corporación Autónoma Regional de Caldas

## RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo para comprobar si mediciones de ruido ambiental a 2 diferentes alturas y con distintos tipos de sonómetros representan o no una diferencia significativa, se realizó un muestreo diario dentro de la UPZ 99 Chapinero, en tres distintas jornadas, las cuales fueron medio día (12:30 p.m. a 1:45 p.m.), tarde (5:00 p.m. a 6:15 p.m.) y noche (5:50 a.m. a 6:45 a.m.), el muestro tuvo una duración de 9 semanas divididas en 3 meses. Una vez finalizadas las mediciones, se generaron mapas de ruido que fueron analizados geoestadísticamente, de manera simultánea los datos obtenidos fueron sometidos, primero a un análisis descriptivo para saber su comportamiento, luego se realizó una prueba de normalidad y seguidamente un test de varianza, cuyo resultado principal fue que p-valor:  $1,27 \times 10^{-7}$ , lo que rechaza la hipótesis nula de la existencia de diferencia entre medidas, es decir, se representa una misma realidad sonora.

**Palabras claves:** ruido ambiental, mapa de ruido, sonómetro, análisis geoestadístico, UPZ 99 Chapinero

## ABSTRACT

The present work was carried out to check if environmental noise measurements at two different heights and with different types of sound level meters represent or not a significant difference, a daily sampling was performed within the UPZ 99 Chapinero, in three different days, which were midday (12:30 p.m. - 1:45 p.m.), afternoon (5:00 p.m. - 6:15 p.m.) and night (5:50 a.m. - 6:45 a.m.), the sampling had a duration of three months. Once the measurements were completed, noise maps were generated and analyzed geostatistically, simultaneously the data obtained were subjected, first to a descriptive analysis to know their behavior, then a normality test was performed and then a variance test, whose main result was that p-value:  $1.27 \times 10^{-7}$ , which rejects the null hypothesis of the existence of a difference between measurements, i.e., the same sound reality is represented.

**Keywords:** environmental noise, noise map, sound level meter, geostatistical analysis, UPZ 99 Chapinero,

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el ruido ambiental representa una de las causas más comunes del deterioro de la salud en las personas, además que este mismo factor amenaza día tras día el bienestar de los ecosistemas en general [1]. En el caso de Colombia, las emisiones de ruido se vienen regulando desde 1974, dada su característica contaminante que tiene la capacidad de alterar la calidad de vida de las personas que se exponen al mismo; es importante tener en cuenta que la exposición continua a fuentes de ruido puede causar problemas extra auditivos como lesiones accidentales y enfermedades cardiovasculares, además puede generar efectos psicológicos como el estrés, insomnio, baja productividad y pérdida de audición parcial o total [2].

En Bogotá, según el Boletín Sexto Distrital de junio de 2019, el 100% de las personas que perciben el ruido en la capital, consideran que este les ha afectado de alguna manera su estado de salud, viéndose reflejado en sus condiciones neurológicas y psicológicas, es por esto que se hace indispensable realizar mediciones de ruido ambiental que permitan diseñar e implementar medidas o estrategias que sirvan para disminuir los impactos generados por este factor contaminante [3].

En el año 2006 entró en vigencia la resolución 0627, la cual reglamenta la medición del ruido ambiental a 4 metros de altura sobre el nivel del suelo, lo que se convierte en un problema logístico y operativo que dificulta el trabajo en campo; anteriormente se llevaron a cabo estudios e investigaciones relacionadas con el ruido ambiental por parte de algunas entidades, pero realizando mediciones a 1,5 metros de altura con el fin de evitar costos en contratación, tiempos de instalación y logística en general. Esto se convierte en un gran problema ya que se cuestiona si las medidas a ambas mediciones representan o no una misma realidad sonora.

A raíz de esta problemática, se desarrolla esta investigación, con el objetivo de conocer si las mediciones realizadas a 4 metros y a 1,5 metros de altura presentan diferencias significativas o no, mediante un análisis geoestadístico. Para llevar a cabo este estudio se siguieron los parámetros especificados en la Resolución 627 de 2006 en cuanto a la medición de ruido ambiental incluyendo la adaptación del protocolo que permitiera la medición del ruido a 1,5 metros de altura. La metodología incluyó varias etapas, la primera de ellas, fue la etapa diagnóstica en la cual se definió y reconoció la zona de estudio, y la etapa selectiva, en la cual se tuvo en cuenta el POT de la ciudad para la elección de los horarios de medición y de los puntos de muestreo, estos últimos se eligieron llevando a cabo, primero, el método de grillas y finalmente,

se ubicaron teniendo en cuenta las zonas críticas y zonas con comportamientos similares en la generación de ruido.

Seguidamente se procedió a realizar las mediciones respectivas en los 8 puntos seleccionados, el muestreo duró en total 9 semanas, entre los meses de noviembre de 2020, y Febrero y Marzo de 2021, cada día se realizaban las mediciones en un punto determinado en tres horarios diferentes teniendo en cuenta las horas pico en la zona, las cuales se establecieron de 9 a.m. a 1 p.m. y de 4 p.m. a 10 p.m., además de considerar la seguridad de los estudiantes, para la jornada diurna los horarios seleccionados fueron: 12:30 p.m. a 1:45 p.m. y de 5:00 p.m. a 6:15 p.m., y para la jornada nocturna se seleccionó el horario de 5:30 a.m. a 6:45 a.m., teniendo en cuenta que la resolución establece que el horario nocturno empieza a las 9:01 p.m. y termina a las 7:00 a.m. La medición a 4 metros del piso se realizó con un sonómetro tipo I y la medición a 1,5 metros se realizó con un sonómetro tipo II.

Finalmente, se realizaron los mapas de ruido utilizando el software QGIS, lo que permitió un análisis gráfico, de manera simultánea se llevó a cabo un análisis estadístico de los datos medidos, mediante pruebas de normalidad y varianza y se compararon los niveles de presión sonora obtenidos en los diferentes puntos con los niveles permisibles establecidos en la resolución de manera tal, que se identificaron las zonas que cumplían o incumplían con la norma.

Deber tenerse en consideración que este trabajo se desarrolló durante la emergencia sanitaria causada por el COVID-19, lo que conllevó a que la dinámica comercial de la zona de estudio no se desarrollara con total normalidad.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 GENERAL**

Analizar geoestadísticamente las mediciones de ruido ambiental efectuadas con los sonómetros tipo I y tipo II a 4 metros y a 1,5 metros de altura sobre el nivel del suelo en la UPZ 99 de la ciudad de Bogotá, Colombia.

### **1.2 ESPECIFICOS**

- Adaptar un protocolo que garantice la medición a una altura distinta a la especificada por la resolución 0627 de 2006.
- Comparar gráficamente los mapas generados a las diferentes alturas para establecer si existen diferencias espaciales entre ambos.

## 2. ANTECEDENTES

El análisis del estado del arte que aquí se realiza se agrupa en dos puntos: el primero es sobre estudios realizados para la medición de ruido ambiental tanto en un ámbito internacional como nacional y el segundo punto sobre la comparación de los niveles de presión sonora medidos a distintas alturas. Cada país tiene su normativa específica en cuanto a mediciones de ruido ambiental, la unión europea conformada por 27 países se rige por la ISO 1996-2, exceptuando a España y Francia los cuales se rigen por normas propias, para España es el decreto real N° 1513/2005 y en el caso de Francia es el *Code de l'environnement* del 2014; países que no tienen en cuenta como guía la ISO 1996-2 aplican normas trazadas por sus entes reguladores internos como es el caso de Australia en donde rige una política del medio ambiente concerniente al ruido creada en el año 2008, igual manera sucede en Estados Unidos donde se rigen por normas que dicta la EPA [4].

En el contexto de Latinoamérica en países como Chile, Ecuador y Perú, las normas establecen que la medición del ruido ambiental debe efectuarse a 1,5 metros de altura sobre el suelo y lo que es plasmado por diferentes estudios encontrados [5, 6, 7], para Brasil la norma establece que esta medición debe realizarse a 1,2 metros sobre el nivel del suelo [8], algo muy similar pasa en Uruguay en donde se realizan mediciones a 1,3 metros de altura según el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente del país [9], otro es el caso de Argentina y Colombia en donde, al igual que en Europa, se siguen los criterios de la ISO y se especifica en la norma que las mediciones deben efectuarse a 4 metros de altura, finalmente se encuentran casos como los de Bolivia y Paraguay en donde las normas sobre el tema son muy limitadas y no dejan dicho claramente a qué altura o con qué tipo de sonómetro se debe realizar la medición, esto permite reconocer evidentemente que el criterio de medición no se encuentra unificado a pesar de que las normas internacionales como la ISO mencionan en su criterio que la altura para realizar las mediciones debe ser de 4 metros dado que a esta altura se reduce la influencia de los efectos del terreno y las barreras acústicas bajas, de manera que mejora la reproducibilidad [10].

De igual manera en Colombia, se encuentra que diversos estudios como el realizado por Guevara et al. [11], se lleva a cabo una medición ruido ambiental en el oeste de la ciudad de Bogotá muestreando a 1,5 metros, encontrando que los niveles de presión sonora son mayores a los permitidos, teniendo en cuenta la normativa vigente del país este estudio no tendría validez ya que no cumple con las especificaciones dispuestas. Por otra parte, en un estudio realizado por CORPOCALDAS para la elaboración del Plan de Descontaminación por Ruido en Villamaría, se tienen en cuenta todas las

especificaciones de la Resolución 627 de 2006 del MAVDT y se logra evidenciar que en ninguno de los sectores muestreados se cumple con la norma [11].

Para el tema específico de comparación de instrumentos de medida, en este caso sonómetros tipo I y tipo II a diferentes alturas se encontró un estudio en Argentina realizado por Vechiatti *et al.* en el cual hacen la comparación a las diferentes alturas utilizando el mismo sonómetro, tipo I, el cual arrojó como resultado que no existen diferencias relevantes entre las mediciones a 1,5 y a 4 metros de altura en la mayoría de los puntos muestreados, sin embargo dejan abierta la posibilidad de que si se presentan cambios significativos si se realizan más mediciones en distintos puntos de muestreo, ya que hubo uno en especial donde sí se vio marcada la diferencia [12].

Por su lado, en Colombia, específicamente en Medellín se llevó a cabo un estudio comparativo en donde, según Jaramillo *et al.*, al realizar mediciones simultáneas de ruido ambiental a 1,5 metros y a 4 metros sobre el nivel del piso con diferentes tipos de sonómetro no es posible afirmar una semejanza entre las muestras de ruido tomadas a distintas alturas, tanto por la diferencia numérica, como por las distintas realidades sonoras que representan y no son estadísticamente comparable [14].

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 MARCO CONCEPTUAL

##### 3.1.1 Sonido

En términos físicos, el sonido es una onda de tipo longitudinal que se propaga a través de un medio elástico que puede ser sólido, gaseoso o líquido mediante el cual la energía se transfiere lejos de la fuente generadora al producirse una perturbación de cualquier partícula presente en el medio la cual golpeará a otra y otra; subjetivamente el sonido es la sensación producida en el cerebro en el momento en el que llegan vibraciones al oído desde algún cuerpo [6, 7].

##### ▪ Componentes del sonido

###### ➤ Intensidad

La intensidad es la cantidad de energía que es transportada por el medio en una dirección fija en una unidad de área, conlleva una relación directa con el trayecto de la exposición hasta la fuente, se dice que entre más larga sea esa distancia del trayecto la intensidad es menor, si es más corta, la intensidad será mayor, igualmente tiene relación directamente proporcional con la amplitud, si se presenta una menor amplitud de onda, se experimentará una menor intensidad y viceversa [9, 12]. Su medición permite determinar la cantidad de energía sonora que se radia desde una fuente dentro de un ambiente de por sí ruidoso, está se expresa en  $w/m^2$  y se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$I = A/N \quad (1)$$

Donde I es la intensidad, A es la potencia y N es el área normal a la dirección de propagación; por otra parte, cuando la intensidad supera  $1 W/ m^2$ , el umbral de audición del oído humano, la sensación percibida por el cerebro se vuelve dolorosa, para expresarlo en decibeles se presenta la Ecuación 2, en donde se relacione la intensidad que ha sido suministrada, I, con la intensidad umbral de audición,  $I_0$ , que es desde 0 dB y 120 dB [12, 15].

$$I = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0} \quad (2)$$

### ➤ **Frecuencia**

La frecuencia es el número de ciclos, perturbaciones o pulsaciones que genera una onda acústica por unidad de tiempo y se mide en Hertzios (Hz). El oído humano puede percibir frecuencias desde 20 Hz hasta 20000 Hz [17], de igual manera esta medida determina si un sonido es grave o agudo, un sonido grave se produce por una baja frecuencia, estos son transmitidos con mayor eficiencia que los agudos, ya que estos últimos al ser producidos por frecuencias más altas se disipan con rapidez en la distancia [7, 9, 12].

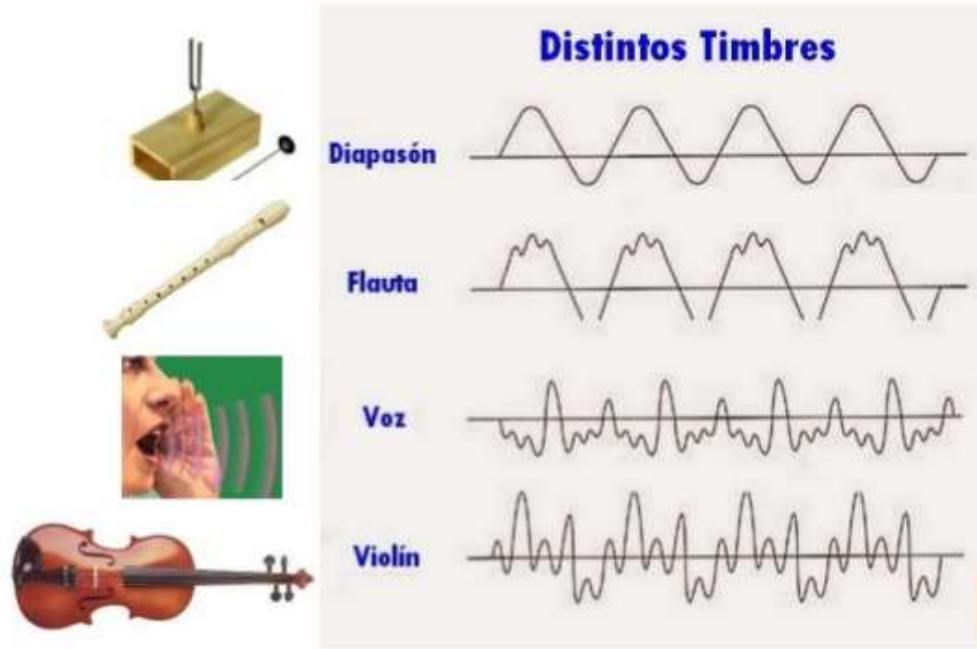
### ➤ **Tono**

El tono es una onda sonora, conocido también como timbre, que está directamente relacionada con la frecuencia, es decir que, a mayor frecuencia se produce un mayor tono, y sirve para diferenciar los sonidos que son agudos con los sonidos que son graves. Dado que en el contexto cotidiano muchas de las máquinas de las industrias contienen partes rotativas como los motores, los ventiladores, extractores, entre otros, el funcionamiento de estas produce tonos, que, en ocasiones son molestos para la comunidad [9, 14, 16].

### ➤ **Timbre**

El timbre es una propiedad de cualquier sonido que permite el reconocimiento por parte del oído humano de dos o más sonidos generados desde un mismo o diferente foco emisor, con frecuencias e intensidades similares, lo que permite este reconocimiento es la amplitud de onda generada por cada fuente, en la *Ilustración 1*, se pueden reconocer las diferentes formas de onda producidas al tocar en 4 diferentes instrumentos una misma nota musical [12, 16].

Ilustración 1 Distintos Timbres.



Tomado de: [17]

### ➤ Duración

Es el tiempo de permanencia o presencia en el ambiente de cualquier sonido, este es un factor fundamental en la generación de daños auditivos en una comunidad o dentro del espacio laboral, al combinarse un largo tiempo de exposición, alta frecuencia e intensidad se producen graves daños en la salud de quien estuvo expuesto [18].

### 3.1.2 Ruido

Es un sonido transmitido por ondas sonoras a través de un determinado canal, que por lo general es el aire, transformándose en ondas mecánicas que no deseadas ni agradable para quien las percibe, la exposición al mismo puede generar problemas en la salud de las personas dependiendo del tiempo de exposición y la lejanía con que se encuentre del foco generador también de la fuerza e intensidad de este [12, 19, 20]. Debido a que la recepción sensorial auditiva de cada

receptor es subjetiva y depende de gustos, muchas veces es difícil determinar que es o no ruido o si por otra parte es agradable o no [21].

- **Fuentes y Tipos de ruido**

En el Informe del estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables [22] se establecen las fuentes de generación de ruido como naturales y antropogénicas, en la *tabla 1*, se muestra la clasificación de los tipos de ruido para cada fuente generadora.

Tabla 1. Tipos y fuentes de ruido

Fuente	Tipos de ruido
Natural: viento, agua	<p><b>Ruido acústico:</b> incluye las características físicas del ruido y también las psicofisiológicas del receptor que hacen que este tipo de ruido sea un sonido no deseado, este es un subproducto o residuo de muchas actividades cotidianas.</p>
	<p><b>Ruido de baja frecuencia:</b> posee una energía acústica en el intervalo de frecuencias de 8 a 100 Hz, debido a esto es muy difícil de atenuar, es producido por motores diésel de algunos trenes, plantas de energía entre otros.</p>
Antropogénica:  Tráfico vehicular Transporte Lugares de esparcimiento	<p><b>Ruido de fondo:</b> es todo el ruido generado por las fuentes de interferencia en un sistema utilizado para la producción, medida o registro de una señal, sin incluirla, tiene en cuenta el ruido eléctrico de los equipos de medida. Este tipo de ruido es comúnmente utilizado para expresar el nivel medido cuando se cuenta con una fuente específica no audible; muchas veces también es el valor de un parámetro determinado de ruido como el percentil 90, L90.</p>
	<p><b>Ruido específico:</b> se refiere al ruido generado por una fuente sujeta a investigación y es asociado con el foco que genera molestias auditivas.</p>

Fuente	Tipos de ruido
	<b>Ruido impulsivo:</b> en este tipo de ruido se presentan variaciones rápidas de un nivel de presión sonora en periodos cortos, es temporal y abrupto; puede producirse por pistolas, troqueladoras y artefactos por el estilo
	<b>Ruido residual:</b> es el ruido ambiental sin ruido específico, en este caso el ruido específico es suspendido.
	<b>Ruido tonal:</b> se presenta cuando el tono es claramente audible, lo generan las máquinas con partes rotativas

Tomado de: [23]

### 3.1.3 Emisión de ruido

La emisión de ruido es la presión sonora que, generada en cualesquiera condiciones, trasciende al medio ambiente o al espacio público [23].

### 3.1.4 Octava

Una octava es el intervalo entre dos frecuencias cuya relación es 2. Es corriente medir en octavas el intervalo que separa dos frecuencias cualesquiera; para ello, basta hallar el logaritmo en base 2 de la relación de frecuencias [23].

### 3.1.5 Sonómetros

Un sonómetro es un instrumento de medida que ayuda a determinar la contaminación acústica con el fin de conocer cuál es la cantidad de ruido a la que se puede estar expuesto en una determinada zona, la unidad de medida con que expresa la cantidad de ruido son los decibeles, dBs, [24]. La legislación colombiana exige que las mediciones de ruido ambiental deben efectuarse con un sonómetro con capacidad de medir el nivel equivalente de presión sonora con una ponderación frecuencial A y cumplir con las especificaciones para ser sonómetro Tipo I o Tipo II [22], todo tipo de

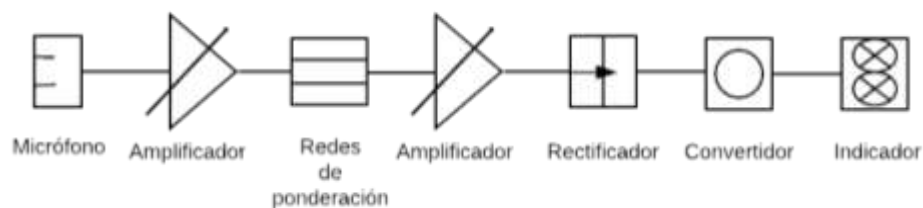
sonómetro debe regirse bajo las normas ICE 61672 de 2003, cual especifica las siguientes características que hacen particular a cada tipo o clase de instrumento, [25]:

- El sonómetro tipo I sirve ampliamente para el trabajo en campo teniendo como característica principal la precisión, la cual está en un rango comprendido entre -0,7 dB y 0,7 dB.
- El sonómetro tipo II, es altamente funcional para trabajos de campo generales, su precisión oscila entre los rangos de -1,0 dB y 1,0 dB. De igual manera este tipo de instrumentos son relativamente fáciles de usar y un poco más económicos que los instrumentos tipo I, ya que su manejo es bastante sencillo [26].

#### ▪ Partes de un sonómetro

Aunque es muy importante conocer qué es lo que se quiere medir y para qué se requiere la medición de ruido para así saber qué tipo de sonómetro utilizar, también es importante reconocer las partes que componen el sonómetro para de esta manera entender su funcionamiento. En la *Ilustración 2*, se muestra cuál es la estructura de un sonómetro, independientemente de cuál sea el tipo de equipo que se emplee.

Ilustración 2. Estructura de un sonómetro



Tomado de: [26]

#### ➤ Micrófono

El micrófono es el elemento más importante en el sonómetro ya que condiciona las demás funciones de este, transforma las variaciones de presión sonora en Pascales en una señal eléctrica en Voltios que es proporcional a la presión. Este elemento debe ser poco sensible a la temperatura, humedad y campos magnéticos y eléctricos además de presentar una baja distorsión en los niveles altos de presión sonora de tal manera que no perturbe la señal,

asimismo debe ser omnidireccional permitiendo así tomar los datos de muestreo en todas las direcciones [27].

➤ **Amplificador**

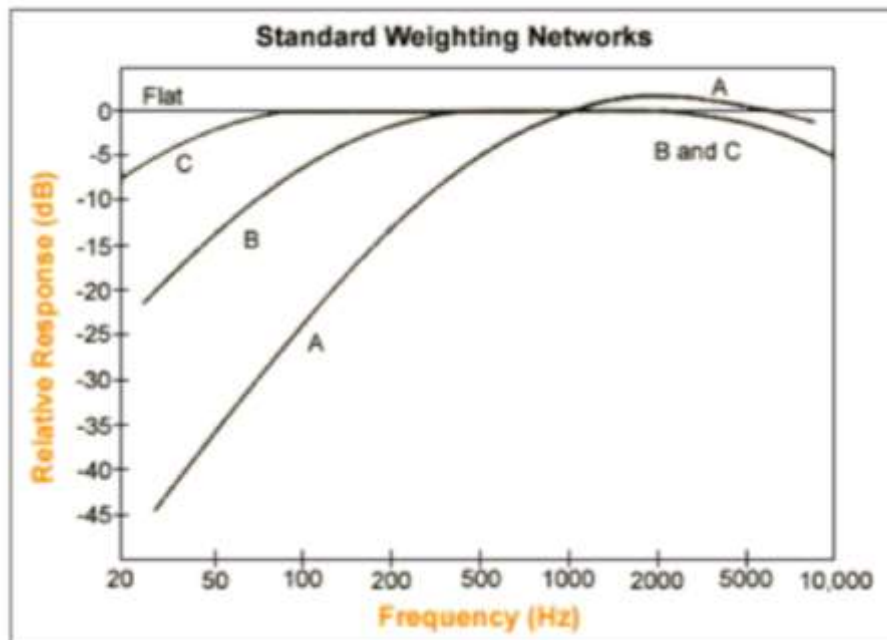
Este elemento sirve para aumentar la intensidad de la señal que recibe el micrófono ya que esta es de milivoltios, así es posible realizar la medida de los niveles más bajos de presión sonora y ser procesada [28].

➤ **Redes de ponderación**

• **Ponderación frecuencial**

En esta parte del sonómetro se encuentran los filtros que procesan la señal recibida por el micrófono con el fin de simular la respuesta auditiva del oído humano. Los sonómetros cuentan con tres clases de filtros, el primero, es un filtro de octava, estos a su vez están compuestos por 10 filtros que tienen frecuencias entre 31,5 Hz y 16 kHz; el segundo, es un filtro de 1/3 de octava que tienen frecuencias entre 20 Hz y 20 kHz, y finalmente, es un filtro de ultrasonido e infrasonido, estos son utilizados cuando las frecuencias son superiores o inferiores al nivel audible [12]. Por otra parte, estos instrumentos también cuentan con varias redes de ponderación que son las curvas A, B y C, como se muestra en la *Ilustración 3*.

Ilustración 3. Curvas de Ponderación



Tomado de: [29]

La ponderación A, determina para cada frecuencia un valor ponderado similar a la del oído humano, se basa en las curvas isofónicas de sonoridad igual a 20 phons, es la curva de ponderación más utilizada ya que generalmente es la que se exige para evaluar el ruido ambiental y los resultados de esta ponderación se representan como dB(A). Por otra parte, la curva de ponderación B, se enfatiza en los sonidos de más baja frecuencia, entre 31,5 Hz y 8 kHz y los resultados se muestran como dB(B), por último, la curva de ponderación C, cuyos resultados se expresan como dB(C) y se utiliza para calcular los valores pico o extremos [26].

➤ **Rectificador**

Luego de que la señal pasa por los filtros, vuelve a ser amplificada y llega al rectificador, desde ahí se obtiene una señal que es proporcional a los picos de la presión sonora [28].

➤ **Convertidor**

Se encarga de conseguir el valor ajustado al valor medio cuadrático, se integra la señal durante un período de tiempo. Las ponderaciones de tiempo son las siguientes:

• **Ponderación temporal**

Algunas normas internacionales (UNE EN 61672-1:1204) han especificado la velocidad en segundos con la que el detector de presión sonora debe seguir las variaciones de la presión con el único fin de obtener resultados confiables, evitando así incompatibilidades de las lecturas sobre señales sonoras iguales, dichas períodos de ponderación son los siguientes:

- **Respuesta lenta (Slow, S):** la constante del tiempo de respuesta es de un segundo, esto significa que, en un intervalo de tiempo de un segundo, el sonómetro, registra los cambios en la energía y se determina un valor equivalente para dicho intervalo y es utilizada cuando la señal oscila considerablemente [6].
- **Respuesta rápida (Fast, F):** la constante del tiempo de respuesta es de 0,125 segundos, asemejándose al sistema auditivo humano, es ampliamente usada para las señales estacionarias [6].

- **Respuesta de impulso (Impulse, I):** mide la respuesta del sistema auditivo humano ante sonidos de muy corta duración, su constante de tiempo es de 35 milisegundos cuando el sonido va en aumento y de 1,5 segundos cuando los sonidos decrecen [2, 6].
- **Respuesta de pico (Peak, P):** la constante de tiempo es de 0,05 milisegundos, se emplea para evaluar riesgos de daños en el oído frente un impulso relativamente muy corto, pero demasiado intenso [2, 6]

#### ➤ **Indicador**

Una vez la señal recibida por el micrófono ha sido amplificada y ponderada por frecuencia y temporalmente, está lista para ser visualizada en el indicador en unidades de dB [28].

#### **3.1.6 Calibración**

La calibración de un sonómetro esta dado por el conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones especificadas, la relación entre los valores de magnitudes indicados por una medida materializada o un material de referencia y los correspondientes valores reportados por patrones. El resultado de la calibración permite tanto la asignación de valores a las indicaciones de la magnitud a medir como la determinación de las correcciones con respecto a las indicaciones. Una calibración también puede determinar otras propiedades metrológicas, tales como el efecto de las magnitudes influyentes. El resultado de una calibración puede ser registrado en un documento, frecuentemente denominado certificado de calibración o informe de calibración [23].

#### **3.1.7 Pistófono**

El 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 [23].

#### **3.1.8 Mapa 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 [23].

### **3.1.9 Plugin OpeNoise**

Es una herramienta que permite estimar los niveles de presión sonora generados por fuentes tanto puntuales como móviles en puntos fijos llamados receptores, para lograr determinar los niveles de ruido en cada uno de los puntos receptores, el programa tiene en cuenta múltiples variables como pendiente, altitud, volumen del tráfico, velocidad de los vehículos y niveles de presión sonora, también es importante tener en cuenta que el *plugin* ejecuta dos métodos para las emisiones de ruido generado en vías, dichos métodos son el NMPB-Routes-97 y CNOSSOS, estos son modelos de predicción de ruido generado por el tráfico, el primero de ellos es el método nacional francés que se basa en el concepto de la trayectoria de propagación, considerando que entre fuente y receptor pueden existir varias trayectorias que dependen de la topografía y los obstáculos, además tiene en cuenta las condiciones meteorológicas estándar. El segundo método es un modelo común de evaluación de ruido desarrollado por la Comisión Europea, el cual busca que los resultados que se obtengan sean comparables entre los estados miembros de la Unión Europea, este se basa en el primer método descrito con la diferencia que se busca garantizar una reproducibilidad [30].

### **3.1.10 Método de grillas**

El método de muestreo en grilla contempla como primera etapa la subdivisión del predio en pequeñas unidades (grillas) para posteriormente analizar una muestra compuesta extraída de un sector específico de cada grilla. En este método se tienen en cuenta los nodos en los que se cruzan calles y carreras de manera que facilita la elección de los puntos de muestreo con la ventaja de contar con un amplio campo de análisis en cuanto al entrono de cada nodo [29].

### **3.1.11 Estadística descriptiva**

La estadística descriptiva es un conjunto de técnicas numéricas y gráficas para describir y analizar un grupo de datos, sin extraer conclusiones (inferencias) sobre la población a la que pertenecen. En este tema se introducirán algunas técnicas descriptivas básicas, como la construcción de tablas de frecuencias, la elaboración de gráficas y las principales medidas descriptivas de centralización, dispersión y forma que permitirán realizar la descripción de datos [29].

### 3.1.12 Estadística paramétrica y no paramétrica

La estadística paramétrica es una rama de la estadística inferencial que comprende los procedimientos estadísticos y de decisión que están basados en distribuciones conocidas. Estas son determinadas usando un número finito de parámetros. Mientras que la estadística no paramétrica engloba una serie de pruebas estadísticas que tienen como denominador común la ausencia de asunciones acerca de la ley de probabilidad que sigue la población de la que ha sido extraída la muestra. Por esta razón es común referirse a ellas como pruebas de distribución libre. Las pruebas estadísticas más comunes para determinar la normalidad de una variable son el test de Shapiro y el test de Kolmogorov-Smirnov [31].

En la *tabla 2*, se muestra el tipo de prueba que debe aplicarse a un grupo de datos dependiendo del objetivo del estudio y del tipo de datos a evaluar.

*Tabla 2. Pruebas estadísticas*

SELECCIÓN DE LA PRUEBA ESTADÍSTICA					
PRUEBAS		NO PARAMÉTRICAS			PARAMÉTRICAS
Variable Fija	Variable Aleatoria	NOMINAL DICOTÓMICA	NOMINAL POLITÓMICA	ORDINAL	NUMÉRICA
Estudio Transversal Muestras Independientes	Un Grupo	X2 bondad de ajuste	X2 bondad de ajuste	X2 bondad de ajuste	T Student una muestra
	Dos Grupos	X2 bondad de ajuste	X2 Homogeneidad	U Mann-Whitney	T Student muestras independientes
	Más de dos Grupos	X2 bondad de ajuste	X2 bondad de ajuste	H-Kruskal-Wallis	ANOVA con un factor (Intersujeto)
Estudios Longitudinal Muestras Relacionadas	Dos Grupos	Mc Nemar	Q de Cochran	Wilcoxon	T Student muestras relacionadas
	Más de Dos Grupos	Q de Cochran	Q de Cochran	Friedman	ANOVA medidas repetidas (Intrasujetos)

Tomado de [32]

La tabla anterior facilita la escogencia de la prueba estadística que debe ser aplicada a un grupo de datos específico, en esta se resume de manera eficaz la información encontrada en diversos textos estadísticos, las pruebas aquí expresadas se utilizan para determinar la significancia de los datos, lo que ayuda a confirmar si los datos presentan o no una diferencia significativa.

### 3.2 MARCO LEGAL

En Colombia se cuenta con una amplia normatividad en materia ambiental, en cuanto a la contaminación acústica el Estado ha designado a diferentes autoridades con el fin de regular de una manera más efectiva los factores contaminantes. Desde el año 1974 se ha regulado el ruido como factor contaminante, con el pasar de los años se han expedido reglamentaciones cada vez más específicas en materia de ruido y ruido ambiental. En la *tabla 3* se listan las normas vigentes para el control de emisiones de ruido.

Tabla 3. Normas para el control de ruido ambiental

<b>NORMA</b>	<b>EMISOR</b>	<b>OBJETO</b>
Constitución política de Colombia de 1991	Asamblea Nacional Constituyente	En el capítulo 3, establece en los artículos 79 y 80 que: “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo” y “Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados”.
Resolución 8321 de 1983	Ministerio de Salud	Por la cual se dictan normas sobre Protección y Conservación de la Audición de la Salud y el bienestar de las personas, por causa de la protección y emisión de ruidos, reglamenta la Ley 9 de 1979 en materia de ruido
Decreto 948 de 1995	Ministerio del Medio Ambiente	Artículo 14. Norma de emisión de ruido y norma de ruido ambiental. Artículo 15. Clasificación de sectores de restricción de ruido ambiental En el capítulo 5. Establece “De la generación y emisión de ruido”
Resolución 3185 de 2004	Aeronáutica Civil	Se adopta un manual de atenuación por ruido para el Aeropuerto Internacional el Dorado
Resolución 0627 de 2006	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental.

<b>NORMA</b>	<b>EMISOR</b>	<b>OBJETO</b>
Ley 675 de 2001	Congreso de la República	De las obligaciones de propietarios respecto a bienes de dominio público y privado entre las que se cuenta abstenerse de ejecutar actos que produzca ruido, moleste o perturbe la tranquilidad de los demás ocupantes o propietarios
Código Nacional de Tránsito	<u>Poder Público – Rama Legislativa</u>	Establece las prohibiciones, restricciones y sanciones para los automotores que circulen por vías públicas incumpliendo las normas de emisión de ruido

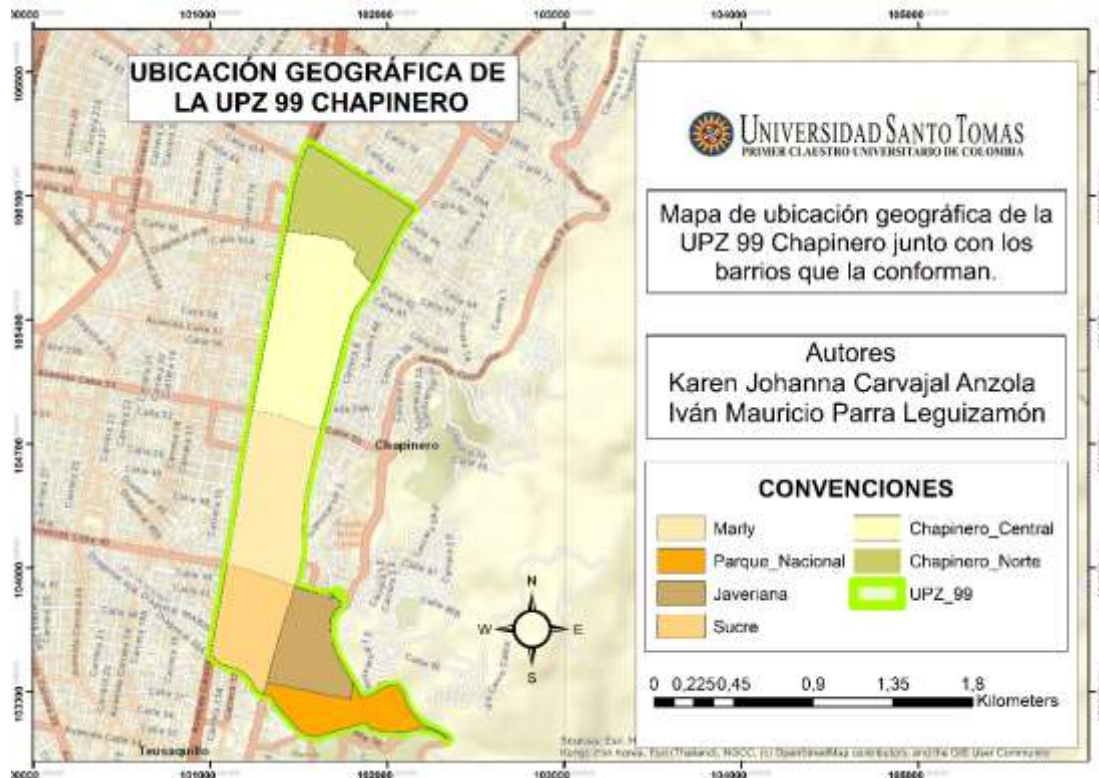
Tomado de: [21]

### **3.3 MARCO CONTEXTUAL**

#### **3.3.1 Uso del suelo y actividades desarrolladas en la UPZ 99**

En la Norma Urbana de la UPZ 99 se establece la predominancia de lotes con uso comercial, dotacional, de prestación de servicios y residencial, se destaca la alta presencia de establecimientos educativos de nivel superior, oficinas, empresas, equipamientos, comercio y finanzas lo que se transmite en un uso del suelo altamente dinámico, esto genera cambios permanentes en los lugares aledaños y en la dinámica de las personas; la transformación de establecimientos comerciales de ropa a bares hace que el movimiento de gente aumente especialmente en la noche, generando a su vez presencia de vendedores ambulantes y por consiguiente aumento de igual modo los niveles de presión sonora. En el *mapa 1*, se muestra la ubicación de la UPZ y los barrios que la conforman, de esta manera es más sencillo ubicar geográficamente la zona.

Mapa 1. Ubicación geográfica de la UPZ 99 Chapinero



Elaboración propia.

De manera específica en la zona de estudio, es importantes mencionar la alta incidencia que ejerce la presencia de oficinas y centros de educación superior en los cambios del uso del suelo, ya que la presencia de estudiantes y empleados motivan el asentamiento de papelerías, centros de fotocopiado, locales de internet, restaurantes, fruterías, peluquerías y diversidad de bares con distintos ritmos musicales, generando una zona altamente cargada de ruido entre las Calles 49 a 53 y Carrera 7 y Caracas [33].

### 3.3.2 Transporte y movilidad

El sistema de movilidad se integra principalmente por la Carrera 13, La avenida Alberto Lleras Camargo (Carrera 7ª), la calle 53 y la calle 49; por estas vías transitan vehículos particulares, de servicio público y vehículos de carga, en la zona de estudio se presenta escasez de parqueaderos y los que se encuentran poseen una alta tarifa por el servicio, por lo cual las personas optan por parquear en la calle generando desorganización del transporte público y generando altos niveles de ruido; con respecto a los peatones, generan un alto porcentaje de población flotante, ya que en el día transitan miles de personas, entre estudiantes, funcionarios y ciudadanos a pie, que se mueven entre las

distintas entidades gubernamentales, oficinas, locales comerciales, entre otros.

Por otra parte, en la zona de chapinero centro, principalmente en los ejes viales de la carrera 13, la carrera 7 y la Caracas se han demolido viviendas existentes, de forma aleatoria para sustituirlas por edificios con una altura de entre 6 a 20 pisos, lo que genera congestión de personas ya que no se prevé las áreas necesarias para el desplazamiento por andenes [34].

### **3.3.3 Contexto socioeconómico**

Chapinero presenta una gran variedad de estratificación socioeconómica donde predomina el estrato 4, confluyen una enorme cantidad de trabajo informal e infantil, instituciones educativas formales y no formales, así como zonas de alto impacto por actividades de prostitución. En la zona se concentra población diferencial correspondiente a personas pertenecientes al grupo LGBTI, consumidores de sustancias psicoactivas, habitantes de calle y personas en situación de prostitución, debido a esta variedad de condiciones, el sector es un foco de inseguridad para habitantes y transeúntes [35]. La UPZ posee una población residente que se ha venido disminuyendo desde el año 2011, esto gracias a que es un sector consolidado como universitario y por lo cual se ha convertido en un epicentro residencial para los foráneos que estudian en las universidades de la zona, por esta razón el principal grupo poblacional tienen entre 20 a 29 años [36]

### **3.3.4 Actividades económicas**

Según el POT de la ciudad, la UPZ 99 se clasifica como una centralidad urbana en donde se debe equilibrar la vivienda con las actividades económicas de manera tal que se mejore la movilidad y el espacio público, se cataloga como una zona tipo 6, donde la principal actividad económica es comercial y de prestación de servicios, la participación del sector industrial es mínima con un aporte del 4% de toda la localidad, se presentan en su mayoría micro y pequeñas empresas de menos de 10 empleados [36]. Al visitar la zona de estudio es fácil evidenciar que la mayor parte de la economía se centra en establecimientos comerciales pequeños de venta de ropa, artículos deportivos y religiosos, gimnasios, universidades y centros de educación, almacenes de cadena, zonas residenciales, prestación de servicios de salud y lugares de esparcimiento [34].

### **3.3.5 Problemática ambiental**

La UPZ presenta problemáticas tales como el deterioro de la calidad del aire, el incremento del ruido, las basuras en espacio público y la contaminación

visual. La mala calidad del aire se ha visto reflejada directamente en la salud de la población, ocasionando un incremento en las consultas médicas por enfermedades respiratorias especialmente en niños y adultos mayores residentes de la zona. La agencia ambiental de Chapinero, señala que la contaminación del aire está asociada a las fuentes móviles generadores de material particulado que supera la normativa y que aumentan en las horas pico del día [37]

Específicamente en el tema de ruido la UPZ se ve afectada en gran medida por las fuentes móviles que circulan por las principales avenidas que la cruzan, predominan los vehículos de carga y los autobuses antiguos que poseen tecnologías obsoletas en sus motores generando tanto emisiones atmosféricas como ruido ambiental, a esto se le suma que la UPZ se caracteriza por tener zonas destinadas al esparcimiento, donde se encuentran bares y discotecas que trabajan hasta altas horas de la madrugada emitiendo un nivel de ruido mayor al establecido por la norma.

Por otra parte el paisaje construido es un indicador de la calidad de vida de las personas, para esta localidad la calidad el espacio público se ve afectada por las malas condiciones en las que se encuentra, la falta de equipamiento dotacional, el uso inadecuado de las áreas, la falta de mantenimiento; esto devalúa los bienes inmobiliarios y disminuye el atractivo urbano afectando a las actividades comerciales, otras de las principales causas de este deterioro del paisaje urbano son el comercio informal, la invasión de espacio público, la inseguridad y la disposición inadecuada de desechos [35].

### **3.3.6 Condiciones de Salud**

La tasa de mortalidad es un indicador para evaluar la salud de la población ya que se puede conocer las enfermedades que afectan de manera grave a la población, la tasa de mortalidad infantil para la localidad de Chapinero indica que 11 de cada 1000 niños nacidos tienen la probabilidad de morir, esta es una de las más bajas de toda la ciudad de Bogotá. En Chapinero se estima que en promedio las mujeres tendrán una esperanza de vida de 80,95 años, mientras que los hombres 73,51 años [38]. Con respecto a la morbilidad específicamente de la UPZ 99 chapinero esta representa un 17,65% en casos de obesidad causado por el sedentarismo y la amplia oferta de restaurantes del sector, un 35,6% en casos VIH debido la amplia oferta de prostitución del sector, un 9,4% en casos de desnutrición del total de casos de la localidad de chapinero; la UPZ chapinero presenta con mayor frecuencia enfermedades de la piel, (Absceso, Impétigo, Celulitis, Dermatitis, Ulceras.), del oído (Otitis, Vértigo.), de las articulaciones (Gota, Artritis, Artrosis, Dolor, Radiculopatía, Lupus), de la boca (Caries, Absceso, Periodontitis) y del ojo (Blefaritis, Conjuntivitis, Blefaroco) representando 22,9% del total de la localidad [39].

## **4. METODOLOGÍA**

La metodología que se llevó a cabo para el desarrollo de este trabajo siguió los parámetros establecidos en el Anexo 3 de la Resolución 0627 de 2006, para garantizar que dichos parámetros se cumplieran se desarrolló, primero, una etapa diagnóstica que permitiera reconocer las características de la zona de estudio, seguidamente, se llevó a cabo una etapa selectiva para determinar la ubicación de los puntos de muestreo, los horarios en los que se realizarían las mediciones y el tiempo que durarían estas, finalmente, se establecieron las pruebas estadísticas que se aplicarían al grupo de datos para determinar la existencia o no de diferencias significativas. Es importante tener en cuenta que, para este estudio, al ser un trabajo de comparación basado en diferencia de alturas, requirió de la armonización del protocolo establecido en la Resolución para poder efectuar la medición del ruido ambiental a 1,5 metros de altura sobre el nivel del suelo.

### **4.2 ETAPA DIAGNÓSTICA**

Con el fin de reconocer la zona de estudio se realizó un análisis cartográfico del terreno y una verificación de los usos del suelo dentro de la misma, teniendo en cuenta el Plan de Ordenamiento Territorial vigente de la ciudad, esto se llevó a cabo con el fin de identificar cómo se comporta la zona y reconocer los tipos de sectores establecidos por la Resolución 0627 de 2006.

#### **4.2.1 Delimitación del área de estudio**

En la determinación del área de estudio se tuvo en cuenta criterios tanto de seguridad, como de cercanía a establecimientos comerciales (éxito, McDonald's y locales con alta afluencia de personas) y las zonas de calma y tranquilidad (hospitales y zonas residenciales), además también fue importante reconocer el número y tipo de vías (Carrera séptima, Carrera 13, Calle 49 Calle 53, Carrera 9, Calle 50, entre otras) y la presencia de establecimientos determinados en los subsectores de la resolución (universidades, hoteles, etc.), de manera que se aprovechara todo tipo de establecimientos presentes en la zona con el fin de realizar un muestreo que permitiera determinar si la zona cumple o no con los estándares máximos permisibles.

Teniendo en cuenta lo anterior, se estableció como zona de estudio el área que se comprende de Sur a Norte desde la calle 49 hasta la calle 53 y de

Oriente a Occidente desde la Carrera Séptima, hasta la Carrera 13 como se evidencia en el **Anexo A**.

#### **4.2.2 Reconocimiento de campo**

Con el área de estudio delimitada se procedió a realizar un recorrido por cada una de las calles dentro del perímetro para reconocer los sitios con mayor incidencia de ruido ambiental; la zona de estudio se encuentra rodeada por avenidas principales como la Carrera 13, la Calle 53, la Carrera 9 y la Avenida carrera 7, estas vías cuentan con gran flujo vehicular (automóviles particulares, taxis, buses, camiones, ambulancias) y peatonal, toda esta confluencia genera un nivel de ruido significativo en la zona, por lo cual se consideró importante establecer puntos de muestreo en las principales avenidas que cruzan por la zona, además, se tuvo en cuenta las fuentes fijas tales como bares, obras de construcción y establecimientos de ventas con altoparlantes, lugares que sirvieron de referencia para establecer puntos de muestreo.

De igual forma en el área de estudio se encuentran lugares de tranquilidad y ruido moderado de los cuales se seleccionaron algunos como la Universidad Santo Tomás, la Clínica de Marly y zonas residenciales; estos puntos se escogieron en gran medida por la afectación de los niveles de presión sonora provenientes de fuentes móviles y fijas que los convierte en receptores de ruido.

### **4.3 ETAPA SELECTIVA**

#### **4.3.1 Determinación del número de puntos y de los tiempos de la medición**

Teniendo en cuenta la dinámica comercial y todo el contexto de la zona de estudio (uso del suelo, malla vial, actividades económicas, entre otros), se establecieron, como se muestra en la *tabla 3*, los horarios de mayor y menor actividad, el reconocimiento en campo permitió definir dichos horarios, para los cuales se tuvo en cuenta las horas pico tanto para el tráfico vehicular como el peatonal, además de los horarios de apertura y cierre de los establecimientos comerciales.

Tabla 4. Horas de mayor y menor actividad

	<b>Horario diurno</b>	<b>Horario nocturno</b>
<b>Horas de mayor actividad</b>	9:00 a.m. a 1:00 p.m.	7:00 p.m. a 10:00 p.m.
	4:00 p.m. a 6:00 p.m.	

	<b>Horario diurno</b>	<b>Horario nocturno</b>
<b>Horas de menor actividad</b>	7:00 a.m. a 9:00 a.m.	12:00 a.m. a 5:00 a.m.

Elaboración propia

En vista de que la resolución establece el horario nocturno es de 9:01 p.m. a 7:00 a.m. y el horario diurno de 7:01 a.m. a 9:00 p.m. además de considerar las horas de mayor y de menor actividad dentro de la zona se estableció el número de horas diurnas y nocturnas durante las cuales se llevó a cabo la toma de mediciones arrojando un total de horas diurnas de 2 horas con 30 minutos debido a que cada punto se muestreo durante 1 hora con 15 minutos por 2 periodos (mediodía y tarde), mientras que el total de horas nocturnas fue de 1 hora con 15 minutos por punto de medición.

Estos horarios fueron determinados considerando las horas de mayor afluencia de personas, de tráfico vehicular y de horas de descanso, en el horario de medio día el tránsito de personas y la cantidad de vehículos estacionados es más alta que en cualquier otra hora del día, mientras que en la tarde el tráfico vehicular aumenta considerablemente debido a los turnos laborales de las personas, lo que ocasiona embotellamientos en las vías, finalmente el horario nocturno permite analizar qué tan tranquila es la zona en horas aún consideradas de descanso, además se tuvo en cuenta la seguridad de los estudiantes a cargo de la medición, ya que no contaban con acompañamiento alguno en cuanto a seguridad, resultando los horarios expresados en la *tabla 5*:

*Tabla 5. Horarios de medición*

<b>Jornada</b>	<b>Hora</b>
Nocturna	5:30 a.m.-6:45 a.m.
Medio día	12:30 p.m.-1:45 p.m.
Tarde	5:00 p.m.-6:15 p.m.

Elaboración propia.

#### **4.3.2 Método de grillas**

Los puntos de muestreo se eligieron mediante el método de grillas y vértices, se estableció una grilla dentro del área de estudio en la cual se ajustaba un posible punto de muestreo en las intersecciones entre vías y dónde confluían con el vértice. Se tuvo en cuenta la ubicación de cada vértice y la situación de su entorno (edificios, construcciones, vías secundarias, flujo vehicular y peatonal) se definieron las zonas más críticas de manera que si el vértice coincidía con una de estas zonas se elegía como punto definitivo de muestreo, en caso de no ser así, y las zonas presentaban un comportamiento similar en materia de generación de ruido ambiental, se optó por establecer el punto de

muestreo entre cuadras, de esta manera se garantizó la inclusión de todos los subsectores posibles y se evitó una repetición de muestreos en zonas de comportamiento equivalente.

Considerando la similitud entre zonas y como se muestra en la *tabla 6*, se eligieron 8 puntos de muestreo que garantizaran dos factores, el primero, que el muestreo fuera representativo, y el segundo, que la mayor parte de los subsectores establecidos en la resolución fueran tenidos en cuenta dentro del estudio, lo que permitió también comparar con la norma con el fin de establecer si la zona cumplía o no con los estándares máximos permisibles.

*Tabla 6. Descripción de los puntos de muestreo.*

<b>N° punto</b>	<b>Georeferencia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Uso permitido</b>	<b>Nombre</b>
1	4°38'22.78"N 74° 3'54.50"O	Se encuentra el almacén de cadena (éxito), instalaciones públicas (Ministerio de Justicia y del Derecho y Secretaria de Hábitat), establecimientos comerciales de venta de alimentos, dotación médica, y supermercados.	Comercial, dotacional, residencial y de prestación de servicios.	Éxito
2	4°38'21.34"N 74° 3'49.42"O	En este punto se encuentran mayormente edificios residenciales, la sede de Bellas Artes de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y parte de la Universidad Santo Tomás, sede central.	Zona comercial, residencial y de prestación de servicios.	Residencial
3	4°38'19.85"N 74° 3'52.89"O	Se encuentra la sede central y de Bellas Artes de la Universidad Santo Tomás, también oficinas de igual manera se encuentran algunos establecimientos de comida y papelería	Zona dotacional y residencial	Universidad

<b>N° punto</b>	<b>Georeferencia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Uso permitido</b>	<b>Nombre</b>
4	4°38'15.93"N 74° 3'50.12"O	Se localizan bares, discotecas, edificios de zonas residenciales, parqueaderos, y parte de la Universidad Santo Tomás.	Zona dotacional, comercial y residencial.	Bares
5	4°38'13.08"N 74° 3'53.74"O	Se ubica la Clínica de Marly y un parqueadero.	Zona dotacional y de prestación de servicios	Clínica de Marly
6	4°38'12.08"N 74° 3'50.10"O	Se encuentra una de las sedes de la Clínica de Marly, además está en construcción un hotel y un centro de oficinas.	Zona dotacional y de prestación de servicios	Oficinas
7	4°38'10.49"N 74° 3'56.50"O	Se ubica parte de la Clínica de Marly, algunas entidades bancarias y varias tiendas.	Zona dotacional, comercial y residencial	49 con 13
8	4°38'9.48"N 74° 3'51.01"O	Se encuentran varias tiendas, un bar, una zona de construcción y edificios residenciales.	Zona comercial, residencial y de prestación de servicios	49 con 8

Elaboración propia

De igual manera, como se muestra en el *mapa 2*, los puntos fueron ubicados teniendo en cuenta que su localización pudiera ser encontrada con exactitud para efectos de nuevas mediciones.

Mapa 2. Ubicación de puntos de muestreo



Elaboración propia

Así mismo se estableció el número de semanas por mes durante las cuales se efectuaron las mediciones de la siguiente manera: para un total de 8 puntos, se midió 1 punto en específico por día, lo que garantizó una rotación, es decir que cada punto se muestreo en días diferentes cada semana, contando domingos y festivos, como resultado se tomaron datos durante 9 semanas, divididas en 3 meses diferentes de trabajo (noviembre de 2020, febrero y marzo de 2021).

#### 4.4 MEDICIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL

Para las mediciones de ruido ambiental se consideró el tiempo de medida, el cual, según la norma, es de 1 hora con 15 minutos, esta puede ser medida de forma continua o con intervalos de tiempo distribuidos de forma uniforme hasta obtener 15 minutos de captura de información. En este trabajo, las mediciones a 1,5 metros de altura fueron efectuadas con un sonómetro tipo II y las mediciones a 4 metros con un sonómetro tipo I. A continuación, se detalla el procedimiento realizado para la medición en cada punto:

- En cada uno de los puntos establecidos se instaló el sonómetro tipo I a 4 metros y el sonómetro tipo II a 1,5 metros sobre el nivel del suelo procurando siempre una distancia equidistante a las fachadas, muros o barreras existentes a los lados del punto de medición.
- El sonómetro tipo I fue programado para medir durante 15 minutos continuos, los estudiantes se encargaban de la orientación del micrófono al Norte, Sur, Este, Oeste y Vertical, iniciando las mediciones siempre en la dirección Norte y así sucesivamente.
- Para el sonómetro tipo II, los estudiantes tomaban una medición cada minuto de manera tal que en cada una de las orientaciones (Norte, Sur, Este, Oeste y Vertical) se recolectaron 15 mediciones garantizando la representatividad de los datos.
- Siempre se verificó que el tiempo fuera seco, que no se presentaran lluvias, lloviznas, granizo o truenos, que el pavimento estuviera seco y que la velocidad del viento no fuera mayor a 3 m/s.
- En la determinación del nivel de presión sonora continuo equivalente siempre revisó que se expresaran en decibeles corregidos por frecuencia conforme a la curva de ponderación normalizada tipo A (dB(A)).

Es importante que, para llevar a cabo la medición, los estudiantes debieron poner en práctica las medidas de bioseguridad decretadas para hacer frente a la emergencia sanitaria por COVID-19. Para los días que no se pudo medir por condiciones meteorológicas no aptas para la toma de datos se tomó la medición en el mismo punto, a la misma hora y un mismo día de la semana faltante.

#### **4.4.1 Calibración de los instrumentos de medición**

La calibración de los equipos de medición se realizó antes y después de cada uno de los muestreos, está se llevó a cabo con la ayuda de un pistófono que cumplía con la norma IEC 60942:2003. El sonómetro tipo I, era calibrado seleccionando la función “calibración por medición”, el pistófono se montaba sobre micrófono sin la pantalla antiviento de manera que expresara el valor de presión sonora que experimentaba, se realizaba el procedimiento hasta que la medición por el sonómetro fuera +/- 1 dB del valor emitido por el pistófono el cual era de 114 dB. El procedimiento para el sonómetro tipo II, era similar que,

para el sonómetro tipo I, sin embargo, la medición se ajustaba manualmente con un destornillador.

#### 4.4.2 Cálculo del nivel equivalente de presión sonora

Una vez realizadas las mediciones y teniendo en cuenta que estas se realizaron por 15 minutos en cada una de las direcciones (Norte, Sur, Este, Oeste y vertical), se calculó el nivel equivalente de las 5 mediciones obtenidas en cada punto, dicho nivel se calculó mediante la *ecuación 3*,

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \text{Log} \left( \left( \frac{1}{5} \right) * \left( 10^{\frac{L_N}{10}} + 10^{\frac{L_O}{10}} + 10^{\frac{L_S}{10}} + 10^{\frac{L_E}{10}} + 10^{\frac{L_V}{10}} \right) \right) \quad (3)$$

Donde:

**LAeq**: nivel equivalente de la medición.

**LN**: nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido norte.

**LO**: nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido oeste.

**LS**: nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido sur.

**LE**: nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido este




**LV**: nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido vertical

Para el caso de los datos obtenidos con el sonómetro tipo II, antes de aplicar la *ecuación 3*, fue necesario realizar un promedio geométrico de los 15 datos medidos en cada una de las direcciones.

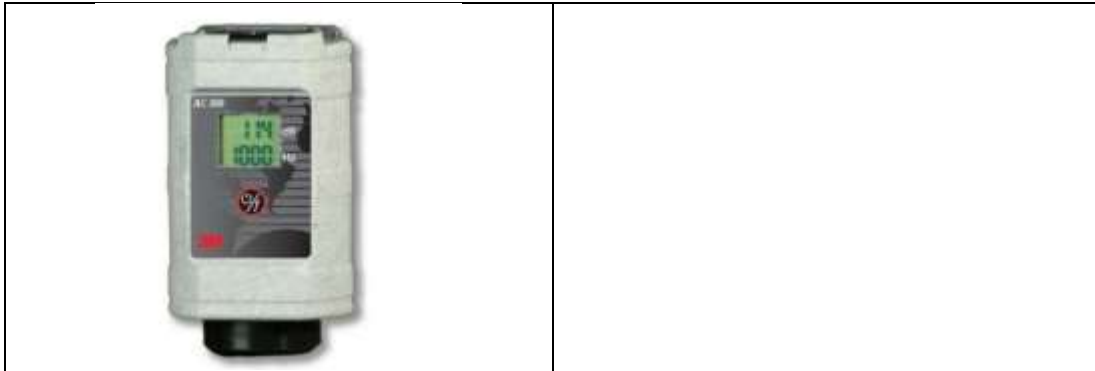
#### 4.4.3 Instrumentos y equipos de medición

Para llevar a cabo la toma de los datos de ruido ambiental y de manera que se cumpliera con los parámetros estipulados en la Resolución 0627 de 2006 se utilizaron los instrumentos y equipos de medición mostrados en la *tabla 5*.

Tabla 7. Instrumento y equipos de medida

Instrumento o equipo de medición	Descripción
<p data-bbox="451 457 699 491">Sonómetro Tipo I</p> 	<p data-bbox="857 365 1385 947">Sonómetro tipo I, Svantek 977. Este equipo es un medidor digital de sonido, así como un analizador en tiempo real. Está diseñado para la acústica en general y medidas de vibración, monitoreo ambiental, salud ocupacional y control de la seguridad. Cuenta con un registro historial de tiempo avanzado para cada perfil lo que proporciona información completa sobre la señal medida utilizando una SD-card externa, de igual manera cuenta con un software llamado Supervisor que permite visualizar los datos de manera sencilla [40].</p>
<p data-bbox="451 953 699 987">Sonómetro Tipo II</p> 	<p data-bbox="857 968 1385 1262">El sonómetro PCE-322A, es ampliamente utilizado para medir el ruido de la industria, la salud, la seguridad y el medio ambiente. La medición se realiza en tiempo real de manera que los valores se pueden observar directamente en la pantalla [41].</p>
<p data-bbox="483 1283 667 1316">Anemómetro</p> 	<p data-bbox="857 1297 1385 1661">El anemómetro LM-81 AM, se caracteriza por tener una paleta giratoria integrada de baja fricción y por el hecho de que permite realizar el monitoreo de las mediciones mínimas y máximas realizadas, además tiene una función de retención de datos. Cuenta con una rápida velocidad de medición inferior a 1 segundo [42].</p>
<p data-bbox="423 1724 727 1757">Trípode de fotografía</p>	<p data-bbox="857 1688 1385 1791">Trípode de aluminio, cuenta con patas ajustables y antideslizantes. Incluye una burbuja de agua que</p>

	<p>garantiza el nivel del instrumento de medición.</p>
<p>Trípode de 4 metros de altura</p> 	<p>Este trípode fue diseñado y fabricado por los responsables del presente estudio. Fue hecho de aluminio, contaba con patas ajustables que permitían nivelar el instrumento de medición en la variada topografía presente en la zona de estudio.</p>
<p>Formato de registro de datos</p>	<p>Dadas las características del sonómetro tipo II, fue necesario diseñar un formato para el registro minuto a minuto de los datos, dicho formato se presenta en el <b>Anexo B</b>.</p>
<p>Pistófono</p>	<p>El pistófono utilizado, tenía como referencia 3M Calibrador AcoustiCAL AC-300, cuenta con 2 niveles de frecuencia y con un nivel de presión sonora de 114 dB</p>



Elaboración propia

#### 4.5 ADAPTACIÓN DE PROTOCOLO

se adaptó un protocolo que permitió y garantizó la medición del ruido ambiental a 1,5 metros sobre el nivel del piso, este se realizó armonizando el ya establecido en la Resolución 0627 de 2006. Los criterios que se consideraron en el momento de la adaptación fueron, primero, la distancia de colocación del equipo de medición, este se determinó teniendo en cuenta las barreras que se encontraban alrededor del punto de muestreo como edificios, árboles, vallas, entre otros, en este caso se estableció que la distancia de las barreras a la que se debía colocar el equipo debía ser la misma distancia a la que se colocaba el trípode con el sonómetro tipo I, de esta manera el muestreo correspondería a mediciones de ruido ambiental y no de emisión de ruido; el segundo criterio se basa en el tipo de sonómetro que se utilizó para realizar las mediciones, ya que al tener un sonómetro que no contaba con un registro automático de datos, fue necesario adaptar la toma de muestras para registrar un dato cada minuto durante todo el tiempo de medición. Dicho protocolo se puede encontrar en el **Anexo C**.

#### 4.6 MAPAS DE RUIDO

Los mapas de ruido ambiental son una herramienta que permite representar gráficamente el comportamiento del ruido en la zona de estudio, estos permitieron realizar una comparación de las situaciones medidas con los dos tipos de sonómetros a alturas diferentes.

Los datos obtenidos de las mediciones fueron interpolados y modelados en un software especializado en generación de mapas acústicos, para este caso se utilizó el software de acceso libre QGIS, específicamente empleando el *plugin OpeNoise*. El método que se utilizó para calcular los niveles de ruido es el método nacional francés NMPB-Routes-96, ya que realiza un procedimiento detallado en el cálculo del ruido teniendo en cuenta los efectos meteorológicos sobre la propagación. Esta herramienta requiere como datos de entrada una

capa o shape de carreteras que contenga información sobre los niveles de presión sonora generados y una capa con los edificios receptores. Lo que hace el plugin es dividir cada tramo de la carretera o vía en puntos de emisión espaciados con respecto a los receptores, traza una línea de difracción entre uno y otro y calcula los niveles de ruido. Una vez realizado este cálculo, cada punto receptor se torna del color correspondiente al nivel de ruido calculado, finalmente con la herramienta *Assing Leves To Buildings* del mismo *plugin* se le asigna el nivel de ruido a cada edificio.

#### 4.7 TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Para el tratamiento de los datos se aplicó en un primer momento estadística descriptiva para determinar cómo se comportaban los datos, posteriormente se llevó a cabo una prueba de normalidad para determinar si los datos eran o no normales, el test usado para esta investigación fue el de Shapiro, para comprobar la distribución de los valores medidos se redactó tanto la hipótesis nula como la hipótesis alterna, esto se realizó teniendo en cuenta que el supuesto principal o el supuesto de entrada, era que, dada la diferencia de alturas y por efectuar las medidas con dos tipos de sonómetros distintos se esperaba que los datos obtenidos se comportaran de manera diferente, conforme a lo anterior las hipótesis se expresan de la siguiente manera:

**Ho:** existe una diferencia significativa entre las medidas efectuadas a 4 metros y a 1,5 metros de altura sobre el suelo.

**Ha:** no existe diferencia significativa entre las medidas efectuadas a 4 metros y a 1,5 metros de altura sobre el suelo.

Una vez se comprobó que los datos eran normales, se aplicó una prueba de varianza paramétrica, específicamente un test de diferencia de medias, que fue t-student para dos muestras, con el fin de determinar si existía diferencia significativa entre los dos grupos de datos. Todo esto se llevó a cabo con la ayuda de diferentes softwares como PowerBI, R (paquete nortest) y SPSS.

Para el caso del análisis espacial de los mapas de ruido ambiental, se generaron mapas semanales, tanto para las mediciones efectuadas a 4 metros como a 1,5 metros. Este análisis se llevó a cabo para cada una de las nueve semanas y para cada horario de medición. Finalmente, se compararon los niveles de presión sonora medidos con los estipulados como estándares máximos permisibles por la norma, esto se realizó por medio de gráficas, en la *tabla 6*, se muestran cuáles son esos niveles máximos de acuerdo con el horario de medición y con el sector y subsector que aplica. En este caso, cuando se realizó la comparación con la norma el criterio que se tuvo en cuenta

para escoger el valor máximo permisible que aplicaba para cada punto de muestreo, fue elegir el subsector más restrictivo en cada zona dependiendo de los establecimientos que se encontraban a su alrededor.

Tabla 8. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles dB(A)

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencia	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	45
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para el desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	50
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.		
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	70
	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, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos	70	55
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	50
	Zonas con usos institucionales.		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales,	80	70

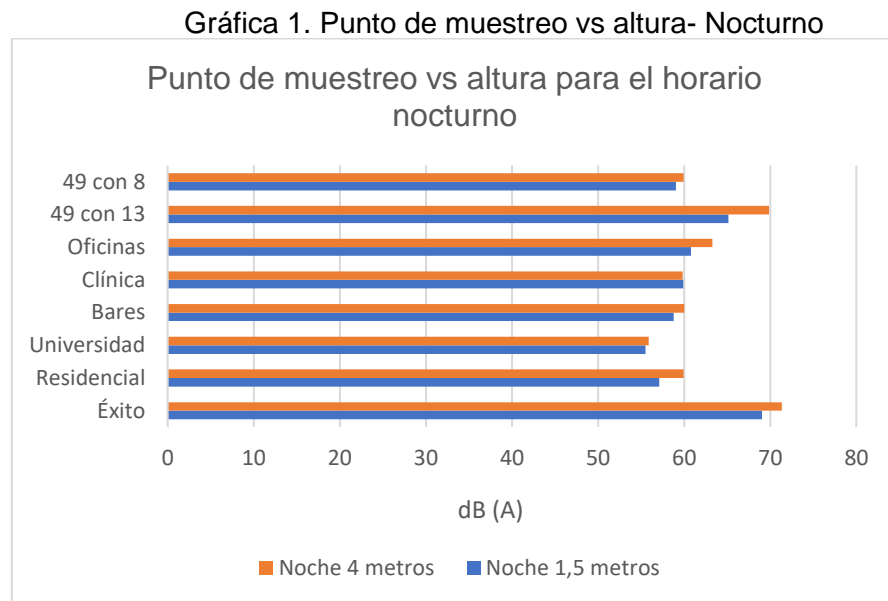
Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Día	Noche
	autopistas, vías arterias, vías principales.		
Sector D. Zonas Suburbanas o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.	55	45
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		

Tomado de [23]

## 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

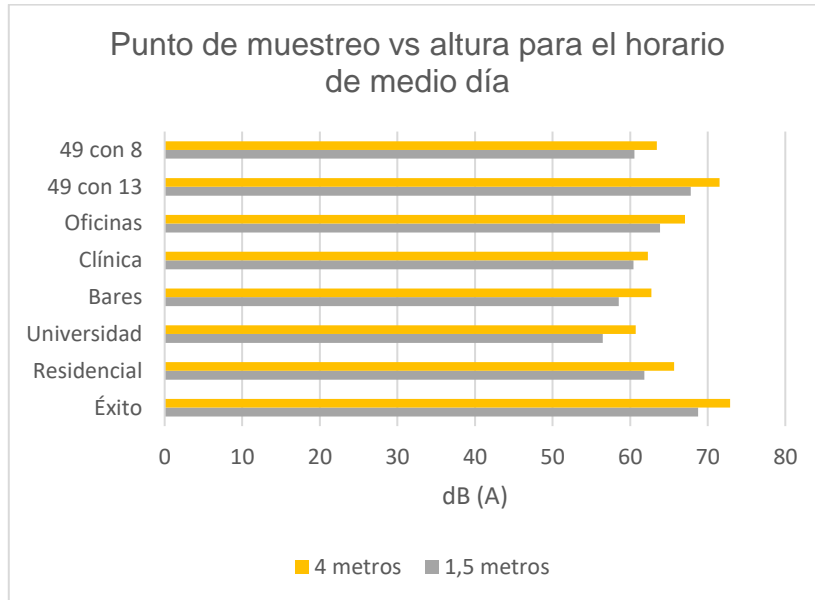
### 5.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO

Para saber cuál era el comportamiento de los datos se aplicó un análisis descriptivo a los valores encontrados en el **Anexo D**, del cual se obtuvo en un primer momento, las *gráficas 1,2 y 3*, en estas se representa el comportamiento de los datos según el punto de muestreo y la altura a la que se realizó la medición para el horario nocturno, medio día y tarde, respectivamente, estas gráficas fueron generadas efectuando un promedio geométrico entre todos los datos medidos durante las 9 semanas de medición sin discriminar por fecha de medición.



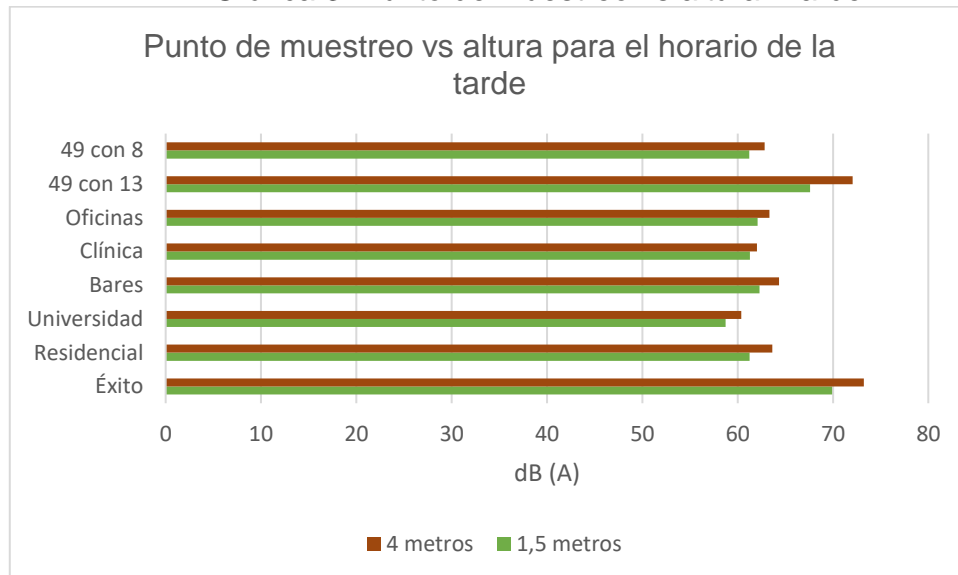
Elaboración propia

Gráfica 2. Punto de muestreo vs altura-Medio día



Elaboración propia

Gráfica 3. Punto de muestreo vs altura- Tarde



Elaboración propia

En todos los puntos de muestreo, el horario nocturno presenta niveles de presión sonora más bajos que en los otros dos horarios de medición, esto se

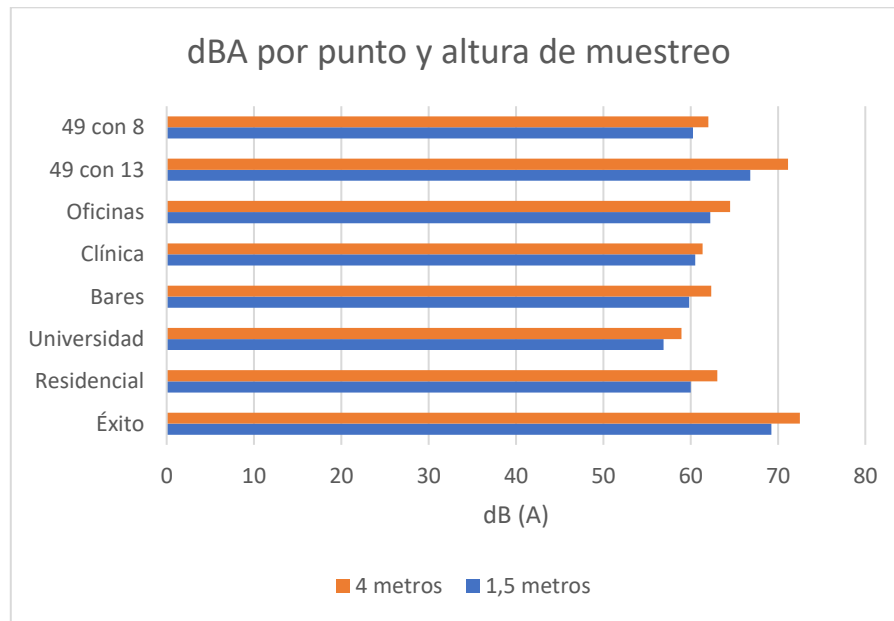
da debido a que las horas seleccionadas para este periodo eran 5:30 a.m. a 6:45 a.m., este horario implicaba que las actividades económicas de la zona aún no iniciaran sus labores, el ruido generado en este lapso se debía principalmente a los sistemas de transporte utilizados.

De igual manera, se observa que únicamente para los puntos denominados oficinas y residencial, los datos obtenidos para el horario de medio día son mayores que para las mediciones efectuadas en la tarde; en la zona de oficinas esto se debe principalmente a que, en este punto se estaba llevando a cabo la construcción de dos edificios, lo conllevaba a que en horas de medio día, las actividades de descarga de materiales, el uso de maquinaria como taladros, martillos y otros implementos de construcción fueran utilizados con mayor frecuencia, esto generaba mayor presión sonora a diferencia del horario de la tarde, que era cuando los trabajadores terminaban su turno laboral. Para el punto de muestreo denominado residencial, esto ocurre dado que el tránsito vehicular no varía de manera considerable entre el horario de medio día y el horario de la tarde, a diferencia de la población flotante, la cual, si aumenta, lo que ocasionaba un aumento considerable en los niveles de ruido experimentados.

Los niveles de presión sonora medidos en el horario de la tarde, son un poco más altos, exceptuando el punto de oficinas y residencial, dado que el tráfico vehicular aumenta a esta hora ya que generalmente en esta franja horaria es cuando las personas salen del turno laboral y se disponen a regresar a sus casas, lo que lleva consigo un crecimiento de población flotante.

Seguidamente se aplicó un promedio geométrico de los datos tanto a 1,5 metros como a 4 metros, sin tener en cuenta el horario de medición, obteniendo la *gráfica 4* en la cual se muestra los niveles de presión sonora por punto y por altura de medición.

Gráfica 4. dBA por punto y altura



Elaboración propia

En este gráfico se puede observar que para todos los puntos de muestreo las mediciones efectuadas por el sonómetro tipo I a 4 metros de altura son más altas que para las efectuadas con el tipo II a 1,5 metros. De igual manera, se evidencia que las mediciones más bajas se dan en el punto de universidad y las más altas se dan en el punto del éxito, esto se debe a que en el punto de universidad el flujo del tráfico rodado y peatonal es el más bajo de todos los puntos de muestreo, además esta zona no es tan comercial como los demás puntos de medición dentro de la zona de estudio, el uso del suelo corresponde principalmente a usos residenciales en su mayoría; para el caso del punto de muestreo del éxito el flujo vehicular es el más alto dentro de la zona de estudio, la confluencia de vías principales como la Carrera 13 y la Calle 53, grandes centros de comercio como el almacén éxito, y locales comerciales y de comidas genera que la población que transita por este sector sea mucho mayor.

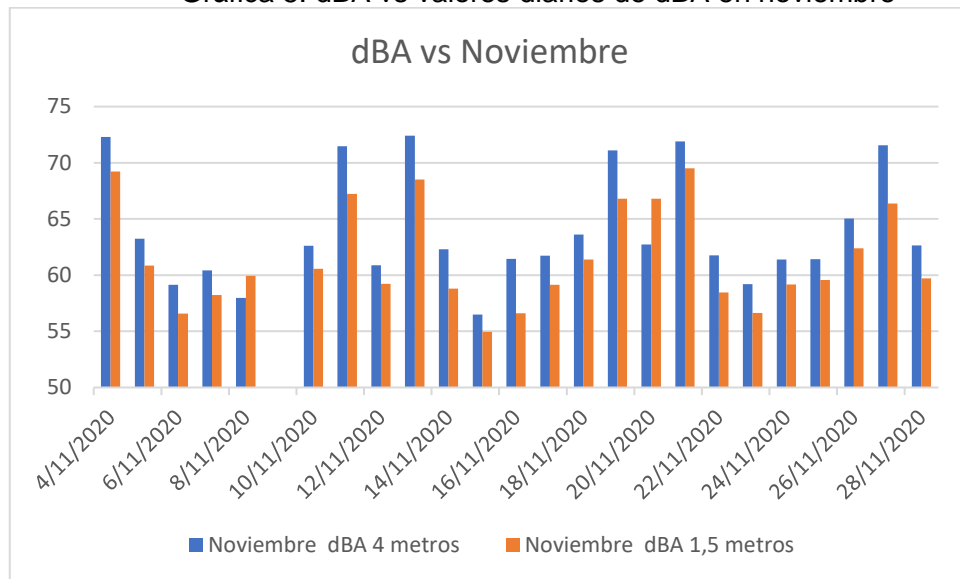
También se debe tener en cuenta que los puntos de bares, 49 con 8 y residencial, tienen unos niveles de presión sonora bastante similares, dichos niveles son, para las mediciones efectuadas a 1,5 metros de altura, 62,34 dBA, 62,04 dBA y 63,04 dBA respectivamente, mientras que para las efectuadas a 4 metros de altura se tienen 59,84 dBA, 60,25 dBA y 60,02 dBA, respectivamente, lo cual no se esperaría ya que son zonas muy diferentes, sin embargo, a pesar de sus diferencias, estas se ven afectadas por diferentes fenómenos que ocasionan que los niveles de presión sonora que se perciben

sean muy parecidos, por ejemplo, las actividades que se desarrollan en la zona de bares son totalmente diferentes a las llevadas a cabo en la zona residencial, pero la apertura de bares y discotecas, producen una realidad sonora comparable a un gran flujo vehicular y peatonal que se genera en la carrera 9 y la calle 53.

Por otra parte, se puede observar que el punto de muestreo ubicado en la clínica de Marly fue el segundo con menor ruido, esto se debe a que, primero la zona al ser parte hospitalaria debe cumplir con ciertos niveles de ruido, segundo, a que las barreras como los árboles, amortiguan los ruidos generados principalmente por vehículos pesados y livianos.

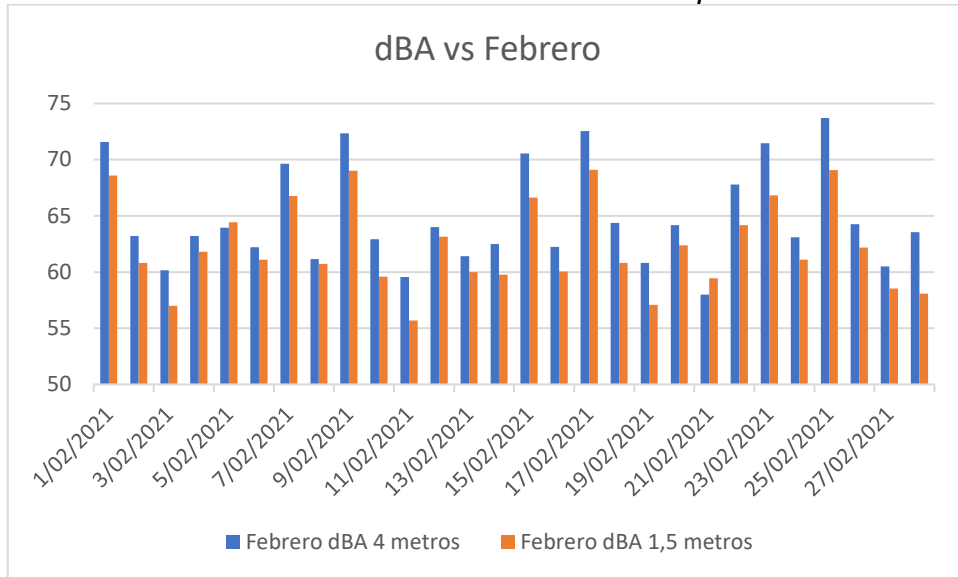
En las gráficas 5, 6 y 7, se evidencia el comportamiento de las mediciones de ruido ambiental diario durante los tres meses en los que se realizaron los muestreos, se debe considerar que estas gráficas se generaron llevando a cabo un promedio geométrico de todos los valores diarios obtenidos tanto en la jornada diurna como en la nocturna, con el fin de tener una visión general del comportamiento de las mediciones.

Gráfica 5. dBA vs valores diarios de dBA en noviembre



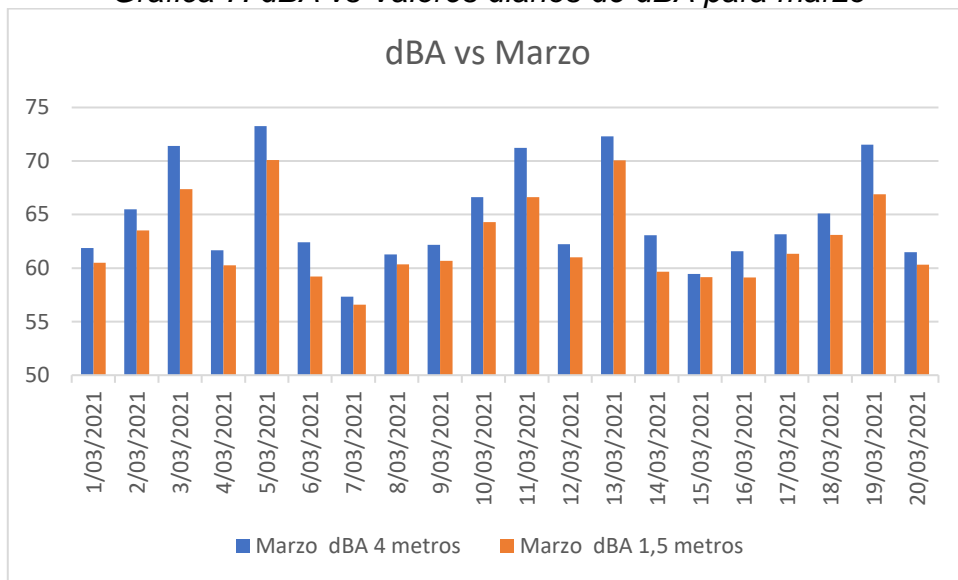
Elaboración propia

Gráfica 6. dBA vs Valores diarios de dBA para febrero



Elaboración propia.

Gráfica 7. dBA vs Valores diarios de dBA para marzo



Elaboración propia.

Para todos los días, las mediciones efectuadas con el sonómetro tipo I a 4 metros de altura son un poco mayores que las efectuadas a 1,5 metros, sin embargo, es evidente la similitud gráfica entre muchos de los días medidos; de igual manera se puede evidenciar que se presentan picos de presión

sonora que están dados por eventos puntuales que ocurrían durante el tiempo de muestreo, como presencia de cantantes, vendedores ambulantes, sirenas de ambulancias, entre otros.

### 5.1.1 Análisis diario de niveles de presión sonora por mes y comparación con la norma

Del análisis descriptivo aplicado para conocer el comportamiento de los valores diarios, se obtuvo como resultado una serie de gráficas que permiten determinar cuáles son las variaciones que se dan durante todo el tiempo de muestreo; de igual manera, se realizó la comparación con los niveles máximos de presión sonora estipulados por la norma de modo que se pudo definir si la zona cumplía o no con los mismos, en la *tabla 9*, se muestra como fueron clasificados los puntos dependiendo a que subsector pertenecía y cuál era el nivel máximo permitido.

Tabla 9. Clasificación de los puntos de muestreo por subsector

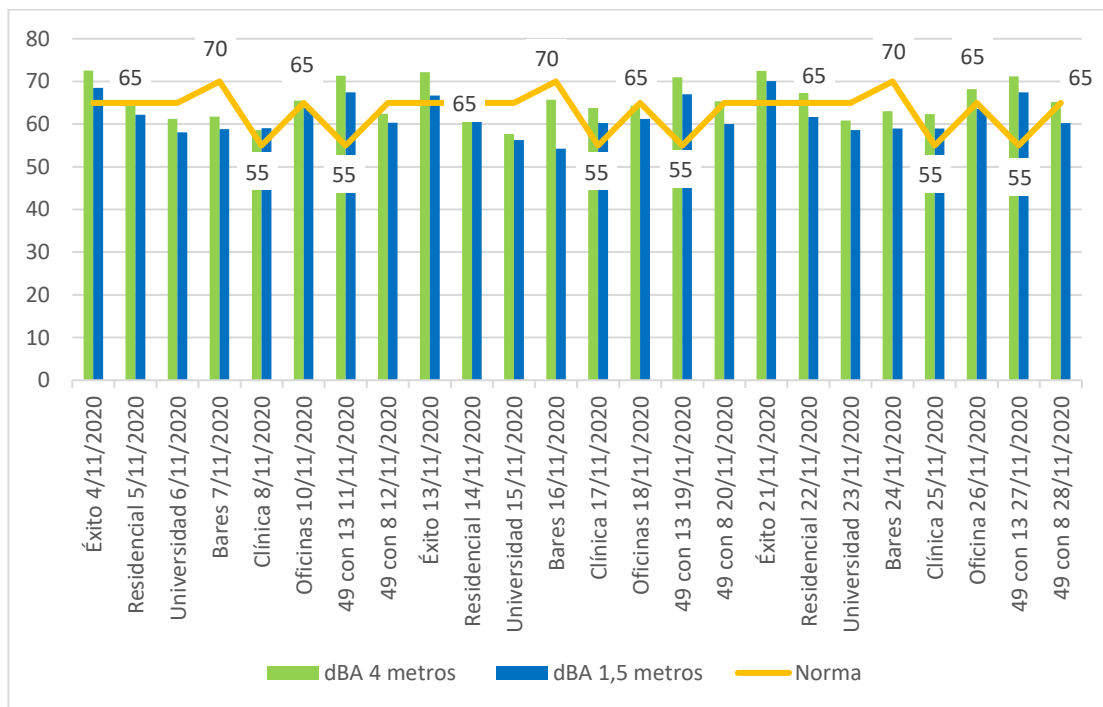
Punto	Sector	Subsector al que pertenece	Estándares máximos permisibles dB(A)	
			Día	Noche
Éxito	Sector C.	Zona con usos permitidos de oficina	65	50
Residencial	Sector B.	Zonas residenciales	65	50
Universidad	Sector B.	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación	65	50
Bares	Sector C.	Zonas con usos permitidos de bares, tabernas, discotecas	70	55
Clínica	Sector A.	Hospitales	55	45
Oficinas	Sector C.	Zonas con usos permitidos de oficina	65	50
49 con 13	Sector A.	Hospitales	55	45
49 con 8	Sector B.	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para el desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes	65	50

Elaboración propia.

▪ **Noviembre en horario de medio día**

Como primer resultado se obtuvo la *gráfica 8*, la cual muestra el comportamiento de los valores medidos diariamente durante todo el mes de noviembre en el horario de medio día, dentro de la gráfica se encuentran dos tipos de barras, una de ellas representa las mediciones a 4 metros y la otra representa los valores medidos a 1,5 metros, sumado a esto se ubica un línea que simboliza el valor máximo permisible para cada subsector del que hace parte cada uno de los puntos de muestreo, para facilitar la interpretación de la misma se etiqueto cada tramo con el valor correspondiente (65 dBA para los puntos éxito, residencial, universidad, oficinas, 49 con 13 y 49 con 8; 55 dBA para el sector de la clínica y 70 dBA para bares). Para llevar a cabo el análisis del comportamiento de los datos para este mes, es importante tener presente, que dada la emergencia sanitaria ocasionada por COVID-19, muchas de las actividades económicas de la zona no se estaban llevando a cabo, además, tanto el flujo vehicular como peatonal, aunque no era nulo, era mucho menor al que normalmente se suele experimentar dentro de la zona de estudio.

Gráfica 8. Valores diarios de dBA para el horario de Medio día



Elaboración propia

De la gráfica, se puede inferir que, para el subsector del éxito se evidencia que, en todos los días de medición, los niveles de ruido generados son

mayores que los 65 dB permitidos. De igual manera, al comparar las mediciones efectuadas en el punto durante las 3 semanas, se puede observar que para los tres días, los datos medidos con el sonómetro tipo I tienen poca variación, mientras que, los datos obtenidos con el sonómetro tipo II presentan fluctuaciones, lo que se debe al tercer día sin IVA, llevado a cabo el 21 de noviembre, ese día el flujo de personas era mucho mayor comparado con los otros días, esto se vio reflejado en las mediciones a 1,5 metros del suelo, exactamente de 4 decibeles, se nota además que en este punto se presentan los niveles de presión sonora más altos dentro de la zona de estudio, esto se debe a la confluencia de vías principales, locales comerciales y al flujo peatonal que experimenta la zona.

En cuanto al punto “residencial”, se observa un comportamiento muy similar en días de medición del 5 y 14 de noviembre, sin embargo para el 22 de noviembre, las mediciones efectuadas a 4 metros experimentan un aumento de aproximadamente 4 decibeles, esto se da ya que ese día se presentó un alto flujo vehicular por la Calle 53 en horas del mediodía, sumado a esto el paso de ambulancias con sirenas activadas, lo que ocasionó que las mediciones fueran mayores, y sobrepasaran los límites permisibles, situación que no sucedió los otros días y tampoco con las mediciones efectuadas a 1,5 metros. Mientras que para el sector “universidad”, las mediciones son bastante constantes y mucho menores al límite máximo permitido, el 15 de noviembre, se llevó a cabo la toma de datos en ese punto presentándose los niveles más bajos de ruido en todo el mes, esto se debe a que, para esa fecha, por la emergencia sanitaria, muchas de las actividades económicas de la zona no estaban en funcionamiento, además, el flujo vehicular por este punto de muestreo era mínimo.

El comportamiento de la zona de “oficinas”, aunque en las 3 fechas de muestreo, se presentan actividades de construcción, el día 26 de noviembre, se percibe el ruido generado por un taladro desde uno de los pisos más altos del edificio en construcción durante todo el tiempo de la medición, es por esto por lo que los niveles de presión sonora obtenidos del sonómetro tipo I, son más altos que los medidos en los otros días. Al comparar con la norma, se logra evidenciar que para los días 10 y 26 de noviembre, las mediciones efectuadas con el sonómetro tipo I a 4 metros de altura sobrepasan los límites permitidos, mientras que las mediciones efectuadas a 1,5 metros no.

Para el sector de “49 con 8”, se observan mediciones similares entre los días 20 y 28 de noviembre, esto se debe a que cerca al punto se encuentra un local que funciona como remontadora de cuero, que utiliza un compresor, en los días ya mencionados, dicho compresor se puso en funcionamiento, que, aunque no generó un incumplimiento de la norma, si contribuyó a que los niveles de ruido fueran mayores que los medidos el primer día de muestreo.

En el punto de muestreo “Clínica”, el primer día de muestreo que corresponde al 8 de noviembre, aunque no se presentan eventos particulares, los niveles de ruido sobrepasan los permisibles, al igual que para las otras dos fechas de medición, sin embargo, para el 17 y el 25 de noviembre, si se evidencia un flujo vehicular bastante alto, lo que ocasiona con mayor razón el incumplimiento de la norma.

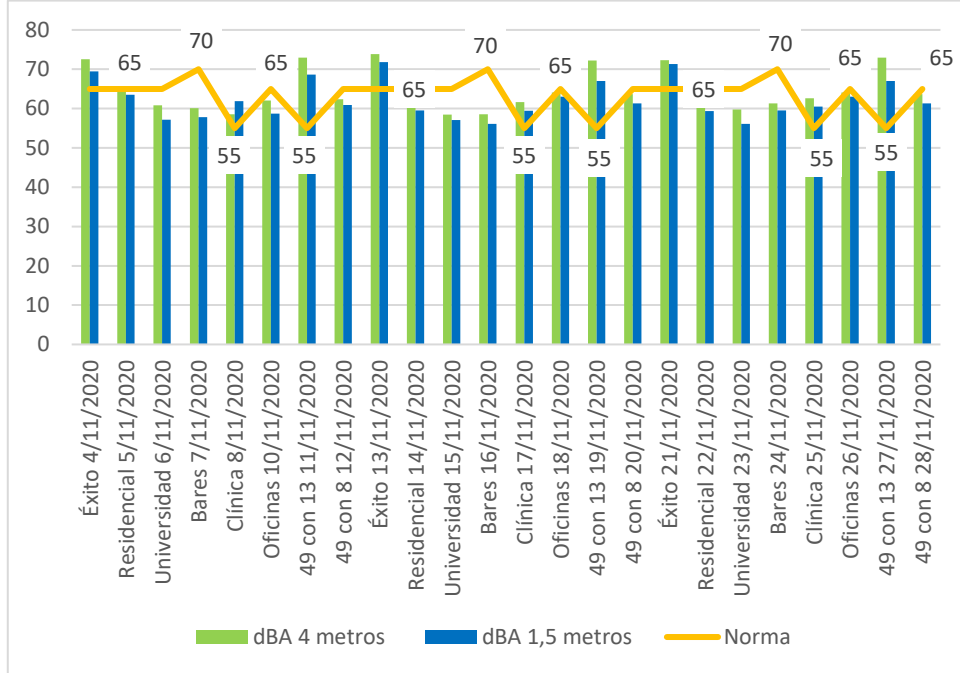
En cuanto al punto “49 con 13”, al igual que en el punto del éxito, los niveles de ruido de ambas mediciones sobrepasan los límites permitidos por la norma, este es el segundo punto con mayores niveles de presión sonora registrados; las mediciones, gráficamente, no presentan variación significativa entre días de medición, aunque las mediciones efectuadas a 4 metros siguen siendo mayores, una vez más se confirma que la confluencia de vías principales, vendedores ambulantes y cantantes, hacen que el ruido generado sea mayor.

Finalmente, el comportamiento de los valores en el punto “bares”, aunque las mediciones son invariables, se nota un aumento de los datos medidos por el sonómetro tipo I el día 16 de noviembre, esto se da debido a que ese día, en uno de los bares ubicados en frente del punto de muestreo, se estaban realizando actividades de construcción utilizando herramientas como martillos, sierras y otros que generaban un ruido considerable. Sin embargo, en ninguno de los días se sobrepasan los límites permisibles para la zona.

- **Noviembre en horario de la tarde**

En la *gráfica 9*, se evidencia que los únicos puntos que sobrepasan los niveles permitidos por la norma son el éxito y 49 con 13, como se ha afirmado anteriormente, esto puede darse debido al alto flujo vehicular que pasa por la zona, en horas de la tarde, la demanda de flotas del Sistema Integrado de Transporte Público aumenta considerablemente lo que ocasiona altos niveles de ruido ambiental.

Gráfica 9. Comparación con la norma para noviembre en la jornada tarde



Elaboración propia

Para este horario los valores medidos son poco fluctuantes entre puntos, se empieza a observar que la zona tiende a comportarse de manera similar durante todo el mes. En la zona de Clínica se puede observar que en las 3 fechas de medición se sobrepasan los límites permitidos, lo que puede deberse a la salida y entrada de ambulancias con sirenas activadas que generan niveles de ruido que para la zona son muy altos.

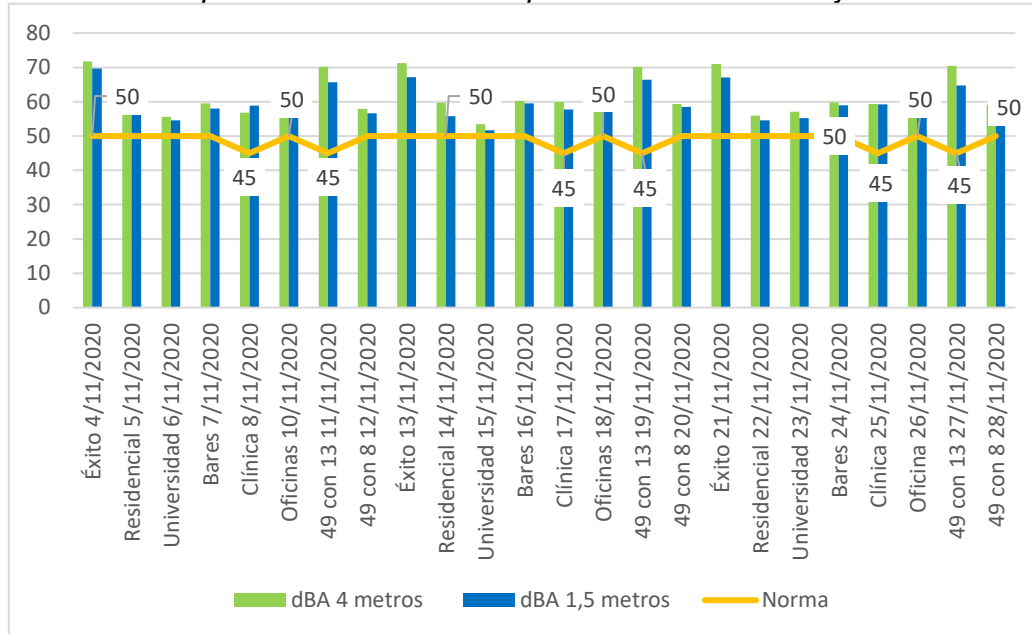
De este gráfico se puede inferir también que, el sector de los bares tiende a comportarse de manera muy similar y sin incumplimiento de la norma, lo cual es muy importante dado que por la situación que se vivía en ese momento por el Covid-19, muchas de las personas habitaban la zona, se encontraban en sus casas, de manera que el ruido ambiental no significa una gran molestia.

- **Noviembre en horario nocturno**

En la *gráfica 10*, se observa el incumplimiento en todos los puntos, de los niveles de ruido ambiental permitidos para el horario nocturno. Según la gráfica, se puede afirmar que la situación es bastante crítica para este horario, ya que los muestreos se realizaron en una franja horaria en la que muy pocas de las actividades económicas propias de la zona han empezado labores, el ruido ambiental que se percibe es generado básicamente por medios de

transporte, y por las personas que se dirigen a sus trabajos, que en el mes de noviembre era muy poca esa población flotante.

*Gráfica 10. Comparación con la norma para noviembre en la jornada nocturna*



Elaboración propia

Es muy crítica la situación en los puntos “Residencial” y “Clínica”, ya que se esperaba que, para el horario nocturno, estas zonas se mantuvieran en calma, sin sobrepasar los límites, debido a que son precisamente estas zonas, en las que se concentra la mayoría de población, que generalmente en este horario se encuentran descansando, al estar expuestos a niveles de ruido tan altos, el ciclo del sueño empieza a alterarse y empiezan a presentarse efectos adversos en la salud de la población.

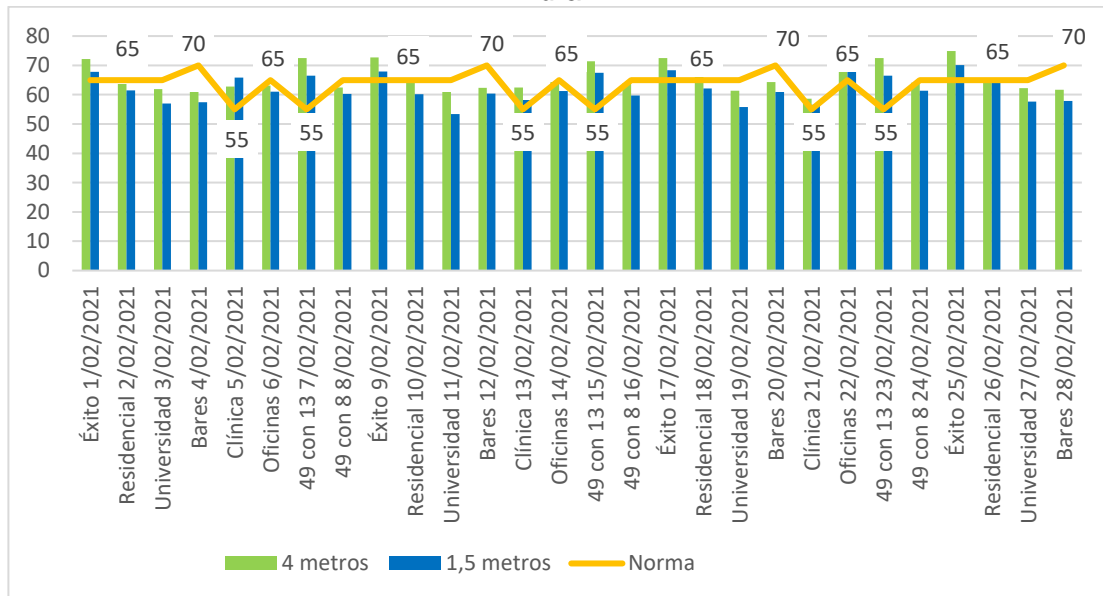
En cuanto al comportamiento de los valores medidos en el punto bares, se observa que, se da una variación entre las mediciones tomadas en las 3 fechas de medición debido a la presencia de población flotante durante los muestreos, aunque en el momento en que se efectuaron las mediciones, los lugares de esparcimiento no se encontraban en funcionamiento, los límites máximos permitidos fueron incumplidos; los datos medidos revelan que la situación en esta zona es mucho más crítica y requiere un mayor cuidado, dado que entre las 10 p.m. y las 3 a.m. los establecimientos de bares y discotecas desarrollan sus actividades normales, los valores de presión sonora experimentados en

esa franja horaria, apuntan a ser más altos generando más molestias en cuanto a contaminación auditiva.

▪ **Febrero en horario de medio día**

En el mes de febrero se empezaron a poner en marcha las estrategias de reactivación económica para todo Bogotá, la flota de buses y medios de transporte aumentó y el flujo de personas también. En este mes, como primer resultado se obtuvo la *gráfica 11*, esta representa el comportamiento de los valores medidos en el horario de medio día.

*Gráfica 11. Comparación con la norma para febrero en la jornada de medio día*



Elaboración propia

Los puntos de muestreo ubicados sobre la Carrera 13 (éxito y 49 con 13) son los que representan mayores valores de presión sonora para este horario, por otra parte, se observa que las mediciones en el punto “residencial”, a pesar que las mediciones del 2 y 10 de febrero son bastante similares, el día 18 del mismo mes, los datos obtenidos por el sonómetro tipo I a 4 metros son mayores, pasando el límite de 65 decibelios, esto puede deberse a la presencia de un altoparlante lejano al punto de medición.

Para los puntos universidad y 49 con 8, no se reconocen diferencias gráficas notables y tampoco incumplen con la normativa. En cuanto al punto de

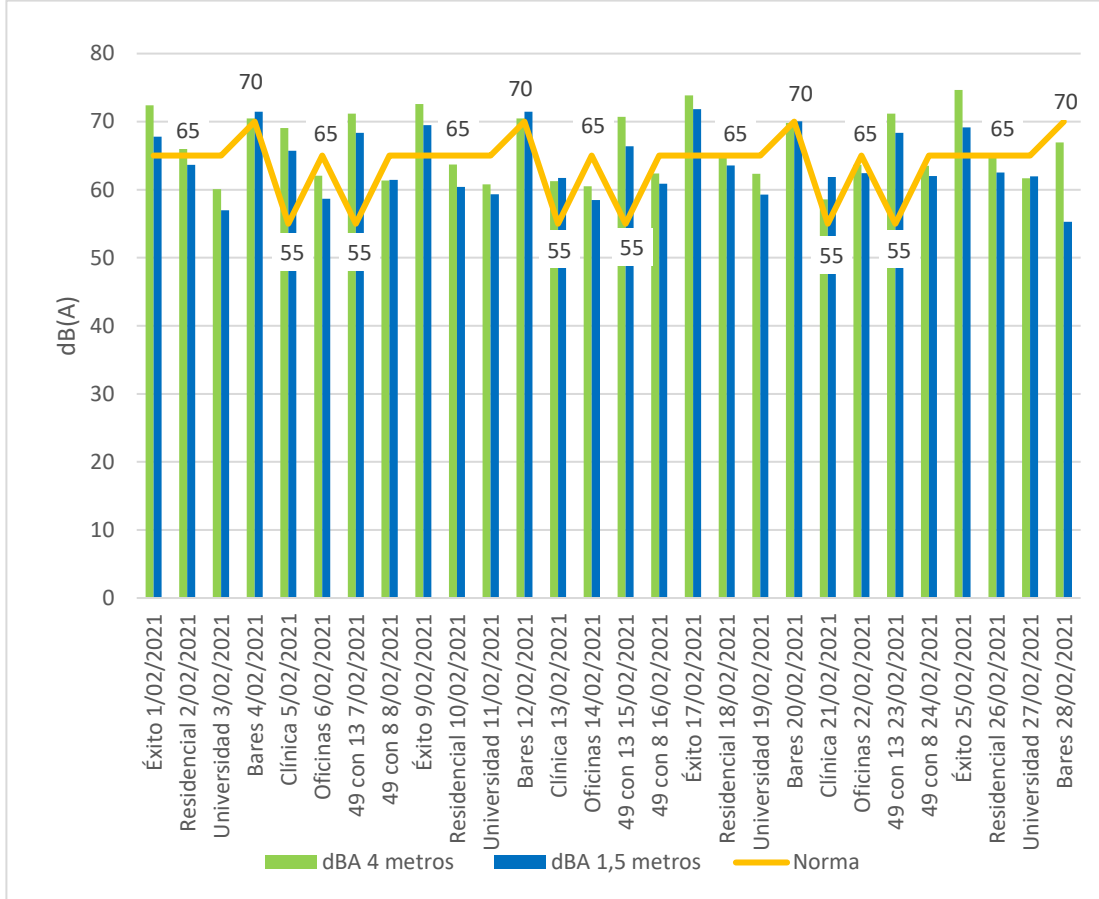
“oficinas”, para los días 6 y 14 de febrero, se observa un comportamiento bastante similar sin incumplir la norma, sin embargo, para el 22 de febrero, los niveles de ruido ambiental aumentan dada la presencia de un taladro en las construcciones aledañas.

En cuanto al punto “clínica” se da un comportamiento diferente, el primer día de muestreo que corresponde al 5 de febrero, las mediciones efectuadas a 1,5 metros son mayores que las realizadas a 4 metros, esto se debe al trabajo que se realizaba dentro de una ambulancia justo en frente del punto de muestreo, aunque ambas mediciones sobrepasan el límite permisible de 55 decibeles, se nota la influencia de realizar actividades cerca al punto de muestreo; para los días 13 y 21 de febrero, en este punto los niveles de ruido aunque disminuyen incumplen la norma; en la 49 con 13, los valores no varían de manera notable, sin embargo, estas mediciones también incumplen la norma, lo que puede darse por el paso continuo tanto de vehículos como de vendedores ambulantes.

- **Febrero en horario de la tarde**

La *gráfica 16* representa las mediciones efectuadas en la jornada de la tarde para el mes de febrero, en esta se evidencia que las mediciones realizadas en los puntos éxito y 49 con 13 se comportan de manera similar a las mediciones efectuadas en la jornada de medio día. En cuanto al punto “residencial”, el día 2 de febrero, las mediciones a 4 metros sobrepasan los límites permitidos, mientras que, en los demás días de medición, los valores de presión sonora son bastante constantes, esto se debe a la presencia de un alto flujo vehicular ese día.

Gráfica 12. Comparación con la norma para febrero en la jornada de la tarde



Elaboración propia

Para este horario de muestreo, en el punto “oficinas” se obtuvieron mediciones por debajo de los estipulados en la resolución, esto se debe a que precisamente a la hora de medición, los trabajadores terminan su turno laboral y los ruidos generados desde las obras en construcción o los suministros a las instalaciones clínicas son prácticamente nulos, la presión sonora percibida se debe principalmente al flujo vehicular que se da en la Carrera séptima. En cuanto al sector universidad y 49 con 8 las mediciones son muy constantes y los valores medidos están dentro de los límites permitidos, estos dos puntos se comportan de manera similar tanto en el mes de noviembre como en febrero, estas dos zonas no tienen un cambio muy pronunciado en cuanto a la dinámica comercial.

Caso contrario al punto “bares”, es importante tener presente que el primer día de muestreo en dicho punto, que fue el 4 de febrero, se estaban poniendo en marcha las estrategias de reactivación económica, por lo cual, tanto discotecas

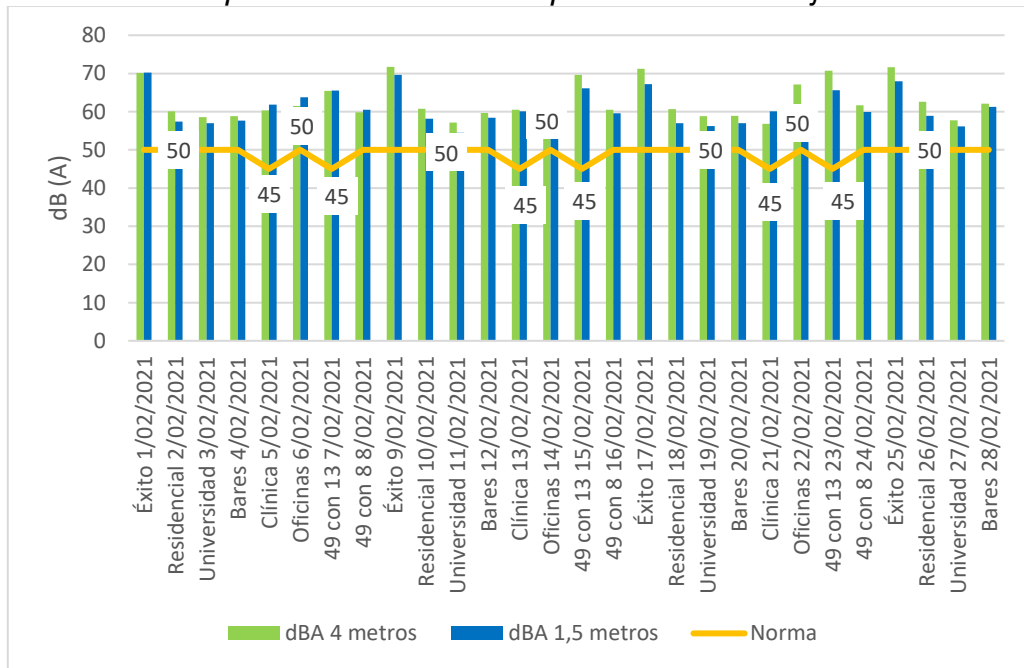
como locales de comidas estaban en total funcionamiento, la presencia de personas aumento en la zona y esto generó un aumento en los niveles de ruido ambiental medido, sin embargo, aunque en los días 4, 12 y 20 de febrero, las mediciones fueron constantes, el día 28 del mismo mes, se presentó un comportamiento diferente, esto se dio ya que ese día se festejaba el cumpleaños de un equipo de fútbol, por lo cual, un grupo de aficionados realizó una caravana por la Carrera Séptima.

Para el sector “clínica” y 49 con 13, las mediciones, en todas las fechas de muestreo, fueron más altas de los permitido por la normativa, esto pudo haberse dado por el alto flujo vehicular, el paso contante de la policía de tránsito, la entrada y salida de vehículos en el parqueadero de en frente al punto de muestreo y el uso de las sirenas de las ambulancias.

▪ **Febrero en horario nocturno**

En la *gráfica 13*, una vez más, se observa que, en todos los puntos, se incumplen los límites permitidos, al igual que en el mes de noviembre. Aunque para esta fecha ya se empezaban a reactivar las actividades económicas, es importante tener en cuenta que el ruido ambiental que se media a esa hora era generado por vehículos y por algunas personas que transitaban la zona.

*Gráfica 13. Comparación con la norma para febrero en la jornada nocturna*



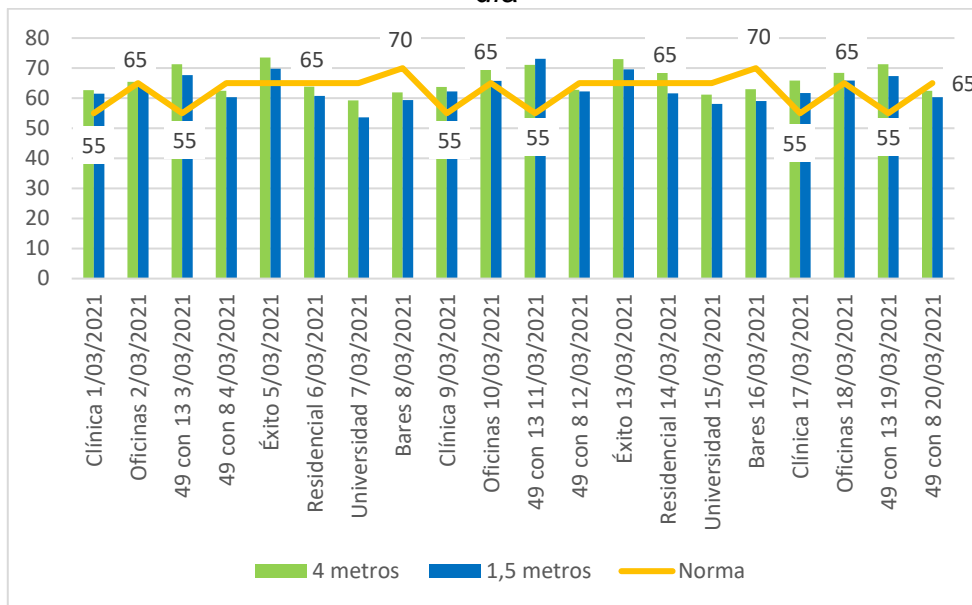
Elaboración propia

Una vez más se evidencia el incumplimiento de los niveles de ruido permitidos por la normativa para la zona, esto se debe principalmente al alto tráfico vehicular por avenidas principales como la Carrera 13, la Calle 53, la Carrera 9, la Calle 49 y la Carrera séptima.

- **Marzo en horario de medio día**

Para este mes se observa un comportamiento muy similar al mes de febrero, dada la rutina comercial y económica de la zona de estudio. En la *gráfica 14*, es posible visualizar que el punto éxito se comporta de manera homogénea y que incumple los niveles permitidos.

*Gráfica 14. Comparación con la norma para marzo en la jornada de medio día*



Elaboración propia

Por otra parte, para el día de medición del 14 e marzo, en el punto residencial, los valores registrados por el sonómetro tipo I sobrepasan la norma, lo que puede darse a causa de un alto flujo vehicular por la Calle 53. Ocurre algo similar para los días 10 y 18 de marzo, en el punto oficinas, aunque las mediciones se encuentran muy al límite de los niveles máximos permitidos, se logra evidenciar que, para el día 18 del mes, los datos obtenidos del sonómetro ubicado a 4 metros son mayores a los demás datos registrados por el sonómetro a 1,5 metros, esto a causa de las actividades de taladrado en uno de los pisos más altos del edificio en construcción, en cuanto a las demás

mediciones se puede decir que se comportan de manera poco variable y no incumplen con la norma.

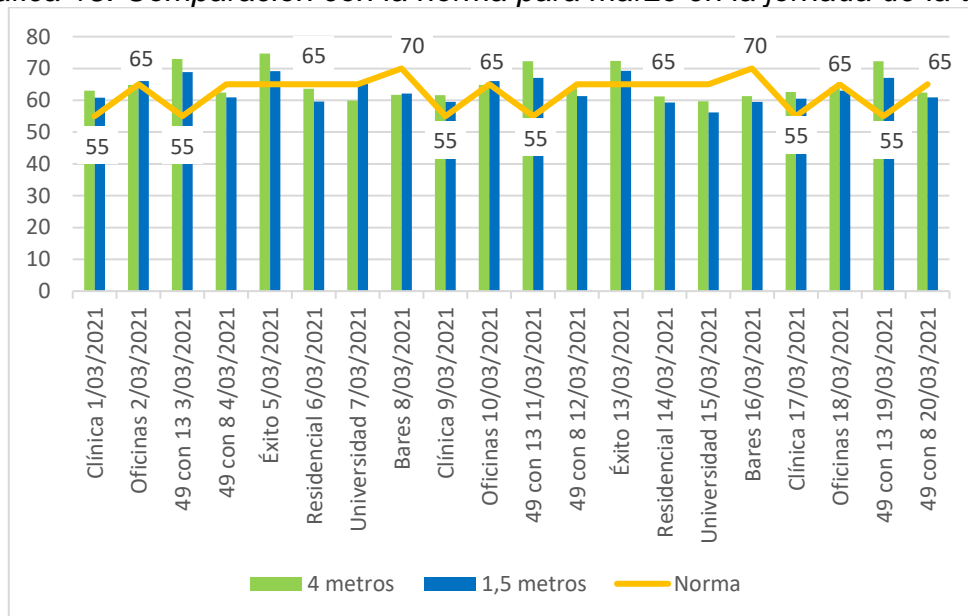
Teniendo en cuenta los datos obtenidos y la observación en campo, para los puntos “clínica” y 49 con 13 una de las posibles causas de la generación de niveles de ruido ambiental, es el alto flujo vehicular de la Carrera 13 y la Carrera 9, sumado también la constante entrada y salida de vehículos al parqueadero y la alta tasa de parqueo sobre la Calle 50, lo que ocasiona que la policía de tránsito pase seguidamente por el punto acompañada de grúas para descongestionar la vía.

Con respecto a la comparación con la norma, es evidente que las medidas recolectadas en campo sobrepasan los 55 decibeles permitidos. El caso es más crítico para el punto de la 49 con 13, ya que justo ahí confluyen 2 vías muy importantes dentro de la zona de estudio que son la Carrera 13 y la Calle 49, el número de vehículos que transitan, muchas veces, vehículos muy antiguos, aportan gran cantidad del ruido ambiental medido.

- **Marzo en horario de la tarde**

Durante la medición en campo, se pudo notar una disminución considerable en los niveles de presión sonora que se experimentaban. En la *gráfica 15*, se evidencia, que nuevamente las mediciones en el punto éxito incumplen la norma, sin embargo, los valores son mucho menores a los registrados en los demás meses.

*Gráfica 15. Comparación con la norma para marzo en la jornada de la tarde*



## Elaboración propia

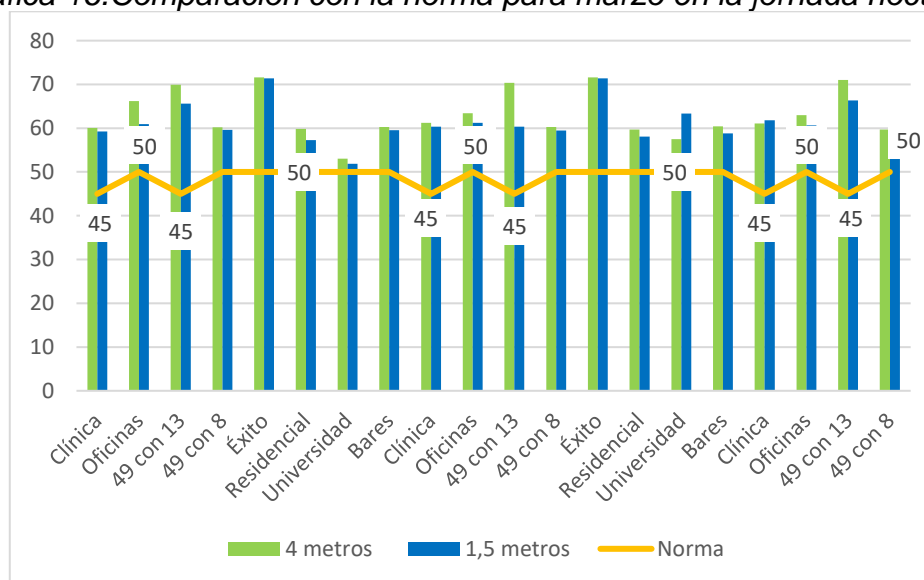
Este comportamiento puede darse por las nuevas medidas de confinamiento establecidas en el mes de marzo, lo que influyó en una disminución principalmente de la población flotante dentro de la zona de estudio.

Es interesante observar los resultados obtenidos para el punto de bares, los valores registrados son más bajos que los medidos en el mes de febrero ya que las nuevas restricciones que se implementaron para contener el tercer pico de la pandemia conllevaron a que los establecimientos cerraran de manera que las mediciones no excedieron los límites permitidos. Caso contrario de lo que sucede en el punto clínica y en la 49 con 13, en estos sectores nuevamente los niveles medidos sobrepasan los límites máximos, aunque es evidente la disminución de presión en las mediciones, estas siguen siendo muy altas para la zona.

### ▪ Marzo en horario nocturno

De este horario se obtuvieron como resultado 3 gráficas, la primera de ellas es la *gráfica 16*, en la cual es interesante observar que para el primer día de medición en el punto “universidad”, los niveles de presión sonora disminuyeron considerablemente pero no lograron cumplir con la norma, el resto de los puntos de muestreo experimentan niveles de ruido ambiental más altos de lo permitido.

*Gráfica 16. Comparación con la norma para marzo en la jornada nocturna*



Elaboración propia

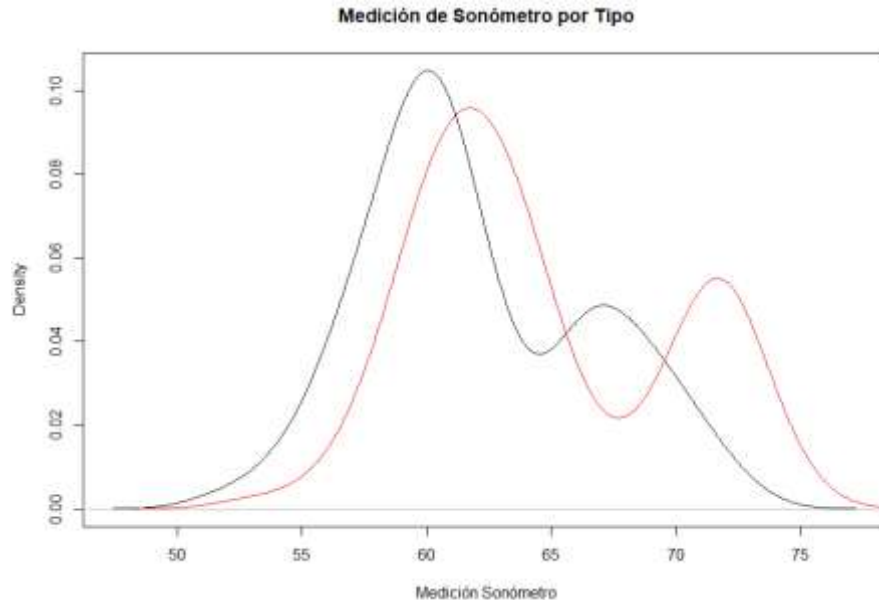
Con esta última gráfica se puede inferir que, en el horario nocturno, para todos los meses de muestreo, la zona de estudio registra niveles de presión sonora muy altos que pueden estar afectando la calidad de vida de las personas que se encuentran asentadas en la misma, según la OMS, algunos de los efectos nocivos más comunes se dan como efectos biológicos, en los que se encuentran cambios en la actividad cardiovascular, interrupción en el ciclo del sueño e insomnio, además de presentarse otro tipo de enfermedades como cambios hormonales, estrés, irritabilidad, deterioro del rendimiento cognitivo, hipertensión, obesidad, depresión, entre otros [40]. De igual manera, se logra apreciar un comportamiento muy similar durante todas las mediciones, los cambios que se presentan se dan por fenómenos muy puntuales presentados en cada punto de medición.

## **5.2 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS MEDICIONES EFECTUADAS A 4 METROS Y A 1,5 METROS DE ALTURA**

En el *gráfico 17*, se puede, una vez más, demostrar que en general las mediciones del sonómetro tipo I que corresponde a una altura de 4 metros tienden a ser más altas que la de tipo II a 1,5 metros, dado la línea roja que representa las mediciones a 4 metros tiende a ubicarse siempre más a la derecha del eje X, que representa los valores medidos en dBA, esto significa que los valores registrados por el sonómetro tipo I, se concentran en rangos de presión sonora más altos (70 a 75 dBA). La línea negra, que representa las mediciones a 1,5 metros, tiene 2 picos importantes, el primero se ubica sobre el valor de 60 decibeles, lo que comparado con el primer pico de los valores a 4 metros que se encuentra entre el rango de 60 a 65 decibeles, comprueba la afirmación antes expresada.

El segundo pico de la línea negra se da entre el rango de 65 a 70 decibeles, mientras que el pico de la línea roja se da entre el rango de 70 a 75 decibeles, se podría decir que las mediciones efectuadas a 4 metros de altura son mayores en aproximadamente 5 decibeles.

Gráfica 17. Densidad vs medición del sonómetro.



Elaboración propia

Una vez obtenidos los gráficos descriptivos y teniendo claro cómo se comportan los datos, se procedió a elaborar las pruebas de normalidad y de diferencia de datos para así obtener la conclusión más importante de este trabajo.

### 5.3 PRUEBA DE NORMALIDAD

Con la ayuda del programa R, se realizó una prueba de normalidad, que para esta investigación corresponde a Shapiro test, para los datos obtenidos de las mediciones a 4 metros y a 1,5 metros, de dicha prueba se obtuvieron los siguientes resultados:

- Para las mediciones realizadas con el sonómetro tipo I a 4 metros de altura, se obtuvo un p-valor de 5,57e-09.

Dado que  $p\text{-valor} < 0,05$ , con un nivel de confianza del 95%, se rechaza la hipótesis nula de no normalidad de datos, por lo tanto, se acepta la distribución normal del grupo de datos.

- Para las mediciones realizadas con el sonómetro tipo II a 1,5 metros de altura, se obtuvo un p-valor de 1,464e-05.

De igual manera, al obtener un p-valor < 0,05, se rechaza la no normalidad de los datos y se acepta una distribución normal.

#### 5.4 TEST DE DIFERENCIA DE MEDIAS

Una vez obtenidas las pruebas de normalidad, se procedió a realizar una prueba de diferencia de medias, específicamente la prueba t-student para dos muestras, cuyo resultado se muestra en la *tabla 10*, con el fin de identificar si existe o no diferencia significativa entre ambas mediciones.

*Tabla 10. Resultado de la prueba t-student*

<b>Tipo de prueba</b>	<b>Resultado</b>
T Student	1,27 e-07

Elaboración propia.

Dado el dato que se obtuvo para p-valor, y al cumplirse que, p-valor < 0,05, y con un nivel de confianza del 95% de confianza, se puede concluir que existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que existe diferencia significativa entre ambas mediciones y por el contrario se acepta la hipótesis alterna de que NO existe diferencia significativa entre las mediciones.

Teniendo en cuenta el resultado anterior, dado que no se presentan diferencias significativas entre ambos grupos de datos, se puede decir que los métodos son equivalentes, sin embargo, se debe considerar, como en cualquier estudio, la presencia de sesgos que impulsan el desarrollo de más investigaciones para corroborar resultados, en este caso, algunos de los sesgos que se llegaron a percibir corresponden a los tipos de equipos utilizados, ya que las mediciones se realizaron con dos (2) tipos de sonómetros uno automático y otro manual, lo que conlleva un posible error humano al hora de la toma de datos ya que en los lugares donde se encontraban semáforos, se procuraba sincronizar la toma de valores con la puesta en marcha de los vehículos, aunque no siempre ocurría esa sincronización. En investigaciones posteriores se podría incluir un tiempo más prolongado de toma de datos, ese tiempo podría dividirse en meses diferentes, con el fin de tener una visión más amplia del comportamiento de las zonas de estudio.

#### 5.5 ANÁLISIS DE MAPAS DE RUIDO

Para realizar este análisis, se generaron mapas de ruido con los datos obtenidos por los dos tipos de sonómetros para cada mes y jornada de medición. Además de llevar a cabo un análisis gráfico, se pretendió comparar numéricamente el comportamiento de las áreas generadas para cada uno de los rangos creados por el software, con el fin de definir cuál era la variación entre rangos presión sonora, para esto, se agruparon dichos rangos en 3

intervalos como se muestra en la *tabla 11*, el primero se catalogó como bajo y comprende los niveles de presión sonora entre 35 y 49 decibeles, el siguiente fue el intervalo aceptable que considera los niveles entre 50 y 64 decibeles, y el último fue el intervalo alto, que agrupa los niveles mayores a 65 decibeles, esto para el horario diurno; para el horario nocturno solo se dividió en 2 intervalos, uno aceptable de 35 a 49 decibeles, y uno alto que correspondía a los niveles mayores a 50 decibeles.

*Tabla 11. Intervalos para el horario diurno y nocturno*

<b>Horario diurno</b>	
<b>Intervalo</b>	<b>Rango de niveles de dBA</b>
Bajo	35 a 49 dBA
Aceptable	50 a 64 dBA
Alto	Mayores a 65 dBA
<b>Horario nocturno</b>	
<b>Intervalo</b>	<b>Rango de niveles de dBA</b>
Aceptable	35 a 49 dBA
Alto	Mayores a 50 dBA

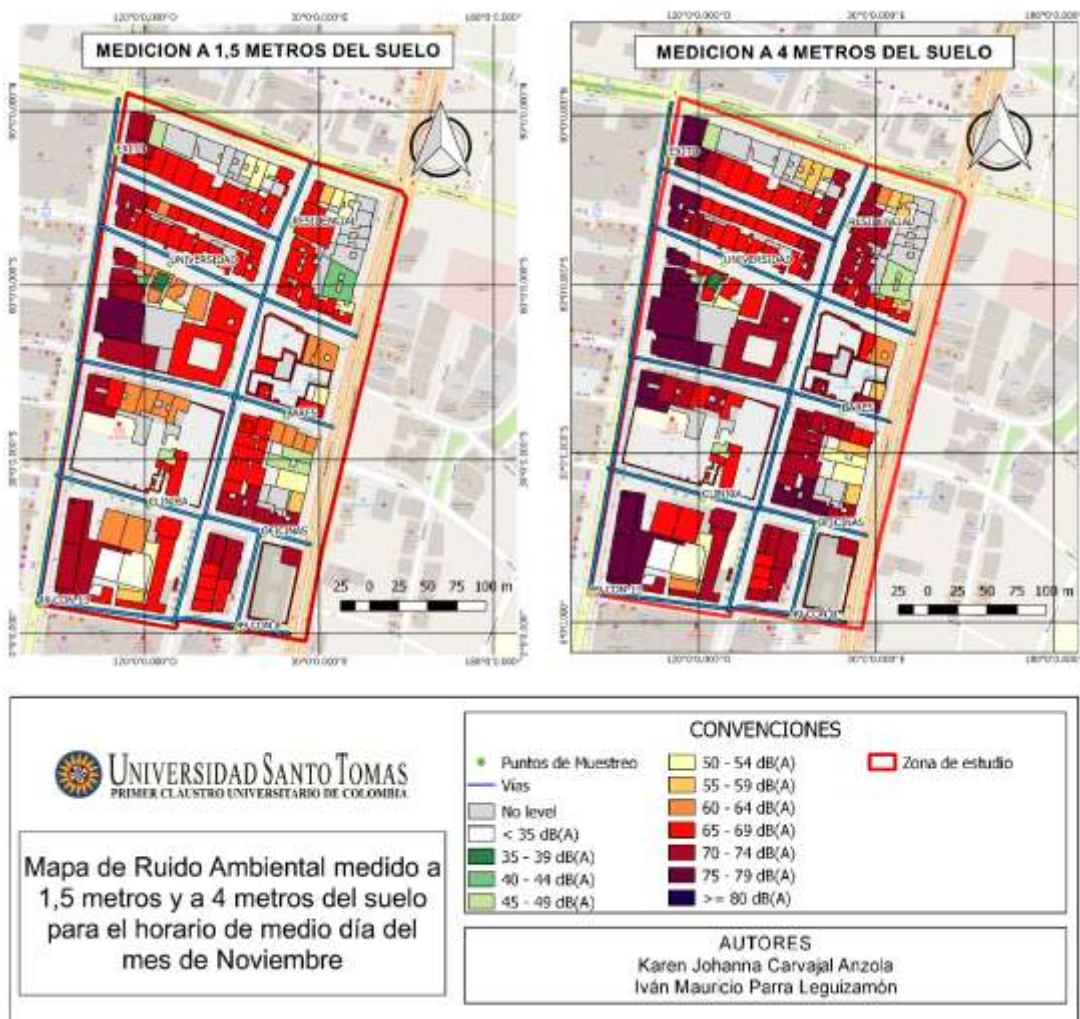
Elaboración propia.

Una vez calculadas las áreas para cada intervalo, se procedió a calcular la diferencia en porcentaje para determinar que tan diferentes eran los valores generados para cada uno de los mapas.

### **5.5.1 Análisis para el mes de noviembre en la jornada de medio día**

Como resultado para este horario de medición se obtuvo el *mapa 3*, en él se muestra el comportamiento para las mediciones tanto a 1,5 metros como a 4 metros.

Mapa 3. Mapas de ruido ambiental para el mes de noviembre en horario de medio día



Elaboración propia.

Del *mapa 3*, se puede observar que los rangos de presión sonora bajos, se ubican sobre una parte de la Carrera Séptima, dentro de la Clínica de Marly y en instalaciones de la Universidad Santo Tomás para ambas alturas de medición, aunque para este intervalo, las áreas que se generan en el mapa a 1,5 metros de altura son mayores, la diferencia es tan solo del 1,6 %, como se muestra en la *tabla 12*, de modo que si bien visualmente se nota una diferencia, numéricamente no es grande.

Tabla 12. Porcentaje de diferencia de áreas para el mes de noviembre en jornada de medio día

Noviembre Medio día				
Intervalo (dBA)	Área a 1,5 metros (m <sup>2</sup> )	Área a 4 metros (m <sup>2</sup> )	Porcentaje de diferencia (%)	Porcentaje del área total (%)
Bajo (35 a 49)	2674,319	2068,348	1,6	6%
Aceptable (50 a 64)	7491,344	3716,149	10,2	15%
Alto (65 a 80)	26823,122	31204,288	11,8	78%

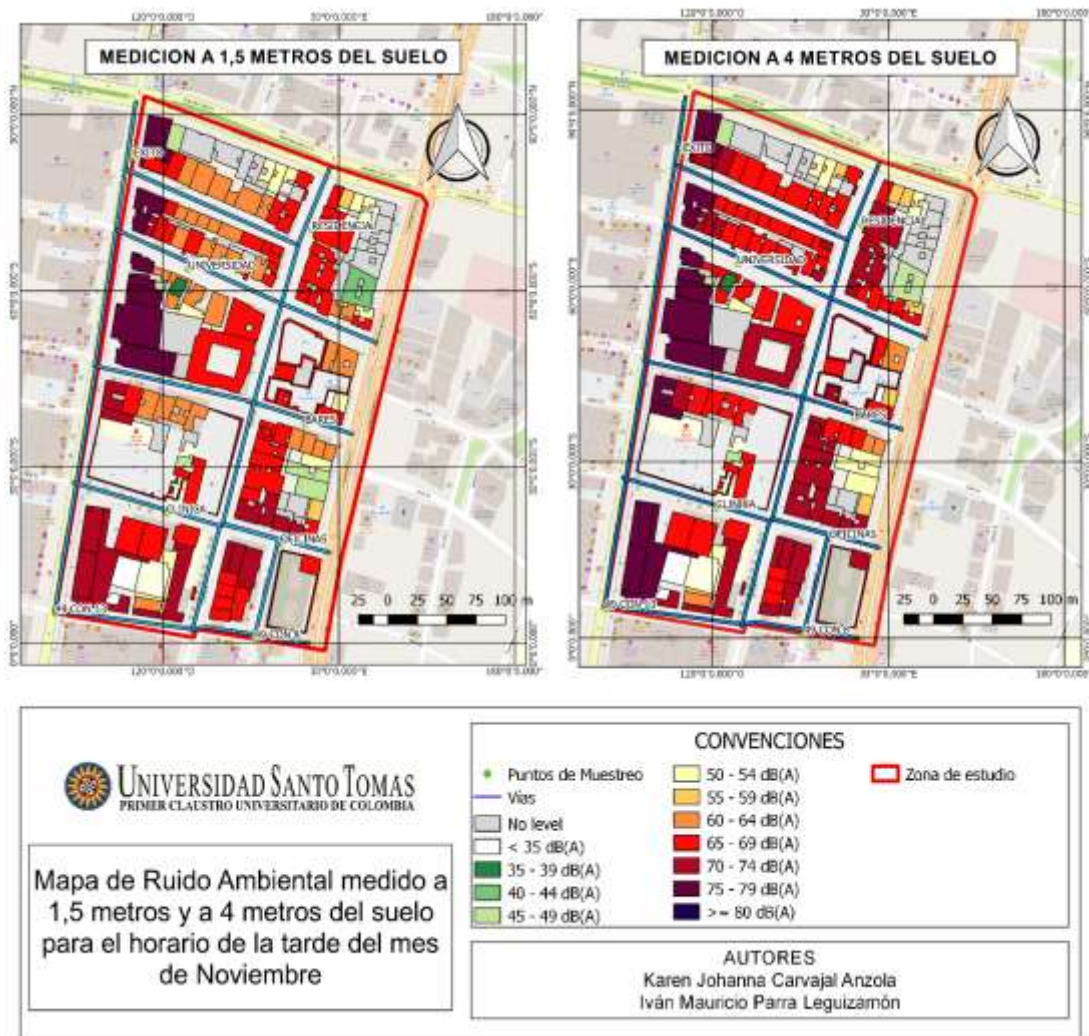
Elaboración propia.

En cuanto al rango aceptable, según la *tabla 12*, la diferencia entre áreas corresponde a 10,2%, lo que conlleva a que visualmente se noten diferencias muy puntuales entre ambos mapas, aunque la zona de la Calle 52A, y parte del sector de la Universidad Santo Tomás comparten valores entre dicho rango, se puede notar una total diferencia en la zona de la Calle 51 y la zona de bares, que para el mapa generado a 4 metros representa valores de presión sonora más altos que los que se generan en el mapa a 1,5 metros. Lo mismo ocurre para el intervalo alto, la diferencia es de 11,8%, lo que gráficamente resulta en notar diferencias marcadas sobre la Carrera 13 y la Carrera 9, aunque numéricamente no sea un valor grande, visualmente si se reconocen disparidades. De igual manera se logra evidenciar que tan solo el 6% del área total de la zona de estudio experimenta niveles de presión sonora menores a 49 decibeles, mientras que el 15% del área total se encuentra dentro del rango aceptable y el 78% de la zona es altamente ruidosa.

### 5.5.2 Análisis para el mes de noviembre en la jornada de la tarde

Para este horario se logra observar que, según el *mapa 4*, las áreas pertenecientes al intervalo bajo, se ubican en los mismos sectores que en la jornada de medio día. Un cambio importante se nota para el intervalo aceptable, ya que en el mapa generado a 1,5 metros se logran distinguir tonos más claros que lo generados en el mapa a 4 metros de altura.

Mapa 4. Mapa de ruido ambiental para el mes de noviembre en la jornada de la tarde



Elaboración propia.

Según la *tabla 13*, la diferencia entre las áreas de este intervalo alcanza el 14,91%, lo que conlleva a que, en el sector de la Universidad, los bares y la Clínica se observen diferencias evidentes. Aunque en estos rangos el porcentaje de área total haya aumentado de 21% a 25%, en comparación con la jornada de medio día, aún hay un 75% de área que incumple con los valores máximos permitidos.

Tabla 13. Porcentaje de diferencia de áreas para el mes de noviembre en jornada de la tarde

<b>Noviembre Tarde</b>				
Intervalo (dBA)	Área a 1,5 metros (m2)	Área a 4 metros (m2)	Porcentaje de diferencia (%)	Porcentaje del área total (%)
Bajo (35 a 49)	2848,833	2068,348	2,11	7%
Aceptable (50 a 64)	9489,631	3975,77	14,91	18%
Alto (65 a 80)	24650,321	30944,667	17,02	75%

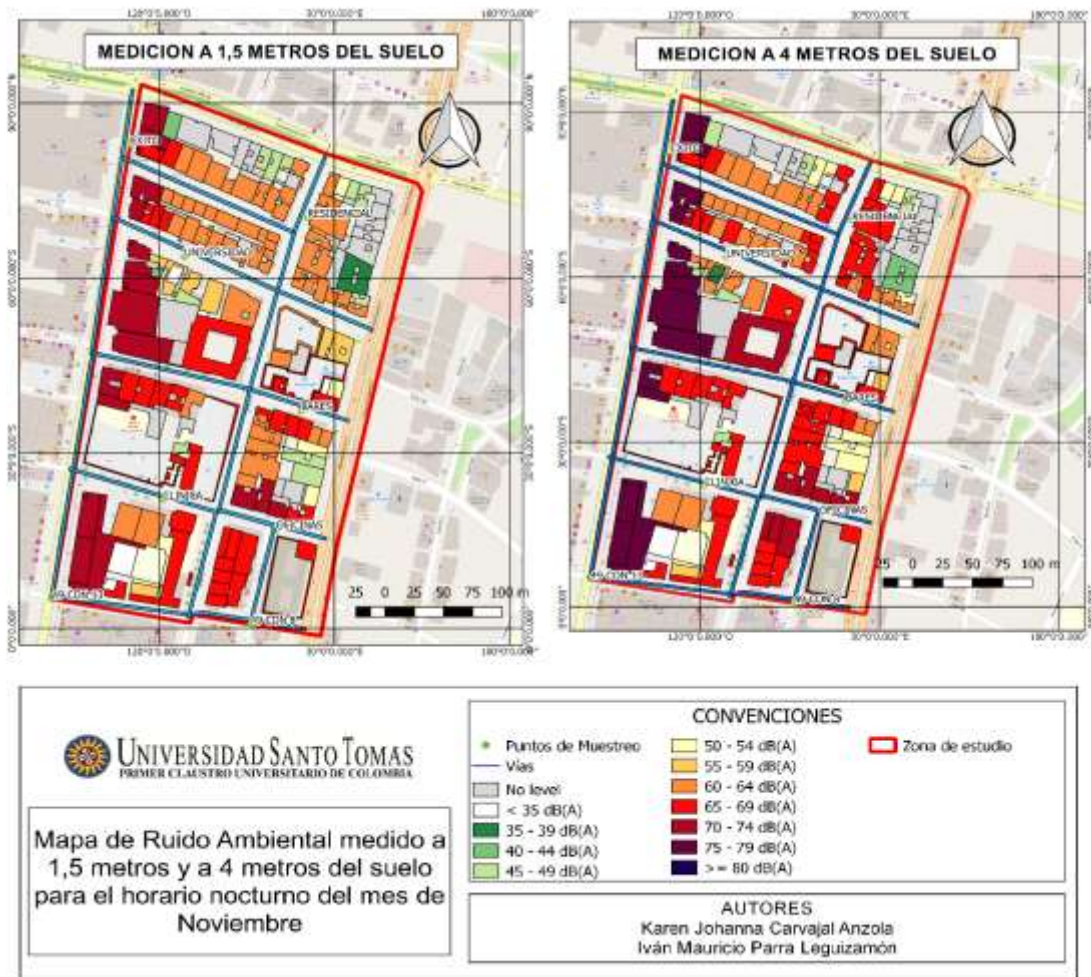
Elaboración propia.

Las áreas generadas para el intervalo alto, tienen una diferencia de 17,02%, y representan  $\frac{3}{4}$  partes de la zona de estudio. Nuevamente se logra apreciar que las zonas aledañas a la Carrera 13 y la Carrera 9, se ven ampliamente afectadas por el alto tráfico vehicular y peatonal de las mismas.

### 5.5.3 Análisis para el mes de noviembre en horario nocturno

Para la jornada nocturna, como se muestra en el *mapa 5*, los valores representados en ambos mapas disminuyen con respecto a los datos reflejados en las jornadas de medio día y de la tarde.

Mapa 5. Mapa de ruido ambiental para el mes de noviembre en la jornada nocturna



Elaboración propia.

Visualmente se nota mayor similitud entre los tonos adquiridos por los mapas, sin embargo, como se evidencia en la *tabla 14*, la diferencia entre las áreas del intervalo aceptable llega al 3,74% y estas solo representan el 9% del área total de la zona de estudio, lo que conlleva a que el 91% del área total, se encuentre experimentando niveles de ruido molestos y que alteran la calidad de vida de las personas.

*Tabla 14. Porcentaje de diferencia de áreas para el mes de noviembre en jornada nocturna*

<b>Noviembre Noche</b>				
Intervalo (dBA)	Área a 1,5 metros (m2)	Área a 4 metros (m2)	Porcentaje de diferencia (%)	Porcentaje del área total (%)
Aceptable (35 a 49)	4038,276	2656,578	3,74	9%
Alto (50 a 80)	32950,509	34332,207	3,74	91%

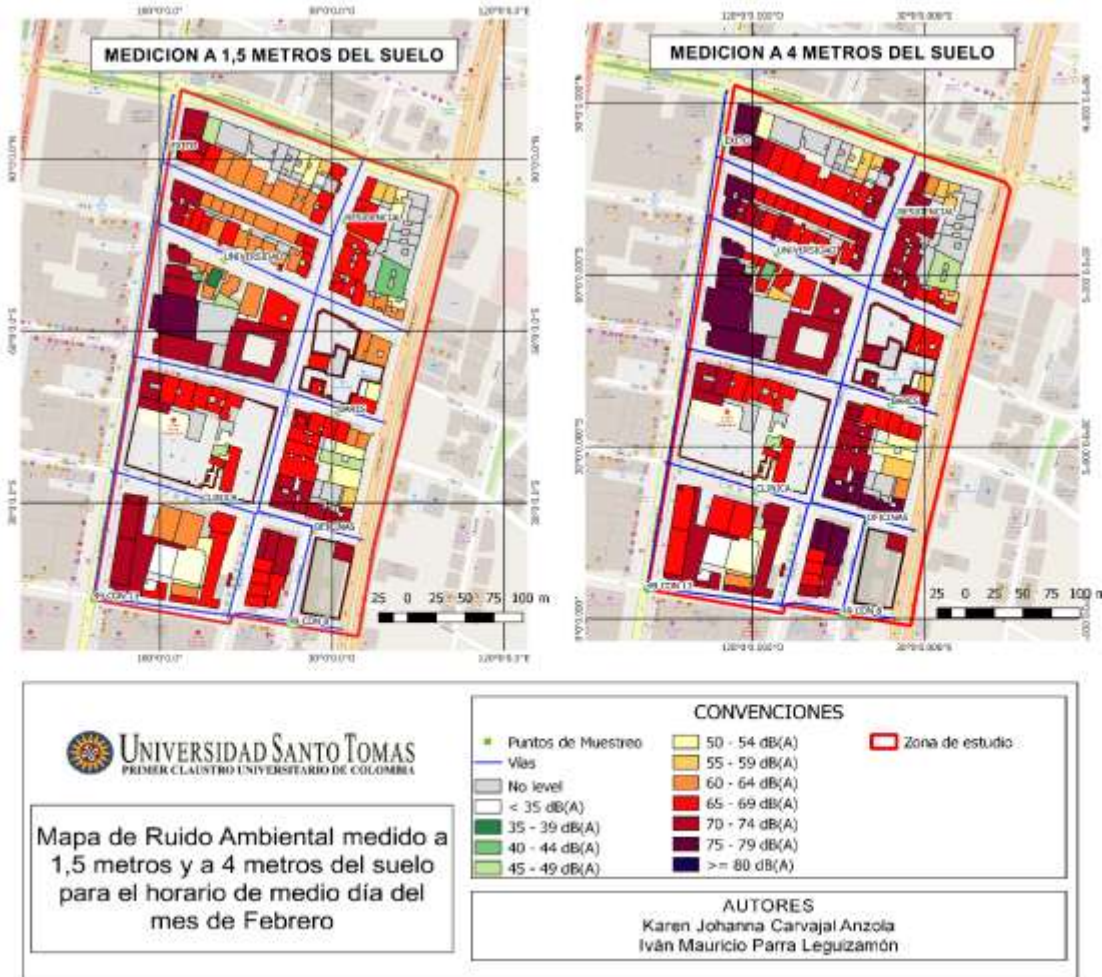
Elaboración propia.

La Carrera 13 y la zona residencial son los sectores que representan esa diferencia de 3, 74%, aunque numéricamente no sea significativo, visualmente se reconocen ciertos cambios, en el comportamiento de la zona.

#### **5.5.4 Análisis para el mes de febrero en la jornada de medio día**

Con respecto al mes anterior (noviembre), no se evidencia diferencias entre ambos meses de medición, sin embargo, se puede notar un cambio que ronda los 5 decibeles, en los sectores de la Calle 52A, la Universidad Santo Tomás y la Clínica de Marly.

Mapa 6. Mapa de ruido ambiental para febrero de medio día



Elaboración propia.

Como se ha venido presentando en los mapas anteriores, las zonas de la Carrera 13 y la Carrera 9 son las que presentan cambios más notorios. Es importante reconocer que el 24% de la zona se mantiene entre el intervalo bajo y aceptable de ruido ambiental, mientras que el 76% es altamente ruidosa, como se muestra en los porcentajes de la *tabla 15*.

Tabla 15. Porcentaje de diferencia de áreas para el mes de noviembre en jornada de medio día

<b>Febrero Medio día</b>				
Intervalo (dBA)	Área a 1,5 metros (m <sup>2</sup> )	Área a 4 metros (m <sup>2</sup> )	Porcentaje de diferencia (%)	Porcentaje del área total (%)
Bajo (35 a 49)	2599,864	1789,506	2,2	6%
Aceptable (50 a 64)	10084,005	3586,052	17,6	18%
Alto (65 a 80)	24304,916	31613,227	19,8	76%

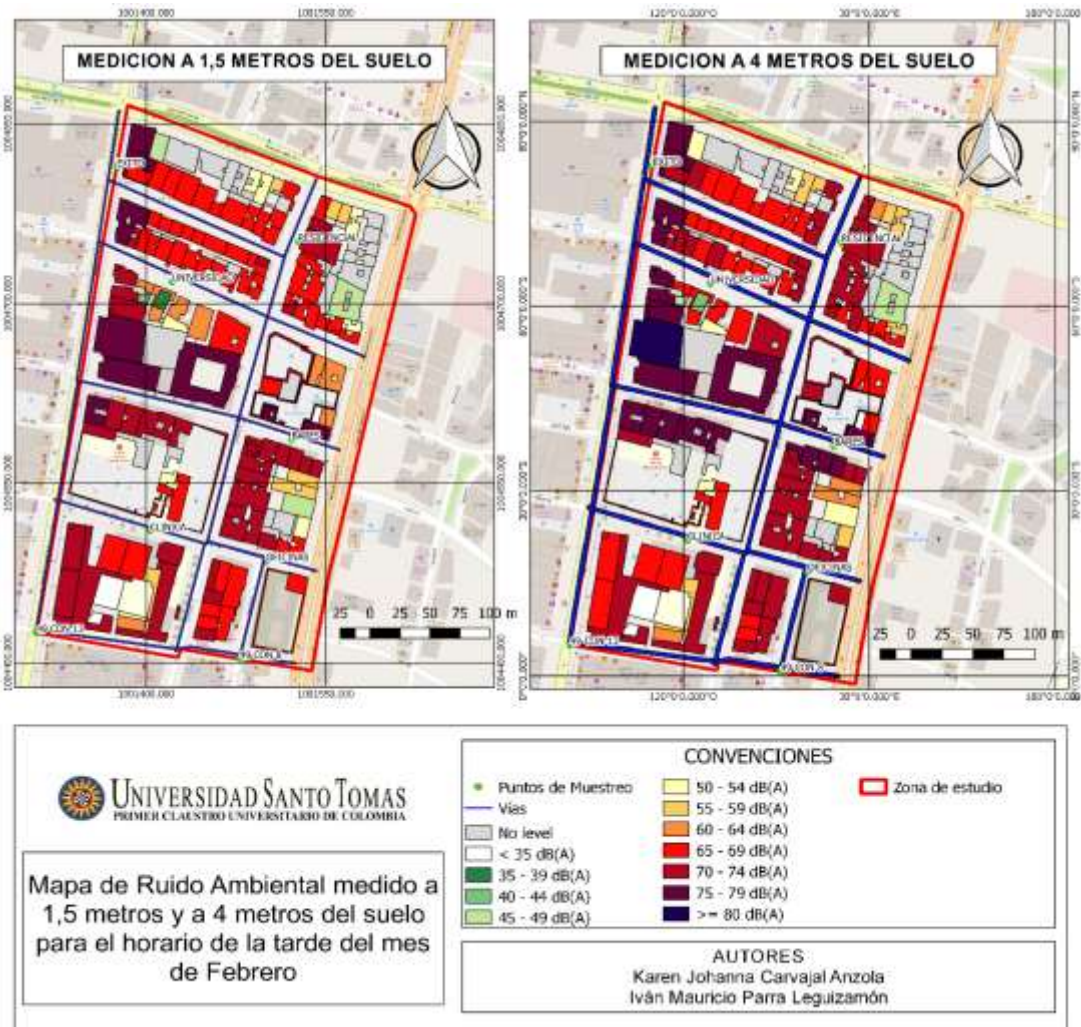
Elaboración propia.

El intervalo aceptable, presenta una diferencia de áreas de 17,6%, lo que se nota visualmente dentro de los mapas, en donde las áreas sombreadas con tonos de amarillo y naranja claros, son los que representan el rango aceptable. Mientras que, para el intervalo alto, la diferencia se da por 19,8%, pero en este caso es más notorio en el mapa a 4 metros de altura, ya que es en este, en donde se reflejan los tonos más oscuros de morado, que representan valores de presión sonora más altos.

### 5.5.5 Análisis para el mes de febrero en la jornada de la tarde

Para el mes de febrero en la jornada de la tarde, se generaron mapas que visualmente tienen mucha similitud, aunque las zonas residencial y universidad experimentan cambio de tonos, los demás sectores se comportan de manera bastante similar, como se muestra en el *mapa 7*.

Mapa 7. Mapa de ruido ambiental para el mes de febrero en la jornada de la tarde



Elaboración propia.

La similitud gráfica puede apoyarse en los porcentajes mostrados en la *tabla 16*, en esta se puede evidenciar que la diferencia entre los diferentes intervalos no supera el 5%, lo confirma la mínima diferencia entre las áreas generadas en cada uno de los mapas; es muy importante destacar que, aunque las disparidades son mínimas, el porcentaje de área total que incumple los niveles aceptables es 84%, lo que significa que los niveles de presión sonora experimentados pueden llegar a afectar la salud y calidad de vida de las personas que trabajan o habitan en la zona.

Tabla 16. Porcentaje de diferencia de áreas para el mes de noviembre en jornada de la tarde

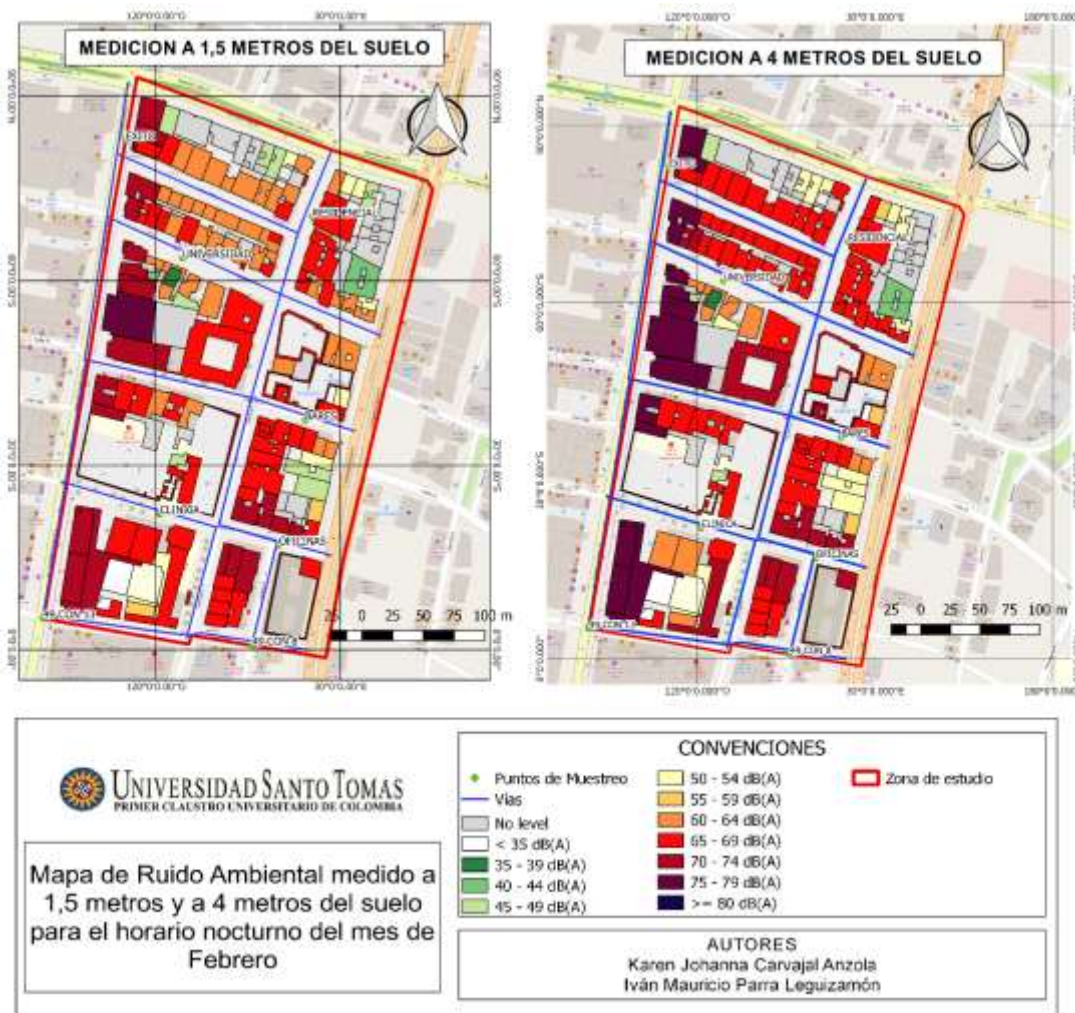
<b>Febrero Tarde</b>				
Intervalo (dBA)	Área a 1,5 metros (m2)	Área a 4 metros (m2)	Porcentaje de diferencia (%)	Porcentaje del área total (%)
Bajo (35 a 49)	2371,692	1665,725	1,91	5%
Aceptable (50 a 64)	4576,756	3535,208	2,82	11%
Alto (65 a 80)	30040,337	31787,852	4,74	84%

Elaboración propia

### 5.5.6 Análisis para el mes de febrero en la jornada nocturna

En el *mapa 8*, se muestra el comportamiento gráfico de las mediciones a 1,5 metros y a 4 metros de altura para el mes de febrero. Es importante tener en cuenta que, aunque para este mes se habían puesto en marcha las estrategias de reactivación económica en la ciudad, estas, no afectan de manera directa el comportamiento de los valores medidos en esta jornada, ya que las actividades económicas y comerciales de la zona de estudio, empiezan en horas de media mañana.

Mapa 8. Mapa de ruido ambiental para el mes de febrero en la jornada nocturna



Elaboración propia.

El comportamiento gráfico para el mes de febrero se ve dominado por los valores que sobrepasan la norma del horario nocturno, ya que estos rangos altos representan un 92% del área total, como se muestra en la *tabla 17*.

Tabla 17. Porcentaje de diferencia de áreas para el mes de febrero en jornada nocturna

Febrero Noche				
Intervalo (dBA)	Área a 1,5 metros (m <sup>2</sup> )	Área a 4 metros (m <sup>2</sup> )	Porcentaje de diferencia (%)	Porcentaje del área total (%)
Aceptable (35 a 49)	3670,148	2068,348	4,6	8%

<b>Febrero Noche</b>				
Intervalo (dBA)	Área a 1,5 metros (m2)	Área a 4 metros (m2)	Porcentaje de diferencia (%)	Porcentaje del área total (%)
Alto (50 a 80)	33318,637	34920,437	4,6	92%

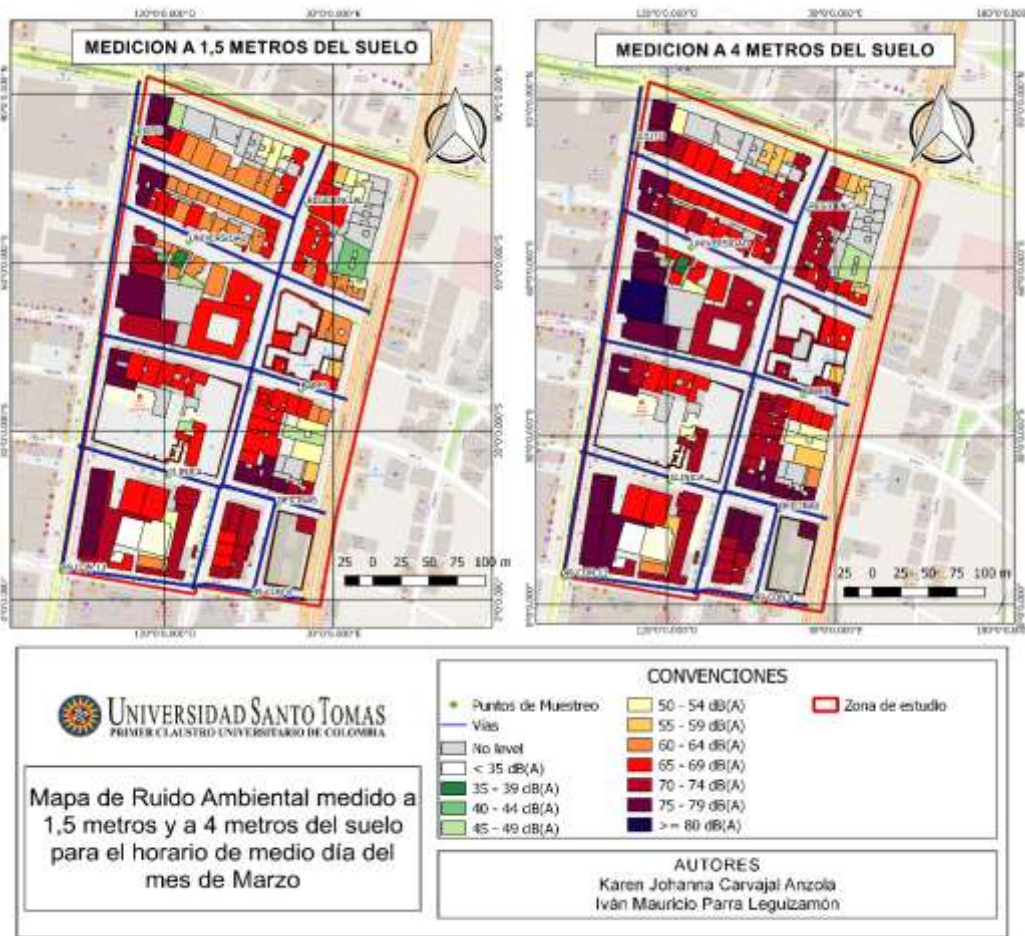
Elaboración propia.

Numéricamente entre los dos mapas se encuentra una diferencia de 4,33% lo que no representa un cambio significativo, con respecto al aspecto visual se observa que en la zona de la Carrera 13 cuando pasa por la Clínica de Marly hay un incremento para el mapa a 4 metros, lo mismo sucede en la zona de la Calle 52 a donde aumenta los niveles con respecto al mapa a 1,5 metros.

### **5.5.7 Análisis para el mes de marzo en la jornada de medio día**

La zona de estudio se comporta de manera similar entre los diferentes meses de muestreo, tal como se muestra en el *mapa 9*, en este se refleja visualmente que las diferencias para esta jornada de medición con respecto a noviembre y febrero, son muy mínimas.

Mapa 9. Mapa de ruido ambiental para el mes de marzo en la jornada de medio día.



Elaboración propia.

Para este mapa correspondiente al mes de marzo en el horario de medio día se presenta que las áreas de menor rango de decibeles difieren en un 2,5%, como se muestra en la *tabla 18*, esto quiere decir que el mapa generado con los datos del sonómetro a 1,5 metros de altura presenta un 2,5% más de áreas en estado de calma; con los valores en el rango aceptable, sucede algo similar, ya que las áreas generadas por las mediciones a 1,5 metros representan un 14,5% más de área.

Tabla 18. Porcentaje de diferencia entre áreas para el mes de marzo en jornada de medio día

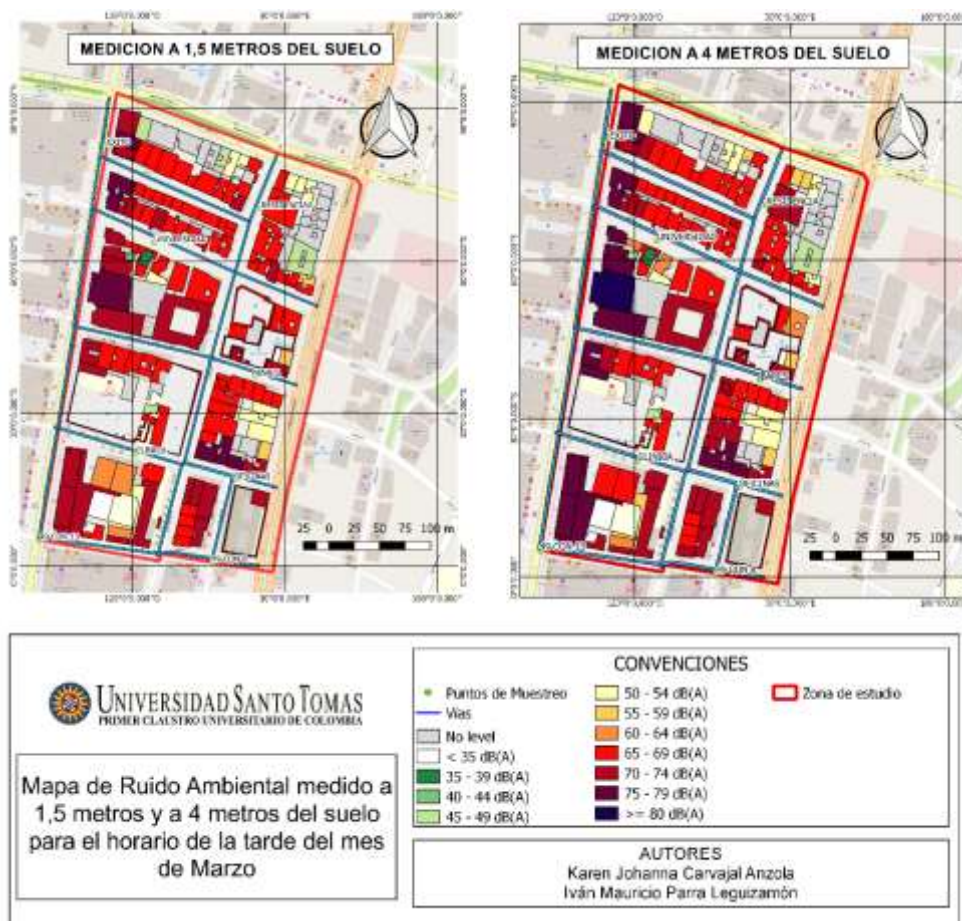
<b>Marzo Medio día</b>				
Intervalo (dBA)	Área a 1,5 metros (m2)	Área a 4 metros (m2)	Porcentaje de diferencia (%)	Porcentaje del área total (%)
Bajo (35 a 49)	2599,864	1665,725	2,5	6%
Aceptable (50 a 64)	9055,254	3709,833	14,5	17%
Alto (65 a 80)	25333,667	31613,227	17	77%

Con respecto a las zonas que hacen parte del intervalo más alto se evidencia un 17% más de área en el mapa con los datos del sonómetro a 4 metros, este porcentaje no representa mayores diferencias, ya que al revisar el *mapa 9*, se observa que la zona que más cambia de un mapa al otro es en la calle 52 y calle 52 A donde se produce un cambio de solo 5 decibeles.

#### 5.5.8 Análisis para el mes de marzo en la jornada de la tarde

Para la jornada de la tarde en el mes de marzo, se evidencia, visualmente, una gran similitud los mapas generados para ambas alturas, tal como se refleja en el *mapa 10*, se muestran pequeños cambios en las tonalidades sobre la Carrera 13, sin embargo, el resto de la zona de estudio se comporta de manera equivalente, es interesante observar el comportamiento sobre la Carrera Séptima, ya que es totalmente igual para ambas alturas. Esta similitud es la más pareja dentro de los 3 meses en los que se realizaron los muestreos.

*Mapa 10. Mapa de ruido ambiental para el mes de marzo en la jornada de la tarde*



Elaboración propia

En la jornada de la tarde para el mes de marzo, mostró que el área con rangos de presión sonora entre 35 y 64 dB(A) es menor al área generada para los rangos más altos y que superan la norma, como se muestra en la *tabla 19*, además se observa que los rangos que superan la norma representan un 83% de área total, esto quiere decir que la zona de estudio es altamente ruidosa;

*Tabla 19. Porcentaje de diferencia entre áreas para el mes de marzo en jornada de la tarde*

Marzo Tarde				
Intervalo (dBA)	Área a 1,5 metros (m <sup>2</sup> )	Área a 4 metros (m <sup>2</sup> )	Porcentaje de diferencia (%)	Porcentaje del área total (%)
Bajo (35 a 49)	2239,63	1789,506	1,22	5%

<b>Marzo Tarde</b>				
Intervalo (dBA)	Área a 1,5 metros (m2)	Área a 4 metros (m2)	Porcentaje de diferencia (%)	Porcentaje del área total (%)
Aceptable (50 a 64)	4343,776	4307,236	0,1	12%
Alto (65 a 80)	30405,37	30892,04	1,32	83%

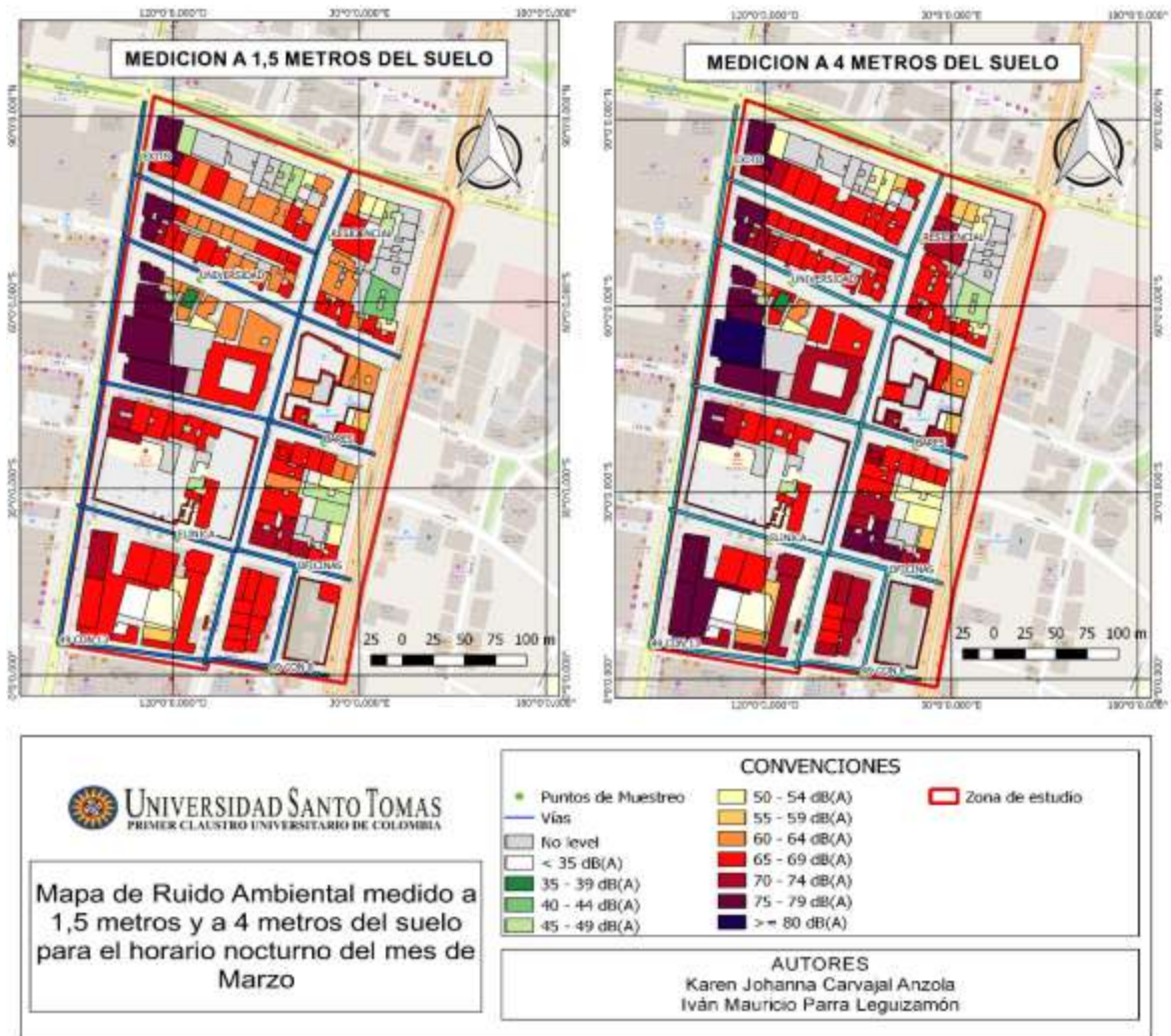
Elaboración propia.

Con respecto a la diferencia numérica entre los mapas, en ningún rango se presenta una diferencia extraordinaria, visualmente se observa un cambio sobre la carrera 13 el mapa generado con los datos del sonómetro a 4 metros presenta rangos entre 75 a 79 dB(A), el mapa de 1,5 metros presenta para la misma zona rangos entre 70-74 dB(A) una diferencia mínima.

#### **5.5.9 Análisis para el mes de marzo en la jornada nocturna**

En el *mapa 11*, se puede notar que, visualmente, la zona de la Calle 52A, residencial, Universidad y parte de la Clínica, cambian de rango de presión sonora en ambos mapas, sin embargo, es importante reconocer la gran similitud que se presenta en la zona de bares y la Calle 51, así como de la Calle 52 entre Carreras 7 y 9.

Mapa 11. Mapa de ruido ambiental para el mes de marzo en la jornada nocturna



Elaboración propia.

En el horario nocturno predomina en la zona de estudio las áreas con un nivel de presión sonora alto y que superan la norma, estas representan un 93% del área total, tal como se evidencia en la *tabla 20*; en cuanto a la diferencia numérica entre los dos mapas, el mapa a 1,5 metros presenta un 4,6% más de áreas en estado de tranquilidad.

Tabla 20. Porcentaje de diferencia de áreas para el mes de marzo en jornada nocturna

<b>Marzo Noche</b>				
Intervalo (dBA)	Área a 1,5 metros (m2)	Área a 4 metros (m2)	Porcentaje de diferencia (%)	Porcentaje del área total (%)
Aceptable (35 a 49)	3491,992	1789,506	4,6	7%
Alto (50 a 80)	33496,79	35199,27	4,6	93%

Para el intervalo alto, las áreas del mapa a 4 metros superan por 4,6% a las áreas del mapa a 1,5 metros, visualmente se refleja un incremento de los niveles de ruido de un mapa al otro en la calle 52, calle 52 a y en la calle 50, las diferencias se dan de un rango a otro, es decir, los cambios o diferencias no superan los 5 dB(A).

## 6. IMPACTO SOCIAL Y HUMANÍSTICO

La importancia social de este trabajo recae en dos puntos fundamentales, la salud de la población y la reducción de costos en la medición; teniendo en cuenta que la UPZ 99 Chapinero cuenta con un alto tráfico vehicular, peatonal y con diversas fuentes de emisión de ruido, este trabajo pretendía medir indirectamente cuál era la situación de exposición de ruido ambiental en esta zona lo cual contribuye a la generación de estrategias y medidas que permitan mejorar la salud de la población.

De igual manera al comprobar que no existe una diferencia significativa en los resultados, grupos de interés como las universidades que dentro de sus programas tengan que realizar este tipo de muestreos, en calidad de aprendizaje, se podrían ver beneficiadas, ya que al no existir una disparidad en los resultados podrían declinarse por una opción que reduzca costos y de esa manera poder invertir en más equipos para mejorar su calidad en pruebas de campo; otro grupo de interés corresponde a las entidades encargadas de la revisión, creación y modificación de la normativa ambiental Colombiana, ya que se podría entrar a mirar la posibilidad de una reestructuración de norma.

## 7. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados arrojados por la prueba estadística t-student, los datos medidos con el sonómetro tipo II a 1,5 metros y con el sonómetro tipo I a 4 metros de altura siguen una distribución normal y no presentan una diferencia significativa, es decir, representan una misma realidad sonora, esto podría implicar una modificación en la normativa vigente, que disminuya los costos de operación durante la medición del ruido ambiental.

De los mapas de ruido ambiental generados para ambas alturas de medición, se puede establecer que no existe una diferencia espacial, sin embargo al realizar la comparación visual se puede observar un cambio de rangos de presión sonora, principalmente en las zonas aledañas a la Carrera 13 y Carrera 9, pero mediante el análisis del porcentaje de variación entre áreas, se puede definir que este cambio no es significativo ya que los rangos de diferencia no superan el 20%, es decir, son lo suficientemente aceptables para no afectar la medición.

Después de realizar los análisis correspondientes, se concluye que la zona de estudio incumple los niveles máximos permisibles para el horario nocturno por hasta 20 decibeles de diferencia, lo que conlleva al desarrollo y puesta en práctica de medidas o estrategias que garanticen una disminución a los riesgos a la salud que conlleva la exposición continua a niveles de ruido muy altos.

Con respecto al horario diurno los puntos de muestreo con el nombre “éxito”, “clínica” y “49 con 13”, incumplen con la norma durante el todo el tiempo de muestreo, esto demuestra la importancia de generar un cambio en el Sistema Integrado de Transporte Público en la ciudad, ya que el uso de vehículos antiguos son la principal fuente de generación de ruido ambiental, se evidenció en el trabajo en campo que, la puesta en marcha de buses con tecnología Euro VI, disminuyen considerablemente los niveles de ruido ambiental.

Mediante la adaptación del protocolo que permitiera realizar las mediciones a 1,5 metros de altura, se logró evidenciar que es posible representar la misma realidad sonora que la medida a 4 metros de altura. Dado lo anterior, esta investigación promueve una discusión sobre las posibilidades de realizar la medición del ruido ambiental a 1,5 metros de altura, lo que implicaría una disminución en los costos de medición.

La medida de salud pública de confinamiento por COVID-19, pudo haber tenido una incidencia en los valores registrados en el mes de noviembre, los cuales son más bajos que los datos obtenidos en los meses de febrero y

marzo, esto por la puesta en marcha de los planes de reactivación económica para principios del año 2021.

## 8. RECOMENDACIONES

Para próximas investigaciones cuyo objetivo sea evaluar la emisión de ruido ambiental con base en la Resolución 0627 de 2006, se recomienda contar con sonómetro que posea la opción de programar la medición de manera tal que los errores humanos sean mínimos.

Teniendo en cuenta que esta investigación fue realizada en tiempos de emergencia sanitario por SARS-COV-2, se recomienda que las mediciones se desarrollen cuando se solucione la emergencia sanitaria para tener un panorama más acorde a las actividades económicas desarrolladas en la zona de estudio.

Dado a que en esta investigación fue necesario el diseño y la construcción del trípode de 4 metros de altura ya que la Universidad no contaba con uno idóneo, se recomienda utilizar un trípode profesional que reduzca cualquier riesgo de daño al equipo de medición.

Para investigaciones futuras, se recomienda agendar las fechas de medición en meses diferente a los medidos en esta investigación con el fin de conocer cuál es la dinámica de la zona en otras épocas del año.

Para llevar a cabo la generación de mapas de ruido ambiental, se recomienda contar con fácil acceso a softwares de modelamiento de ruido ambiental, capaces de tener en cuenta todos los factores que influyen en la dispersión de la presión sonora.

## REFERENCIAS

- [1] M. Alfie Cohen and O. Salinas Castillo, "Ruido en la ciudad. Contaminación auditiva y ciudad caminable," *Estudios Demográficos Y Urbanos*, vol. 32, (1), pp. 65-69, 2017. Available: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0186-72102017000100065](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-72102017000100065).
- [2] IDEAM, "Boletín sobre ruido ambiental," Comité de Comunicaciones y Publicaciones del IDEAM, Bogotá D.C, Nov, 2017.
- [3] Secretaria Distrital de Salud, «Boletín no.6 enero – junio de 2019 línea aire, ruido y radiación electromagnética,» secretaria distrital de salud, bogotá, 2019.
- [4] Biblioteca del Congreso de la Nación, "Legislación extranjera. Contaminación acústica," Biblioteca del Congreso de la Nación, Buenos Aires, Argentina, junio, 2014.
- [5] U. Platzer M *et al*, "Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile," *Rev. Otorrinolaringólogo. Cir. Cabeza Cuello*, vol. 67, (2), pp. 122-128, 2007. Available: <https://www.researchgate.net/publication/251072011MediciondelosnivelesderuidoambientalenlaciudaddeSantiagodeChile>.
- [6] Sánchez Vargas Jorge Enrique and M. R. Santana Tello, "Monitoreo Del Ruido Ambiental En Los Aserraderos Del Perímetro Urbano En El Cantón Salcedo, Provincia De Cotopaxi, Período 2014-2015." Universidad Técnica de Cotopaxi, 2015.
- [7] Salas López, R., Barboza Castillo, E., "Evaluación del ruido ambiental en el Campus de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú," *INDES Revista De Investigación Para El Desarrollo Sustentable*, vol. 2, (1), 2016. Available: <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDES/article/view/69>.
- [8] (Nov 03,). *Control de Ruido Ambiental en Brasil*. Available: [http://www.socha.cl/wp-content/uploads/2013/06/01\\_MANabuco\\_1998c.pdf](http://www.socha.cl/wp-content/uploads/2013/06/01_MANabuco_1998c.pdf).
- [9] «Anexo ESIA VI - Estudio de nivel de presión sonora,» 09 junio 2018. [En línea]. Available: [https://www.dinama.gub.uy/oan/wp-content/uploads/2018/06/9\\_Anexo-EsIA-VI-Estudio-de-Nivel-de-Presion-Sonora\\_PF-Mdeo-PdIT.pdf](https://www.dinama.gub.uy/oan/wp-content/uploads/2018/06/9_Anexo-EsIA-VI-Estudio-de-Nivel-de-Presion-Sonora_PF-Mdeo-PdIT.pdf).

[10] (Mar 15,). *Acoustics-Description, measurement and assessment of environmental noise*. Available: <https://www.cornare.gov.co/SIAR/aire/RUIDO/NORMATIVA/ISO%201996-2-de-2007-.pdf>.

[11] F. A. Guevara Luna y M. A. Guevara Luna, «An environmental noise study in the industrial, commercial, residential areas and arterial roads in western Bogota, Colombia, » *RIAA*, vol. 9, nº 1, pp. 138-144, 2017.

[12] CORPOCALDAS, "Mediciones de ruido ambiental y elaboración del plan de descontaminación por ruido en Villamaría, caldas, Informe final, contrato 159 - 2015 " Bogotá D.C, Nov, 2015.

[13] N. Vechiatti *et al*, "Mediciones comparativas de niveles de presión sonora a diferentes alturas en el ámbito urbano," *Revista Tecnacústica*, vol. 12, 2009. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4703945>.

[14] A. Jaramillo *et al*, "Estudio comparativo entre las mediciones de ruido ambiental urbano a 1,5 m y 4 m de altura sobre el nivel del piso en la ciudad de Medellín - Colombia," *Dyna*, vol. 76, (157), pp. 71-79, 2009. Available: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0012-73532009000100007&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532009000100007&lng=en&tlng=en).

[15] J. Pacheco, "Caracterización De Los Niveles De Contaminación Por Ruido En Bogotá- Estudio Piloto.", Universidad de Los Andes, 2009.

[16] (Jun 11,). *El Sonido*. Available: <https://es.slideshare.net/solangePalma2/el-sonido-fisica>.

[17] (Feb 04,). *El Timbre*. Available: <https://es.slideshare.net/rosarioa.slide/el-timbre>.

[18] Universidad de Medellín, "Protocolo para la medición de emisión de ruido, ruido ambiental y realización de mapas de ruido, proyecto del MAVDT (actual MADS), Informe final versión 8 (última actualización), contrato de consultoría no. 855 de 2009," Medellín.

[19] IDEAM, "Boletín sobre ruido ambiental," Comité de Comunicaciones y Publicaciones del IDEAM, Bogotá D.C, Nov, 2017.

[20] IDEAM, IAvH, Invemar, SINCHI e IIAP Tomo 3: Contaminación del aire y agua en Colombia e impactos sobre la salud. Informe del Estado del Medio

Ambiente y los Recursos Naturales Renovables 2011. Bogotá, D. C., 2013. 148 pág.

[21] R. Aira Vázquez, "Tipos de sonómetro: clase 1 y clase 2," S.F.

[22] M. A. Chaparro León and C. Linares Mendoza, "Evaluación Del Cumplimiento De Los Niveles De Presión Sonora (Ruido Ambiental) En La Universidad Libre Sede El Bosque.", Universidad Libre, 2017.

[23] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, "RESOLUCIÓN 0627 DEL 7 DE ABRIL DE 2006," pp. 1-30, Abr 07, 2006.

[24] (Enero, 2020). *Comentarios sobre los distintos tipos de sonómetros, sus especificaciones técnicas y su uso.* Available: file:///F:/Documentos/2020-1/Seminario/TESIS/Distintos%20tipos%20de%20son%C3%B3metros,%20sus%20especificaciones%20tecnicas%20y%20su%20uso..pdf.

[25] S. L. Cirrus Research, "Guía para Terminología de Medición de Ruido," 2016.

[26] (S.F). *Conceptos básicos del Ruido Ambiental.* Available: <http://sicaweb.cedex.es/docs/documentacion/Conceptos-Basicos-del-ruido-ambiental.pdf>.

[27] (S.F). *Curso de Acústica.* Available: <http://www.ehu.eus/acustica/index.html>.

[28] P. D. Diago Nebot, "Representación De Funciones De Dos Variables Mediante La Modelización De La Intensidad De Sonido Utilizando iPads®. Un Estudio Exploratorio.", Universidad de Valencia, 2015.

[29] Manuel Fabricio Reyes Wagnio *et al*, *Estadística. Una Herramienta Para La Gestión.* (Primera edición ed.) Babahoyo, Ecuador: CIDEPRO, 2018.

[30] QGIS. QGIS python plugins repository. QGIS-OpeNoise Web site. <https://plugins.qgis.org/plugins/opeNoise/>. Updated S.F. Accessed 14/06/, 2021.

[31] (2012). *Tema 1. Estadística descriptiva.* Available: [http://eio.usc.es/eipc1/BASE/BASEMASTER/FORMULARIOS-PHP-DPTO/MATERIALES/Mat\\_G2021103104\\_EstadisticaTema1.pdf](http://eio.usc.es/eipc1/BASE/BASEMASTER/FORMULARIOS-PHP-DPTO/MATERIALES/Mat_G2021103104_EstadisticaTema1.pdf).

[32] Robles MÁ. Análisis de varianza (ANOVA) en la investigación. *Boletín de Investigación y Postgrado*. S.F;26. <http://www11.urbe.edu/boletines/postgrado/?p=1417>.

[33] (S.F). *Informe del territorio Chapinero Central*. Available: [http://old.integracionsocial.gov.co/anexos/documentos/1\\_entidad/gsi/2\\_chapinero\\_lectura\\_de\\_realidades\\_central.pdf](http://old.integracionsocial.gov.co/anexos/documentos/1_entidad/gsi/2_chapinero_lectura_de_realidades_central.pdf).

[34] Cámara de Comercio de Bogotá, "Perfil económico y empresarial-localidad de chapinero," Horizontes Gráficos LTDA, Bogotá D.C, diciembre.

[35] Hospital de Chapinero, "Atlas de Salud Pública" Secretaria Distrital de Salud, Bogotá, 2015.

[36] Alcaldía distrital de planeación, "Análisis socioeconómico UPZ 99 Chapinero" Alcaldía mayor de Bogotá, Bogotá, 2011.

[37] Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual - SCAAV. Documento técnico de soporte-modificación del decreto 98 de 2011. 2017.

[38] Secretaría Distrital de Planeación, "Conociendo la localidad de Chapinero: Diagnóstico de los aspectos físicos, demográficos y socioeconómicos" Alcaldía de Bogotá, Bogotá, 2009.

[39] Hospital de Chapinero, "Diagnostico Local con Participación Social" Secretaria Distrital de Salud, Bogotá, 2012.

[40] (abril, 2013). SVANTEK, "SVAN 977, Analizador de sonido y vibración, Manual del Usuario" Available: <http://www.inteconinc.com/index.php/productos/sound-level-meters?format=raw&task=download&fid=14>. [Último acceso: 06 junio 2021].

[41] Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, "Sonómetro Modelo PCE 322-A CLASE II" S.F. [En línea]. Available: <https://ciudadreal.coiim.es/servicios-locales/alquiler-de-equipos/sonometro-modelo-pce-322-a-clase-ii-6>. [Último acceso: 06 junio 2021].

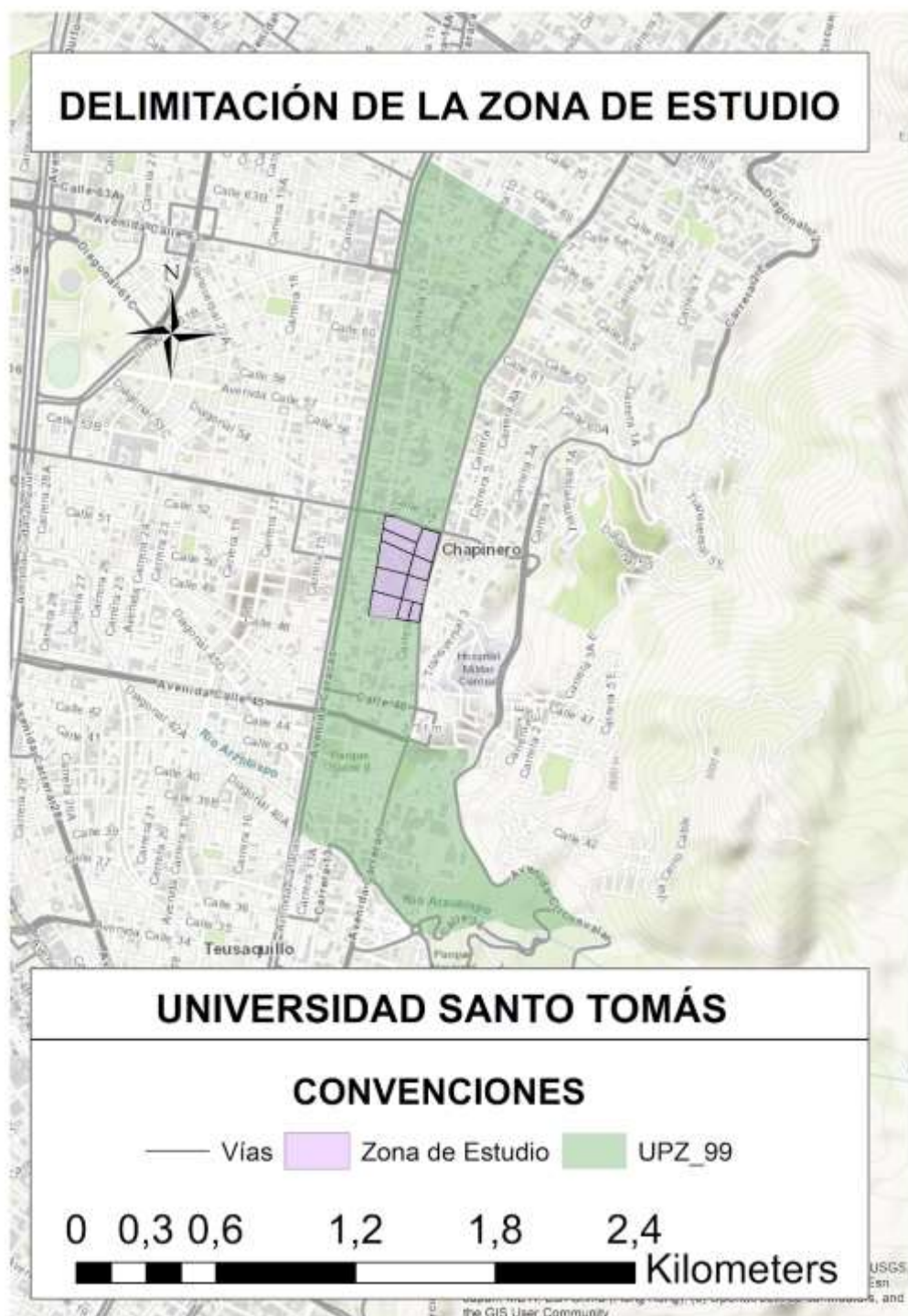
[42] RAID S.A, "Anemómetro digital REED LM 81 AM" 2021. [En línea]. Available: <https://www.raig.com/anemometro-digital-reed-lm-81am-b97d/>. [Último acceso: 06 junio 2021].

[43] Organización Mundial de la Salud, "Night Noise Guidelines" 2009. [En línea]. Available: <http://www.euro.who.int/Noise>. [Último acceso: 06 junio 2021].

# ANEXO A

**Mapa de ubicación geográfica de la zona de estudio**

Anexo A. Delimitación del área de estudio



Elaboración propia

# ANEXO B

**Formato de monitoreo de ruido ambiental**



# ANEXO C

Protocolo para la medición de ruido ambiental a 1,5 metros de altura

## **PROTOCOLO DE MEDICIÓN A 1.5 METROS**

Este documento establece la metodología y los procedimientos necesarios para llevar a cabo las funciones de evaluación del ruido ambiental a una altura de 1,5 metros, de una manera estandarizada, adecuada, repetible y confiable. El protocolo se orienta a implementar el procedimiento para determinar el ruido ambiental, contenido en la resolución 627 del 2006 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, a la vez que introduce algunas modificaciones pertinentes.

### **1. Aspectos generales**

#### **1.1 Horarios de Medición**

Los horarios para la medición de ruido ambiental son:

- Diurno: desde las 7:01 a las 21:00 horas.
- Nocturno: de las 21:01 a las 7:00 horas

#### **1.2 indicador en la medición de ruido**

Nivel sonoro continuo equivalente Leq. Es el nivel de un sonido cuya intensidad es constante, que en un determinado lugar y en un tiempo establecido, tiene la misma energía sonora que el sonido que varía con el tiempo. También se puede estimar como el nivel de presión sonora constante con la misma energía acústica que el ruido fluctuante medido en el mismo periodo de tiempo.

#### **1.3 Intervalos de tiempo de medición**

Según la resolución 0627 del 7 de abril de 2006 del Ministerio de Ambiente, el intervalo de medición para los niveles de presión sonora continuo equivalente con filtro de ponderación frecuencial A, es de una hora, la cual puede ser medida en forma continua o con intervalos de tiempo distribuidos uniformemente.

#### **1.4 Requerimiento de las mediciones**

- 1.4.1 Sonómetro. La evaluación se debe realizar con un sonómetro tipo 1 o tipo 2 según la resolución 0627 de 2006 y la IEC 61672-1:2002.

Las normas internacionales para los sonómetros están aceptadas en la mayoría de los países del mundo, estas se refieren a normas de medida de los sonómetros para definir la instrumentación requerida.

#### 1.4.2 Verificación y / o ajustes de calibración de los sonómetros.

La verificación y/o ajuste de calibración del sonómetro se debe realizar con calibradores o pistófonos que cumplan con la norma internacional IEC 60942:2003.

Antes de realizar las mediciones se debe ajustar la calibración del sonómetro de acuerdo con las instrucciones del fabricante, utilizando un pistófono, de igual manera la finalizar la medición se debe verificar la calibración del sonómetro y de acuerdo al tipo de equipo, se debe corroborar que la diferencia entre el ajuste inicial y el final no sea mayor a la precisión del equipo; si por alguna razón esta diferencia se sobrepasa de la descrita por la norma se debe repetir la toma de datos.

Tipo de sonómetro	Tipo 1	Tipo 2
Precisión	$\pm 1$ dB	$\pm 1.5$ dB

**Tabla 1.** Precisión de los sonómetros según la norma IEC 61672

**1.4.3 Unidades de medición.** Los niveles de presión sonora se expresan en decibeles (dB) el filtro de ponderación frecuencial utilizados es el A y el filtro de ponderación temporal debe estar en respuesta lenta.

**1.4.4 Verificación de las condiciones meteorológicas.** Las mediciones deben efectuarse en tiempo seco; no debe haber lluvias, lloviznas, truenos o caída de granizo, los pavimentos y la superficie donde se hagan las mediciones deben estar secos. Si se realizan bajo estas condiciones no se tendrán en cuenta.

Se debe medir la velocidad del viento y si ésta es superior a 3 m/s, se deben hacer ajustes de acuerdo con las curvas de respuesta suministradas por el fabricante del equipo de medición para las pantallas protectoras contra el viento, o se desistirá de la medición en ese momento y se deja constancia en el correspondiente informe.

## 2. Determinación del ruido ambiental

### 2.1 Intervalos y tiempos de medición.

El intervalo y tiempo de medición debe de ser de una (1) hora con quince (15) minutos, con captura de información de quince (15) minutos como mínimo. Se debe registrar la información con el filtro de ponderación A y respuesta lenta.

## **2.2 Ubicación del sitio de medición**

En las zonas urbanas y de expansión urbana, el ruido ambiental se mide instalando el micrófono a una altura de 1.5 metros medidos a partir del suelo terrestre y a una distancia de cuatro metros medidos desde las fachadas, barreras o muros existentes en los lados del punto de medición.

Si no existe ninguna fachada, barrera o muro en uno de los costados, el punto se sitúa a una distancia de 4 metros medidos desde el costado que los posea. Si no existe en ninguno de los costados, se toma el punto equidistante entre los límites del espacio público correspondiente. No se puede medir bajo puentes o estructuras similares.

En el sitio de medición, en lo posible solo debe estar el técnico que realiza la lectura de los datos. De lo contrario es recomendable que haya el mínimo de personas, las cuales deben estar lo más separadas del equipo de medición y en una posición que no tape el micrófono. La separación entre el encargado de la medición y el sonómetro debe de ser de 0,5 metros.

- 2.2.1 Condiciones a tener en cuenta en el sitio de medición.** Se debe tener en cuenta los usos del suelo, las actividades que se desarrollan, de igual manera es necesario tener presente las características generales de cada área, como por ejemplo densidad poblacional, densidades de tráfico, densidades de edificaciones, aglomeraciones industriales, horas de mayor y menor actividad, de igual manera para los días de la semana y las temporadas cuando se presenten eventos.

## **2.3 Procedimiento de medición**

Antes de dar comienzo a una medición de ruido, es necesario verificar las condiciones meteorológicas descritas anteriormente en el numeral 1.4.4. Para ruido ambiental cada medición debe constar de cinco (5) mediciones parciales distribuidas en tiempos iguales, cada una de las

cuales debe tener una posición orientada del micrófono de la siguiente manera: norte, sur, oriente, occidente y vertical con el micrófono orientado hacia arriba, al utilizar un equipo que no registra los datos en una memoria o computador externo, se debe mirar el dato del sonómetro cada minuto correspondiente dentro de los quince antes nombrados.

El resultado de la medición es obtenido mediante la siguiente expresión:

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

Tomado de: [2]

Donde:

**LAeq**: nivel equivalente de la medición

**LN**: nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido norte

**LO**: nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido oeste

**LS**: nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido sur

**LE**: nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido este

**LV**: nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido vertical

El personal que realiza las mediciones debe estar dotado de una planilla adecuada para registrar los datos del equipo utilizado, así como la velocidad del viento a cada minuto transcurrido, de igual manera los ruidos específicos que se hayan registrado durante la medición, indicando su momento de ocurrencia.

# ANEXO D

*DATOS OBTENIDOS DE LAS MEDICIONES DE RUIDO AMBIENTAL*

DATOS OBTENIDOS DE LAS MEDICIONES DE RUIDO AMBIENTAL					
PROYECTO: COMPARACIÓN GEOESTADÍSTICA DE SONÓMETROS TIPO I Y TIPO II EN LA MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTAL EFECTUADA A DOS DISTANCIAS SOBRE EL NIVEL DEL SUELO, EN LA UPZ 99-CHAPINERO, BOGOTÁ D.C					
MES	Fecha	Punto	Hora	dbA 4 METROS	dbA 1,5 METROS
<b>NOVIEMBRE</b>	4/11/2020	Éxito	Mañana	71,73063439	69,66073728
			Medio día	72,57810146	68,4779829
			Tarde	72,57160852	69,49118313
	5/11/2020	Residencial	Mañana	60,69102684	56,99685692
			Medio día	64,36456276	62,20070729
			Tarde	64,75000385	63,53989719
	6/11/2020	Universidad	Mañana	55,55888465	54,56024906
			Medio día	61,25115609	58,05306801
			Tarde	60,80623325	57,17345334
	7/11/2020	Bares	Mañana	59,47722889	58,01043079
			Medio día	61,74810126	58,84085677
			Tarde	60,06292429	57,82326144
	8/11/2020	Clínica	Mañana	56,78897306	58,87642778
			Medio día	58,60815596	59,06448226
			Tarde	58,56046768	61,87653013
	10/11/2020	Oficinas	Mañana	60,40611586	59,40951269
			Medio día	65,48656422	63,74358212
			Tarde	62,06040452	58,68328965
	11/11/2020	49 con 13	Mañana	70,11418091	65,62591188
			Medio día	71,35097233	67,43377653
			Tarde	72,96343777	68,614995
12/11/2020	49 con 8	Mañana	57,94847828	56,58481298	
		Medio día	62,41708871	60,30286721	
		Tarde	62,39039561	60,87509958	
13/11/2020	Éxito	Mañana	71,23387064	67,17691192	

DATOS OBTENIDOS DE LAS MEDICIONES DE RUIDO AMBIENTAL					
PROYECTO: COMPARACIÓN GEOESTADÍSTICA DE SONÓMETROS TIPO I Y TIPO II EN LA MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTAL EFECTUADA A DOS DISTANCIAS SOBRE EL NIVEL DEL SUELO, EN LA UPZ 99-CHAPINERO, BOGOTÁ D.C					
MES	Fecha	Punto	Hora	dbA 4 METROS	dbA 1,5 METROS
			Medio día	72,16683456	66,67558571
			Tarde	73,85974887	71,81517821
	14/11/2020	Residencial	Mañana	59,67954975	55,81917468
			Medio día	64,33116088	61,13871356
			Tarde	63,01153439	59,54053585
	15/11/2020	Universidad	Mañana	53,47867831	51,66969063
			Medio día	57,67854218	56,25497768
			Tarde	58,43094794	57,11773705
	16/11/2020	Bares	Mañana	60,27298537	59,54627336
			Medio día	65,74285142	54,23400419
			Tarde	58,58056198	56,13585519
	17/11/2020	Clínica	Mañana	59,86131628	57,7184394
			Medio día	63,77682154	60,28665424
			Tarde	61,64025743	59,451351
	18/11/2020	Oficinas	Mañana	62,49865099	60,01257649
			Medio día	64,31042904	61,19878412
			Tarde	64,04935206	63,00631915
	19/11/2020	49 con 13	Mañana	70,15951515	66,44549829
			Medio día	70,95867243	66,98971439
			Tarde	72,22989875	66,99810142
	20/11/2020	49 con 8	Mañana	59,34829417	58,50908362
			Medio día	65,3260052	60,00090575
			Tarde	63,70519702	61,31210071
	21/11/2020	Éxito	Mañana	70,966869	67,10879929
			Medio día	72,44674015	70,10591441

DATOS OBTENIDOS DE LAS MEDICIONES DE RUIDO AMBIENTAL						
PROYECTO: COMPARACIÓN GEOESTADÍSTICA DE SONÓMETROS TIPO I Y TIPO II EN LA MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTAL EFECTUADA A DOS DISTANCIAS SOBRE EL NIVEL DEL SUELO, EN LA UPZ 99-CHAPINERO, BOGOTÁ D.C						
MES	Fecha	Punto	Hora	dbA 4 METROS	dbA 1,5 METROS	
NO FEBRE	22/11/2020	Residencial	Tarde	72,26075518	71,35989939	
			Mañana	56,01146721	54,58126575	
			Medio día	68,7846154	61,64718488	
	23/11/2020	Universidad	Tarde	61,15732248	59,33818943	
			Mañana	57,10004642	55,20053621	
			Medio día	60,83066757	58,59219889	
	24/11/2020	Bares	Tarde	59,73117982	56,139875	
			Mañana	59,82854467	58,99835152	
			Medio día	63,04657089	59,01089478	
	25/11/2020	Clínica	Tarde	61,31012597	59,53060932	
			Mañana	59,33500709	59,19686761	
			Medio día	62,35000075	59,00046822	
	26/11/2020	Oficinas	Tarde	62,5907778	60,533093	
			Mañana	62,94363618	60,60050667	
			Medio día	68,18441303	63,56258635	
	27/11/2020	49 con 13	Tarde	64,04935206	63,00631915	
			Mañana	70,46091036	64,76147891	
			Medio día	71,22317649	67,42937566	
	28/11/2020	49 con 8	Tarde	72,96343777	66,99810142	
			Mañana	59,1606333	57,62208717	
			Medio día	65,22509808	60,23411015	
	FEBRE	1/02/2021	Éxito	Tarde	63,70519702	61,31210071
				Mañana	70,11418091	70,19699585
				Medio día	72,22163136	67,78453457
2/02/2021		Residencial	Tarde	72,39629523	67,78453457	
			Mañana	60,07856772	57,39335007	

DATOS OBTENIDOS DE LAS MEDICIONES DE RUIDO AMBIENTAL					
PROYECTO: COMPARACIÓN GEOESTADÍSTICA DE SONÓMETROS TIPO I Y TIPO II EN LA MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTAL EFECTUADA A DOS DISTANCIAS SOBRE EL NIVEL DEL SUELO, EN LA UPZ 99-CHAPINERO, BOGOTÁ D.C					
MES	Fecha	Punto	Hora	dbA 4 METROS	dbA 1,5 METROS
			Medio día	63,62002636	61,5027631
			Tarde	66,09880093	63,66909342
	3/02/2021	Universidad	Mañana	58,59305945	56,98347182
			Medio día	61,86688145	56,98347182
			Tarde	60,07682338	56,98347182
	4/02/2021	Bares	Mañana	58,80934089	57,60829957
			Medio día	60,8748611	57,38913909
			Tarde	70,4901206	71,43447559
	5/02/2021	Clínica	Mañana	60,31733366	61,82229546
			Medio día	62,80117187	65,83343664
			Tarde	69,05123707	65,70313283
	6/02/2021	Oficinas	Mañana	61,51694318	63,74831214
			Medio día	63,06400623	61,00058252
			Tarde	62,06040452	58,68328965
	7/02/2021	49 con 13	Mañana	65,41899549	65,493085
			Medio día	72,51189114	66,51881295
			Tarde	71,18859927	68,34017111
	8/02/2021	49 con 8	Mañana	59,78654417	60,46109252
			Medio día	62,41708871	60,30286721
			Tarde	61,32573065	61,45324413
	9/02/2021	Éxito	Mañana	71,73063439	69,66073728
			Medio día	72,72480217	67,90236951
			Tarde	72,57160852	69,49118313
	10/02/2021	Residencial	Mañana	60,70424344	58,17995912
			Medio día	64,44488001	60,19428832

DATOS OBTENIDOS DE LAS MEDICIONES DE RUIDO AMBIENTAL					
PROYECTO: COMPARACIÓN GEOESTADÍSTICA DE SONÓMETROS TIPO I Y TIPO II EN LA MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTAL EFECTUADA A DOS DISTANCIAS SOBRE EL NIVEL DEL SUELO, EN LA UPZ 99-CHAPINERO, BOGOTÁ D.C					
MES	Fecha	Punto	Hora	dbA 4 METROS	dbA 1,5 METROS
			Tarde	63,70347566	60,41485294
	11/02/2021	Universidad	Mañana	57,10170177	54,49471339
			Medio día	60,90999184	53,37826511
			Tarde	60,76295464	59,33930214
	12/02/2021	Bares	Mañana	59,6695465	58,37915567
			Medio día	62,33247988	60,34384594
			Tarde	70,4901206	71,43447559
	13/02/2021	Clínica	Mañana	60,52232897	60,03419024
			Medio día	62,45621778	58,24278544
			Tarde	61,23518941	61,7070941
	14/02/2021	Oficinas	Mañana	62,7282006	59,59447598
			Medio día	64,31042904	61,19878412
			Tarde	60,49663221	58,5005732
	15/02/2021	49 con 13	Mañana	69,60788865	66,0976502
			Medio día	71,35097233	67,43377653
			Tarde	70,68367821	66,3691397
	16/02/2021	49 con 8	Mañana	60,50079479	59,56944017
			Medio día	63,85668301	59,72765612
			Tarde	62,39039561	60,87509958
	17/02/2021	Éxito	Mañana	71,23387064	67,17691192
			Medio día	72,54887685	68,37790371
			Tarde	73,85974887	71,81517821
	18/02/2021	Residencial	Mañana	60,69102684	56,99685692
			Medio día	67,84298684	62,07947868
			Tarde	64,75000385	63,53989719
	19/02/2021	Universidad	Mañana	58,8440283	56,21996866

DATOS OBTENIDOS DE LAS MEDICIONES DE RUIDO AMBIENTAL					
PROYECTO: COMPARACIÓN GEOESTADÍSTICA DE SONÓMETROS TIPO I Y TIPO II EN LA MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTAL EFECTUADA A DOS DISTANCIAS SOBRE EL NIVEL DEL SUELO, EN LA UPZ 99-CHAPINERO, BOGOTÁ D.C					
MES	Fecha	Punto	Hora	dbA 4 METROS	dbA 1,5 METROS
			Medio día	61,33222564	55,79714377
			Tarde	62,34306918	59,29855489
	20/02/2021	Bares	Mañana	58,88644896	56,93558258
			Medio día	64,29514794	60,88573915
			Tarde	69,81468261	70,05233462
	21/02/2021	Clínica	Mañana	56,78897306	60,0401435
			Medio día	58,60815596	56,50755488
			Tarde	58,56046768	61,87653013
	22/02/2021	Oficinas	Mañana	67,14272944	61,21958928
			Medio día	72,91034887	69,16806655
			Tarde	63,64763752	62,40903064
	23/02/2021	49 con 13	Mañana	70,70824865	65,6356162
			Medio día	72,51189114	66,51881295
			Tarde	71,18859927	68,34017111
	24/02/2021	49 con 8	Mañana	61,68165635	59,94972115
			Medio día	64,07656714	61,38606733
			Tarde	63,52778663	61,98272604
	25/02/2021	Éxito	Mañana	71,61884561	67,98586461
			Medio día	74,92905971	70,12793318
			Tarde	74,67861141	69,14274164
	26/02/2021	Residencial	Mañana	62,57582576	58,8657012
			Medio día	65,44628672	65,32094285
			Tarde	64,75000385	62,52097064
	27/02/2021	Universidad	Mañana	57,71376194	56,16320076
			Medio día	62,22687436	57,67424878

DATOS OBTENIDOS DE LAS MEDICIONES DE RUIDO AMBIENTAL					
PROYECTO: COMPARACIÓN GEOESTADÍSTICA DE SONÓMETROS TIPO I Y TIPO II EN LA MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTAL EFECTUADA A DOS DISTANCIAS SOBRE EL NIVEL DEL SUELO, EN LA UPZ 99-CHAPINERO, BOGOTÁ D.C					
MES	Fecha	Punto	Hora	dbA 4 METROS	dbA 1,5 METROS
	28/02/2021	Bares	Tarde	61,66811096	61,94242762
			Mañana	62,12190055	61,2426475
			Medio día	61,7007957	57,88735051
			Tarde	66,92352044	55,27543147
<b>MARZO</b>	1/03/2021	Clínica	Mañana	60,01859228	59,24420145
			Medio día	62,65116002	61,56008644
			Tarde	62,96690857	60,76082539
	2/03/2021	Oficinas	Mañana	66,17011623	60,90361693
			Medio día	65,48656422	63,74358212
			Tarde	64,82399464	66,02050157
	3/03/2021	49 con 13	Mañana	69,93113836	65,61722438
			Medio día	71,35097233	67,71428152
			Tarde	72,96343777	68,84374077
	4/03/2021	49 con 8	Mañana	60,19445482	59,59867246
			Medio día	62,41708871	60,30286721
			Tarde	62,39039561	60,87509958
	5/03/2021	Éxito	Mañana	71,60422085	71,37340762
			Medio día	73,48828501	69,78018387
			Tarde	74,67861141	69,13539743
	6/03/2021	Residencial	Mañana	59,86825133	57,30451225
			Medio día	63,80031895	60,74681319
			Tarde	63,60592561	59,62323273
	7/03/2021	Universidad	Mañana	53,05169722	51,84233783
			Medio día	59,31228405	53,60471496
			Tarde	59,90640479	65,16658067
	8/03/2021	Bares	Mañana	60,27298537	59,54627336

DATOS OBTENIDOS DE LAS MEDICIONES DE RUIDO AMBIENTAL					
PROYECTO: COMPARACIÓN GEOESTADÍSTICA DE SONÓMETROS TIPO I Y TIPO II EN LA MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTAL EFECTUADA A DOS DISTANCIAS SOBRE EL NIVEL DEL SUELO, EN LA UPZ 99-CHAPINERO, BOGOTÁ D.C					
MES	Fecha	Punto	Hora	dbA 4 METROS	dbA 1,5 METROS
			Medio día	61,88402723	59,42918526
			Tarde	61,68090502	62,12340836
	9/03/2021	Clínica	Mañana	61,21980877	60,32980564
			Medio día	63,72905616	62,27279962
			Tarde	61,64025743	59,451351
	10/03/2021	Oficinas	Mañana	63,40728055	61,20196539
			Medio día	71,99958421	65,80257101
			Tarde	64,82399464	66,02050157
	11/03/2021	49 con 13	Mañana	70,37866848	60,34699406
			Medio día	71,05301646	73,16299114
			Tarde	72,22989875	66,99810142
	12/03/2021	49 con 8	Mañana	60,28314429	59,46496797
			Medio día	62,7889081	62,30097484
			Tarde	63,70519702	61,31210071
	13/03/2021	Éxito	Mañana	71,60422085	71,37340762
			Medio día	72,95317681	69,63628042
			Tarde	72,36027209	69,21074673
	14/03/2021	Residencial	Mañana	59,6572796	58,0479185
			Medio día	68,7846154	61,64718488
			Tarde	61,15732248	59,33818943
	15/03/2021	Universidad	Mañana	57,47100406	63,36854758
			Medio día	61,23505622	58,14635652
			Tarde	59,73117982	56,139875
	16/03/2021	Bares	Mañana	60,39931086	58,84006733
			Medio día	63,04657089	59,01089478

DATOS OBTENIDOS DE LAS MEDICIONES DE RUIDO AMBIENTAL					
PROYECTO: COMPARACIÓN GEOESTADÍSTICA DE SONÓMETROS TIPO I Y TIPO II EN LA MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTAL EFECTUADA A DOS DISTANCIAS SOBRE EL NIVEL DEL SUELO, EN LA UPZ 99-CHAPINERO, BOGOTÁ D.C					
MES	Fecha	Punto	Hora	dbA 4 METROS	dbA 1,5 METROS
			Tarde	61,31012597	59,53060932
	17/03/2021	Clínica	Mañana	61,1036917	61,84234603
			Medio día	65,8736111	61,6688982
			Tarde	62,5907778	60,533093
	18/03/2021	Oficinas	Mañana	62,94363618	60,60050667
			Medio día	68,47125433	65,81881471
			Tarde	64,04935206	63,00631915
	19/03/2021	49 con 13	Mañana	71,04173087	66,31777595
			Medio día	71,29853746	67,33366328
			Tarde	72,22989875	66,99810142
	20/03/2021	49 con 8	Mañana	59,71297233	59,82835259
			Medio día	62,41708871	60,30286721
			Tarde	62,39039561	60,87509958

# ANEXO E

*FOTOGRAFÍAS DEL MUESTREO*

**Anexo E1. Fotografías en el punto de muestreo éxito**



**Anexo E2. Fotografías en el punto de muestreo residencial**



Anexo E3. Fotografías en el punto bares



**Anexo E4. Fotografías en el punto Clínica**



**Anexo E5. Fotografías en el punto Oficinas**



**Anexo E6. Fotografías en el punto 49 con 13**



**Anexo E7. Fotografías en el punto 49 con 8**



Elaboración propia.