

## **Prevención y Control de la Contaminación Ambiental**

**EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS NIVELES DE PRESIÓN SONORA  
(RUIDO AMBIENTAL) EN LA UNIVERSIDAD LIBRE SEDE EL BOSQUE**

**MARCELA ANDREA CHAPARRO LEÓN**  
**Código: 64112047**

**CAROLINA LINARES MENDOZA**  
**Código: 64112024**

Proyecto de Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Ambiental

Director: Baudilio Acevedo Buitrago  
Químico M.Sc

Codirector: Jaime Andrés Fajardo Rodríguez  
Ing. Ambiental

Universidad Libre  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Ambiental Bogotá,  
17 febrero del 2017

# TABLA DE CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN.....	4
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	6
2. JUSTIFICACIÓN INICIAL O PRELIMINAR .....	10
3. OBJETIVOS .....	11
4. MARCO REFERENCIAL.....	12
4.1 MARCO TEÓRICO .....	12
4.1.1 EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA SALUD HUMANA Y EL MEDIO AMBIENTE .....	12
4.1.2 CONTROL DEL RUIDO .....	14
4.2 MARCO CONCEPTUAL .....	15
4.2.1 SONIDO .....	15
4.2.2 MAGNITUDES DE MEDICIÓN DEL SONIDO.....	15
4.2.3 COMPONENTES DEL SONIDO .....	17
4.2.3.1 FRECUENCIA .....	17
4.2.3.2 INTENSIDAD.....	18
4.2.3.3 TIMBRE.....	19
4.2.3.4 TONO .....	20
4.2.4 RUIDO.....	21
4.2.4.1 TIPOS DE RUIDO .....	22
4.2.4.2 FUENTES DE RUIDO .....	24
4.3 MARCO GEOGRÁFICO Y DEMOGRÁFICO .....	24
4.4 MARCO LEGAL .....	27
4.5 MARCO TECNOLÓGICO .....	30
4.5.1 SISTEMAS DE MEDICIÓN .....	30
4.5.2 INSTRUMENTOS DE MEDIDA .....	38
5. METODOLOGÍA.....	43
5.1 MEDICIÓN PRELIMINAR Y SELECCIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS .....	43
5.2 MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTAL .....	45
5.2.1 MAPAS DE DISTRIBUCIÓN DE RUIDO .....	46
5.2.2 ROSA DE VIENTOS.....	47
5.3 DEFINICIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN .....	47
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49
6.1 MEDICIÓN PRELIMINAR Y SELECCIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS .....	49
6.2 MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTAL .....	60
6.3 MAPAS DE CONTORNO Y ROSA DE LOS VIENTOS .....	82
6.4 PLAN DE ACCIÓN.....	87
7. CONCLUSIONES.....	98
8. RECOMENDACIONES .....	100
9. BIBLIOGRAFIA.....	101
ANEXOS .....	113

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Clasificación de intensidades del sonido por decibels (dB).....	17
Tabla 2. Principales fuentes generadoras de ruido .....	24
Tabla 3. Normatividad Colombiana referente a ruido. ....	28
Tabla 4. Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido y ruido ambiental vigentes .....	29
Tabla 5. Ponderaciones de tiempo en las mediciones de ruido. ....	35
Tabla 6. Identificación de fuentes externas y distancia desde la Universidad Libre .....	50
Tabla 7. Inventario de fuentes de ruido en la zona de estudio.....	52
Tabla 8. Eventos que inciden en el comportamiento de los NPS durante las mediciones preliminares .....	57
Tabla 9. Principales eventos percibidos en las mediciones .....	61
Tabla 10. Correcciones a realizar a los NPS (dB).....	63
Tabla 11. Niveles de presión sonora corregidos.....	65
Tabla 12. Convenciones de los espectros de cada punto de medición .....	67
Tabla 13. Distancias de la Universidad Libre a las fuentes externas más cercanas.....	89
Tabla 14. Clasificación del uso del suelo de la ciudad de Bogotá.....	91
Tabla 15. Sectores normativos en la UPZ 31 .....	94

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Espectro sonoro.....	18
Figura 2. Intensidad del sonido .....	19
Figura 3. Timbres producidos por distintos elementos en un mismo lapso de tiempo .....	20
Figura 4. Relación entre frecuencia y sonido .....	21
Figura 5. Ubicación de la Universidad Libre.....	25
Figura 6. Equivalencias entre unidades (dB y $\mu$ Pa) .....	31
Figura 7. Curvas isofónicas ISO 226 de 2003 .....	32
Figura 8. a) Curva de 40 fones. b) Curvas de ponderación frecuencial .....	34
Figura 9. Niveles sonoros máximos y mínimos de una medición de ruido. ....	36
Figura 10. Nivel sonoro continuo equivalente y niveles estadísticos .....	38
Figura 11. Esquema de un sistema de medición de ruido por dosimetría.....	39
Figura 12. Esquema de un sistema de medición de ruido mediante un sonómetro .....	42
Figura 13. Ubicación específica de la zona de muestreo .....	49
Figura 14. Ubicación de los puntos del muestreo preliminar .....	56
Figura 15. Georreferenciación de los puntos de medición críticos.....	61
Figura 16. Espectro de ruido del exterior del bloque P, Blanco - día Domingo.....	68
Figura 17. Espectro de ruido de la Biblioteca, día miércoles y sábado .....	70
Figura 18. Espectro de ruido del exterior del bloque P, día jueves .....	74
Figura 19. Espectro de ruido del bloque D, día viernes.....	76
Figura 20. Espectro de ruido del bloque C, día lunes.....	78
Figura 21. Mapa isófonas sin actividad académica .....	83
Figura 22. Mapa isófonas con actividad académica .....	85
Figura 23 Rosa de los vientos.....	87
Figura 24. Distancia Universidad- Bar (Acera derecha).....	88
Figura 25. Distancia Universidad- Bar (Acera izquierda).....	89
Figura 26. Mapa de la clasificación del suelo urbano y de expansión .....	92
Figura 27. Subdivisión por sectores normativos en la UPZ de Engativá y usos predominantes del suelo urbano.....	93

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como finalidad dar a conocer el comportamiento del ruido dentro de la Universidad Libre Sede el Bosque Popular, por ello en el cuerpo del trabajo se logrará evidenciar la explicación del ruido, su generación; la cual se encuentra influenciada en gran parte al crecimiento socioeconómico; la importancia de llevar a cabo un control frente a este debido a las consecuencias que puede generar al sobrepasar límites permisibles y no contar con un debido control, el ámbito académico se convierte en un espacio de gran interés para dicho estudio.

En el marco referencial se detallan teorías acerca del ruido acompañado de ciertos conceptos relacionados con el mismo, con el propósito de entender con mayor facilidad la lectura y comprensión del documento. Se resalta la influencia del ruido sobre la salud y algunos controles que se han implementado con el fin de minimizarlos, se cuenta con una amplia legislación ambiental Colombiana vigente que apoya y soporta la necesidad de mantener en límites aceptables la presencia de ruido ambiental, todo el estudio se encuentra desarrollado bajo las directrices de la Resolución 627 del 2006 del MAVDT, permitiendo así que tanto resultados como discusiones den cumplimiento a lo establecido por la norma y que esta se convierta en herramienta de comparación para analizar los resultados y comprobar el cumplimiento de la misma, este estudio cuenta con un plan de acción y recomendaciones viables que pueden ser implementadas en la Universidad con el fin de mantener dentro de los estándares de ruido ambiental para la categoría de educación, el ruido percibido dentro de esta , evitando así perturbaciones en actividades propias

## 1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El ruido es identificado como un fenómeno natural de propagación del sonido que está presente en todos lados, por tal motivo es considerado inevitable, y se caracteriza además por la sensación desagradable generada en los seres humanos. De acuerdo con Sanz, 1987, el ruido *“Es un sonido molesto e intempestivo que puede producir efectos fisiológicos y psicológicos no deseados en una persona o grupo de personas”*.

Debido a la intensidad con la que se propaga, la frecuencia, la duración y naturaleza del ruido, puede llegar a convertirse en un agente nocivo para la salud de las personas y generar un impacto negativo en el ambiente alterando el comportamiento natural de las personas y seres vivos que se encuentren expuestos a dicho fenómeno. El crecimiento de las ciudades a nivel urbano e industrial ha hecho que la preocupación sobre este fenómeno haya aumentado de manera gradual en los últimos años y en la búsqueda de un control a este fenómeno en Colombia el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT, ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; MADS) ha instaurado políticas hacia la prevención, estableciendo límites de emisión sonora y de ruido ambiental que permiten garantizar, evidenciar y propiciar un ambiente óptimo, que no genere alteraciones significativas que puedan afectar a los seres humanos y su entorno, y de tal manera que también se evite la incidencia de agentes externos que se conviertan en factores que limiten la mejora de las condiciones (Vélez, L.M., y Espinosa, G.J., 2008).

Con los niveles de desarrollo, crecimiento económico y social; que garantizan una buena calidad de vida en las ciudades y el ritmo acelerado que estas presentan, deja como consecuencia el incremento en la tasa de trastornos auditivos, el más referenciado es el tinnitus, el cual corresponde a la sensación de zumbido en largos y cortos lapsos de tiempo en el oído, otra enfermedad referenciada es la de Meniere, la cual presenta como síntoma principal la sensación de vértigo (Caicedo, C., 2013). En consecuencia, se destaca la necesidad de realizar un seguimiento y control a las presiones sonoras de tal manera que permitan identificar, si los niveles presentes en una zona de estudio se encuentran dentro de los límites establecidos por ley y/o si representan algún riesgo para la comunidad expuesta al fenómeno, para finalmente y de ser necesario generar un plan de acción que logre reducir estos niveles (Correa, F., Osorio, J.D., y Patiño, B., 2011).

En la ciudad de Bogotá, se han llevado a cabo estudios de ruido ambiental como lo es ***“La elaboración de mapas de ruido ambiental en las localidades de Suba, Usaquén, Bosa, Tunjuelito, Ciudad Bolívar, Rafael Uribe, Usme y San Cristóbal del distrito capital”***, ejecutado por la Universidad de Cundinamarca y la Secretaria Distrital de Ambiente, con el objetivo de plantear estrategias para mitigar, prevenir y controlar este tipo de contaminación. Dichos estudios se han realizado en diferentes localidades de la ciudad como: Suba, Usaquén, Bosa, Ciudad Bolívar, Usme, Rafael Uribe, en estas zonas de estudio se ha encontrado como factores principales que prevén gran influencia en los niveles de presión sonora; el flujo vehicular, el funcionamiento de discotecas y bares, el funcionamiento de establecimientos industriales y comerciales, entre otros. También se ha concluido la necesidad de expandir estudios a diferentes zonas con el

fin de identificar si los niveles de presión sonora se encuentran dentro los límites permisibles o si se requiere de intervención para garantizar un ambiente óptimo (Pacheco, J., Franco, J.F., y Behrentz, E., 2009); (Secretaria Distrital de Medio Ambiente y La Universidad De Cundinamarca, 2011).

Otro tipo de estudios se han llevado a cabo en las localidades de Engativá y de Fontibón denominado **“El ruido aeronáutico: realidad que enfrenta el aeropuerto internacional el dorado y sus comunidades aledañas”**, ejecutado por Sandra Elena Barrera Aristizábal de la Universidad Militar Nueva Granada, con el fin de establecer la incidencia del funcionamiento del Aeropuerto el Dorado en las zonas aledañas a este. De acuerdo con los resultados del informe técnico presentado en el año 2012, se determinó que los niveles de ruido instantáneo en estas localidades están entre los 70 dB y 110 dB, niveles que sobrepasan lo estipulado por la norma 627 de 2006 del MAVDT, los cuales corresponden a 65 dB para zonas de tranquilidad, clasificación estipulada para estas localidades. La Universidad Libre Sede Bosque Popular, se encuentra ubicada dentro de la circunscripción de la Localidad de Engativá, y de acuerdo con los diferentes estudios esta zona se consideró alejada de la influencia de contaminación sonora directa dada por el funcionamiento del aeropuerto como principal factor, es así que no existe evidencia de estudios anteriores que permitan establecer y evaluar los niveles de presión sonora en el área o zona de ubicación de la Universidad pese a que en realidad se presentan sobrevuelos en el sector. Además, la universidad a su alrededor posee importantes vías de tránsito vehicular, así como posible influencia de contaminación sonora por el funcionamiento de establecimientos como: bares,



tabernas, discotecas, (Pacheco, J., Franco, J.F., y Behrentz, E., 2009, Aristizábal, 2014).

Esta investigación va enfocada a realizar un estudio y diagnóstico de los niveles de ruido en la Universidad Libre Sede Bosque Popular que permita identificar y analizar si el ruido ambiental se encuentra en un punto admisible para el desarrollo de actividades de tipo académico e investigativo, debido a que no se evidencian estudios previos que reflejen el estado de los niveles de presión de sonora (NPS) en la institución, ya que además los registros e informes generados por el departamento de Salud Ocupacional de la institución, al cual llegan reportes por parte de la comunidad sobre la afectación de su salud y el desarrollo de sus actividades, son considerados por el departamento como confidenciales y de acceso limitado, así mismo los registros de la enfermería no son pertinentes para evaluar una muestra de estudio de afectación por los niveles de ruido ambiental, debido a que dichos registros no especifican que éste sea el causal de consulta por parte de la comunidad. Por tal motivo no se cuenta con información adecuada que permita determinar la relación de la contaminación auditiva con la salud de la población; para lo cual se debe identificar el comportamiento del ruido registrado en los mapas de distribución de los NPS y las zonas críticas, los cuales permitan generar un plan de acción para controlar los niveles de contaminación auditiva.

## 2. JUSTIFICACIÓN INICIAL O PRELIMINAR

En el estudio de perturbaciones con relación al desarrollo de actividades académicas en el sector educativo se ha encontrado en general que la mayoría de los sonidos son provenientes del exterior de las instalaciones y su propagación depende de aspectos como la ubicación de la fuente, características de las aulas, cantidad y distribución de alumnos; sin desconocer y descartar el ruido generado dentro de las aulas. Este fenómeno puede ejercer un papel de estímulo capaz de producir alteraciones en un individuo, afectando así a estudiantes, docentes, y demás trabajadores, lo cual lo convierte en un aspecto clave de estudio ya que se puede llegar a convertir en un factor constante de estrés y de desconcentración en las actividades propias de la educación (Lic. Garrini, D & Ing. Leonardini, R, S.F).

De esta manera es de interés desarrollar estudios, en la Universidad Libre, la cual cuenta con una población de 6.962 personas, ofrece programas educativos en cinco facultades con jornadas diurnas y nocturnas; este escenario institucional permite identificar fuentes y la relación espacio temporal de actividades que influyen en la generación de ruido, así mismo recomendar acciones para reducir los niveles del ruido y de esta manera lograr un ambiente óptimo de trabajo que permita llevar a cabo cada una de las actividades que estudiantes y trabajadores deben realizar, sin que se manifiesten efectos adversos sobre la salud de los mismos, ni la perturbación o mal ejecución de dichas actividades.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 GENERAL**

Evaluar el cumplimiento de los niveles de presión sonora (ruido ambiental) en la Universidad Libre Sede el Bosque, de acuerdo con la resolución 627 de 2006 del MAVDT.

#### **3.2 ESPECÍFICOS**

Determinar el cumplimiento de estándar máximo permisible de ruido ambiental en la Universidad Libre Sede Bosque Popular.

Analizar el comportamiento de los NPS por medio de mapas de distribución de ruido.

Plantear un plan de acción teniendo en cuenta los resultados y análisis del muestreo, así mismo los mapas de distribución de ruido ambiental.

## **4. MARCO REFERENCIAL**

### **4.1 MARCO TEÓRICO**

#### **4.1.1 EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA SALUD HUMANA Y EL MEDIO AMBIENTE**

La exposición a fuentes generadoras de ruido, no solo es sinónimo de enfermedades sino además hace referencia a alteraciones del bienestar físico, social y psicológico, de diferentes maneras y con diferentes intensidades para el ser humano. En un estudio realizado para una población rural y urbana con habitantes de edades semejantes, se refleja que la población que está ubicada en la zona rural, y la cual es expuesta a bajos niveles de ruido presentan menores umbrales de audición que la población de la zona urbana, estableciéndose de esta manera que la valoración de una emisión de ruido es subjetiva dependiendo del individuo y de la ubicación del mismo (Abatte, y otros, 2005).

El efecto del ruido en el medio ambiente recae principalmente sobre la fauna, pues algunas especies se ven obligadas a migrar de su hábitat natural para buscar un lugar que les brinde condiciones similares a las que tenían, con el fin de desarrollar actividades como: reproducción, alimentación, comunicación, entre otras, y las cuales fueron alteradas por altas emisiones de ruido (Restrepo, D., 2002; IDEAM, 2006).

En la salud humana el riesgo más latente se encuentra en el daño que se puede causar al oído interno generando una pérdida en la capacidad de audición conocida como hipoacusia, este problema cuando se presenta, por estar expuesto a un ruido fuerte por un largo periodo de tiempo (donde se debe tener presente la intensidad y el ancho de banda de las señales acústicas como su duración y modulación); como los presentados en establecimientos públicos nocturnos (bares, discotecas, entre otros), se requiere de aproximadamente un lapso de una

hora en tranquilidad y silencio para recobrar la sensibilidad auditiva. El estímulo generado al cerebro humano por parte de las fuentes emisoras a las que se encuentra expuesto en el diario vivir genera alteraciones como estrés, considerado como la causa principal de la artritis reumatoide, afección que según el artículo “Proximity to Traffic, Ambient Air Pollution, and Community Noise in Relation to Incident Rheumatoid Arthritis”, está relacionada por vivir cerca a zonas donde se presenta tráfico, aproximadamente a distancias menores a 50 metros de las vías (Brauer y otros, 2014; Bhave & Bisma, 2014). Otras alteraciones que se presentan a causa de la exposición al ruido excesivo son la ansiedad, la depresión, la pérdida de voz, la agresividad y afecciones en el rendimiento en procesos de aprendizaje, uno de los más importantes es la memoria ya que se disminuye debido a la exposición a altas intensidades, además de este, la falta de atención también tiende a ser menor. Un aspecto importante a mencionar y de común ocurrencia en los planteles educativos que están aledaños a aeropuertos, zona característica que presenta alto flujo de tránsito aéreo ocasionando a las personas problemas en el desarrollo de sus actividades, reducción de los niveles de energía y afectación en el sueño, esta exposición puede acarrear efectos instantáneos o en las siguientes horas, una persona en promedio debe dormir 8 horas diarias pero cuando la calidad de sus sueño se ve afectada, las actividades posteriores no podrán ejecutarse de manera eficiente (IDEAM, 2006; Uppenkamp & Rohl., 2014).

Estudios realizados en Bogotá, demuestran registros de ruido entre 88 dB y 99 dB lo cual es un índice de alerta debido a que la exposición apta oscila entre 70 dB y 75 dB; siendo 85 dB la intensidad que afecta directamente al oído interno; por lo cual se considera de gran importancia que las intervenciones hacia el control de ruido se deban realizar periódicamente

para lograr la disminución de molestias tanto en la salud humana como en el medio ambiente (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, acuerdo 035, 2012).

#### **4.1.2 CONTROL DEL RUIDO**

Para efectos de control del ruido, se identifican tres puntos claves con el fin de ser intervenidos, estos son: reducción en la fuente, interrupción en la vía de transmisión y finalmente protección del receptor. A su vez se identifican como críticos ciertos lugares en donde se debe realizar control de emisiones de ruido y de esta manera las actividades a desarrollar no se vean perturbadas ni alteradas: algunas son: hospitales, instituciones educativas, entre otros.

Para reducir los niveles de presión sonora, un control adecuado es aislar el lugar de donde se emite el ruido, esto se logra por medio de algún material masivo, ya sea piedra, concreto, plomo, entre otros, cuya finalidad es la minimización de la propagación de las ondas sonoras. Además de esta medida, también es posible reducir la onda sonora por medio de una cámara que encapsule el ruido, para ello se cuentan con materiales, tales como: poli estireno, fibra de vidrio, corcho o algún otro tipo de material sintético. Una forma de medir la interrupción en la vía de transmisión de la onda sonora al aislar el ruido por medio de ciertos materiales es el coeficiente de absorción del sonido, el cual hace referencia a la relación entre la energía sonora absorbida sobre la energía sonora que actúa sobre una superficie, este coeficiente es dependiente de la frecuencia del ruido, del espesor del material y de la porosidad de la superficie (Jiménez, C., 2002). Es importante resaltar que los materiales de aspecto rígido, no son capaces de aislar el ruido, sino por el contrario al contar con una superficie rígida las ondas chocan contra esta y las propaga por medio de vibraciones, por el contrario, materiales como

la madera balsa, es un buen ejemplo de material que absorbe las ondas sonoras, debido a la característica de porosidad.

## **4.2 MARCO CONCEPTUAL**

### **4.2.1 SONIDO**

El sonido es identificado y analizado como el cambio de presión que se genera en el aire, estos cambios son percibidos por el oído y son causales de estímulos que crean impulsos en el cerebro, los cuales por lapsos de exposición y tipo de sonido pueden producir efectos adversos en la salud; y en la que la distancia también posee una relación directa, ya que al presentarse una distancia prudente de la fuente de emisión de ruido su percepción no es significativa. La identificación de sonidos que conllevan a molestias, alteraciones, daño o interrupción en actividades o comportamientos normales es reconocida como contaminación acústica o ruido (Martinez,J., & Peters,J.,2013).

### **4.2.2 MAGNITUDES DE MEDICIÓN DEL SONIDO**

Las mediciones de sonido pueden ser expresadas en pascales, esta es una unidad de presión del sistema internacional de unidades (SI), que se define como fuerza por unidad de área superficial, su abreviatura es Pa:

$$\text{Presión} = \text{Fuerza} / \text{Superficie} = \text{Newton} / \text{m}^2 = \text{Pa}$$

$$1 \text{ Pa} = 1 (\text{Kg m} / \text{s}^2) / \text{m}^2 = 1 \text{ Kg} / (\text{s}^2 \text{ m})$$

La presión atmosférica es una variable que se debe tener en cuenta en los procesos de medición debido a que la densidad del aire varía con la presión atmosférica, por tanto, con la velocidad de propagación del sonido. La presión sonora es el resultado de la diferencia entre

la presión generada de una fuente que emite diferentes sonidos y la presión atmosférica, la presión sonora es percibida por el oído humano, en un rango entre  $20 \mu\text{Pa}$  y  $20 \text{Pa}$ , pero mayor a  $20 \text{Pa}$  se considera nociva para la salud (La guía metas, 2004, Miyara, 2013). Otra unidad empleada para expresar las mediciones del sonido es el Bel, su nombre se debe al científico Alexander Graham Bel y resulta del logaritmo entre la potencia de la fuente analizada ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) y la fuente de referencia, siendo de esta manera un nivel de sonido y no una unidad física de medición, el bel se caracteriza por tener una gran escala, por dicha razón se ha optado por expresarla en un submúltiplo de medida denominada decibel (dB) (Segués, 2007).

En relación al rango al cual el oído humano percibe diferentes presiones sonoras ( $20 \mu\text{Pa}$  y  $20 \text{Pa}$ ), la diferencia en escala de presión es considerable resultando complicado la exactitud en las mediciones bajo el uso de esta unidad, por ello se ha recurrido al empleo de la escala logarítmica del decibel. La variación del decibel se ve influenciada por la amplitud de la onda sonora ya que presenta una relación directamente proporcional, además el uso de la escala en decibeles se ajusta a la percepción del oído humano debido a que este se comporta de manera logarítmica y no lineal, característica de la escala de la presión sonora (Segués, 2007). En la Tabla 1., se muestra la clasificación de intensidades del sonido por decibeles y ejemplos de cada una.



**Tabla 1. Clasificación de intensidades del sonido por decibels (dB)**

CLASIFICACIÓN	EJEMPLOS DE ESTE TIPO DE INTENSIDAD DE SONIDO	VALOR EN DECIBELES	VALOR EN PASCAL
<b>Sumamente lesivo</b>	Motor de reacción, guitarra eléctrica, autos de carreras, arma de fuego.	Entre 120 dB a 140 dB	Entre 20 a 200 Pa
<b>Umbral de dolor</b>	Ambulancia, motocicleta.	125 dB	35.56 Pa
<b>Lesivo</b>	Sierra eléctrica, podadora, secadora de pelo, camión.	Entre 90 dB a 110 dB	Entre 0.63 a 6.32 Pa
<b>Peligroso</b>	Ambiente industrial	80 dB	0.2 Pa
<b>Irritante</b>	Susurro, automóvil de turismo.	Entre 0 a 60 dB	Entre 0.00002 a 0.02 Pa
<b>Niveles Normales</b>	Música emitida por radio a bajo volumen, hojas cayendo, conversación.	Entre 0 a 50 dB	Entre 0.00002 a 0.0063 Pa
<b>Umbral de audición</b>		0 dB	0.00002 Pa

Tomado de: (IDEAM, 2006)

## 4.2.3 COMPONENTES DEL SONIDO

### 4.2.3.1 FRECUENCIA

La frecuencia ( $f$ ) es definida como la cantidad de repeticiones generadas en una onda acústica en un lapso de tiempo, su unidad corresponde al Herzio (Hz). Para lograr la percepción por parte del oído humano la frecuencia que debe contener la onda a la que se está expuesto debe encontrarse entre 20 y 20000 Hz; este componente del sonido puede ser estudiado y dividido en dos grupos, frecuencias altas y frecuencias bajas, donde las frecuencias altas hacen alusión a vibraciones rápidas que generan sonidos conocidos como agudos y su longitud de onda es menor, y las frecuencias bajas que presentan vibraciones lentas como sonidos graves. La frecuencia presenta una relación directa con el tono y esta puede ser medida por el número de longitudes de onda (Bozzini, 2015; Monroy, 2006).

**Figura 1. Espectro sonoro**



Tomado de: (<https://sites.google.com/site/fisica2palacios/home/ondas-presentacion/7-cualidades-del-sonido>)

#### 4.2.3.2 INTENSIDAD

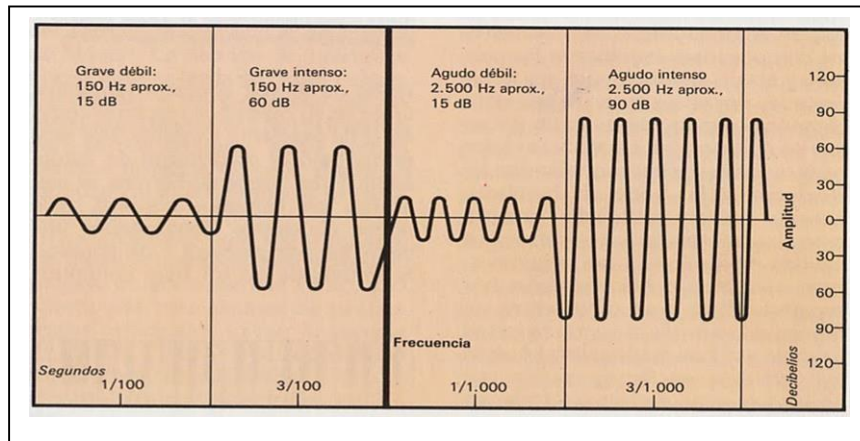
La intensidad del sonido se define como la energía que es transportada por el medio hacia los alrededores de la fuente generadora y el volumen que se percibe con el sonido, está presenta una relación directa con la distancia de exposición a la fuente; entre más corta la distancia, el comportamiento de la intensidad es mayor, presenta también una relación directamente proporcional con la amplitud de onda (mayor amplitud, mayor intensidad).

Según Douglas, 2006 “el oído humano puede detectar sonidos con una intensidad de 0 dB a 120 dB”; la amplitud de la onda genera una variación en el decibel. Su unidad de manejo permite cubrir el rango desde el umbral de sonido hasta el umbral de dolor; la relación entre intensidad y decibel está dada por la siguiente fórmula, donde se relaciona la intensidad suministrada ( $I$ ) con la intensidad del umbral de audición ( $I_0$ ):

**Ecuación 1**

$$I(\text{dB}) = 10 \log_{10} \left[ \frac{I}{I_0} \right]$$

**Figura 2. Intensidad del sonido**

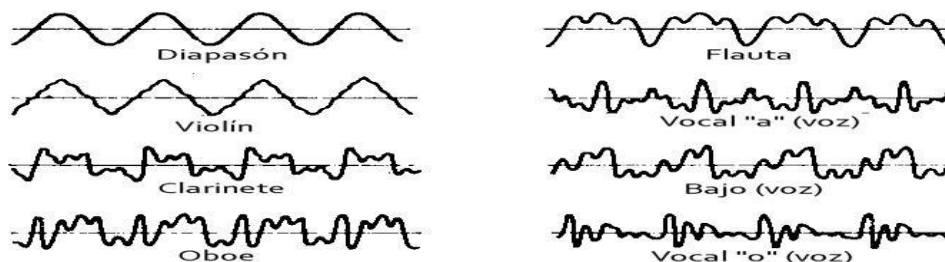


Tomado de:( <http://misflautas.blogspot.com/2011/01/apuntes-sobre-el-sonido-la-intensidad.html>)

#### **4.2.3.3 TIMBRE**

El timbre es aquella propiedad del sonido que permite diferenciar sonidos que provienen de diferentes puntos de origen, y los cuales son generados en un mismo intervalo de tiempo, este componente es el que permite crear una caracterización para identificar sonidos teniendo en cuenta la amplitud. En ciertos instrumentos como la flauta y la trompeta los armónicos presentan un comportamiento donde una genera un sonido suave y la otra un sonido más ruidoso, esto debido a la amplitud de su onda; los armónicos se encuentran influenciados por varios factores que hacen que su comportamiento varíe, (Monroy, 2006).

**Figura 3. Timbres producidos por distintos elementos en un mismo lapso de tiempo**



Tomado de: <http://90disonancias.com/2013/12/375/el-fenomeno-fisico-armonico/>

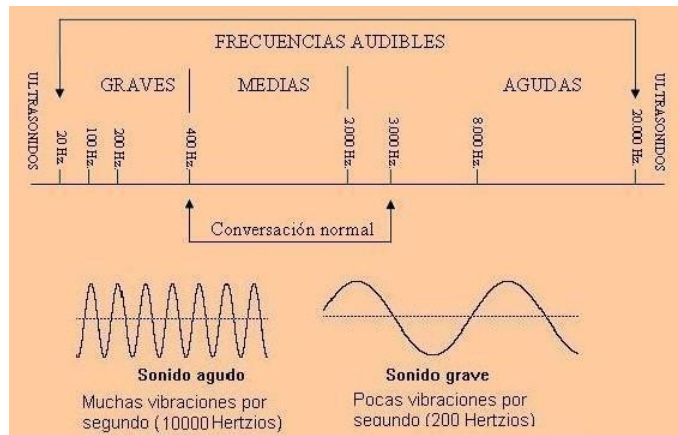
En la Figura 3., se puede observar el comportamiento del timbre de ciertos instrumentos musicales en una misma serie de tiempo, respecto al caso del violín y del diapasón su ilustración difiere en las terminaciones de las curvas siendo así las del violín punteadas y las del diapasón curvas; este comportamiento es debido a que el diapasón al emitir su sonido permanece constante durante varios segundos y en cambio en el violín se realiza automáticamente por eso su terminación punteada nos ilustra es el cambio brusco que se presenta.

#### **4.2.3.4 TONO**

Según Felipe Gertrudix “Cada sonido se caracteriza por su velocidad específica de vibración, que impresiona de manera peculiar al sentido auditivo. Esta propiedad recibe el nombre de tono.” El tono presenta una relación directa con la frecuencia, estableciendo que a mayor frecuencia mayor es el tono; la clasificación existente para este componente radica en; agudo en cual se encuentra en un rango de 8000 Hz a 20000 Hz, o grave en un rango de 20 Hz a 200 Hz, los sonidos de mayor y menor frecuencia respectivamente, creando una relación con los

tonos audibles cuya frecuencia se encuentra en el rango de 20 Hz a 20000 Hz y aquellos tonos que generan daños auditivos (Monroy, 2006). En la Figura 4., se muestra la relación entre la frecuencia y el sonido; donde se puede observar el comportamiento de las ondas al presentarse un sonido agudo o grave, (número de vibraciones por segundo de la fuente emisora y longitud de onda); ejemplo de esto es el funcionamiento de una sirena de ambulancia (sonido agudo) y el sonido producido por un compresor en funcionamiento (sonido grave).

**Figura 4. Relación entre frecuencia y sonido**



Tomado de: (<https://colbachmaq16gpo308.wordpress.com/category/uncategorized/>)

#### 4.2.4 RUIDO

El ruido es identificado como un sonido transmitido por ondas sonoras a través de un canal (generalmente es el aire), posteriormente dichas ondas sonoras se transforman en ondas mecánicas las cuales no son asimiladas de forma agradable en el oído y en el cerebro del receptor; debido a que presenta altas frecuencias; superiores a 1000 Hz e intensidades que se consideran nocivas en un rango entre 85 dB y 90 dB que con el tiempo pueden significar riesgos en la salud (IDEAM, 2006; Environ Monit Assess, 2009).

Teniendo en cuenta lo anterior se puede observar la diferencia entre el sonido y el ruido; mientras el sonido se genera por vibraciones que se presentan con una frecuencia regular y se percibe de manera agradable por el receptor, el ruido corresponde principalmente a aquellas vibraciones que se producen con una frecuencia irregular y a altas intensidades generando una sensación de desagrado, y se considera como la principal causa de la contaminación acústica (IDEAM, 2007-2010).

#### **4.2.4.1 TIPOS DE RUIDO**

Según la Escuela Colombiana de Ingenieros y el IDEAM, establecen una clasificación referente a los tipos de ruido los cuales consisten en:

##### **RUIDO ESTACIONARIO O CONTINUO**

Este tipo de ruido presenta constantes niveles de presión sonora (NPS) durante el tiempo, con variaciones menores de 5 dB (Ejemplo: El sonido de un ventilador, el sonido de un motor eléctrico).

##### **RUIDO FLUCTUANTE**

A diferencia del ruido estacionario, el ruido fluctuante, es aquel presenta variaciones considerables (por encima de los 5 dB) en los niveles de presión sonora durante un intervalo corto de tiempo, (Ejemplo: El sonido de la sirena de una ambulancia).

##### **RUIDO INTERMITENTE**

Presenta cambios bruscos de manera periódica en la intensidad del ruido (Ejemplo: el sonido de un reloj, de un avión, de un taladro, de un secador, entre otros).

## **RUIDO DE IMPACTO**

Se genera cuando se presentan aumentos bruscos y rápidos del ruido, en un corto periodo de tiempo, su duración es menor o igual a 500 milisegundos, y dicho aumento debe estar en un tiempo por debajo de los 35 milisegundos; este tipo de ruido es considerado uno de los más lesivos para la salud humana (ejemplo: sonido de un choque vehicular, el arranque de compresores)

A su vez se clasifica el ruido, de acuerdo a su frecuencia, de la siguiente manera:

## **RUIDO BLANCO**

Es el ruido que cambia con el tiempo, y se caracteriza porque a cada frecuencia tiene una energía constante, es decir que a lo largo del espectro de frecuencias se van a producir ondas con el mismo nivel de energía (Ejemplo: sonido del funcionamiento de aspiradora y de un secador de cabello).

## **RUIDO ROSA**

Es aquel ruido el cual genera una señal de frecuencias no uniforme a lo largo del ancho de la banda (Ejemplo: El sonido generado en salas de estudio, salas de cómputo, el sonido de altavoces y de equipos de sonido).

## **RUIDO DE BAJA FRECUENCIA**

La percepción por parte del oído humano respecto a la frecuencia se encuentra en un rango de 20 Hz y 20000 Hz, así el ruido de baja frecuencia es aquel que posee energía acústica en un rango de frecuencia entre 8 Hz a 100 Hz. Este tipo de ruido es complejo de controlar,

ya que su propagación viaja en todas las direcciones y se puede percibir a largas distancias (ejemplo: El sonido del transporte férreo).

#### 4.2.4.2 FUENTES DE RUIDO

Las fuentes que se encuentran en la contaminación acústica se pueden clasificar como: fuentes fijas y fuentes móviles. Las fuentes fijas corresponden a objetos o un grupo de estos que no presentan ningún desplazamiento desde su punto de ubicación y los cuales emiten niveles de ruido cuyos medios de expansión son el aire y el suelo; por otra parte, las fuentes móviles son aquellas que no tienen un lugar establecido en el ambiente y se encuentran en constante desplazamiento (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, acuerdo 035, 2012). Otro tipo de clasificación de fuentes de ruido se puede observar en la Tabla 2:

**Tabla 2. Principales fuentes generadoras de ruido**

FUENTE	TIPO DE FUENTE
<b>Natural</b>	Viento, sonido del mar, murmullo de agua, cascadas, entre otros.
<b>Antropogénica</b>	Tráfico vehicular, pitos, alarmas, sirenas.
	Transporte: Aviones, barcos, trenes
	Industria
	Actividades domésticas
	Discotecas, bares, espectáculos públicos y locales de esparcimiento
	Actividades Militares

Tomado de: (IDEAM, 2006)

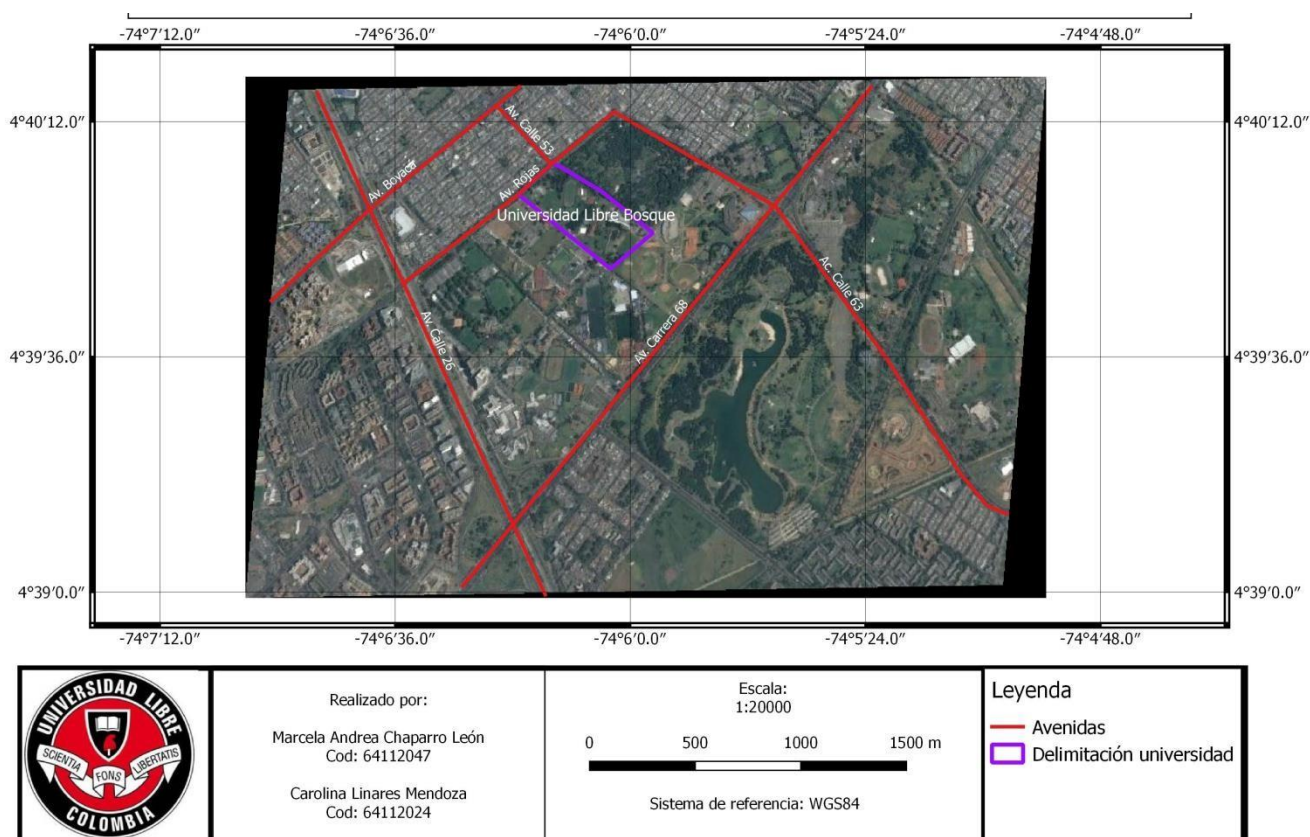
### 4.3 MARCO GEOGRÁFICO Y DEMOGRÁFICO

La Universidad Libre de Colombia sede bosque popular (Bogotá), es una institución de educación con programas de pregrado y posgrado, cuenta con 5 facultades y 6.962 personas en el plantel; 6.380 corresponden a estudiantes, 396 son docentes y 186 pertenecen al



personal administrativo, datos otorgados por parte de secretaria académica de la Universidad Libre. La universidad, en esta sede, ofrece dos jornadas de estudio, jornada diurna (7:00 am a 6:00 pm) y jornada nocturna (6:01 pm a 10:00 pm), cada una cuenta con aproximadamente el 65 % y 35% respectivamente del total de estudiantes; el plantel educativo contiene áreas de interacción las cuales brindan un servicio compartido a la comunidad, algunos de estos corresponden a: biblioteca, cafeterías, laboratorios, parqueaderos, salas de computo, zonas verdes, gimnasio, entre otros.

**Figura 5. Ubicación de la Universidad Libre**



Extraído de: Google Earth

La Universidad Libre Sede Bosque Popular está ubicada en el occidente de Bogotá; en las coordenadas expresadas en grados, minutos y segundos 4° 39' 59.9957" N, 74° 6' 10.1815" W; en la localidad de Engativá. Limita al norte con el Jardín Botánico, al sur con el Colegio Militar Simón Bolívar, al oriente con el Club Compensar y al occidente con la Avenida Rojas (aledaño al Barrio Normandia; Carrera 70 con calle 53) y debido al tránsito vehicular que allí se presenta, es un factor importante a tener en cuenta en cuanto a la contaminación por ruido, otras avenidas cercanas y para destacar son la calle 26, la avenida Boyacá, la calle 68 y la calle 63 (ver la Figura 5). La Universidad posee también un Colegio el cual funciona al interior y aledaño de la misma institución universitaria y alberga aproximadamente 1200 estudiantes, este mismo espacio se encuentra enfocado a la ejecución de actividades de formación académica y personal; por lo cual la concentración de masa poblacional es considerable.

Otros variables importantes a destacar dentro del área de influencia de la Universidad son: el clima, la temperatura y la hidrografía; las cuales están descritas bajo el documento "Agenda Ambiental de la Localidad 10 de Engativá" (Alcaldía Mayor de Bogotá y Universidad Nacional , 2009).

**EL CLIMA:** Se caracteriza por ser un clima moderadamente frío y variable debido a los fenómenos que se presentan durante el año: el fenómeno del niño y de la niña, estos se han alterado debido al cambio climático por lo cual es impredecible el clima. Es habitual que se presenten lluvias torrenciales con presencia de granizo durante los meses de marzo, mayo septiembre y noviembre y el resto del año se pueden presentar lluvias con menor precipitación.

**LA TEMPERATURA:** Por lo general se encuentra entre los 9°C y los 22 °C con un promedio de aproximadamente 14,6°C en la localidad de Engativá y con una sensación de humedad relativa del 75%. Esta variable tiende a ser alta durante los meses de diciembre, enero y marzo presentando así días secos y soleados, aunque puede variar durante la noche y en la madrugada pues se puede percibir heladas y fuertes fríos.

**LA HIDROGRAFÍA:** La Universidad Libre hace parte al sistema hidrológico de la cuenca del Río Salitre y además al Río Bogotá hacia el costado occidental. Como cuerpo hídrico más cercano de la Universidad se encuentra el canal de la Avenida Boyacá y el humedal Santa María del Lago.

#### **4.4 MARCO LEGAL**

Colombia cuenta con normatividad enfocada en la preservación y control del ambiente; y las acciones emanadas de esta se deben supervisar por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, ente cuyo fin debe garantizar que las políticas creadas cumplan las expectativas asegurando así que las condiciones de vida en el sector público y privado sean las adecuadas. En la Tabla 3., se presenta la normatividad nacional referente a ruido.

**Tabla 3. Normatividad Colombiana referente a ruido.**

TIPO DE REGULACIÓN	ENTIDAD	RESUMEN
<b>Constitución política de Colombia 1991</b>	Constitución política de Colombia	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”.
<b>Ley 23 de 1973</b>	Congreso de Colombia	Establece que el ambiente es patrimonio común y que el manejo de los recursos naturales es de utilidad pública e interés social. También regula el manejo de los elementos y factores que conforman el ambiente o influyen en él, llamados elementos ambientales (residuos, basuras, desechos, desperdicios y el ruido, etc.)
<b>Ley 2811 de 1974</b>	Ministerio de Medio Ambiente	Código Recursos Naturales Protección al Medio Ambiente: El Código enuncia el ruido en el artículo 33, identifica principios de uso de recursos naturales y elementos ambientales en el 9º, que se deberán tener en cuenta para un manejo integral del problema.
<b>Ley 9 de 1979</b>	Ministerio de Salud Pública	Se dictan regulaciones sanitarias y en el título III de esta, se especifica a nivel ocupacional que el ministerio de salud se encuentra en la facultad de controlar las fuentes móviles que causan ruido, además de reglamentar los niveles de ruido, vibración y cambios de presión sonora.
<b>Ley 99 de 1993</b>	Ministerio de Medio Ambiente	Se desarrolló y estableció la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental.
<b>Decreto 948 de 1995</b>	Ministerio de Medio Ambiente	Se estableció el reglamento de protección y control de la calidad del aire, en este se especifica la clasificación de los sectores para la restricción del ruido.
<b>Resolución 8321 de 1983</b>	Ministerio de salud	Expone las normas de protección y conservación de la audición de la salud y el bienestar por causales de emisiones de ruido
<b>Resolución 3185 del 13 de agosto de 2000</b>	Aeronáutica Civil	Se adopta un manual de atenuación por ruido para el Aeropuerto Internacional el Dorado
<b>Resolución 0627 del 2006</b>	Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial	Da a conocer las generalidades, la identificación de emisiones de ruido y ruido ambiental, los instrumentos y equipos requeridos para realizar un seguimiento, registro y control, donde su objetivo es el de vigilar el cumplimiento de la norma.

Fuente: (IDEAM,2007-2010)

Para la ciudad de Bogotá se encuentra de manera específica la siguiente normatividad; el decreto de ley 2811 de 1974, expedido por la alcaldía, en el que en el artículo 33 se establece la necesidad de reducir el ruido por las actividades diarias con el fin de proteger la salud de la población, así mismo se encuentra la resolución DAMA 832/2000, en el que se adopta la

clasificación empresarial por impacto sonoro sobre el componente atmosférico (Secretaría Distrital de Ambiente). Sin embargo, al no tener una actualización normativa referente a ruido, Bogotá adopta la norma nacional de emisión de ruido y de ruido ambiental, se puede observar en la Tabla 4., los límites permisibles para ruido ambiental y emisión de ruido por sectores.

**Tabla 4. Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido y ruido ambiental vigentes**

SECTOR	Emisión de ruido		Ruido Ambiental	
	Día	Noche	Día	Noche
<b>Sector A: Tranquilidad y silencio</b>	55 dB	50 dB	55 dB	45 dB
<b>Sector B: Tranquilidad y ruido moderado</b>	65 dB	55 dB	65 dB	50 dB
<b>Sector C: Ruido intermedio restringido</b>				
<b>a) Zonas con usos permitidos industriales</b>	75 dB	75 dB	75 dB	70 dB
<b>b) Zonas con usos permitidos comerciales</b>	70 dB	60 dB	70 dB	55 dB
<b>c) Zonas con usos permitidos de oficinas e institucionales</b>	65 dB	55 dB	65 dB	50 dB
<b>d) Zonas con otros usos relacionados</b>	80 dB	75 dB	80 dB	70 dB
<b>Sector D: Zona suburbana y ruido moderado</b>	55 dB	50 dB	55 dB	45 dB

Tomado de: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, 2006)

En la Tabla anterior se puede observar los límites correspondientes para ruido ambiental, en el sector B de tranquilidad y ruido moderado, correspondiente a universidades e instituciones educativas, para ser aplicado en establecimientos donde se presenten clases, conferencias, reuniones, entre otros. En relación a esto la Organización Mundial de la Salud (OMS)

recomienda valores límites más restrictivos (entre 30 dB y 55 dB) para asegurar una calidad óptima en la interacción verbal.

## **4.5 MARCO TECNOLÓGICO**

### **4.5.1 SISTEMAS DE MEDICIÓN**

Los sistemas de medición del ruido, miden los niveles de presión sonora, los cuales determinan la intensidad del sonido que generan las fuentes emisoras de ruido, se debe tener en cuenta la frecuencia, la cual oscila en un rango entre 0 dB y 120 dB (20 Hz y 20 KHz) en el espectro audible; sin importar su variación en el tiempo; es decir que no es necesario hacer ninguna ponderación del nivel de la presión. Los niveles de presión sonora, son las variaciones acústicas en un punto determinado, las cuales son emitidas por las ondas propagándose por medio del aire, el oído humano es capaz de percibir estas presiones en un rango de 20  $\mu$ Pa a 20 Pa, pero en esta magnitud no es aconsejable representar los niveles de presión sonora debido a que esta escala no genera exactitud en las mediciones; por esta razón se recurre al uso de la escala logarítmica (Gomez Casicote, 2004).

Para la conversión de unidades de Pa a dB se aplica la siguiente ecuación:

#### **Ecuación 2**

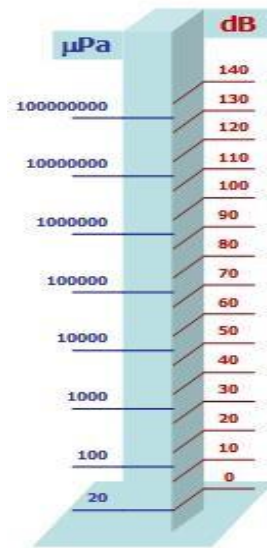
$$\text{NPS} = 20 * \text{Log}_{10} (P/P_{\text{ref}})$$

Dónde: P = presión sonora

$P_{\text{ref}}$  = presión de referencia a la presión de un tono audible

NPS= expresado en dB

**Figura 6. Equivalencias entre unidades (dB y  $\mu$ Pa)**



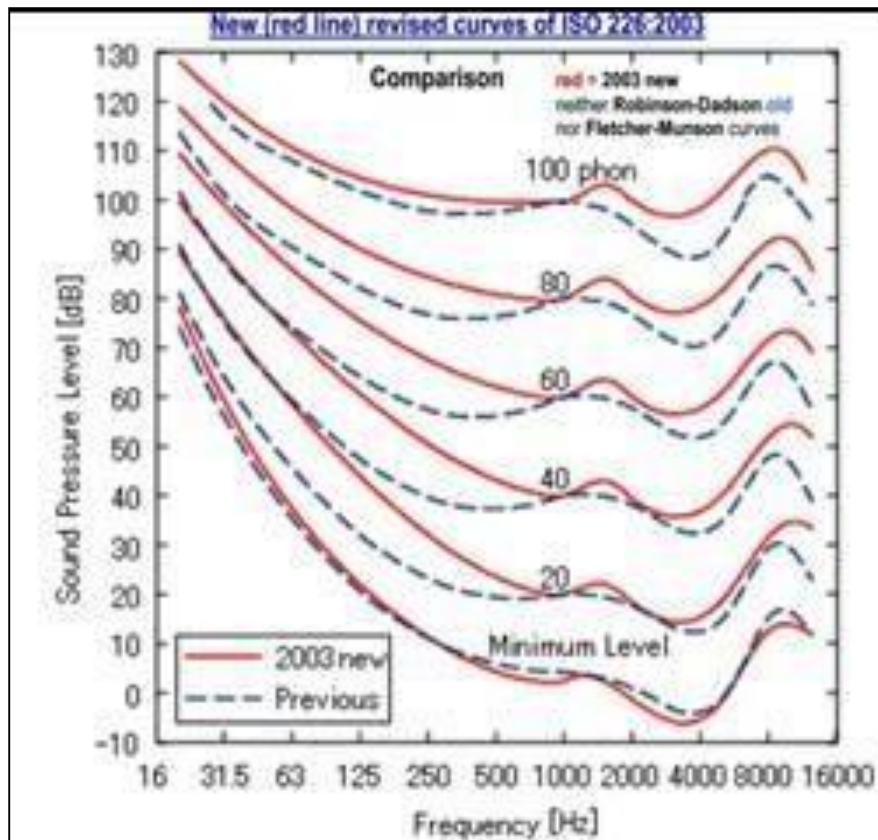
Tomado de: [http://www.bizkaia.net/Herri\\_Lanak/Mer/glosario.asp?Tem\\_Codigo=4157](http://www.bizkaia.net/Herri_Lanak/Mer/glosario.asp?Tem_Codigo=4157)

En la Figura 6., se observa una comparación de medición de ruido en decibeles y en micropascales, se puede establecer que 20  $\mu$ Pa equivalen a 0 dB, considerando este el umbral de audición y 20 Pa equivalen a 120 dB, siendo este el umbral de dolor. Es de gran importancia saber cómo se percibe el sonido y su sonoridad, ya que ningún sonido se va a escuchar de igual manera a una presión acústica definida en un rango de frecuencia audible. A partir de la escala de decibeles se crearon entonces las curvas isofónicas o las curvas de igual sonoridad, en donde se genera otra magnitud conocida como el fonio o fon, la cual es una medida logarítmica dada por el decibelio, en donde 1 fon equivale a 1 dB y es usada para demostrar la sonoridad con la que se escucha un sonido (Bayona,T,A.,S.F).

Los científicos Harvey Fletcher y Wilden A Munson en el año de 1933, fueron quienes dieron a conocer las curvas isofónicas producto del estudio realizado acerca de la percepción del sonido en el oído humano. Mediante estos estudios y con el fin de mejorar las curvas isofónicas, en

el año 2003 bajo la ISO 226 “Equal Loudness Level Contour Signal” se han unificado las curvas isofónicas, representadas en la Figura 7.

**Figura 7. Curvas isofónicas ISO 226 de 2003**



Tomado de: (ISO 226, 2003)

Las curvas isofónicas o curvas de igual sonoridad plasman la relación entre las frecuencias, expresadas en Hz y las intensidades en dB de dos sonidos con el propósito de que ambos pueden ser captados con igual sonoridad. Inicialmente se debe saber que para 1 kHz, el nivel de presión sonora (dB) se relaciona de la misma manera con el nivel de sonoridad (fon), por esta razón se afirma que 0 dB es igual a 0 fon. Cada curva generada representa los fonos, la curva a la cual le corresponde 0 fonos indica el umbral de audición, de la misma manera se



evidencia la curva 120 fonos que a su vez indica el umbral de dolor. Para entender de una mejor manera se tiene una frecuencia de 100 Hz y una intensidad de 40 dB, se ubica este punto en la gráfica y se obtiene un nivel de sonoridad de 0 fon, así se obtiene la relación entre frecuencia e intensidad y se perciben sonoramente iguales (Maggiolo, S.F).

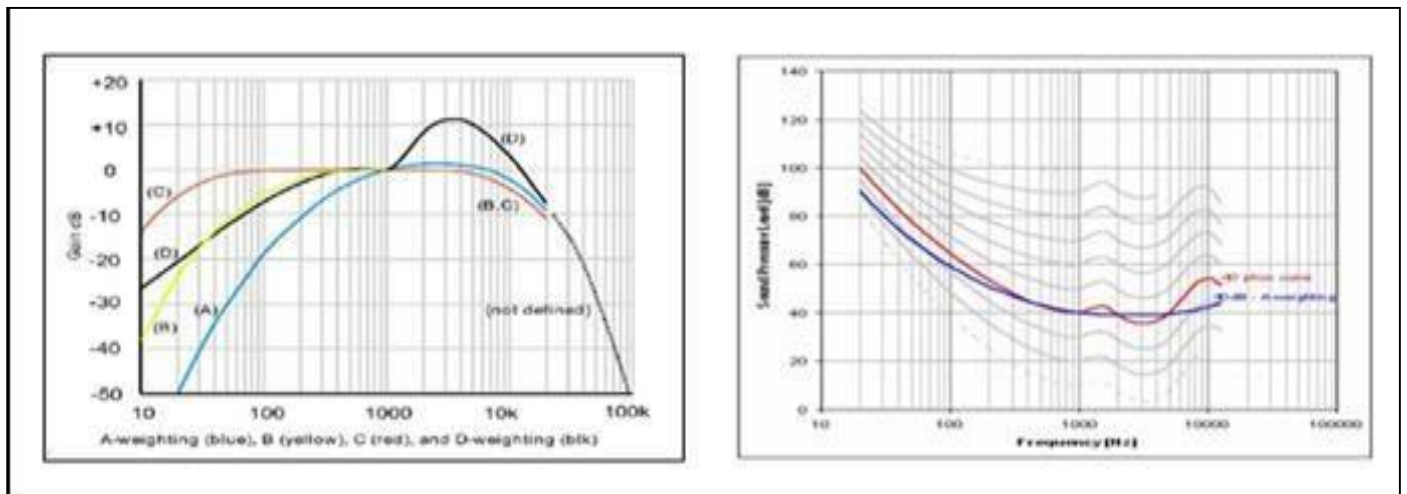
A partir de los estudios mencionados, la norma ISO 226 del 2003 ha presentado modificaciones teniendo en cuenta estudios plasmados en esta norma. Actualmente el método más utilizado para la medición del ruido es conocido como las escalas de compensación, las cuales son cercanas a datos reales de lo que puede captar el oído humano, es por ello que se crearon los filtros de ponderación de frecuencia, los cuales están incorporados en los instrumentos de medida para captar los diferentes niveles de presión, de los cuales se establecen ponderaciones teniendo en cuenta el nivel de presión acústica que se requiera medir, estas son:

- La ponderación A, es empleada para niveles de NPS bajos, es decir por debajo de los 40 fonos (40 dB), esta ponderación se usa para medir las relaciones entre las señales y el ruido en curvas de medición de aislamiento acústico, además la ponderación A se ajusta a la percepción del oído humano de niveles acústicos cercanos del umbral de audición.
- La ponderación B, es empleada para niveles de NPS medios, es decir que oscila en un rango de 40 fonos y 70 fonos (40 dB y 70 dB respectivamente). Es una ponderación poco empleada ya que se ajusta a la percepción del oído humano de niveles acústicos medios del umbral de audición, siendo menos precisa.

- La ponderación C, es empleada para niveles de NPS altos, es decir que se encuentra por encima de los 70 fones (70 dB). Esta ponderación se usa en aislamiento acústico para reflejar frecuencias bajas, así mismo la ponderación C muestra la percepción del oído humano de niveles acústicos cercanos al umbral de dolor
- La ponderación S, es empleada para niveles de NPS de aplicación especial como lo es la medición del ruido generado por los aviones (Cisneros, B., 2006).

Las curvas generadas por ponderación frecuencial o escalas de compensación (Figura 8b), se apoyan sobre las curvas isofónicas de Fletcher-Mudson, en donde inicialmente se normaliza la curva de 40 fones para las diferentes ponderaciones a 0 dB (Figura 8a.), luego se invierte esta curva a 0 dB y finalmente se realiza una interpolación.

**Figura 8. a) Curva de 40 fones. b) Curvas de ponderación frecuencial**



a)

b)

Tomado de: (García, 2003)

Respecto a la ponderación de frecuencia A, que maneja una escala similar a la frecuencia de percepción del oído, en este modo de medición se obtienen valores significativos de los efectos

que conlleva el ruido, además en su gran mayoría, las normas se apoyan en medidas hechas sobre esta ponderación y para estudios medioambientales es la más empleada.

**Tabla 5. Ponderaciones de tiempo en las mediciones de ruido.**

<b>PONDERACIÓN DURANTE EL TIEMPO</b>	<b>DURACIÓN DEL PULSO</b>
<b>Lento (Slow S)</b>	Valor aproximado de 1 s
<b>Rápido (Fast F)</b>	Valor aproximado de 125 ms
<b>Impulso (Impulse I)</b>	Valor aproximado de 35 ms

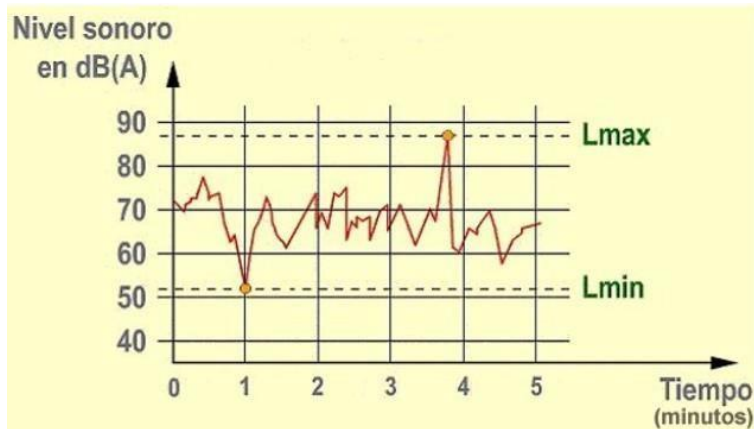
Tomada de: (García, 2003)

Como se logra observar en la Tabla 5., se cuenta con tres ponderaciones de tiempo en las mediciones de ruido, las cuales corresponden a Lento, Rápido e Impulsivo; el primero se emplea para medir ruidos que no presentan cambios rápidamente, teniendo un tiempo de respuesta de 1 s, lo cual indica que en ese lapso de tiempo el sonómetro capta las fluctuaciones del ruido y con este genera un valor equivalente de presión sonora; la ponderación en Fast se usa cuando los ruidos a medir presentan fluctuaciones (Influenciados por eventos en el momento) , (tiempo de respuesta 125 ms), la cual presenta una similitud con el sistema auditivo humano; el protocolo de medición de emisión ruido y ruido ambiental del MAVDT, establece que cuando el ruido es estable, es apropiado realizar la medición en ponderación Lento o Rápido; por último, la ponderación Impulse es seleccionada cuando los ruidos son impulsivos (variaciones rápidas en lapsos cortos de tiempo), esta ponderación determina un nivel medio en un corto período (Universidade de Vigo, 2016; Universidad Nacional Abierta y a Distancia , 2016;Labein, Centro Tecnológico, 2001).

Los niveles de presión sonora NPS, se denotan de la siguiente manera:  $L_A$ , cuando se ha medido en ponderación A, así mismo se pueden analizar los valores máximos y mínimos

L<sub>Amáx</sub> y el L<sub>Amin</sub> respectivamente, en el cual L<sub>Amáx</sub> expresa el valor máximo de NPS y el L<sub>Amin</sub> expresa el valor mínimo de NPS, durante el tiempo de estudio.

**Figura 9. Niveles sonoros máximos y mínimos de una medición de ruido.**



Tomado de: (Segués, 2007)

Los NPS continuo equivalente L<sub>Aeq</sub>, indican la energía sonora, la cual es percibida por cualquier persona en cierta cantidad de tiempo, así mismo los NPS continuo equivalente debe tener la indicación de tiempo (L<sub>Aeq T</sub>), identificando a su vez en que ponderación se ha realizado la medición en este caso ponderación A usando la siguiente fórmula para calcular L<sub>Aeq T</sub> (IDEAM,2004).

**Ecuación 3**

$$L_{Aeq}(T) = 10 \text{ LOG} \left( \frac{1}{T} \right) \int_T \left( \frac{P}{P_0} \right)^2 dt$$

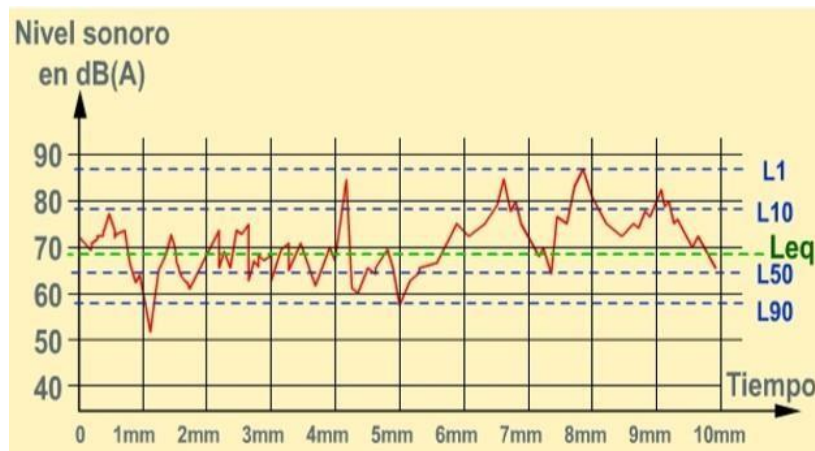
Donde: T=Tiempo de duración de la medición  
 P= Presión sonora instantanea en Pa  
 P<sub>0</sub>= Presión de referencia

Cuando los NPS presentan variaciones durante el periodo de tiempo de medición, se pueden fraccionar en rangos para que cada uno obtenga los valores de NPS, cuando dichos periodos son bastantes extensos se fraccionan en índices estadísticos por medio de los niveles percentilicos.

- Nivel L<sub>1</sub>: Este nivel denota el 1% del periodo de tiempo de la medición.
- Nivel L<sub>10</sub>: Este nivel denota el 10% del periodo de tiempo de la medición.
- Nivel L<sub>50</sub>: Este nivel denota el 50% del periodo de tiempo de la medición.
- Nivel L<sub>90</sub>: Este nivel denota el 90% del periodo de tiempo de la medición.
- Nivel L<sub>N</sub>: Nivel que representa el N% del periodo de tiempo de la medición

Por otra parte, la Resolución 627 de 2006 en el artículo 4 “Parámetros de medida”, establece que un dato a reportar es el L90, el cual indica el ruido de fondo durante la medición, es decir aquel ruido considerado indeseado que se genera al mismo tiempo de la medición y podría alterar los valores de la misma. Así mismo el percentil L10 y el percentil L50 indican una descripción del nivel del pico de la señal y la representación del ruido de tráfico respectivamente.

**Figura 10. Nivel sonoro continuo equivalente y niveles estadísticos**



Tomado de: (Segués, 2007)

#### **4.5.2 INSTRUMENTOS DE MEDIDA**

La mayoría de equipos usados para la medición de ruido están compuestos de un transductor, el cual es el micrófono que capta los niveles de ruido de la fuente analizada y posteriormente es transmitida al sistema de análisis, cuando la intensidad llega a este punto pasa por una serie de circuitos con el fin de ponderar la señal eléctrica, y por último llega al sistema de visualización en donde se observa la salida de los datos; el equipo de medida debe ser calibrado con anterioridad a su uso, ajustando el tiempo de respuesta ya sea: lento, rápido o por impulso (Ochoa, P., y Bolaños, B., 1990).

Para mediciones de ruido en ambientes laborales, se emplea un instrumento denominado dosímetro, el cual permite realizar lecturas de los niveles de ruido a los cuales han estado expuestos los empleados en su jornada de trabajo. El dosímetro es un monitor que sirve para conocer el espectro de frecuencias; y esto se lleva a cabo por el estudio del fenómeno sonoro, a través de unos filtros eléctricos y electrónicos que posee el equipo, el cual emplea dos variables para la medición: nivel de presión sonora y tiempo de exposición. Este instrumento

mide los niveles de ruido en una frecuencia ponderada A y posteriormente, el valor máximo diario permitido del ruido, es expresado en porcentaje, este valor dependerá de la dosis a la que se expone el trabajador y del tiempo al cual está expuesto (Ochoa Pérez & Bolaños Balari, 1990).

**Figura 11. Esquema de un sistema de medición de ruido por dosimetría**



Tomado de: <http://www.ehu.eus/acustica/espanol/ruido/inmes/inmes.html>

Las mediciones de ruido ambiental y de emisión de ruido se deben desarrollar con un sonómetro, herramienta principal en los estudios de ruido, ésta permite llevar un monitoreo de las diferentes fuentes de ruido en periodos de tiempo establecidos. Los sonómetros tienen como función medir los niveles de presión sonora en decibeles (dB), unidad que está relacionada con la amplitud, la intensidad y percepción del fenómeno físico de ruido. Este instrumento tiene la capacidad de medir ciertas características del ruido como: los valores máximos con constantes de tiempo, el valor máximo pico, el cual es importante para la prevención por pérdida de la audición y también puede medir los impulsos a los cuales el ser humano percibe el ruido de impacto.

Teniendo en cuenta la clasificación por sectores (ver Tabla 4.), y los correspondientes estándares máximos permisibles de ruido en dB, establecidos en la resolución 627 de 2006, los resultados de medición pueden ser tomados como base para generar; diagnósticos ambientales, planes de acción, y toma de decisiones, para control de contaminación auditiva. Es así que el manejo y manipulación de los datos de medición se ligan al uso de un software que ofrezca herramientas para ilustrar por medio de mapas de ruido las zonas que requieren intervención y de esta manera poder identificar las fuentes contaminantes (Ministerio De Salud y Protección Social., 2012, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial., 2006).

Los sonómetros deben cumplir los requisitos técnicos de fabricación establecidos por la comisión electrotécnica internacional (CEI), bajo la norma CEI 60651 y CEI 60804. A su vez en la norma CEI 60651 se definen cuatro tipos de sonómetros de acuerdo a su precisión, los cuales deben estipular las curvas de ponderación y la ponderación respecto al tiempo, estos son:

- Sonómetro de clase 0; empleados en los laboratorios con el fin de obtener un patron, el nivel de precisión oscila entre (-0,4 dB y 0,4 dB).
- Sonómetro de clase 1; son aquellos que se emplean para las mediciones en trabajo de campo, considerando una característica importante, la cual es la precisión, que esta comprendida en un rango de (-0,7 dB y 0,7 dB).
- Sonómetro de clase 2; utilizado para mediciones en trabajos de campo a nivel general, manejando una precisión entre (-1,0 dB y 1,0 dB).



- Sonómetro de clase 3; es poco empleado ya que no es tan preciso, su rango está comprendido entre (-1,5 dB y 1,5 dB) y solo registra mediciones aproximadas.

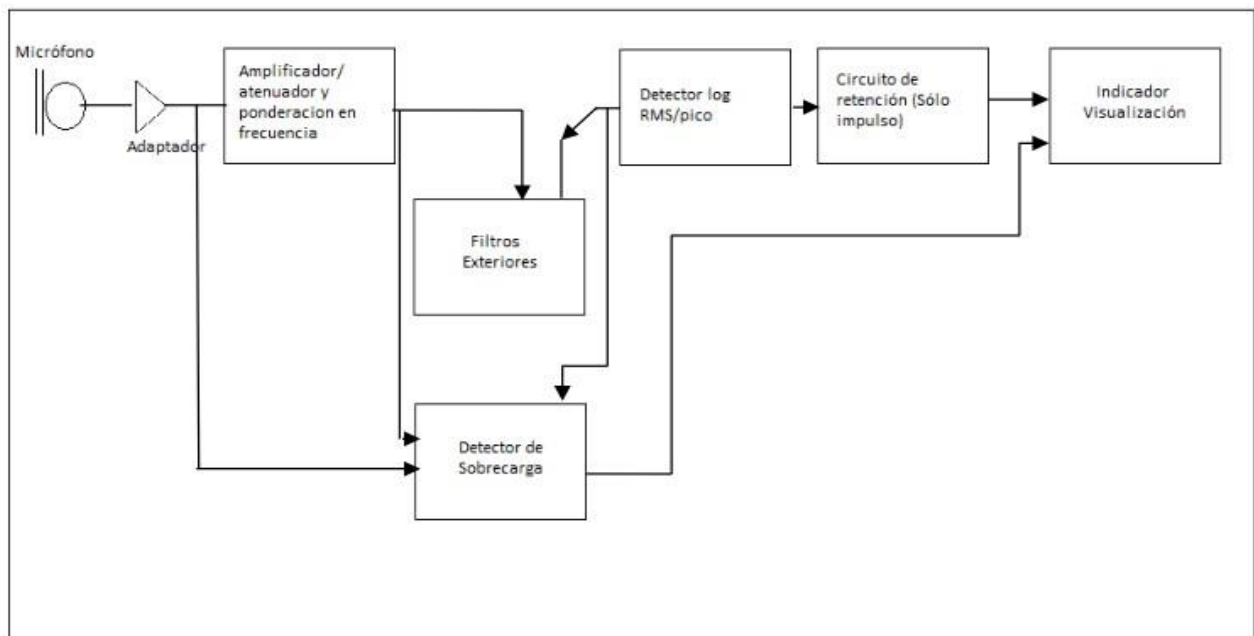
La clase de sonómetro a emplearse para las mediciones corresponde a la clase 1 debido a que este genera mayor precisión en los trabajos de campo.

De acuerdo a la clasificación de los sonómetros la norma CEI 60651, se sustituyó por la norma CEI 61672 del 2002, la cual establece los requisitos para realizar mediciones de los niveles de presión sonora y expone que las mediciones se deben realizar con sonómetros de clase 1 ó 2; ya que estos son los que permiten realizar mediciones en campo asegurando precisión en la lectura. Según la norma nacional, en la resolución 627 de 2006 del MAVDT, en el capítulo IV establece los equipos de medida y las mediciones, esta dicta que: “La selección de equipos de medida se debe hacer de manera que tengan capacidad para medir el nivel equivalente de presión sonora con ponderación frecuencial A,  $-L_{Aeq}$ , directa ó indirectamente; los instrumentos deben cumplir las especificaciones de sonómetros, clase 1 o mínimo clase 2 y que los sonómetros integradores promediadores deben ser clase P”.

Además de esto otro componente importante de los sonómetros son los filtros, considerados como los circuitos encargados de procesar la señal recibida por el equipo; con ellos se evalúa la composición del ruido por medio de bandas de frecuencia. Existe una clasificación de los filtros de acuerdo al uso, estas son: los filtros de medidas de campo y filtros que se requieren para análisis en el laboratorio. Los sonómetros de tipo 1 y de tipo 2 cuentan con tres tipos de filtros, los de 1 octava, los 1/3 de octava, y los de infrasonido y ultrasonido. Las frecuencias que manejan estos filtros se establecen de la siguiente manera: los filtros de 1 octava, están conformados a su vez por 10 filtros que poseen frecuencias entre 31,5 Hz y 16 kHz, los de 1/3

de octava comprenden frecuencias entre 20Hz y 20kHz y por último los filtros de ultrasonido e infrasonido son empleados para frecuencias ya sean superiores o inferiores del nivel audible (Ochoa Pérez & Bolaños Balari, 1990). A continuación en la Figura 12., se ilustra el esquema de medida de un sonómetro.

**Figura 12. Esquema de un sistema de medición de ruido mediante un sonómetro**



Tomado de: (Ochoa Pérez & Bolaños Balari, 1990)

## **5. METODOLOGÍA**

El proceso de medición de ruido ambiental se realizó guiado bajo el procedimiento y las directrices establecidas en la resolución 0627 de 2006 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en los Capítulos II y III del Anexo 3, y de acuerdo a principios establecidos en la guía UNE-ISO 1996-1:2005.

### **5.1 MEDICIÓN PRELIMINAR Y SELECCIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS**

Dados los objetivos de estudio propuestos en la investigación se definió como tiempo de medición el periodo de actividad académica correspondiente al mes de Febrero del año 2016 dentro de la Universidad Libre Sede Bosque Popular en un horario de 7:00 a.m. a 10:00 p.m., se adelantó un proceso de medición preliminar con el fin de seleccionar los puntos de medición de ruido ambiental que reflejaran la mayor incidencia en las actividades académicas, de tal manera que permitiera tener una información base representativa de la contaminación por ruido. Para esto se realizó primero la georreferenciación de la ubicación de la universidad y cada uno de los edificios y espacios de labor académica que hay al interior de esta, se estableció también el inventario de posibles fuentes de emisión exteriores a la universidad y que pudieran afectar las mediciones, durante una semana se verificaron eventos cotidianos que valieran la pena ser considerados pertinentes en el aporte a los niveles de presión sonora. El criterio de selección de las zonas de estudio finales fue; cercanía a salones de clase, áreas de estudio, y salas de profesores. En general se exceptuaron zonas cercanas a áreas de recreación y esparcimiento que se encuentran al aire libre.

Las mediciones preliminares se realizaron en diferentes campañas en una semana regular de trabajo, en horario diurno y nocturno, con el fin de cubrir la mayoría de posibles sitios críticos de la universidad durante la jornada académica y tuvieron una duración de 10 minutos de medición en cada punto. Los equipos utilizados para todas las mediciones realizadas cumplen con los requisitos de la resolución 627 de 2006;

- Sonómetro Tipo 1- IEC 61672:2002, Marca: SVANTEK 977- Serial 36140, el cual posee calibración de fábrica (precisión de  $\pm 1$  dB en el rango de frecuencia 20Hz a 20kHz), con analizador en tiempo real 1/1 o 1/3 de octava, bajo rango de ponderación A, y operado en modo rápido, (con activación simultánea también en impulsivo y lento).
- Micrófono SV 7052 (3,15 Hz÷ 20kHz con micrófono pre-polarizado 40AE), con una sensibilidad nominal de 35 mV/PA., y con realización de mediciones simultaneas de RMS, MTVV, Max, Peak, Peak-Peak, conectado a un IEPE preamplificador de micrófono con fuente de alimentación (SVANTEK Sp. z o. o., 2013).
- Pistofono, IEC 60942 Clase 1 de mano de nivel de sonido, calibrador para micrófonos de  $\frac{1}{2}$  "a 1000 Hz , usados para medidores de nivel de sonido y equipo de medición de sonido. El Larson Davis CAL200 calibrador de nivel de sonido, tiene un nivel de presión acústica de calibración 114,0 dB y 94,0 dB  $\pm 0,2$ , presenta una distorsión armónica <2% (seleccionable por conmutador) a una frecuencia de 1 kHz (Larsondavis, 2016).
- Trípode con alcance de 4 metros y extensión para conexión de sonómetro amplificador-micrófono de 4 metros.

- GPS, Marca: Garmin Etrex 20 - Serial 2DU232007, para georreferenciación de los sitios de medición y la herramienta GPSEXPLORER, para obtener los datos de la dirección del viento (Garmin Etrex (Garmin Ltd.)-Garmin International, Inc., 2011).
- Estación Meteorológica, Portátil, Marca: Kestrel 4000 NV - Serial 679964, (cuenta con anemómetro, termómetro, barómetro, higrómetro y altímetro), se empleó para las mediciones de las condiciones meteorológicas, velocidad del viento, humedad relativa y temperatura (Kestrel Pocket Weather Meters, 2008).

## **5.2 MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTAL**

Dados los resultados de las mediciones preliminares se seleccionaron tres puntos críticos o zonas de afectación por ruido; la biblioteca, exterior del edificio de posgrados y el bloque C. En estos sitios se efectuó el estudio definitivo mediante muestreos realizados entre el 17 de febrero y el 22 de febrero, divididos en 4 días entre semana y dos días de fin de semana; sábado y domingo, y en el horario de siete de la mañana hasta la finalización de clases en la universidad, a las diez de la noche. Muestra que será comparada con las directrices de la norma. Las mediciones se realizaron teniendo en cuenta que fuera tiempo seco, (ausencia de lluvias, lloviznas, truenos o caída de granizo), que los pavimentos de las vías cercanas estuvieran secos y que la velocidad del viento fuera menor a tres metros por segundo (3 m/s), durante todo el proceso como lo establece la norma, se utilizó la pantalla antiviento. Los parámetros del sonómetro fueron; ponderación A, filtro 1/3 de octava, modo simultaneo Slow, Impulse y Fast, parámetros de medición  $L_{Apeak}$ ,  $L_{ASmax}$ ,  $L_{Aeq Ln}$   $L_{Aeq T}$ , y con calibraciones realizadas al inicio y final de la jornada de medición. Los demás equipos utilizados son los mismos mencionados en el anterior numeral.

Para el tratamiento y presentación de datos se realizó la descarga a un PC a través del programa SvanPc++, complemento del Sonómetro, su uso consistió en procesar los datos de medición de ruido realizados con el sonómetro; se sustrajeron las gráficas del comportamiento de las presiones acústicas, teniendo en cuenta la relación dB(A) y tiempo, permitiendo obtener datos como: duración de la medición, hora y fecha inicial y final, LApeak, LAmax, LAmin, LAeqv, entre otros (© 2016 RAECO Rents LLC Bensenville Illinois, USA, 2016). Posteriormente con el Software Svan Supervisor, se organizaron los datos obtenidos a través del sonómetro de una forma estructurada y clasificada, bajo los parámetros de tiempo de medición, frecuencias (desde 20 Hz a 20000Hz) e inicio del día y tiempo; (Copyright 2014 Svantek. Wszelkie prawa zastrzeżone, 2016), y finalmente los datos organizados fueron exportados a Excel, por cada punto medido, esto con el propósito de proceder a realizar los ajustes K, necesarios para dar un resultado de los NPS y compararlo con la norma. Los ajustes o correcciones a los niveles de presión sonora continuo equivalente ponderados A, LAeq, T, LAeq, T, Residual y nivel percentil L90, se corrigieron por; impulsividad, tonalidad, horarios y tipos de fuentes, para obtener niveles corregidos de presión sonora continuo equivalente ponderados A, LRAeq, T, LRAeq, T, Residual y nivel percentil L90, respectivamente.

### **5.2.1 MAPAS DE DISTRIBUCIÓN DE RUIDO**

Se generó una modelación simplificada, en donde se representa una distribución espacial de los NPS conforme a la ubicación de los tres puntos de medición y la interpolación de los datos obtenidos en cada uno de estos. Para ello se empleó el programa Arcgis 10.3 (Esri, 2016) y algunas de las herramientas de georreferenciación e interpolación que el mismo presenta, y junto a esto se emplearon las imágenes extraídas de google earth.

La función aplicada corresponde a la de un kriging, metodología de interpolación de datos, cuyo método se inclina por obtener una relación estadística entre los puntos de medición, más conocido como una auto correlación, donde se presenta una predicción del comportamiento de los datos, además esta función ofrece el análisis a la tendencia de isotropía (mismo comportamiento sin afectación por la dirección) o anisotropía (variaciones debido a la dirección); indicando si las variables a estudiar presentan alguna dependencia espacial hacia una dirección en particular o hacia varias de ellas, como producto de la aplicación de un Kriging, se tiene un mapa con los valores interpolados e ilustrados por gama de colores. (Copyright 2016 Environmental Systems Research Institute, Inc., 2016; Rodríguez Santos, S.F; Yepes y otros, 2008; Villatoro y otros, 2008; Murillo y otros, 2012).

### **5.2.2 ROSA DE VIENTOS**

Para la determinación de la rosa de vientos se tomó como base los datos meteorológicos de la estación de monitoreo más cercana de la Universidad Libre; estación Jardín Botánico datos suministrados por el IDEAM (desde el día 1 de febrero de 2016 hasta el 29 de febrero de 2016), resaltando únicamente los datos del periodo de muestreo, la cual se desarrolló mediante la aplicación del software de uso libre WRPLOT View, (Wind rose plots for meteorological data – versión 7.00 – Lakes Environmental), (Copyright © 1995-2016 Lakes Environmental Software, 2016).

### **5.3 DEFINICIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN**

Se desarrolló una correlación de los resultados del estudio; entre la recolección de información complementaria que permitió la caracterización de la zona de medición; identificando centros educativos, instituciones, tipo de industrias, tipo de vías, centros de recreación y de

espectáculos, datos de tráfico y parque automotor, carreteras, parqueaderos, negocios, así como los respectivos tipos de horarios de operación, distancias a zonas muy ruidosas o fuentes externas denuncias por contaminación por ruido y acciones a las que dieron lugar, así como la identificación de fuentes internas que tienen incidencia con los NPS en la Universidad Libre, con los resultados de medición de ruido y con los mapas de distribución de ruido. De esta manera se planteó un plan de acción, que permita una mejora en las condiciones de exposición al ruido por parte de la población universitaria y en miras a dar cumplimiento a la resolución 627 de 2006 del MAVDT.

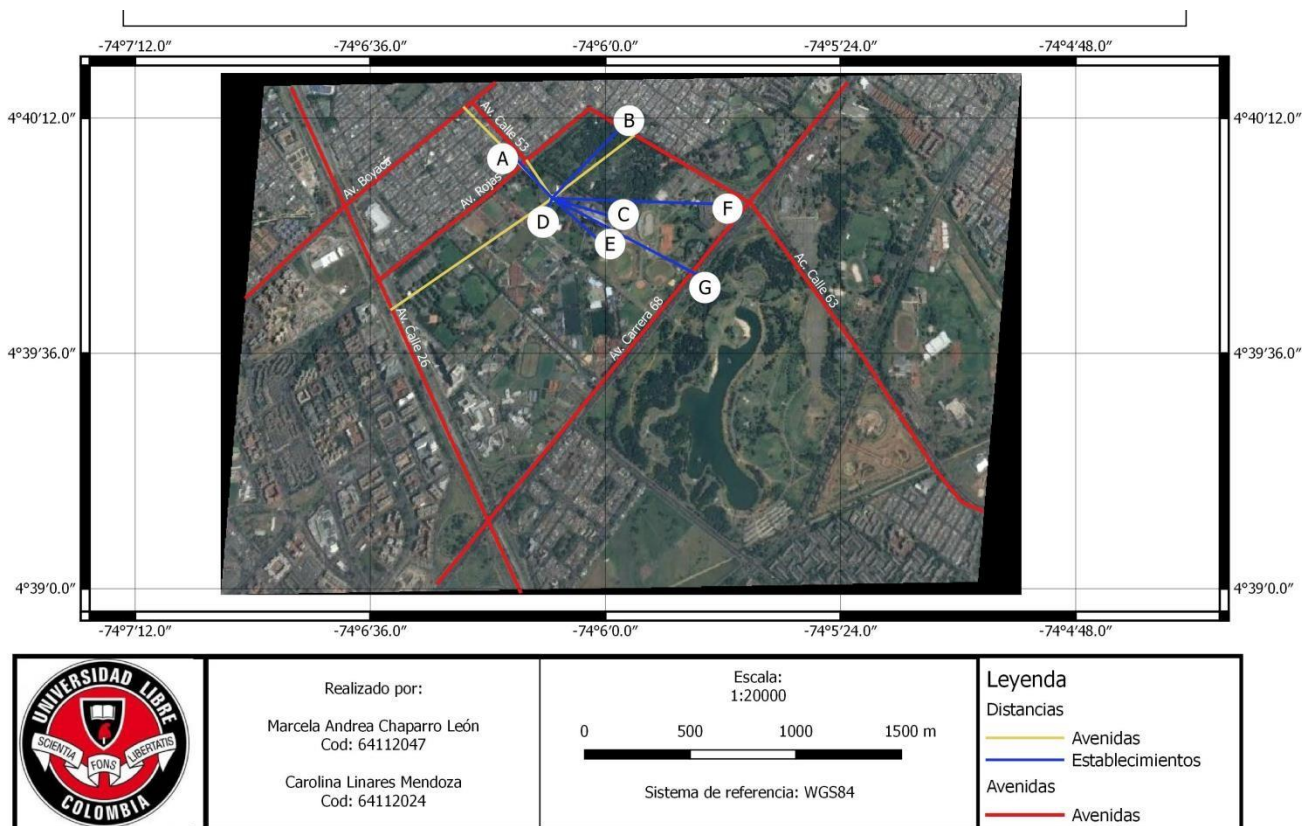


## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 MEDICIÓN PRELIMINAR Y SELECCIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS

Mediante la herramienta interactiva de Google Earth, la cual permite visualizar zonas de interés con múltiple cartografía y en base a las fotografías satelitales, ofrece opciones de georreferenciación, medición e identificación de elementos requeridos para generar un soporte visual al proceso de investigación, se estableció la ubicación específica de la zona de medición (ver Figura 13.), realizando una caracterización, a través de la identificación e inventario de las posibles fuentes externas y sus distancias relativas, e identificando también las fuentes internas que tienen incidencia con los NPS en la Universidad Libre.

**Figura 13. Ubicación específica de la zona de muestreo**



Fuente: Google Earth

Para tomar las distancias desde la Universidad hasta las fuentes externas y avenidas principales, se tomó como referencia el punto de la Biblioteca, por ser de los puntos de interés y crítico, el más cercano a la entrada de la Universidad, al Jardín Botánico, al Coliseo El Salitre y al Colegio de la Universidad Libre, además por ser este el primer punto de medición. A continuación, en la tabla 6 se relacionan dichas distancias.

**Tabla 6. Identificación de fuentes externas y distancia desde la Universidad Libre**

AVENIDAS PRINCIPALES			PUNTOS ALEDAÑOS		
No.	Descripción	Distancia (m)	No	Descripción	Distancia (m)
1	Av. Boyacá/ Cra. 72 (Oeste)	762	A	Bares y discotecas (Oeste)	360
2	Calle 53 (Oeste)	294	B	Jardín Botánico (Norte)	67,8
3	Av. Rojas / Cra. 70 (Oeste)	294	C	Colegio Universidad Libre (Este)	206
4	Calle 63 (Norte)	425	D	Colegio Militar Simón Bolívar (Sur)	187
5	Av. 68 (Este)	752	E	Compensar (Este)	310
6	Calle 26 (Sur)	906	F	Coliseo El Salitre (Este)	715
			G	Parque Metropolitano Simón Bolívar (Este)	752

Fuente: Autores

A través de un recorrido en los alrededores de la Universidad y principalmente en la calle 53, entre la avenida rojas y la avenida Boyacá, dada la evidente presencia de fuentes potenciales de ruido, representadas por el funcionamiento de bares y discotecas, se identificaron la cantidad de establecimientos y su uso, así como los horarios de funcionamiento; se expone una identificación en dos tiempos (2015-2016), debido a que se evidencio un cambio en el transcurso de un año, ver Tabla 7.

Se pudo observar una gran cantidad de establecimientos dedicados a diferentes actividades comerciales, dicho crecimiento de oferta comercial es propiciado por la cercanía de la Universidad Libre y el potencial mercado asociado a la alta cantidad de personas que transitan entrando y saliendo del centro académico. La influencia de las actividades identificadas con relación al nivel de presión sonora que puede afectar las actividades académicas, se calificaron teniendo en cuenta factores que dada su actividad permitían una influencia perceptible en la Universidad, de la siguiente manera:

Alta: Si presenta una distancia entre 0 m a 70 m con relación al sitio de delimitación de la universidad (se tiene en cuenta el decreto que establece las distancias de ciertos establecimientos a las instituciones académicas), además si su funcionamiento se genera en jornadas diurna y nocturna, y si se presenta una alta percepción de ruido producido por la actividad que oferta el establecimiento y/o la fuente.

Media: Si se encuentra a una distancia entre 0 m y 400 m con relación al sitio de delimitación de la universidad (se tiene en cuenta el decreto que establece las distancias de ciertos establecimientos a las instituciones académicas), su funcionamiento puede ser diurno, nocturno o ambos, se presentan actividades constantes o esporádicamente, a pesar de que se genera ruido este no se contempla a gran escala en la institución y/o la duración del ruido no es por largos lapsos de tiempo.

Baja: Si se encuentra a una distancia entre 0 m y 400 m o más, con relación al sitio de delimitación de la universidad (se tiene en cuenta el decreto que establece las distancias de ciertos establecimientos a las instituciones académicas), presentan horarios de funcionamiento

diurno y nocturno y finalmente dentro de la institución no se percibe ningún ruido procedente del establecimiento.

**Tabla 7. Inventario de fuentes de ruido en la zona de estudio**

Datos Recolectados										
Identificación	# 1 Realizada el 28/05/15	N°	Influencia			# 2 Realizada el 20/06/16	N°	Influencia		
			B	M	A			B	M	A
Establecimientos	Bares	16		X		Bares	19		X	
	Restaurantes	11		X		Restaurantes	12		X	
	Viviendas Residenciales	5	X			Viviendas Residenciales	8	X		
	Papelerías	10	X			Papelerías	8	X		
Vías Principales	Lavaderos (carros y motos)	2	X			Lavaderos (carros y motos)	2	X		
	Tiendas comerciales *	10	X			Tiendas comerciales *	9	X		
	Lotes abandonados	2	X			Lotes abandonados	2	X		
	Colegios (Simón Bolívar y Universidad Libre)	2			X	Colegios (Simón Bolívar y Universidad Libre)	2			X
	Parque Metropolitano (Simón Bolívar)	1		X		Parque Metropolitano (Simón Bolívar)	1		X	
	Centros de eventos (Compensar)	1		X		Centros de eventos (Compensar)	1		X	
	Jardín Botánico	1		X		Jardín Botánico	1		X	
	Aeropuerto (Tránsito aéreo)	1			X	Aeropuerto (Tránsito aéreo)	1			X
Vías Principales	Las vías principales que rodean la Universidad, presentan una alta densidad vehicular, pero su nivel de incidencia varía, siendo estas así: No significativas, la Avenida 68, Avenida Boyacá/ Cra 72, Calle 26, Calle 63; Significativas Calle 53, Avenida Rojas / Cra 70 (Sirenas, Pitos), las dos últimas son las que presentan gran cercanía a la institución.									

Fuente: Autores

- La cantidad de establecimientos en la observación del año 2016, se ha mantenido a la actualidad (Enero – Junio).
- \*Influencia: B → Baja, M → Media, A → Alta

De la anterior tabla se resalta la mayor cantidad de fuentes de alta y media influencia con relación a las viviendas dedicadas solo a la actividad residencial, que para el presente estudio no se consideran una fuente relevante de ruido dada su baja influencia en la contaminación sonora, al igual que los dos lotes abandonados que están en la zona exterior a la universidad Libre. Otras caracterizaciones de las diferentes actividades, es la siguiente:

Bares	Se consideran con una afectación sonora significativa debido a las actividades desarrolladas (Música con altos niveles de ruido, charla de personas, baile, eventos de patrocinadores, entre otros), además el horario de funcionamiento de los bares generalmente de martes a sábado inicia desde las 11:00 am hasta 2:00 am.
Restaurantes/ Comidas Rápidas	Se considera una fuente media de emisión de ruido, debido al alto flujo de personas que se presentan, televisores funcionando, y/o equipo de sonido, se focaliza más en el horario de las 12:30 pm y 2:30 pm. Sin embargo, dicha actividad para comidas rápidas permanece hasta aproximadamente las 10 de la noche, hora de salida de los estudiantes y los fines de semana desde el jueves hasta aproximadamente las dos de la mañana. La mayoría de los
	restaurantes, después del ahora de almuerzo adecuan sus instalaciones para venta de licor.
Papelería-Plotter	No se considera una fuente emisión de ruido que pueda alterar los NPS, debido a que allí se ejecutan actividades como consultas en internet, impresiones, empaste y venta de elementos de papelería, su funcionamiento inicia a las 6:30 am hasta aproximadamente las 10:00 pm.
Lava autos/ Lava Motos	No se considera una fuente de emisión de ruido significativa; puesto que el uso de maquinaria que puede ser causante de fluctuaciones en los NPS, no son de uso continuo.
Tiendas comerciales:	No se considera una fuente emisión de ruido que pueda alterar los NPS, debido a que el posible ruido generado se percibe dentro de los establecimientos y no en su exterior (D1, Tatuajes, venta colchones, productos de belleza, arreglo computadores , 2 Peluquería- 2 Spa).
Colegio Simón Bolívar	Se identifican actividades como la entonación de himnos en horas de la mañana, la recreación dentro de este, espacios de descanso de los alumnos y los ensayos de la banda marcial, actividad que no cuentan con un horario establecido, pues su percepción se da en diferentes horas en el transcurso del día.
Colegio Universidad Libre	Las actividades de horarios de recreo, educación física; entrada y salida de rutas en horarios específicos, presentan una influencia directa de ruido la cual se evidencia especialmente en el Bloque C y Bloque D.

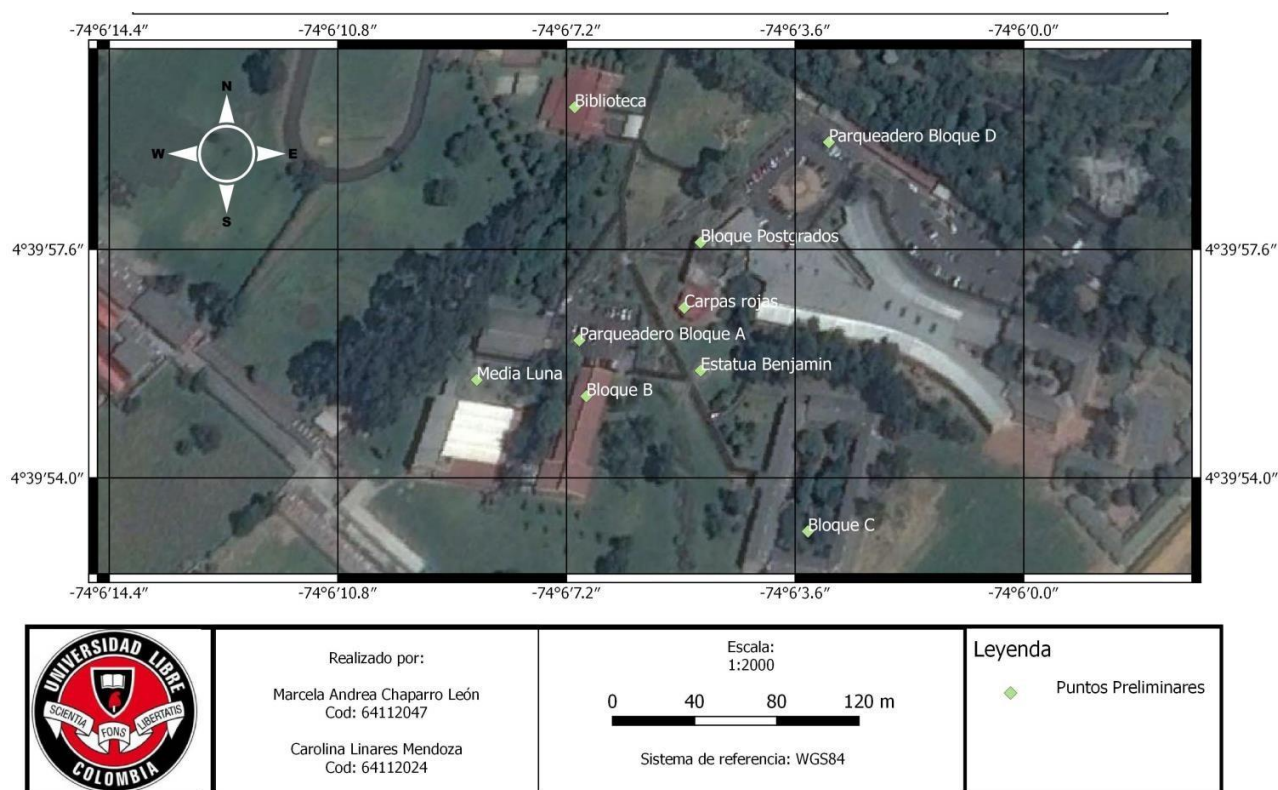
Jardín Botánico	La influencia de presión sonora ejercida por este establecimiento se presenta en la renovación y construcción de nuevos escenarios en su interior, por su cercanía a la biblioteca y al bloque D. Sin embargo, dicho espacio se considera también bajo afectación de la contaminación sonora dadas las especies de flora que allí se desarrollan.
Parque Metropolitano Simón Bolívar	Las actividades programadas en el Parque durante el año 2015, se llevan a cabo con mayor frecuencia durante los fines de semana, estos corresponden a eventos tipo concierto, como lo son: Salsa al Parque, Rock al Parque, Jazz al Parque, Hip Hop al parque, otro tipo de eventos son: Lunada Universitaria, Festival de Verano, Festival de Iberoamericano de Teatro, Escuelas Deportivas, Lanzamiento de Eventos Comerciales, Jornadas Pedagógicas. Entre semana se desarrollan menor número de actividades las cuales puedan representar alguna influencia en la Universidad debido al sonido de parlantes y o bafles para difusión de música o comunicación a los asistentes a eventos, y en algunos de ellos el ruido de juegos pirotécnicos.
Aeropuerto	Debido a la cercanía con el Aeropuerto Internacional el Dorado y a la disposición de la pista para despegue de aviones, se presenta gran flujo aéreo sobre la zona aérea de la Universidad, siendo notoria por la gran percepción, y de gran influencia para el desarrollo de las actividades académicas.
Centro de eventos Compensar	La influencia que representa este centro se considera media, puesto a las actividades que este ofrece de recreación (conciertos, concursos, entre otros) son altamente percibidas en las instalaciones de la Universidad, pero algunas de ellas no son actividades que se perciban a diario, ni con frecuencia.

Al analizar la cantidad y el servicio ofertado en las instalaciones que rodean la Universidad Libre, se puede concluir que la Universidad se encuentra en una zona de influencia sonora, ya que cuenta a su alrededor con un número considerable de establecimientos (33 establecimientos en el año 2015 y 37 en el año 2016, clasificados con influencia Media y Alta) los cuales, debido a su cercanía, y al uso o servicio que ofertan presentan altos niveles de ruido, además de las actividades de colegios y centros de recreación que la rodean y por el tránsito aéreo y vehicular. Algunos de estos fenómenos sonoros son intermitentes, y otros continuos y constantes, de acuerdo también con el desarrollo intermitente o continuo de la actividad. Esta influencia debe ser considerada en el estudio de ruido ambiental, y la principal fuente a considerar además del tráfico aéreo hace alusión al funcionamiento de los bares, (actualmente 19 bares sobre la calle 53); de los cuales 14 de ellos no cumplen con la distancia

especificada en el Decreto 484 de 2011, que determina que, con el fin de garantizar un ambiente de tranquilidad y propicio para el desarrollo de actividades propias de instituciones educativas, no se deben presentar a menos de 200 m , establecimientos que se dediquen a la venta de bebidas , juegos de azar y diversión.

Respecto a la caracterización de actividades al interior de la Universidad Libre que puedan presentar fenómenos de contaminación sonora; se realizó primero una zonificación de acuerdo con a la distribución de áreas que esta presenta, y con relación a las edificaciones, zonas verdes, áreas de recreación y áreas de esparcimiento; se seleccionaron para la medición preliminar puntos cercanos a donde se realizan actividades académicas como; clases, sitios de estudio y concentración, donde se requiere un ambiente de tranquilidad y bajos niveles de distracción. De esta manera en la ejecución del estudio y evaluación rápida, para identificar puntos que se consideran críticos y que requieren de un estudio y análisis más detallado, se seleccionaron preliminarmente 10 sitios de medición; biblioteca, polideportivo, bloque de ciencias económicas (interior Bloque C), media luna (frente al bloque de geomática, Bloque L), bloque de posgrados (interior bloque P), bloque de ingeniería (Bloque B), carpas rojas (zona exterior edificio de posgrados), estatua Benjamín Herrera, parqueaderos bloque de ingeniería (Bloque A), y bloque de derecho (anexo colegio, Bloque D) (Ver Figura 14).

**Figura 14. Ubicación de los puntos del muestreo preliminar**



Tomado de: Google Earth

Los resultados del muestreo preliminar se pueden observar en la Tabla 8. En ella se muestran un resumen de los principales eventos y/o actividades que generan ruido y los rangos de NPS en decibeles que se presentaron en las mediciones realizadas para los diferentes puntos seleccionados de manera preliminar. En las mediciones se presentan muchos casos (eventos, tiempos específicos) en donde el ruido ambiental supera los niveles máximos permisibles para el tipo de sector de estudio (65,0 dB universidad y 55,0 dB para biblioteca), y esto correlacionado con las principales actividades descritas y que dada su frecuencia, se indican como eventos cotidianos durante el funcionamiento de la institución; tráfico de aviones, lo cual ocurre de manera intermitente durante todo el día ,todos los días y que presenta variaciones



solo dependiendo del tamaño del avión y de la cercanía con la que pasa en el espacio de la universidad, pero en todos los casos eleva los NPS haciendo que se sobrepase el límite máximo permisible. El paso de personas (charlando, jugando), es otra actividad lo cual ocurre principalmente importante y común en los NPS y que se genera principalmente en las franjas de cambios de clase y hora de almuerzo (entre 12:30 p.m y 2:00 p.m), en general después de las 9 de la mañana, esta actividad en todos los puntos de medición se hace constante, pero no con la misma intensidad que cuando hay mayor tránsito de personas.

**Tabla 8. Eventos que inciden en el comportamiento de los NPS durante las mediciones preliminares**

Punto de interés	Eventos / Actividades	Día y hora medición (2015)	Rangos presentados (dB)
Biblioteca	Flujo de personas, paso de aviones	<b>17 marzo</b> 10:37 am 15:05 pm 18:00 pm <b>18 marzo</b> 11:05 am 12:09 pm <b>23 marzo</b> 10:00 am	(48,5 - 60,7) (65,4 - 69,7) (55,6 - 68,8) (51,2 - 56,1) (58,7 - 64,5) (62,1 - 75,4)
Bloque B	Flujo de personas, paso de aviones	<b>18 marzo</b> 12:25 pm 12:38 pm	(51,0 - 53,8) (57,6 - 61,8)
Bloque C	Flujo de personas, paso de aviones	<b>17 marzo</b> 10:09 am 16:17 pm 18:38 pm <b>18 marzo</b> 13:49 pm 14:56 pm 17:29 pm 18:01 pm	(55,9 - 67,2) (60,2 - 68,7) (65,7 - 70,3) (56,3 - 68,8) (55,4 - 56,8) (63,3 - 66,6) (62,1 - 74,9)

Punto de interés	Eventos / Actividades	Día y hora medición (2015)	Rangos presentados (dB)
Bloque P (Área interior)	Flujo de personas, paso de aviones	<b>18 marzo</b> 14:03 pm 18:37 pm	(50,4 - 60,8) (53,9 - 59,4)
Estatua Benjamín Herrera	Flujo de personas, paso de aviones	<b>17 marzo</b> 9:51 am 15:58 pm <b>18 marzo</b> 14:19 pm <b>18 marzo</b> 18:04 pm <b>25 marzo</b> 9:32 am	(50,2 - 60,5) (56,4 - 58,6) (48,6 - 50,0) (50,9 - 55,0) (49,0 - 51,7)
Exterior bloque P (zona de carpas rojas)	Flujo de personas, paso de aviones	<b>18 marzo</b> 10:06 am 12:23 pm 17:15 pm 18:19 pm 18:23 pm	(49,9 - 58,0) (67,4 - 75,2) (60,3 - 66,4) (63,8 - 67,6) (62,3 - 78,3)
Media Luna	Paso de aviones	<b>18 marzo</b> 14:37 pm	(50,3 - 65,0)
Parqueadero Bloque A	Paso de aviones, alarma carros, flujo de personas, flujo vehicular	<b>17 marzo</b> 9:37 am 19:03 pm <b>18 marzo</b> 16:26 pm 19:12 pm	(52,6 - 60,7) (61,3 - 67,5) (61,2 - 68,2) (59,1 - 55,0)
Parqueadero Bloque D	Paso de aviones, flujo vehicular	<b>17 marzo</b> 10:31 am 12:37 pm 15:34 pm <b>18 marzo</b> 10:35 am 16:56 pm <b>25 marzo</b> 9:46 am	(50,0 - 60,3) (53,6 - 58,2) (46,9 - 53,8) (48,8 - 50,7) (55,0 - 64,9) (56,0 - 61,0)
Polideportivo	Actividades deportivas, clase de deportes, paso de aviones	<b>17 marzo</b> 10:53 am 11:47 am 17:36 pm 18:40 pm <b>18 marzo</b> 11:41 am 19:26 pm	(51,5 - 68,6) (65,8 - 69,4) (54,7 - 57,6) (62,0 - 65,3) (61,4 - 68,7) (54,3 - 60,6)

17 de Marzo corresponde a día martes, igual que el día 25 de Marzo.

Los espectros de las mediciones preliminares realizadas y los demás datos de condiciones de muestreo (todos los eventos específicos, tiempo y fecha de muestreo), se encuentran en el Anexo 1. Espectros de ruido y eventos registrados durante la medición preliminar.

Se logra identificar que en la universidad se tienen diferentes tipos de ruido que aportan al NPS, considerado como ruido constante la influencia de tráfico vehicular en la avenida rojas, aledaña a la universidad, se presentan también; ruido intermitente (tránsito de aviones), ruido rosa (flujo de personas, cuando pasan hablando de manera moderada) y ruido fluctuante (actividades lúdicas y clases al aire libre). Se encontró también que los puntos de medición que tienden a conservar NPS menores con relación a todos los sitios de medición preliminares son; bloque B, Estatua Benjamín Herrera, Área interior del bloque P, Media luna, Parqueadero bloque D, polideportivo (pero en momentos de no actividad), mientras que presentaron más altos NPS; el parqueadero del bloque A, bloque C, área externa del bloque P (zona de carpas rojas) y la zona de la biblioteca. Por ende, teniendo en cuenta el criterio de cercanía a salones de clase, salas de profesores, áreas de estudio, eventos y los puntos que presentan NPS mas altos; estos últimos cuatro se consideran como puntos críticos o de mayor interés de estudio debido a las fluctuaciones y marcación de picos altos; sin embargo, se resalta que en el punto donde se ubica el polideportivo es un área de recreación y deporte, por lo cual los eventos presentados son afines a su uso, por esta determinación el polideportivo no fue tomado como punto crítico, solo se realizaran mediciones en sitios destinados a actividades académicas en su mayoría no recreacionales, y se verificara la influencia de las actividades en el polideportivo con estas como generador de perturbaciones en las actividades académicas. Se incluirá una medición de interés específico que corresponde al interior del bloque D, lugar primordialmente dedicado a dictar clases y en el que se ubican los laboratorios de química, física y biología que

prestan servicio tanto a la universidad como al colegio, pero en el que se presenta también dentro de este el funcionamiento del gimnasio en un espacio físico cerrado o aula (cercano y al frente de los laboratorios y con alto nivel de ruido por la música que se escucha en ocasiones en todo el interior del edificio), y en el espacio central abierto; entrenamiento de ping pong, entrenamiento de artes marciales, ensayos de danzas.

## **6.2 MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTAL**

Las mediciones definitivas del estudio de ruido ambiental en los tres puntos críticos seleccionados en la Universidad Libre y en el punto de interés, al interior del bloque D, se realizaron en la semana del 17 de Febrero al 22 de Febrero de 2016, mientras que la medición de fin de semana correspondiente al domingo se realizó el 28 de Febrero. La georreferenciación de los puntos de medición se puede observar en la Figura 15., mientras que los eventos más comunes presentados durante los seis días de medición fueron resumidos en la Tabla 9., en donde se muestra el registro de la frecuencia del fenómeno sonoro y en el que fácilmente se evidencia que el tráfico aéreo es la principal fuente de ruido en la universidad, pero que también muestra otras actividades o fenómenos a tener en cuenta en la medición de ruido.

**Figura 15. Georreferenciación de los puntos de medición críticos**



Extraída de: Google Maps

**Nota:** Los números (1 y 4) corresponden a la Biblioteca, (2 y 6) al exterior del bloque de posgrados, 3 al interior del Bloque de derecho (Bloque D), y 5 al Bloque de Ciencias Básicas y Contaduría (Bloque C).

**Tabla 9. Principales eventos percibidos en las mediciones**

Evento	Registros	Punto evidenciado
<b>Aviones</b>	924	Biblioteca- Bloque C- Bloque D- Exterior Bloque P
<b>Flujo de personas (personas hablando, gritando, presencia cerca al sonómetro, etc.)</b>	189	Biblioteca- Bloque C- Bloque D- Exterior Bloque P
<b>Poda del césped</b>	55	Biblioteca
<b>Entonación himnos – banda de guerra de colegio militar</b>	12	Exterior Bloque P – Bloque C
<b>Espacio recreación a cargo de bienestar.</b>	1*	Exterior Bloque P *Este evento se presentó una sola vez, con duración de 2 horas.
<b>Otros (Motores de carros, ambulancias, timbre colegio, entrenos de danza)</b>	16	Biblioteca- Bloque C- Bloque D- Exterior Bloque P

Fuente: Autores

De acuerdo con los resultados obtenidos de las mediciones finales realizadas en una fecha diferente y durante toda la jornada académica y correlacionando con los muestreos preliminares realizados en diferentes tiempos por espacios de aproximadamente 10 minutos, se encuentra que las mediciones preliminares fueron un buen indicador del fenómeno de ruido, ya que en las mediciones definitivas se manifiestan los mismos tipos de eventos y los valores de las mediciones indican similitud y reafirman la afectación por ruido dentro del plantel académico. Los eventos que se presentan predominantes, y que se constituyen como las principales fuentes que generan variaciones apreciables en las distintas mediciones, tanto preliminares al comparar mediciones hechas el mismo día en el mismo punto, mediciones realizadas diferentes días en el mismo punto o en puntos diferentes, así como las mediciones definitivas, son; el tránsito aéreo y el flujo de personas (inevitable, por la misma función de la universidad), también se evidenciaron eventos importantes como: la entonación de himnos y el ensayo de la banda de guerra en el colegio militar Simón Bolívar; la cual se produce a diario; jornadas de poda del pasto (con duración mayor a 30 minutos), motores de carros y motos, sonidos de ambulancias; los cuales se consideran eventos esporádicos, ruidos generados por los estudiantes de la Universidad Libre en horas de recreación a cargo de Bienestar Universitario y de estudiantes del colegio de la Universidad Libre en la hora de recreo, influencia que se presenta con mayor efecto de ruido en los bloques que colindan con las áreas específicas; bloque C y bloque D.

Teniendo en cuenta la Resolución 627/2006, la cual expresa que se requiere realizar correcciones de los NPS, y tener en cuenta las coordenadas para la ejecución de la modelación simplificada, (Ver Anexo 3. Base de datos), se obtuvieron los siguientes resultados:

## Correcciones implementadas

Según la norma trabajada del MAVDT, se evidenció que el proyecto desarrollado requería el ajuste de Cuatro variables, las cuales corresponden a

**Tabla 10. Correcciones a realizar a los NPS (dB)**

Variable	Que comprende	Formula o Ajuste	Resultado
K <sub>s</sub>	Si el Ruido proviene de instalaciones de ventilación y climatización.	Periodo diurno 5 dB (A)	0
		Periodo Nocturno 8 dB (A)	
K <sub>R</sub>	Si se presenta una fuente en horas de la noche la cual represente molestias a las personas, se aplica esta corrección.	10 dB (A) Al periodo Nocturno	0
K <sub>T</sub>	Tiene en cuenta los componentes tonales del ruido en el lugar de medición (Resolución de 1/3 de octava).	Fórmula: $L = L_t - L_s$ Donde, L <sub>t</sub> : Presión sonora de la banda f que contiene el tono puro. L <sub>s</sub> : Es la media de los niveles de las dos bandas situadas por encima y por debajo de f.	0,3 y 6
K <sub>i</sub>	Tiene en cuenta los componentes impulsivos del ruido en el lugar de medición.	Fórmula: $L_i = L_{AI} - L_{AI,T_i}$ Donde, L <sub>AI</sub> : Valores de P <sub>2</sub> (L <sub>a eqv</sub> ) L <sub>AI,T<sub>i</sub></sub> : Valores de P <sub>1</sub> (L <sub>a eqv</sub> )	0

- Se aclara que la corrección se realiza con el mayor valor arrojado por las correcciones K
- Fuente: Autores

Tener en cuenta para interpretación:

- **K<sub>S</sub>**: Esta variable no es aplicable, debido a que las mediciones no se realizaron en espacios donde se presentaran instalaciones de ventilación y/o climatización. Por tanto, su Valor es cero "0"
- **K<sub>R</sub>**: Esta variable no es aplicable, debido a que esta corrección no debe ser tomada en cuenta para estudios de ruido ambiental (Se tiene en cuenta en estudios realizados a las fuentes). Por tanto, su Valor es cero "0"
- **K<sub>T</sub>**: Se determina presencia de componentes tonales

Entre 20 a 125 Hz, Si  $L < 8$  dB(A), No hay componente, Si 8 dB(A) L 12 dB(A), hay componente tonal Neto, Si  $L > 12$ , hay componente tonal Fuerte.

Entre 160 a 400 Hz, Si  $L < 5$  dB(A), No hay componente, Si 5 dB(A) L 8 dB(A), hay componente tonal Neto, Si  $L > 8$  dB(A), Hay componente tonal Fuerte.

De 500 Hz en adelante, Si  $L < 3$  dB(A), No hay componente, Si 3 dB (A) L 5dB (A), Hay componente tonal Neto, Si  $L > 5$  dB (A), Hay componente tonal Fuerte.

Teniendo en cuenta lo anterior, se asigna según sea el caso los dB correspondientes,

Percepción nula de componentes tonales se asigna 0 dB(A).

Percepción neta de componentes tonales se asigna 3 dB(A).

Percepción fuerte de componentes tonales se asigna 6 dB(A).

- **K<sub>I</sub>**: Se determina presencia de componentes impulsivos

Si  $L_i < 3$  dB (A), No hay componente impulsivo.



Si 3 dB (A) Li 6 dB(A), Hay percepción neta de componentes impulsivos.

Si > 6 dB (A), Hay percepción Fuerte de componentes impulsivos.

Teniendo en cuenta lo anterior, se asigna según sea el caso los dB correspondientes

Percepción nula de componentes impulsivos se asigna 0 dB(A).

Percepción neta de componentes impulsivos se asigna 3 dB(A).

Percepción fuerte de componentes impulsivos se asigna 6 dB(A).

**Tabla 11. Niveles de presión sonora corregidos**

Lugar	Fecha	Leq A dB	Leq AR dB	Res 627 de 2006 (dB)	Sector	Valor dB Salud Ocupacional
Biblioteca Día 1	17/02/2016	59,5	60,5	55	A	85
Exterior del edificio de posgrados Día 2	18/02/2016	62,5	63,3	65	B	85
FDS Biblioteca Día 4	20/02/2016	58,8	59,2	55	A	85
Bloque C Día 5	21/02/2016	73,4	79,4	65	B	85
Domingo Exterior del edificio de posgrados Día 6	28/02/2016	58	59,6	65	B	85

**Leq A:** Leq Sin Corregir - **Leq AR:** Leq Corregido

Fuente: Autores

□ Para observar el procedimiento y los cálculos realizados **Ver Anexo 3 Base de datos.**

Observando la Tabla 11., se logra identificar que de los puntos a los cuales se les realizó el seguimiento, 3 de ellos no cumplen con los rangos establecidos por la norma, el día 21-22016 correspondiente al Bloque C (día 5), el día 17-2-2016 correspondiente a la Biblioteca (día 1) y el día 20-2-2016 correspondiente a FDS Biblioteca (día 4); contrario al punto denominado Exterior del edificio de posgrados. Teniendo en cuenta los valores del FDS, correspondientes

al día sábado y el Domingo (Blanco), el comportamiento es el esperado siendo estos los que presentan menores niveles de presión sonora.

Analizando los resultados adquiridos durante la medición ejecutada, se obtiene que los NPS se encuentran por debajo del límite permisible en jornadas laborales. Por lo cual según estos datos la salud de los docentes y trabajadores no se encuentran en riesgo alguno de presentar afectaciones significativas, sin embargo, debido a los eventos constantes que se presentan en ocasiones puede generar malestares momentáneos, los cuales repercuten en variación de tonos de voz, aparición de cefaleas, desconcentración, stress, entre otros.

Se aclara que debido a que no fue posible medir el ruido residual ( $L_{Residual}$ ) ya que los lapsos de tiempo en donde no se percibía presión acústica por actividades o causas antropogénicas son muy reducidos (debido a que la presencia de varias de estas no pueden ser controladas para su cese) , en muchos casos con una diferencia de 1 o 2 s y hasta menos, durante todas las mediciones, y es requerido para su medición la no presencia de estas, se aplica la condición que expone la Resolución 627/2006 , que en caso de no poder ser evaluado el ruido residual , se toma el nivel percentil  $L_{90}$  corregido y se usa a cambio del residual corregido.

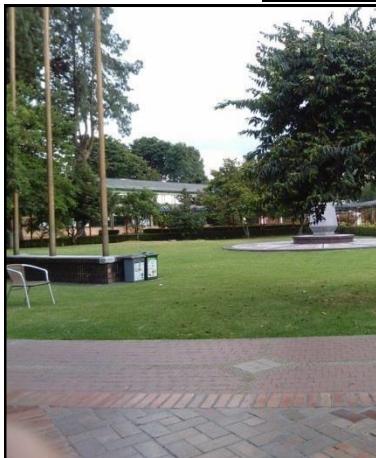
En cada punto de medición se cuenta con el respectivo espectro del comportamiento de los NPS ((dB) en el eje Y), durante el transcurso del tiempo ((t) eje X), a su vez en la gráfica se observan diferentes picos diferenciados entre sí por colores de la siguiente manera:

**Tabla 12. Convenciones de los espectros de cada punto de medición**

Variable	PUNTO	VARIABLES VS COLORES	
<p><b>Nivel de Presión Sonora Máximo:</b> Es el máximo Nivel de Presión Sonora registrado durante un período de medición dado. Éste es el máximo valor eficaz (no instantáneo) en un periodo dado.</p> <p><b>Nivel de Presión Sonora Mínimo:</b> Es el mínimo Nivel de Presión Sonora registrado durante un período de medición dado.</p> <p><b>Nivel de Presión Sonora Peak:</b> Permite cuantificar niveles picos de presión sonora máximos de extremadamente corta duración (50 microsegundos). Posibilitando la determinación de riesgo de daño auditivo ante los impulsos.</p> <p><b>Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente:</b> Es aquel nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A que, en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total (o dosis) que el ruido medido</p>	Punto Blanco	LASmáx	Rojo
		LASmin	Azul rey
		LApeak	Verde
	Punto Biblioteca	LASmáx	Verde
		LASmin	Azul rey
		LApeak	Rojo
		LAeq	Azul claro
	Punto Exterior del edificio de postgrados	LASmáx	Rojo
		LASmin	Verde
		LApeak	Azul rey
		LAeq	Azul claro
	Punto Bloque D	LASmáx	Verde
LASmin		Azul rey	
LApeak		Rojo	
LAeq		Azul claro	
Punto Bloque C	LASmáx	Verde	
	LASmin	Azul rey	
	LApeak	Rojo	
	LAeq	Azul claro	

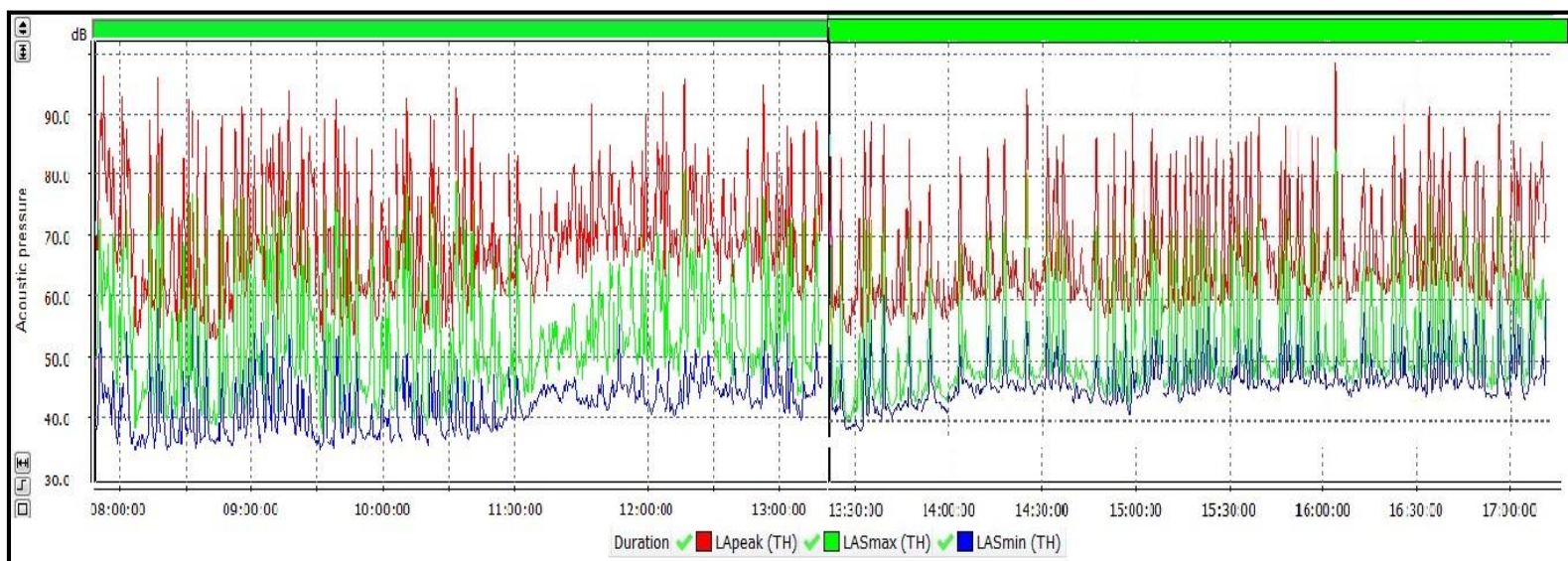
Fuente: Autores, basado en (Sexto, 2005)

### Exterior Bloque P, Blanco - día Domingo



Día 6 Punto Exterior edificio de posgrados - Blanco	Coordenadas
	N 04°39'56.17" W 074° 06'4.42"
Hora de inicio	Día 6 7:49 am
Hora de terminación	5:11 pm
LRAeq,T, diurno	58,0
LRAeq,T, diurno (corregido)	59,6
LAeq L90 diurno	41,0
LAeq L90 diurno (corregido)	43,0

**Figura 16. Espectro de ruido del exterior del bloque P, Blanco - día Domingo**



Fuente: Autores, extraídos del: Programa SvanPc++

La medición de ruido para fin de semana, día domingo que sirve como punto de referencia para las demás mediciones realizadas entre semana con actividades normales al interior de la universidad, es denominado Blanco, es decir el punto de referencia; de acuerdo a la Figura 16., se logra evidenciar una disminución de los picos generados por los NPS, esta jornada tuvo una duración de 9 horas, el 90% de la medición la cual abarca 8 h 1 min, el comportamiento

de los NPS sobrepasaron los 43 dB, producto del evento constante que se tiene (tráfico aéreo). En este día no se presenta actividad académica, recreativas y demás; por tanto, se confirma que es el día que menor nivel de ruido se percibe.

Teniendo en cuenta el promedio del comportamiento de los NPS correspondiente a 59,6 dB y que no se cuenta con actividades propias académicas, se considera que los valores presentados durante este día a pesar de que no incumplen con la norma de los 65 dB, se encuentran un poco elevados, lo cual se le atribuye al paso constante de aeronaves por la zona, esto permite concluir que el evento que causa mayores fluctuaciones es el tráfico aéreo, convirtiéndose en el evento que requiere de una medida para evitar que las interrupciones académicas en días hábiles se intensifiquen, a pesar de ser un evento externo en el cual no se puede intervenir para su cese , si es posible crear medidas que minimicen la percepción del ruido generado a su paso.

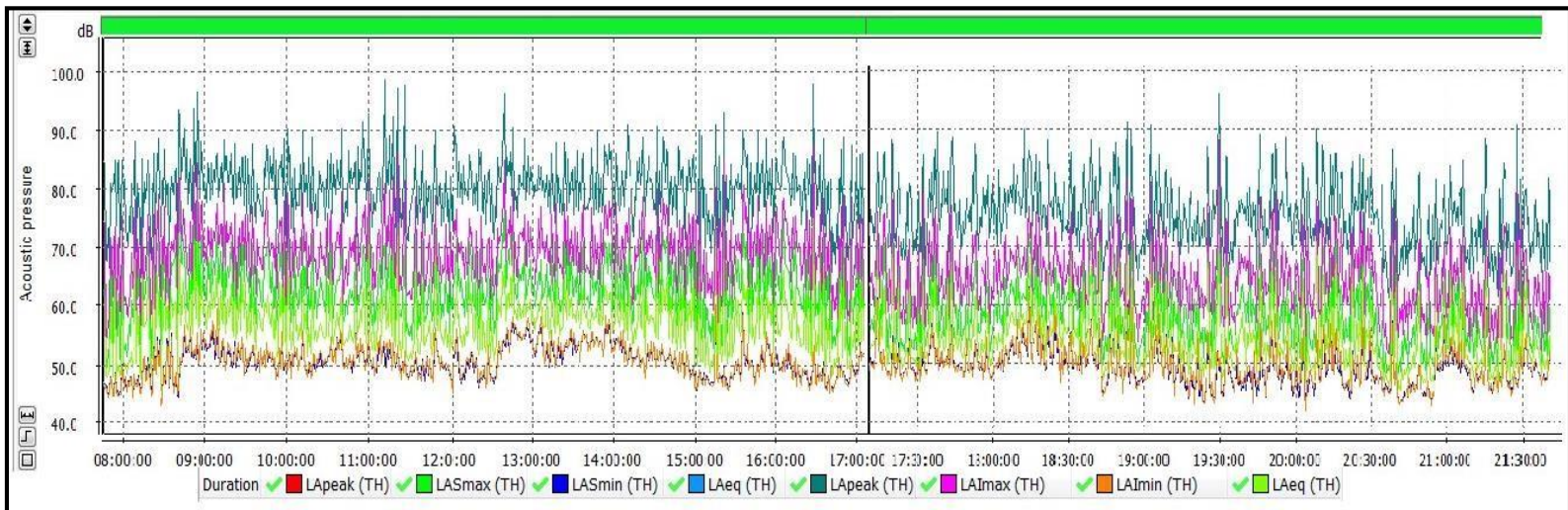
### **Biblioteca, día miércoles y sábado**



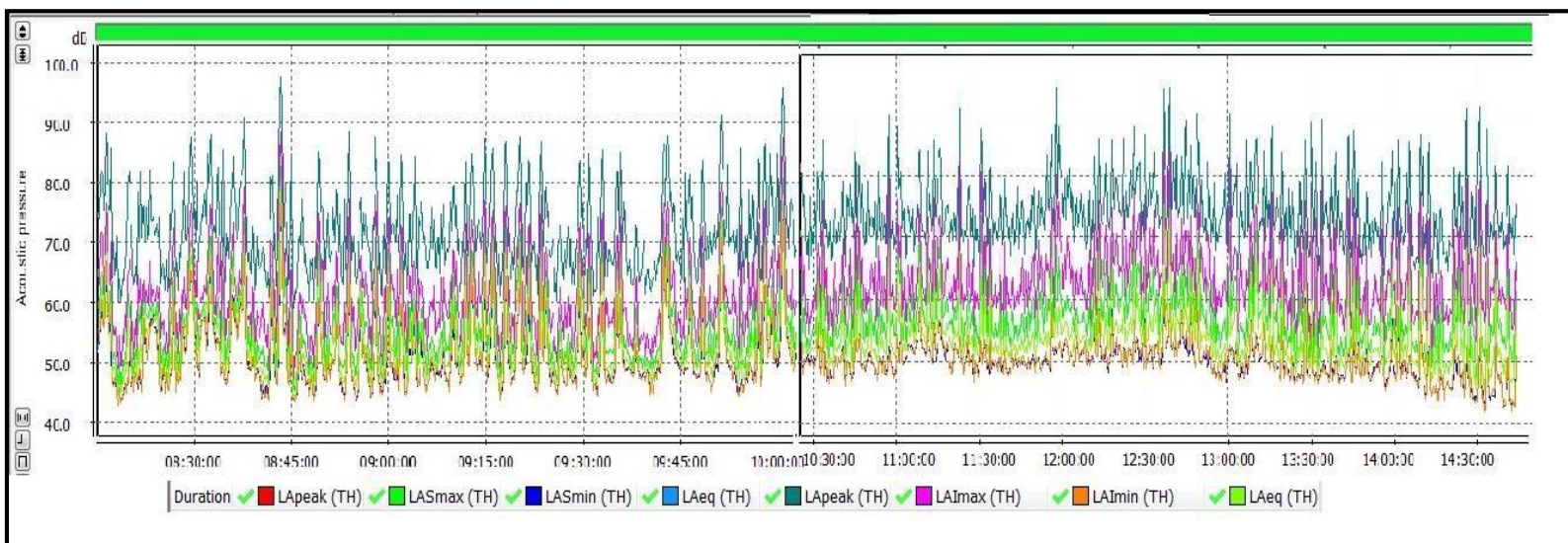
Días 1 y 4 Punto Biblioteca	Coordenadas: N 04° 39'59.24" W 074° 06'6.6"	
	Día 1	Día 4
Hora de inicio	7:45 am	7:40 am
Hora de terminación	8:47 pm	2:45 pm
No de eventos	253	137
L <sub>RAeq,T</sub> , diurno	59,5	58,8
L <sub>RAeq,T</sub> , diurno (corregido)	60,5	59,2
L <sub>Aeq,L90</sub> diurno	49,1	47,6
L <sub>Aeq,L90</sub> diurno (corregido)	50,1	48,0

**Figura 17. Espectro de ruido de la Biblioteca, día miércoles y sábado**

□ Espectro de ruido Día miércoles



□ Espectro de ruido Día sábado



Fuente: Autores, extraídos del: Programa SvanPc++

Nota: En el día 4 se presentó una precipitación mínima, la cual retraso el inicio de la medición, pero no impidió la misma, ya que se comprobó que las condiciones del suelo y la no presencia de lluvia dieran cumplimiento a la Resolución 627/2006.

Este punto de interés ofrece el servicio de biblioteca a estudiantes y profesores, se encuentra ubicado en una zona de alto flujo de personas (Durante gran parte del día, pero se intensifica en horas aprox a las 9 am, 12 pm y 6:30 -7 pm el día miércoles y 12 pm -1:30 pm el día sábado), puesto que a sus alrededores cuenta con caminos que comunican diversas partes de la universidad, se presenta un alto tráfico aéreo (durante toda la jornada, en algunos casos el paso simultaneo de 2 aviones) , procesos de poda de pasto (Ejecutado en horas de la mañana) y percepción de música (evento esporádico, , tanto de los alumnos como de clase dictada en el exterior del bloque P. En el espectro, se logra observar un comportamiento constante de los NPS, es decir que las variaciones de los picos (principalmente por tránsito de aviones) durante el tiempo de medición tienen un comportamiento similar, en algunas horas específicas el aumento de los NPS se debe a ciertos eventos esporádicos.

Durante el horario de medición el día 1 miércoles, pese a que en la jornada nocturna la cual da inicio a las 6:00 pm la densidad poblacional es menor con respecto a la jornada diurna, durante la medición se pudo notar que este evento debido al desarrollo de actividades académicas y uso de las instalaciones aledañas a la biblioteca, mantiene un significativo aporte al ruido percibido en la zona. El día 4 sábado, se logra evidenciar un comportamiento similar al encontrado en los días hábiles; esto como resultado de que por parte de la Universidad se presentan actividades académicas, lúdicas y culturales. Analizando los eventos presentados este día se logra percibir el flujo de vehículos que se presenta fuera de La Universidad proveniente de la Av. Rojas y por parte del Jardín Botánico se escucha un tractor en funcionamiento, el flujo de personas sigue siendo un evento frecuente debido a las actividades anteriormente mencionadas, se presentan clases de danza en las instalaciones del Exterior

del edificio de posgrados, por lo cual se aprecia el sonido de la música y de esta misma forma se identifica los siguientes tipos de ruido: Intermitente, fluctuante, de impacto y rosa.

Teniendo en cuenta el evento del tránsito aéreo, se observa que el día sábado se presentó un registro de 122 aviones en un horario de 8:15 am a 2:45 pm (este horario debido a la baja y casi nula actividad dentro de la Universidad después de las 2:45 pm) mientras que, en el mismo lapso de tiempo, pero el día miércoles se registraron 128 aviones, lo cual apoya la teoría de un comportamiento similar.

Cabe aclarar que este punto de interés a pesar que se encuentra dentro de una institución educativa la cual corresponde al sector B, Tranquilidad y Ruido Moderado, se evaluó y se analizó teniendo en cuenta los valores del sector A Tranquilidad y Silencio, debido al servicio que esta ofrece, correspondiéndole así un valor de 55 dB. La medición ejecutada cuenta con un promedio de 60,5 dB (día miércoles) y 59,2 dB (día sábado), sobrepasando el límite permisible.

Finalmente comparando este punto con el blanco, se refleja que ambos días se encuentran por encima de los valores que el blanco arroja, ya que este último no cuenta con actividades de jornadas académicas como lo es las clases al aire libre, actividades lúdicas, espacios de dispersión de alumnos, profesores y personal de la universidad, tránsito de personas, uso de las instalaciones de estudio (biblioteca y salones), entre otros; pero si con el tráfico aéreo, el cual en los días hábiles son causales de elevaciones de los NPS, los cuales sobrepasan el límite permisible.

Según la clasificación del ruido, se presentaron dos nuevos tipos con relación a las mediciones preliminares, estos corresponden al ruido de impacto, y ruido blanco. La jornada del día



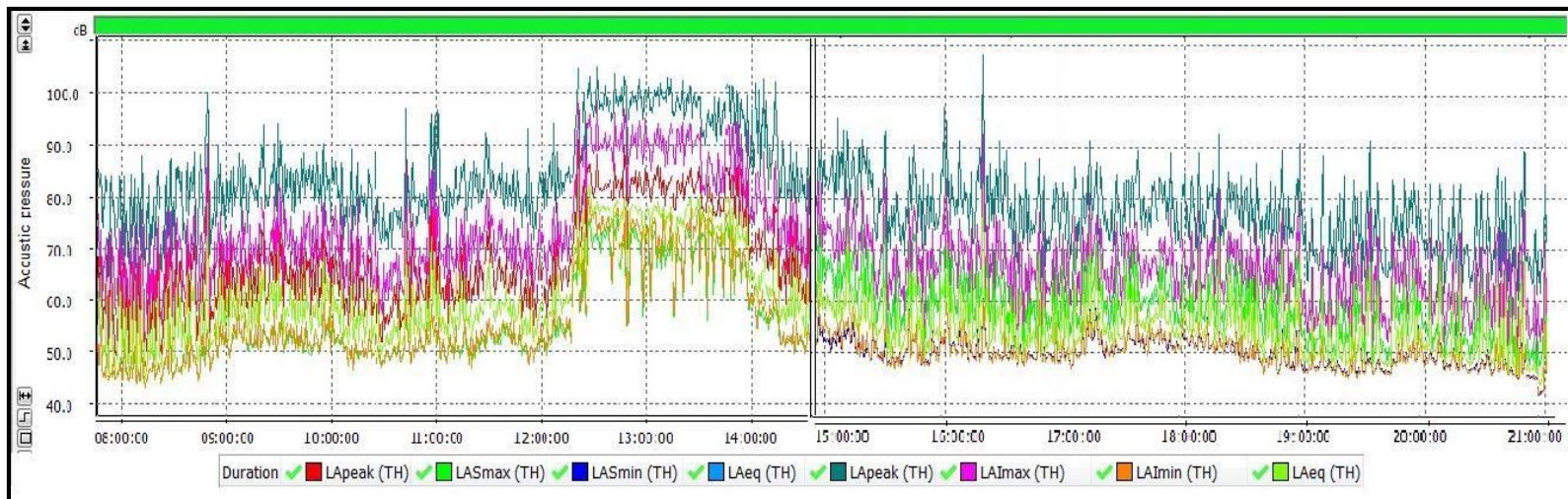
miércoles tuvo una duración de 13 horas, el 90% de la medición la cual abarca 11 h 7 min, el comportamiento de los NPS sobrepasaron los 50,1 dB, lo cual concluye que durante la medición los eventos externos e internos de la institución generan una influencia media en este punto, cuyo uso habitual es el de zonas de estudio. Por otro lado, la jornada del día sábado con duración de 6 horas El 90% de la medición la cual abarca 5h 4 min, el comportamiento de los NPS sobrepasaron los 48 dB.

### **Exterior del bloque de P, día jueves**

Día 2	Coordenadas:
Punto Exterior bloque de posgrados	N 04°39'56.17" W 074° 06'4.42"
	Día 2
Hora de inicio	7:45 am
Hora de terminación	9:25 pm
No de eventos	291
LRAeq,T, diurno	62,5
LRAeq,T, diurno (corregido)	63,3
LAeq,L90 diurno	51,1
LAeq,L90 diurno (corregido)	51,9



**Figura 18. Espectro de ruido del exterior del bloque P, día jueves**



Fuente: Autores, extraídos del: Programa SvanPc++

En este punto de la Universidad Libre Sede El Bosque, denominado exterior del edificio de posgrados se llevan a cabo diversas actividades por parte de los estudiantes, docentes y el programa de actividad física y salud del bienestar universitario; entre las principales actividades que allí se desarrollan corresponden a: espacios de estudio, espacio de descanso y de esparcimiento, además por parte de bienestar universitario se realiza los días jueves actividades denominadas Rumba- Zumba, actividad que requiere del uso de equipos de sonido, los cuales inciden en el comportamiento de los NPS, esta se ejecuta entre las 12:20 pm a 2:20pm, horario en el cual aún se presentan clases en el Edificio de Posgrados y el Bloque C alterando de esta manera actividades simultáneas que requieren de concentración. Cabe resaltar que este punto se encuentra en medio de varias edificaciones, zonas verdes y caminos altamente concurridos; puesto que en sus alrededores también se presentan actividades lúdicas como práctica de deportes por lo cual se establece que el comportamiento de los picos ilustrados mantiene en ciertos horarios un comportamiento continuo, así mismo

los eventos principales registrados y la cantidad de los mismos se encuentran consolidados en la Tabla 10.

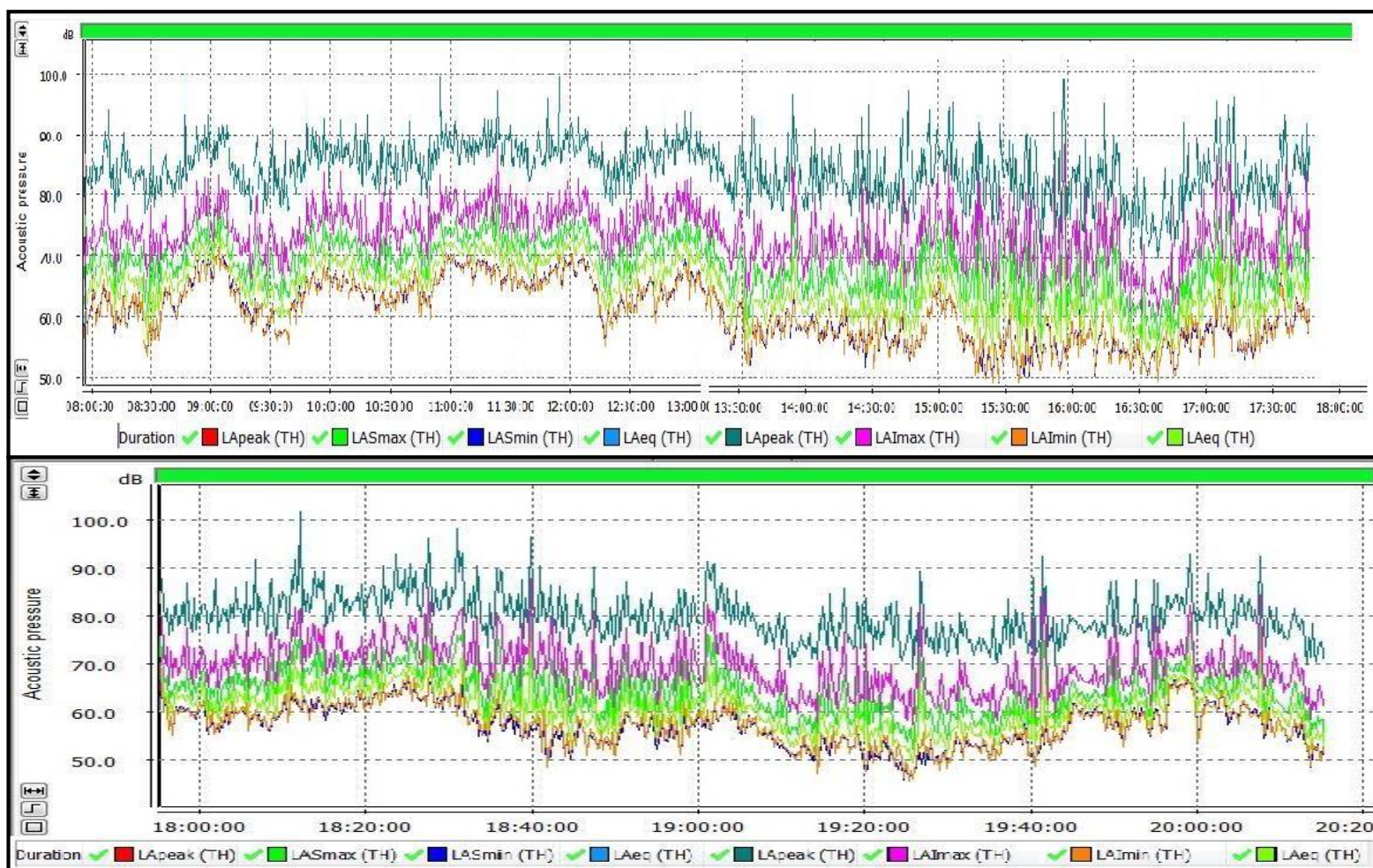
Durante toda la medición se presenta un promedio de 63,3 dB, valor que normativamente está por debajo de los NPS reglamentados, pero se debería tener presente la posibilidad de plantear un plan de acción pues dicho valor es cercano al máximo permisible y además porque interfiere con actividades académicas; teniendo en cuenta la medición del día blanco, este presenta una diferencia de 3,7 dB por encima. La jornada de medición tuvo una duración de 13 horas, en las cuales el 90% de la medición la cual abarca 11 h 7 min, el comportamiento de los NPS sobrepasaron los 51,9 dB, los eventos que mayor frecuencia presentan son el tráfico aéreo (Durante toda la jornada y en algunos casos el paso simultaneo de 2 aviones) y el flujo de personas (Durante toda la jornada).

### **Bloque D, día viernes**



Día 3 Punto Bloque D	Coordenadas N 4°39'56.54" W 74° 6'1.40"
	Día 3
Hora de inicio	7:55 am
Hora de terminación	8:12 pm
No de eventos	122

**Figura 19. Espectro de ruido del bloque D, día viernes**



Fuente: Autores, extraídos del: Programa SvanPc++

En este punto de medición se logra evidenciar que los cambios más significativos se dan durante lapsos de tiempo donde se presenta el cambio de jornada académica y cambio de clases, además se identifica la influencia del gimnasio que a pesar de que no se encontraba emitiendo el ruido habitual su percepción era evidente, por este comportamiento no se visualizan fluctuaciones en los NPS que representen una afectación de carácter alto, la medición se da por terminada antes de las 8:30 pm, debido a que el servicio de gimnasio culmina.

A demás por la cercanía con las instalaciones del Colegio de La Universidad Libre se logra divisar los ruidos en horario de recreo y cambio de clases (sonido campana), por otro lado, se resalta que el evento que mayor presencia tiene durante la jornada es el flujo masivo de personas acompañado del funcionamiento del gimnasio, considerado como un tipo de ruido rosa, pero sin dejar de mencionar los tipos de ruido de impacto y fluctuante por las actividades anteriormente mencionadas.

Teniendo en cuenta la distribución de la infraestructura y el crecimiento interno de la universidad, un espacio como el gimnasio debe ser ubicado en una zona donde su funcionamiento no ejerza afectación sobre otros espacios, limitando así la ejecución de actividades académicas.

Nota: La medición realizada este día, se realiza con el fin de identificar la influencia ejercida por la ubicación del Gimnasio debido a su cercanía a salones de clase y laboratorios dentro del Bloque D, ya que pueden perturbar la realización de actividades académicas y administrativas; la misma no puede ser tomada en cuenta para la creación de las isófonas debido a que se encuentra en un recinto cerrado y el comportamiento de las ondas difiere con las ejecutadas a campo abierto.

\*En este punto no se genera una comparación con el día blanco, ya que este no debe ser tomado para la modelación de datos, por lo cual no presenta el  $L_{eqAR}$ .

### **Bloque C, Día Lunes**



Día 5 Punto Bloque C	Coordenadas N 4°39'56.54" W 74° 6'1.40"
	Día 5
Hora de inicio	7:45 am
Hora de terminación	9:44 pm
No de eventos	277
$L_{RAeq,T}$ , diurno	73,4
$L_{RAeq,T}$ , diurno (corregido)	79,4
$L_{Aeq,L90}$ , diurno	73,1
$L_{Aeq,L90}$ , diurno (corregido)	79,1

**Figura 20. Espectro de ruido del bloque C, día lunes**



Fuente: Autores, extraídos del: Programa SvanPc++

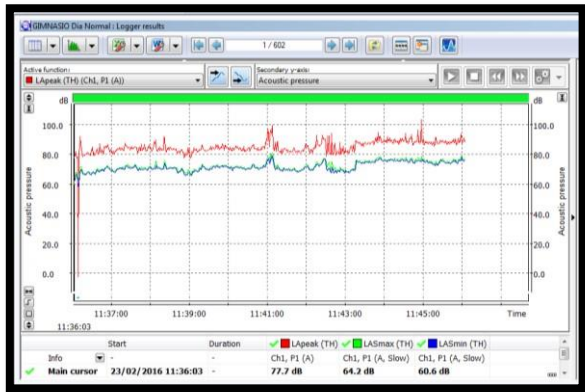

Nota: En este día se presentó una precipitación mínima, la cual generó una pausa en la medición, pero no impidió la misma, ya que se comprobó que las condiciones del suelo y la no presencia de lluvia dieran cumplimiento a la Resolución 627/2006.

En este punto de medición, se encuentran ubicados la mayoría de salones de clase, por lo cual el flujo de personas es a gran escala (Durante toda la jornada, intensificado al inicio de la jornada (7:00 am) en cambios de clase, hora de almuerzo, cambio de jornada diurna a nocturna (6:00 pm)), además se encuentran algunas de las oficinas administrativas intensificando este último evento, se presentan espacios de dispersión en los cuales debido a gritos y juegos por parte de estudiantes la percepción del ruido es notoria, estos acompañados del flujo aéreo (Durante toda la jornada, en algunos casos el paso simultaneo de 2 aviones) y la incidencia por parte de los niños del colegio de la UL en horarios de recreo (horario establecido por el Colegio), lo cual repercute en las elevaciones de los NPS; los tipos de ruido que presenta este punto de interés corresponden a rosa, intermitente y de impacto.

Como se logra observar en el espectro desde el inicio de la medición los niveles de presión sonora se ubican por encima de 73 dB, manteniendo un comportamiento similar durante toda la medición con un promedio de 79,4 dB, sobrepasando los límites permisibles en 14,4 dB, lo cual indica que es un punto donde se requiere implementar medidas de control, ya que es notorio que las repercusiones del comportamiento de los NPS son causales de interrupción en las actividades académicas.

Realizando una comparación con el comportamiento del día blanco se obtiene que el punto de interés se encuentra 19,8 dB por encima. La jornada de medición tuvo una duración de 13 horas, en las cuales el 90% de la medición la cual abarca 11 h 7 min, el comportamiento de los NPS sobrepasaron los 79,1 dB, lo cual concluye que se presentan nivel muy altos y significativos de ruido. Es el día con mayor incidencia del ruido.

Con el fin de confirmar la influencia de ruido, se ejecutaron mediciones específicas, en donde los escenarios de interés consistieron en el alrededor del gimnasio y en un salón de clase, siendo los resultados:

Escenario	
Alrededor del gimnasio	Salón de clase
Ejecutada el 23 de febrero del 2016	Ejecutada el 26 de febrero del 2016
<p><b>Criterio de selección:</b> Ya que durante el día en que se adelantó la medición, este no se encontraba en el volumen habitual, se retoma una medición con un lapso de tiempo corto, debido a la importancia que tiene esta fuente; ya que cuenta con cercanía a salones y laboratorios en una zona cerrada.</p>	<p><b>Criterio de selección:</b> Debido a que es el espacio en donde se ejecutan la mayoría de actividades académicas, es necesario verificar como se percibe dentro de estos la influencia de los eventos en su exterior e interior.</p>
Espectro:	Espectro:
	



<p>Comportamiento NPS:</p> <p>Se dio inicio a las 11:36 am, culminando a las 11:46 am, durante la medición se logró ver que el comportamiento de los decibeles se presenta en un rango de 60,6 dB a 80,3 dB, lo que significa que la incidencia que ésta fuente presenta para los salones de clase y los laboratorios en su alrededor es considerable, pues por la emisión de ruido generada por los parlantes ubicados dentro del gimnasio y por su ubicación en un escenario cerrado, puede ser causal de interrupciones académicas.</p>	<p>Comportamiento NPS:</p> <p>Se dio inicio a las 2:03 pm, culminando a las 2:23 pm, se realizó en uno de los salones ubicados en el Bloque A, durante la medición se logró ver que el comportamiento de los decibeles se encuentra en un rango de 67,6 dB a 85,7 dB; superando el nivel permisible de 65 dB otorgado a las instituciones universitarias, lo cual da como resultado que los eventos externos si presentan una alta influencia en la percepción al interior de un aula de clase; sin descartar el ruido interno que es común en un espacio de aprendizaje, durante la ejecución del monitoreo se evidencio uno de los eventos que ha sido constante durante la ejecución del proyecto el cual consiste en el tráfico de aviones, generando así un aumento en los decibeles y dificultad para comunicación interna en el aula.</p>
--	--

En estudios realizados al interior de centros educativos, se ha encontrado que en puntos como bibliotecas, cafeterías, patios, aulas y laboratorios no se cumplía con los límites permisibles en

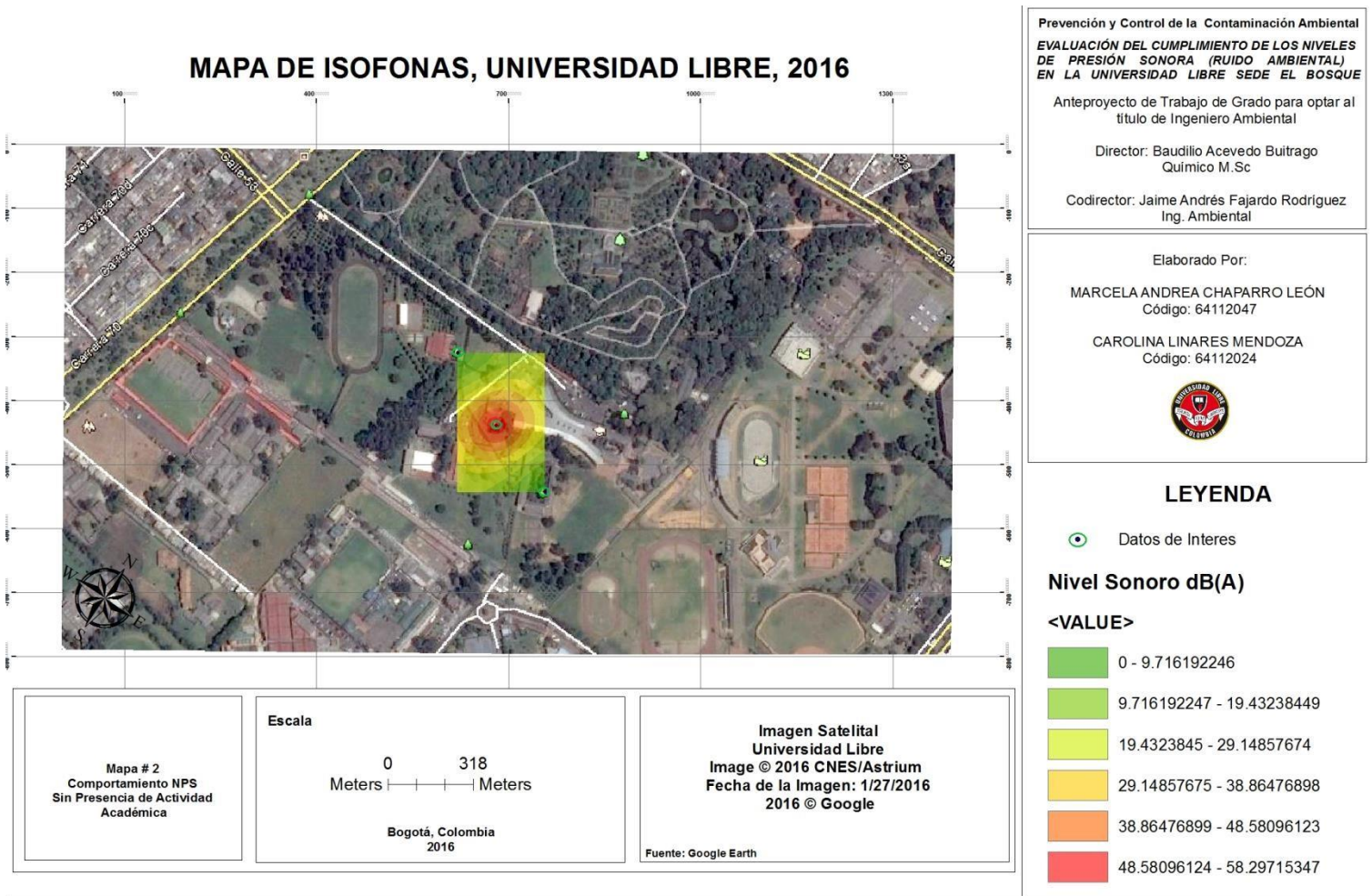
las distintas franjas horarias según la resolución 627 de 2006, generando así la necesidad de implementar un plan de mitigación para su reducción (Passuy, K., y Melo, Y., S.F). Afirmación que se puede evidenciar en el estudio adelantado, pues los lugares en los cuales no se cumple con los límites, correspondieron a la biblioteca, salones, exterior del bloque P y el bloque C.

### **6.3 MAPAS DE CONTORNO Y ROSA DE LOS VIENTOS**

#### **Mapas distribución de ruido**

Dadas las respectivas correcciones y teniendo en cuenta los pasos ejecutados anteriormente, se da como resultado los siguientes mapas con los valores interpolados e ilustrados por gama de colores, en donde se puede notar el comportamiento de los NPS en los puntos de interés de la Universidad Libre, Sede El Bosque.

**Figura 21. Mapa isófonas sin actividad académica**



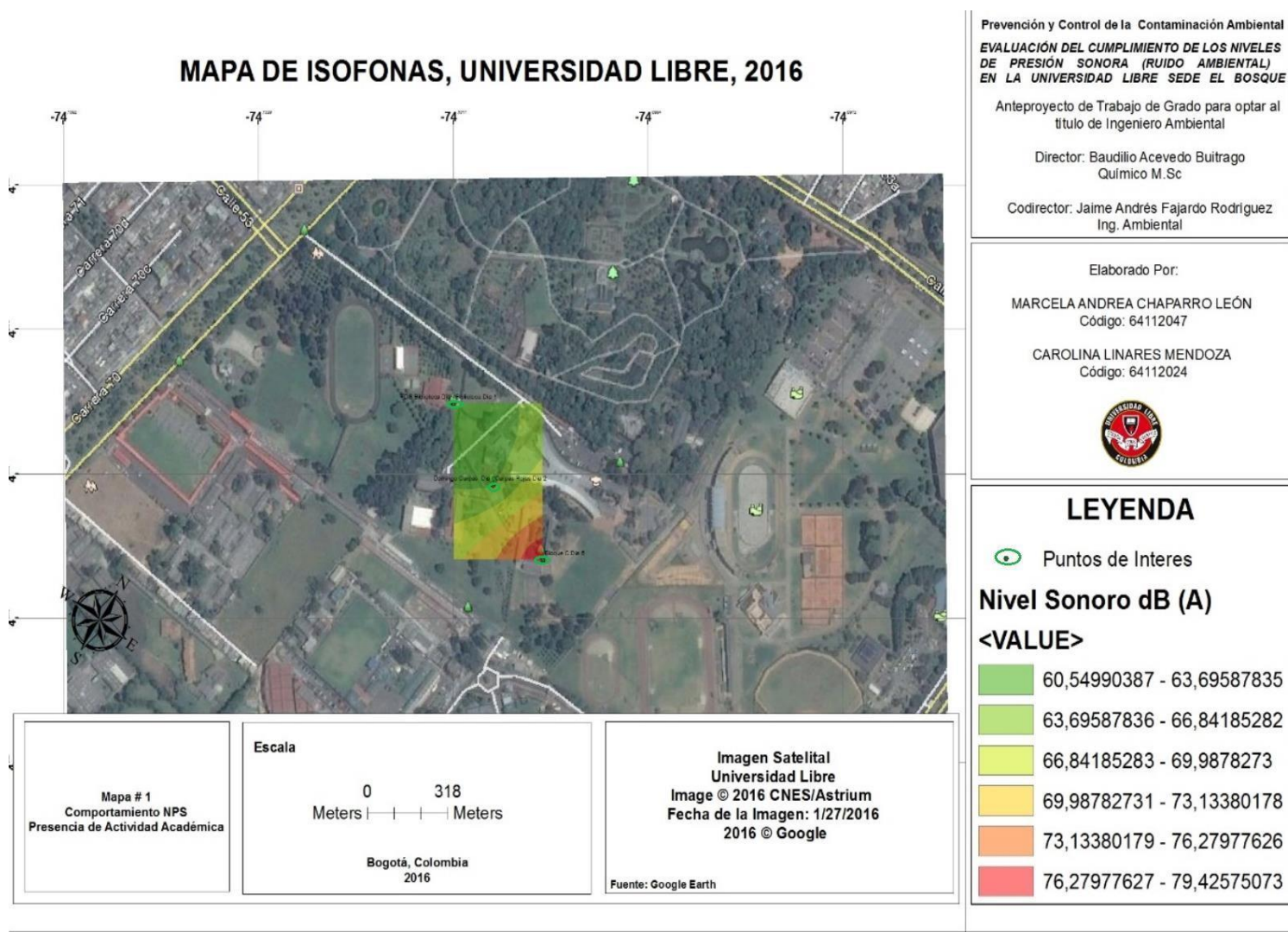
Fuente: Autores

Como se puede notar en la Figura 21., en donde el comportamiento de los Niveles de Presión Sonora ilustrados, corresponden al Día Blanco, se puede inferir que estos presentan disminución a medida que se acerca a las zonas donde en su mayoría se presenta actividades netamente académicas, lo cual se considera el comportamiento normal y esperado; ya que en este día las actividades en los puntos donde se visualiza el rango más bajo (Bloque C y Biblioteca) no se presentan. Por otro lado, teniendo en cuenta la gama de colores y su respectiva leyenda, se requiere aclarar que en las mediciones extraídas y realizada su

respectiva corrección, en esta medición no se presenta ningún NPS que supere lo permitido (65 dB (A)), por lo cual en la franja de color rojo se presenta la identificación del rango 48,58096124 dB – 58,2971347 dB, este último como mayor valor detectado. Como anteriormente se había mencionado, el evento recurrente en este día corresponde al paso de aeronaves.

Al comparar el comportamiento del día Blanco con los días de operación habitual y teniendo presente el punto evaluado (Exterior del edificio de posgrados), se logra evidenciar una conducta respecto a los NPS que lo ubica en un rango medio. En base a los eventos, se tiene uno que es constante, correspondientes al flujo aéreo; el cual entre semana acompañado de una serie de eventos (académicos, recreativos, lúdicos; propios del funcionamiento de la Universidad y la interacción que en esta se da) influyen e intensifican el comportamiento de los NPS.

**Figura 22. Mapa isófonas con actividad académica**



Fuente: Autores

Teniendo en cuenta la Figura 22., donde se muestra el comportamiento de los NPS en presencia de actividades académicas, se puede concluir que estos presentan un aumento al desplazarse hacia los lugares donde se presenta mayor concentración de actividad académica (desde la biblioteca hasta el bloque C, este último como espacio de mayor concentración); lo cual permite afirmar que en las instalaciones del bloque C si se presentan interrupciones en las actividades allí realizadas, ya que la percepción en esta zona es alta, sobrepasando los

niveles irritables (0 dB a 60 dB), encontrándose su valor en 79,4 dB, lo cual da incumplimiento a la Resolución 627 de 2006, en el límite de 65 dB; en los rangos menores, cuyo color representativo es el verde, se confirma que a pesar de que existe influencia de ruido y flujo masivo de personas, la biblioteca es el punto de interés que tiene el más bajo nivel de ruido, de los monitoreados, pero teniendo en cuenta su clasificación y límite permisible de 55 dB, esta zona incumple la norma ya que sus NPS se encuentran en 60,5 dB. Por otro lado, se puede identificar como la zona del Exterior del edificio de posgrados presenta niveles medios-altos, debido a las actividades que allí se ejecutan y las cuales repercuten en las instalaciones del Bloque P, esto acompañado del flujo de aeronaves en el sentido Occidente- Oriente, evento que es invariable en los días y puntos estudiados.

Debido a la ubicación de la Universidad y teniendo en cuenta los puntos aledaños, se logra destacar que las fuentes externas si representa una influencia en la institución, a pesar de que su frecuencia y duración varían si r alteran el comportamiento de los NPS, en algunos casos como causales del incumplimiento de la norma. Por lo cual, es necesario tener en cuenta la implementación de un plan de acción.

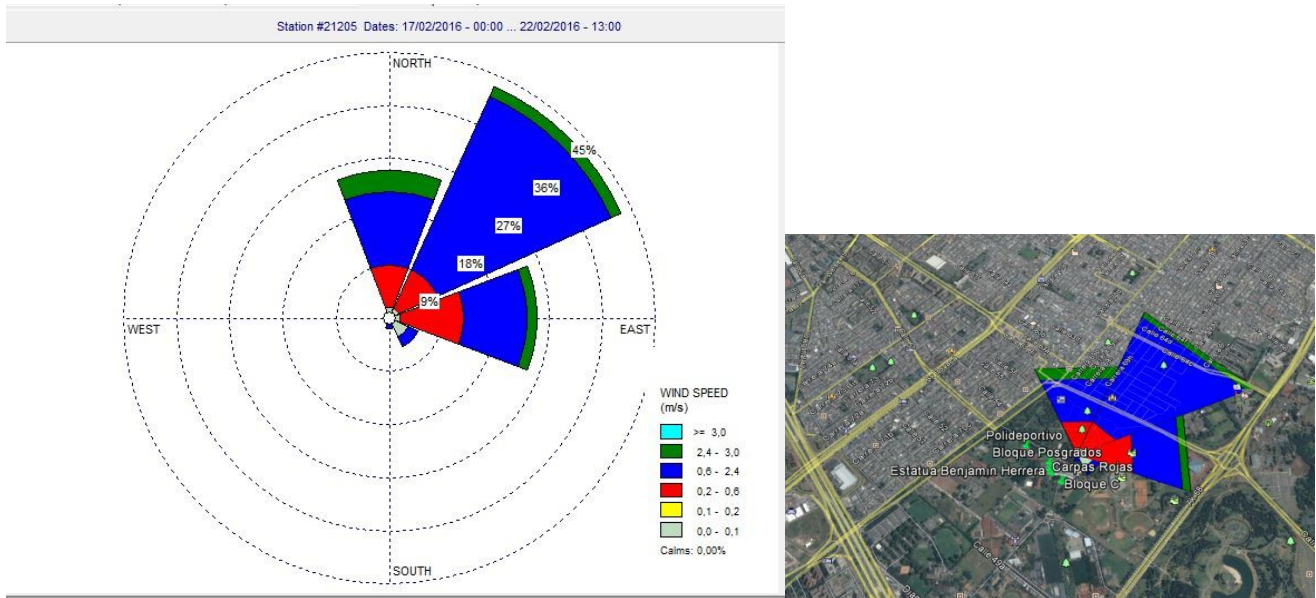
### **Rosa de los vientos**

Con el fin de analizar el comportamiento del viento en cuanto a su dirección y velocidad, y empleando el software WRPLOT, se obtuvo la siguiente gráfica, en donde se puede concluir que hacia el Nor-Este, se presenta una dirección predominante del viento (mayor frecuencia) cuyos valores de velocidad se encuentran entre 0 m/s, siendo el más bajo, hasta 3 m/s.

El proceder del viento se vio reflejado de la siguiente forma: El 8,9 % se presenta en un rango de 0 m/s – 0,1 m/s, el 25 % de 0,2 m/s – 0,6 m/s, el 58,9 % de 0,6 m/s - 2,4 m/s, el 7,1% de 2,4 m/s - 3,0 m/s y el 0% a valores mayores de 3,0 m/s; ratificando así que el cumplimiento de la norma se presenta, ya que no se superaron los 3 m/s. Se logra concluir que durante el tiempo de muestreo no se percibe a gran escala el viento.

**Figura 23 Rosa de los vientos**

- Datos Jardín Botánico



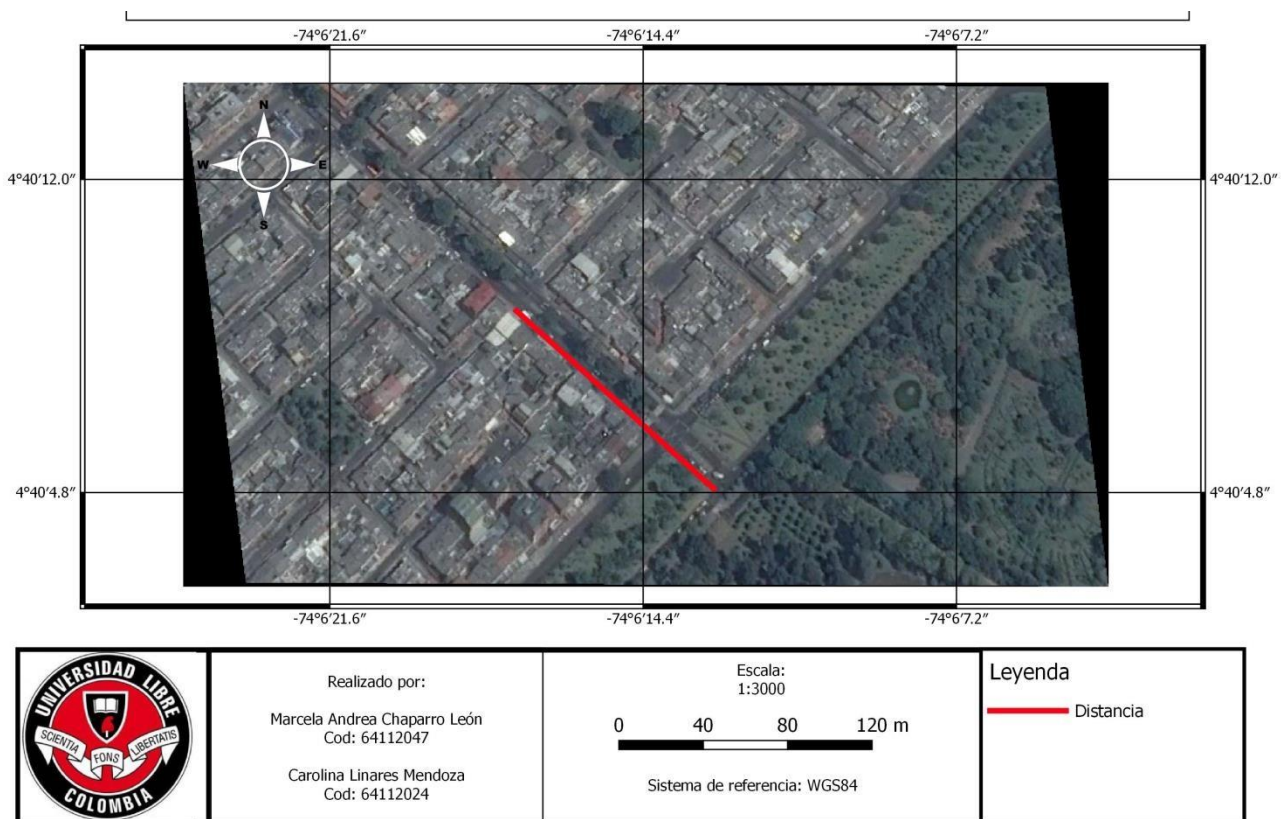
Fuente: Autores

## 6.4 PLAN DE ACCIÓN

Para comprobar una posible problemática evidenciada como resultado de este estudio, es pertinente buscar ciertas medidas las cuales sirvan para disminuir los NPS y de esta manera no causar efectos adversos por la generación del ruido dentro de la Universidad Libre generados tanto por fuentes internas como externas. Pero así mismo se requiere la necesidad

de ver el cumplimiento por parte de los establecimientos clasificados como bares y discotecas respecto a la distancia que presentan con la entrada de la Universidad, pues estos pueden afectar la tranquilidad en el plantel educativo. Por lo tanto, en las Figuras 24., y 25., se muestra las distancias calculadas por medio de Google Earth, permitiendo así hacer la comparación con el Decreto 484 de 2011 y el POT.

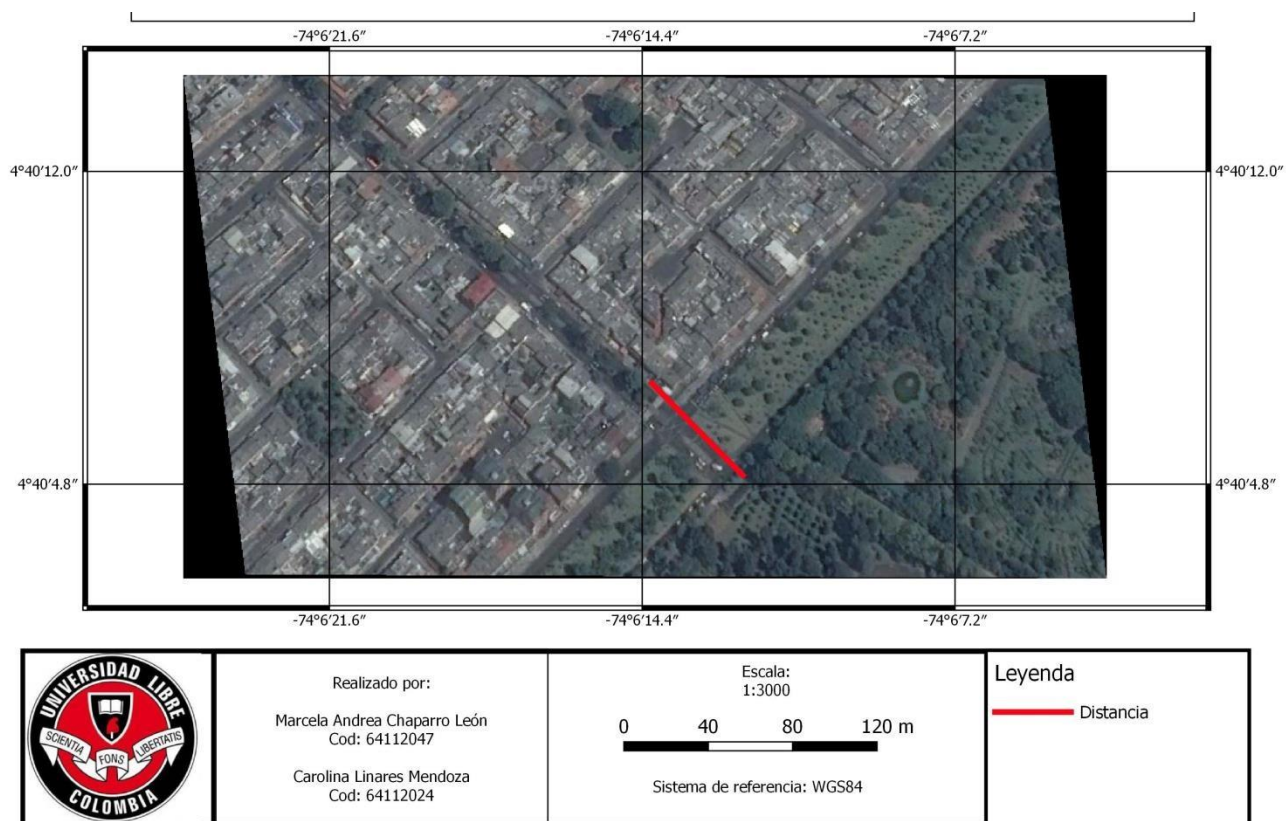
**Figura 24. Distancia Universidad- Bar (Acera derecha)**



Tomadas de: Google Maps y Geoportal



**Figura 25. Distancia Universidad- Bar (Acera izquierda)**



Tomado de: Google Maps y Geoportal

**Tabla 13. Distancias de la Universidad Libre a las fuentes externas más cercanas**

	Medida (Distancia en m)	Portal empleado	Cumplimiento de la norma
Bar acera derecha (Mandarina vip)	120,67	Google Maps	No cumple
	120,55	Geoportal	No cumple
Bar acera izquierda	73,78	Google Maps	No cumple
	74,16	Geoportal	No cumple

Tomado de: Google Maps y Geoportal

Las distancias a las cuales se encuentran algunas de las fuentes externas de ruido como los bares, que tienen mayor incidencia en este tipo de contaminación están dentro del perímetro, que según el Decreto 484 de 2011 no es conveniente presentar respecto a los planteles

educativos (Colegios y Universidades), con el fin de prever condiciones de tranquilidad y la no afectación a la convivencia en los mismos, pues se expone que esta debe ser de mínimo 200 metros(m) y éstas están por debajo. Se resalta que por parte del Decreto Distrital 345 de 2002 se define que el horario de funcionamiento de los establecimientos comerciales o abiertos al público donde se presente la venta de alcohol y/o licor, se estableció desde las 10:00 am hasta las 3:00 am del siguiente día.

- Se recalca que según el nuevo Código Nacional de Policía y Convivencia Ley 1801 de 2016, en su Capítulo II que abarca el tema de establecimientos educativos menciona en el Art 34. Ítem 3. Que consumir bebidas alcohólicas, sustancias psicoactivas en el espacio público o lugares abiertos al público ubicados dentro del área circundante a la institución o centro educativo de conformidad con el perímetro establecido en el Art 83 de la misma ley, es considerado un comportamiento que afecta la convivencia en estos planteles, por lo cual puede llegar a ser aplicado la medida correctiva de multa general tipo 3: Destrucción del bien.
- Por otro lado, en el Título VIII que abarca el tema de la actividad económica, el capítulo I, Art 84. Perímetro de impacto de la actividad económica, ordena que a partir de la expedición del Código, alrededores de hospitales, hospicios ,centros de salud, centros que ofrezcan servicios educativos en los niveles de preescolar, básica, media, superior o de educación para el trabajo y desarrollo humano, o centros religiosos, no podrán desarrollar actividades económicas relacionadas con ejercicios de prostitución, juegos de suerte y azar localizados, concursos o donde se ejecute por cualquier medio, música o ruidos que afecten la tranquilidad. **Corresponde a los concejos Distritales o Municipales a iniciativa de los Alcaldes establecer el perímetro para el ejercicio de las actividades mencionadas, dentro del año siguiente a la publicación de la presente ley.** Por lo cual la restricción en cuanto a la distancia de los establecimientos podría variar.

Así mismo se requiere revisar el Plan de ordenamiento territorial POT de la ciudad de Bogotá, con el fin de comparar si el uso del suelo según la clasificación que este establece está acorde con el uso que se le da realmente.

Actualmente el POT está vigente por medio del acto administrativo (Decreto 364 de 26 de agosto de 2013) y en el capítulo IV hace referencia a la clasificación del uso del suelo para la ciudad de Bogotá, dando como resultado la siguiente Tabla y la Figura 26., Mapa de la clasificación del suelo urbano y de expansión. (ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C, 2013)

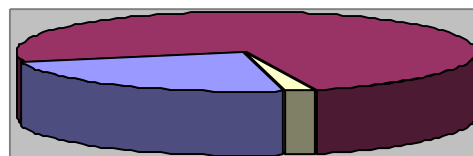
**Tabla 14. Clasificación del uso del suelo de la ciudad de Bogotá**

TIPO DE SUELO	ÁREA (ha)
Suelo Urbano	38437,82
Suelo Rural	121473,55
Suelo de Expansión Urbana	3663,73

Tomado de: Secretaria de Hacienda, 2016

En el gráfico circular que se muestra a continuación se puede ver en mayor detalle una representación de la Tabla 14., asignándole los respectivos porcentajes

**Representación gráfica del uso del suelo de Bogotá**



**75%** Suelo Urbano

**23%** Suelo Rural

**2%** Suelo de  
Expansión  
Urbana

**Figura 26. Mapa de la clasificación del suelo urbano y de expansión**



Tomado de: ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C, 2013

\*Nota: El color amarillo corresponde al suelo rural I; el color naranja al suelo de expansión urbana y el verde al suelo rural.

De acuerdo a la localización de la zona de estudio, la cual se encuentra en la Localidad de Engativá y en la UPZ 31 denominada Santa Cecilia y con respecto a la Figura 26., Clasificación del suelo urbano y de expansión, se infiere que la Universidad Libre se encuentra dentro del tipo de suelo urbano y este a su vez presenta usos predominantes, los cuales se plasman Figura 27., y se destacan los siguientes:

- Colegios y universidades (color azul)
- Vivienda NPH (color amarillo)
- Vivienda PH (Color verde)
- Comercio en corredor comercial (color rojo)



**Tabla 15. Sectores normativos en la UPZ 31**

<b>SECTOR</b>	<b>ÁREA DE ACTIVIDAD</b>	<b>ZONA</b>
<b>1</b>	Residencial	Residencial con actividad económica en la vivienda
<b>2</b>	Residencial	Residencial con zonas delimitadas de comercio y servicios
<b>3</b>	Residencial	Residencial con zonas delimitadas de comercio y servicios
<b>4</b>	Residencial	Residencial con actividad económica en la vivienda
<b>5</b>	Residencial y comercial	Servicios empresariales
<b>6</b>	Residencial y comercial	Servicios empresariales e industriales
<b>7</b>	Residencial y comercial	Residencial con zonas delimitadas de comercio y servicios
<b>8</b>	Comercio y servicios	Servicios empresariales e industriales

Tomado de: Catastro Bogotá, 2013

Teniendo en cuenta la información suministrada, la zona de estudio corresponde al sector normativo 7 de uso residencial y comercial, en donde el comercio debe ser únicamente para: servicios profesionales, técnicos especializados y servicios de comunicación masivo y entretenimiento.

De acuerdo a los resultados registrados en el Anexo 3. Base de Datos, se puede comprobar que, en los puntos de interés, se presenta el caso de que en algunos de estos las mediciones sobrepasan los límites permisibles de la Resolución 627 de 2006, generando de esta manera la necesidad de implementar un plan de acción con el propósito de generar un control a las emisiones de ruido dentro de la Universidad Libre.

Dando continuidad se expone un plan de acción, cuyo objetivo radica en generar medidas de acción para reducir los NPS en los puntos requeridos.

□ PLAN DE ACCIÓN PARA LA UNIVERSIDAD LIBRE SEDE EL BOSQUE					
1.INFORMACIÓN GENERAL DEL PROCEDIMIENTO					
<b>OBJETIVO:</b> Disminuir los niveles de presión sonora en las zonas que sobrepasan lo TLV, de acuerdo a los mapas de distribución de ruido para la Universidad Libre y de esta manera garantizar el cumplimiento de la legislación actualmente vigente.					
<b>DOCUMENTOS DE REFERENCIA:</b> Resolución 627 de 2006, la cual establece los niveles máximos permisibles para emisión de ruido ambiental					
<b>RESPONSABLES:</b> Marcela Chaparro León y Carolina Linares Mendoza					
INFORMACIÓN BÁSICA DE EVALUACIÓN DE LAS MEDIDAS					
TIPO DE MEDIDA			TIEMPO ESTIMADO		
Preventiva	De seguimiento y control	De corrección	Corto 1 a 2 años	Mediano 2 a 3 años	Largo Más de 3 años
2.INFORMACIÓN DE LAS MEDIDAS					
No	ACTIVIDAD	TIPO DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN	TIEMPO ESTIMADO	
1	Aislamiento Acústico	De Corrección	Instalación de aislamiento acústico en las paredes o techos de las aulas con el fin de que la energía que atraviesa la barrera sea lo más baja posible. Para ello los materiales de dicho aislamiento debe tener una impedancia (resistencia) diferente posible a la del medio que conduce el sonido.	Mediano	

No	ACTIVIDAD	TIPO DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN	TIEMPO ESTIMADO
2	Sistemas de información de niveles de ruido	De prevención	Realizar capacitaciones a la comunidad académica en los espacios de franja institucional para dar a conocer conceptos básicos del ruido, la influencia de este en la salud humana y los trastornos que genera en el desarrollo de las actividades diarias, así mismo compartir los resultados del estudio realizado (mapas). A su vez disponer en espacios dentro de la universidad carteleras en las cuales se muestran los niveles presión sonora a los que se está expuesto de acuerdo a los rangos de audición del ser humano, diferenciándolos por medio de colores y de esta manera sensibilizar a las personas que transitan por dichos espacios.	Corto
3	Traslado de las actividades deportivas	Corrección	Construir o designar un espacio, el cual se encuentre lejos de las aulas de clase, oficinas y de lugares comunes para que los desarrollos de las actividades de bienestar universitario no interrumpan ni afecten el ejercicio académico y administrativo	Largo plazo



No	ACTIVIDAD	TIPO DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN	TIEMPO ESTIMADO
4	Realizar un concepto legal con las autoridades competentes	Preventiva	Emitir un comunicado a las autoridades competentes debido a que algunos establecimientos aledaños infringen el POT y a su vez el Código de Policía Nacional (Preventiva, corto)	Corto

Fuente: Autores

## 7. CONCLUSIONES

\* Los límites máximos permisibles de ruido ambiental de acuerdo con la Resolución 627 del 2006 del MAVDT, no cumplen en los puntos identificados como críticos Biblioteca tomada como Sector A, debido a su actividad y el Bloque C tomado como Sector B; mientras que el punto exterior del Bloque P cuenta con NPS de 63,3 dB cercano al límite máximo permisible.

\*En relación con la clasificación de las intensidades del sonido por decibeles, en la Universidad Libre, predominan intensidades de niveles normales (0 dB a 50 dB) e irritantes (0 dB a 60 dB), y una alta cantidad de picos en un rango de 60 dB a 100 dB debido al tránsito de aviones considerada como una intensidad peligrosa

\*Los resultados de medición de ruido ambiental demuestran que, pese a que no se cumple con la reglamentación del uso del suelo en los alrededores de la Universidad Libre, el ruido ambiental al interior de la misma no tiene una alta influencia por la actividad de los establecimientos ubicados al exterior

\*El comportamiento que presenta los NPS de acuerdo a la modelación simplificada (mapas de distribución de ruido) con interacción asimétrica en la cual se representan rangos y se establece la proyección del ruido ambiental confirma el no cumplimiento de los límites máximos permisibles en una distancia de 194 m desde el punto de la biblioteca hasta el bloque C.

\*Las mediciones realizadas al interior del bloque D refleja que los NPS causados por el funcionamiento del gimnasio afectan el desarrollo de las actividades académicas llevadas a cabo en aulas y laboratorios.

\*Los tipos de ruido que se generan con mayor frecuencia debido a los eventos registrados tales como: sobrevuelo de aviones, flujo de personas (personas hablando, gritando), podada. entonación himnos – banda de guerra de colegio, espacio recreación a cargo de bienestar y Otros (Motores de carros, ambulancias, timbre colegio, entrenos) corresponden a: Ruido rosa, ruido fluctuante, ruido intermitente y ruido de impacto.

## **8. RECOMENDACIONES**

- \* Vinculación estratégica con el Aeropuerto el Dorado con el fin de que algunas medidas presenten apoyo de esta institución para su asesoramiento, implementación, seguimiento y control (Proyecto de insonorización).
- \* Realizar la modelación de ruido ambiental con un software o programa que genere mayor precisión, permitiendo así confirmar los resultados obtenidos mediante este procedimiento.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- Abatte, C., Concetto, G., Forfunato, M., Brecciaroli, R., Tringali, M., Beninato, G., y otros. (2005). Influence of environmental factors on the evolution of industrial noise-induced hearing loss. *Springer*, Vol.107, pp. 351-361.
- Acción de reparación directa, 25000232600020000101001 (27.687) (CONSEJO DE ESTADO, sala de lo contencioso administrativo 27 de Marzo de 2014). Obtenido de: [http://www.legismovil.com/BancoMedios/Archivos/sent25000232600020000101001\(27687\)-14.pdf](http://www.legismovil.com/BancoMedios/Archivos/sent25000232600020000101001(27687)-14.pdf).
- ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ. (2004). *Guía Ambiental: minimización y control del ruido en fuentes fijas*. Bogotá, Colombia.
- Alcaldía Mayor de Bogotá y Universidad Nacional . (2009). *Agenda Ambiental de la Localidad 10 Engativá*. Bogotá .
- ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ . (23 de Junio de 2011). Decreto 263 de 2011. Bogotá, Colombia.
- ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ . (03 de Noviembre de 2011). Decreto 484 de 2011. Bogotá, Colombia.
- ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ . (2012). *Proyecto de Acuerdo 035*. Bogotá, Colombia.
- ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. (2013). *Portal SPD*. Obtenido de Decreto 364-  
Plan de ordenamiento territorial POT 2013:  
[http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/POT\\_2020/POT/Decreto-364-](http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/POT_2020/POT/Decreto-364-)

2013.pdf

- ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. (2013). *Portal SPD*. Obtenido de [http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/POT\\_2020/Documentos/02\\_Clasicacion\\_Urbano\\_V2\\_2013.pdf](http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/POT_2020/Documentos/02_Clasicacion_Urbano_V2_2013.pdf)
- ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. (2016). *Secretaria de Planeación* . Obtenido de <http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionEnLinea/InformacionDescargableUPZs/Localidad%2010%20Engativ%E1/Planos>
- Alfonso De Esteban , A. (2003). Contaminación Acústica y Salud. *Revista Científica Complutenses*. Vol. 6,pp. 74-95.
- Aristizábal, S. E. (2014). EL RUIDO AERONÁUTICO: REALIDAD QUE ENFRENTA EL AEROPUERTO. Bogotá, Colombia.
- A.P. Garrido Galindo, Y. C.-P. (2016). Noise level in intensive care units of a public university hospital in Santa Marta (Colombia). *Medicina Intensiva ELSEVIER*. Vol. 40, pp. 404 - 409.
- Barron, R. F. (2001). *Industrial Noise Control and Acoustics*. New York, Marcel Dekker.
- Bayona, T. Á. (S.F). Aspectos ergonómicos del ruido: evaluación. *Centro Nacional de Nuevas Tecnologías*, pp. 2-33.
- Bhave, P., & Bisma, S. (2014). Noise Pollution Status in Central Mumbai: A Comparative Study. *Springer Science+ Business Media Singapore* ,Vol.1 pp. 491-495.

Brauer, M., Tamburic, L., Davies, H., Koehoom, M., & De Roos, A. (2014). Proximity to Traffic, Ambient Air Pollution, and Community Noise in Relation to Incident Rheumatoid Arthritis . *Environmental Health Perspectives* , S.F. Vol.122, pp. 3-17.

- Bozzini, F. (S.F). *GIPEM // aulas virtuales*. Recuperado el Abril de 2015, de Características del fenómeno sonoro:

<http://www.apcvirtual.com/mod/glossary/print.php?id=10786&mode=author&hook=ALL&sortkey=LASTNAME&sortorder=asc&offset=-10>.

- © 2016 RAECO Rents LLC Bensenville Illinois, USA. (2016). *Raenco Rents*. Obtenido de <http://www.raecorents.com/products/software/Svantek-Svan-PC/>
- Caicedo Guzmán, C. *Características del mercado objetivo para comercializar en Bogotá un dispositivo para personas con deficiencia auditiva*. (Tesis pregrado) Universidad de San Buenaventura. Facultad Ciencias Empresariales, Bogotá, Colombia.
- Catastro Bogotá. (2013). *Observatorio Técnico Catastral*. Obtenido de <http://www.catastrobogota.gov.co/sites/default/files/8.pdf>
- Civil, A. (2014). *Estudio de Impacto Ambiental para la modificación de la licencia ambiental del aeropuerto internacional el dorado de la ciudad de Bogotá*. Bogotá, Colombia.
- Colombia, U. N., Velez Moreno, L. M., & Espinosa Valencia , G. J. (S.F). *Afectación de la contaminación por ruido en el desarrollo urbano*. Medellín. Obtenido de

□

[http://institutodeestudiosurbanos.info/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_details&gid=218&Itemid=18](http://institutodeestudiosurbanos.info/index.php?option=com_docman&task=doc_details&gid=218&Itemid=18)

- Comunidad de Madrid. (2009). *Ley 32/2003 del ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas*. España: Comunidad de Madrid.
- Copyright © 1995-2016 Lakes Environmental Software. (2016). *Lakes Environmental*.

Obtenido de

<http://www.weblakes.com/products/wrplot/?AspxAutoDetectCookieSupport=1>.

- Copyright 2014 Svantek. Wszelkie prawa zastrzeżone. (2016). *SVANTEK*.  
Obtenido

de [http://svantek.com/lang-en/product/20/supervisor\\_software.html#about](http://svantek.com/lang-en/product/20/supervisor_software.html#about).

- Copyright 2016 Environmental Systems Research Institute, Inc. (8 de Junio de 2016).

*ArcGis for Desktop*. Obtenido de esri:

<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-krigingworks.htm>

- Correa Restrepo, F., Osorio Múnera, J., & Patiño Valencia, B. (Diciembre de 2011). *Scielo*. Obtenido de Valoración Económica Del Ruido: Una Revisión Analítica De



Estudios:

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S012063462011000200004&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012063462011000200004&nrm=iso&tlng=pt).

- DERECHO A LA TRANQUILIDAD-Vulneración por ruido en establecimiento de comercio/ derecho a la intimidad y a la tranquilidad y contaminación auditiva, Sentencia T-359/11 (5 de Mayo de 2011).  
Echeverri Londoño, C. A., & Gonzalez Fernandez, A. E. (13 de Mayo de 2011). Protocolo para medir la emisión de ruido generado por fuentes fijas. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*. Vol. 10 , pp. 53-59.
- Emisión de ondas electromagnéticas en Colombia-Jurisprudencia constitucional en Colombia, Sentencia T-397/14 (23 de Octubre de 2014). Obtenido de :  
<http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2014/t-397-14.htm>
- Escuela Colombiana de Ingenieros. (2007). (F. d. Industrial, Editor) consultado el 15 de febrero de 2015.
- Esri. (2016). *ArcGis for Desktop*. Obtenido de esri  
<http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-desktop/features>
- Fletcher, H., & W.A, M. (1933). Loudness, Its Definition, Measurement and Calculation. *Sociedad Acústica Americana*. Vol 5, pp 82-107.

□

- Fulecol. (2013). Formulación del plan de prevención y descontaminación por ruido de los 9 municipios que conforman el área metropolitana del valle de Aburrá (contrato cm 457 de 2012 del 27 de agosto de 2012 ), Medellín, Colombia.
- García, M. E. (2003). Redes de Ponderación Acústica. En I. 226, *Curva de sonoridad de 40 fonios ISO 226 y curva de ponderación A*. España.Vol. 1 , pp. 3 - 20.
- García Ferrandis, X., García Ferrandis, I., & García Gómez, J. (2012). Los efectos de la contaminación acústica en la salud, conceptualizaciones del alumnado de Enseñanza Secundaria Obligatoria de Valencia.Vol 24, pp. 125 -135.

Garmin Etrex (Garmin Ltd.)-Garmin International ,Inc. (2011). *Manual del usuario* .

- Garrini, D., & Leonardini, R. (S.F). *Contaminacion Acustica como agente generador de disofonía profesional en la actividad docente*. Argentina. Vol 1, pp. 4 -19.
- Giancoli , C. D. (2006). *Fisica: Principios con Aplicaciones*. Mexico. Vol1, Sexta edición ,Cap 12. pp. 322- 343, Ed. Pearson Education.
- Gómez Casicote, M. D. (2004). *Evaluación del ruido ambiental y su potencial impacto sobre la comunidad de la zona comercial que comprende desde la carrera 4 calle 48, 49, 50, 51 y carrera 17 con calle 48, 49, 50 y 51 de la ciudad de barrancabermeja* ( Monografía de Grado) Universidad Distrital de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Harris, Cyril M. (1995). *Manual de medidas acústicas y control del ruido*, Vol. 1 , pp 21-29, 34-140 Ed. McGraw Hill, Madrid.
- Hellman, R., Takeshima, H., Suzuki, Y., Ozawa, K., & Sone, T. (2000). *Equal loudness countours at high frequencies*.Vol1. pp. 1- 5 Francia.
- Henao Robledo, F. (2008). *Riesgos físicos: ruido vibraciones y presiones anormales*, Cap 1, pp. 2-6, 24-32,48-49, Ed. Ecoe, Bogotá, Colombia.
- ICONTEC INTERNACIONAL. (2013). NTC 3520 Acústica, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Determinación de los niveles de ruido ambiental .Primera Actualización.  
IDEAM. (2007-2010). *Informe del estado de la calidad del aire*. Colombia. Obtenido de: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022433/CALIDADDELAIREWEB.pdf>.

- IDEAM. (2006). Documento soporte norma de ruido ambiental. Bogota. Obtenido de: <https://es.scribd.com/document/198945180/3126-1727-Documento-Soporte-RuidoMayo-25>.
- ISO. (2005). Normal equal-loudness level contours - ISO 226:2003. En *Acoustics International Organization for Standardization* . Berlin: UdK Berlin.
- Jiménez B. (2002). *La contaminación ambiental en México*, Distrito federal, México. Cap. 7, Ed. Limusa.
- Kestrel Pocket Weather Meters. (2008). *Los instrumentos meteorológicos de bolsillo más fiables del mundo*.
- Kloth, M., Vancluysen, K., & Clement, F. (S.F). *Manual profesional para la elaboración de planes de acción contra el ruido en el ambito local*. Comisión Europea: Polls
- La guia metas. (2004). El pascal y Factores de Conversión de Unidades de Presión y Vacío . *Metas & metrologos asociados*, pp. 1-3.
- Labein, Centro Tecnológico. (2001). *Criterios acústicos en el diseño de centros*.

Vitoria: Stee Eilas. Obtenido de

<http://www.afahc.ro/ro/afases/2016/MECH/CRETU.pdf>

Larsondavis. (2016). *CAL200 Precision Acoustic Calibrator Manual*. Obtenido de

[http://www.larsondavis.com/ContentStore/mktg/LD\\_Manuals/CAL200%20manual.pdf](http://www.larsondavis.com/ContentStore/mktg/LD_Manuals/CAL200%20manual.pdf)

- Maggiolo, D. (S.F). *Acústica Musical - Sonoridad*. Bogota.

- Martínez Llorente, J., & Peters, J. (2013). *Contaminación acústica y ruido*, Ecologistas en Acción Marqués de Leganés, Madrid, pp 6-16,22-27.
- Ministerio de asuntos exteriores y cooperación,( 4 de abril del 2015).Noticias jurídicas. Obtenido de Noticias jurídicas: [http://noticias.juridicas.com/base\\_datos/Admin/549966codigo-adoptado-en-londres-el-30-nov-2012-niveles-de-ruido-a-bordo-de-los.html](http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/549966codigo-adoptado-en-londres-el-30-nov-2012-niveles-de-ruido-a-bordo-de-los.html)
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (2006). Resolución 0627. Bogotá.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (2014). Autoridad nacional de licencias ambientales, Términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental proyectos de construcción y operación de puertos Bogotá.
- MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCION SOCIAL ,UNIVERSIDAD NACIONAL,ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. (Julio de 2012). Lineamiento para la vigilancia sanitaria y ambiental de los efectos en la salud y la calidad de vida asociados a la contaminación por ruido en áreas urbanas . *Carta Acuerdo CO/LOA/1100037.001 Ministerio de Salud Y Proteccion Social Organizacion Panamericana De La Salud*. Bogotá.  
Monroy, M. M. (2003-2006). *Manual del ruido:Calidad Ambiental En La Edificación para las Palmas De Gran Canaria.Islas Canarias*.
- Murillo , D., Ortega, I., Carrillo, J. D., Pardo , A., & Rendón , J. (8 de Mayo de 2012).

## COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE INTERPOLACIÓN PARA LA GENERACIÓN DE MAPAS DE RUIDO EN ENTORNOS URBANOS.

- Ochoa Pérez, J. M., & Bolaños Balari, F. (1990). *Medida y control del ruido*. España marcombo BOIXAREU EDITORES.
- Perez, D. (2013). *Cuida Tu Salud Con Diane*. Obtenido de Disminución de productividad por ruido excesivo: <http://cuidatusaludcondiane.com/disminucion-deproductividad-por-ruido-excesivo/>.

## • Rodríguez Santos, J. M. (S.F). APLICACIÓN DE METODOS DE INTERPOLACIÓN PARA EL CÁLCULO DE PRECIPITACIÓN POR MODELAMIENTO GEOESTADISTICO Y ANÁLISIS ESPACIAL PARA EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.

- Santos Calderón, J. M., Cristo Bustos, J. F., & Londoño Ulloa, J. E. (2016). *Nuevo Código Nacional de Policía y Convivencia, LEY 1801 DE 2016*. Bogotá, Colombia: Union LTDA.
- Sanz, J. M. (1987) El ruido. MOPU. Unidades Temáticas Ambientales de la Dirección General del Medio Ambiente. Madrid, España, pp. 113.  
Secretaria Distrital de Medio Ambiente y La Universidad De Cundinamarca. (2011).  
CONTRATO INTERADMINISTRATIVO 1142 DE 2009, CELEBRADO ENTRE LA SECRETARÍA DISTRITAL DE. Bogotá.
- SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE. (S.F). *Secretaria Distrital De Ambiente* . Obtenido de <http://ambientebogota.gov.co/ruido>

- Sexto, L. F. (2005). *INSTRUCTIVO PARA LA APLICACIÓN DEL D. S N° 594/99 DEL MINSAL, TÍTULO IV, PARRAFO 3º AGENTES FISICOS - RUIDO*
- SVANTEK Sp. z o. o. (2013). *SVAN 977 ANALIZADOR DE SONIDO Y VIBRACIÓN, Manual del Usuario*. Warsaw.
- Universidad de los Andes. (2014). *Universidad de los Andes*. Obtenido de Facultad de Arquitectura y Diseño: [http://portfolios.uniandes.edu.co/gallery/28318531/Paisaje-Urbano-Planos-Bogota-ArcGIS-\(2014-02\)](http://portfolios.uniandes.edu.co/gallery/28318531/Paisaje-Urbano-Planos-Bogota-ArcGIS-(2014-02))
- Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (2016). *UNAD*. Obtenido de [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358008/Contenido\\_en\\_linea\\_Control/leccin\\_1\\_2\\_caracterizacin\\_y\\_monitoreo\\_de\\_la\\_contaminacin\\_por\\_ruido.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358008/Contenido_en_linea_Control/leccin_1_2_caracterizacin_y_monitoreo_de_la_contaminacin_por_ruido.html)
- Universidade de Vigo. (2016). *Universidade de Vigo, Departamento de Teoría do Sinal e Comunicacions*. Obtenido de [http://gcastro.webs.uvigo.es/PFC/Capitulo\\_uno\\_c.htm](http://gcastro.webs.uvigo.es/PFC/Capitulo_uno_c.htm)
- Uppenkamp, S., & Rohl, M. (2014). Human auditory neuroimaging of intensity and loudness. *Science Direct*, pp. 65-73.
- Villatoro, M., Henríquez, C., & Sancho, F. (27 de Marzo de 2008). COMPARACIÓN DE LOS INTERPOLADORES IDW Y KRIGING EN LA VARIACIÓN ESPACIAL DE PH, CA, CICE Y P DEL SUELO.
- YEPES , D. L., GÓMEZ , M., SÁNCHEZ , L., & JARAMILLO , A. C. (27 de Noviembre de 2008). METODOLOGÍA DE ELABORACIÓN DE MAPAS ACÚSTICOS COMO

HERRAMIENTA DE GESTIÓN DEL RUIDO URBANO - CASO MEDELLÍN. Medellin,  
Colombia.



## **ANEXOS**

Anexo 1. Espectros de ruido y eventos registrados durante la medición preliminar

Anexo 2. Eventos registrados y condiciones climáticas durante la medición definitiva

Anexo 3. Base de Datos