

ESTUDIO DE LOS NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL EN LA SEDE CENTRO DE
LA UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL BARRANQUILLA

MARGARITA ALEJANDRA RINCÓN JOYA
ANDREA CAROLINA SOLES VILLARREAL

UNIVERSIDAD LIBRE
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA INDUSTRIAL
BARRANQUILLA, ATLÁNTICO – COLOMBIA.

2018

ESTUDIO DE LOS NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL EN LA SEDE CENTRO DE
LA UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL BARRANQUILLA

MARGARITA ALEJANDRA RINCÓN JOYA

ANDREA CAROLINA SOLES VILLARREAL

Proyecto de grado presentado como requisito para obtener el título de Ingeniero
Industrial

Ing. Ricardo De La Hoz Lara M.Sc.

UNIVERSIDAD LIBRE
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA INDUSTRIAL
BARRANQUILLA, ATLÁNTICO – COLOMBIA.

2018

Nota de aceptación:

Firma presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Barranquilla, 15/03/2018

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
2. OBJETIVOS.....	17
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3. JUSTIFICACIÓN	18
4. MARCO REFERENCIAL.....	20
4.1. MARCO TEÓRICO	20
4.1.1. Concepto de Sonido.....	20
4.1.2. Características del Sonido.....	20
4.1.3. Concepto de Ruido.....	24
4.1.4. Características del Ruido	25
4.1.5. Diferencia entre Ruido y Sonido	25
4.1.6. Tipos de Ruido	25
4.1.7. Contaminación acústica y salud humana	26
4.1.9. Tipos de Estudio	29
4.1.10. Estudios de Impacto Ambiental	30
4.1.11. Concepto de Sonometría.....	30
4.1.12. Instrumentos de medición	31
4.2. MARCO LEGAL.....	32
4.3. ESTADO DEL ARTE	36
4.4. MARCO CONCEPTUAL.....	42
4.4.1. Concepto de ruido	42
4.4.2. Características del Ruido	43
4.4.3. Concepto de Sonometría.....	44

4.4.4.	Sonómetro.....	44
4.4.5.	Dosímetro	44
4.4.6.	Decibelios	44
5.	METODOLOGÍA	45
5.1.	Tipo de estudio	45
5.2.	Población.....	45
5.3.	Muestra	45
5.4.	Alcance y delimitación	45
5.5.	Método	46
6.	DETERMINACIÓN DEL PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTAL PARA LA TOMA DE MUESTRAS EN LA UNILIBRE SEDE CENTRO.	47
6.1.	Análisis de los protocolos internacionales.....	47
6.1.1.	Ley 37 del 2003.....	47
6.1.2.	EPA.....	53
6.2.	Análisis del procotolo nacional.....	55
6.2.1.	Protocolo de medición nacional.....	55
6.3.	Selección del protocolo aplicable	62
6.4.	Selección de puntos de medición	63
6.5.	Toma de muestras.....	73
6.5.1.	MARZO 8, 2018	76
6.5.2.	MARZO 9, 2018	82
6.5.3.	MARZO 11, 2018	88
7.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTAL EN LA UNIVERSIDAD LIBRE.....	95
7.1.	Identificación de las fuentes de ruido durante el estudio	95
7.2.	Resultados obtenidos a partir de la medición de ruido ambiental en relación a l_{eq} y l_{90} por punto	96
7.2.1.	Día 1. Punto 1	96
7.2.2.	Día 1. Punto 2.	98

7.2.3.	Noche 1. Punto 3	100
7.2.4.	Noche 1. Punto 4	101
7.2.5.	Día 2. Punto 5	103
7.2.6.	Día 2. Punto 6	105
7.2.7.	Noche 2. Punto 7	107
7.2.8.	Noche 2. Punto 8	109
7.2.9.	Día 3 (no hábil). Punto 9.....	111
7.2.10.	Día 3 (no hábil). Punto 10.....	113
7.2.11.	Noche 3 (no hábil). Punto 11	115
7.2.12.	Noche 3 (no hábil). Punto 12.....	116
7.3.	Comparación del resultado general por puntos para día y noche con respecto a leq.....	118
7.3.1.	Resultados ponderados LeQ para puntos en el período diurno	119
7.3.2.	Resultados ponderados LeQ para puntos en el período nocturno ...	120
7.4.	Comparación del resultado general por puntos para día y noche con respecto al nivel sonoro L_{90}	122
7.4.1.	Resultados ponderados L_{90} para puntos período diurno.....	122
7.4.2.	Resultados ponderados L_{90} para puntos período nocturno.....	123
7.5.	Comparación del resultado general leq con respecto a la resolución 0627 de 2006	124
7.5.1.	Comparación del resultado general LeQ diurno con respecto a la Legislación	125
7.5.2.	Comparación del resultado general LeQ nocturno con respecto a la Legislación	130
7.6.	Análisis generalizado de las muestras para los períodos diurno y nocturno	135
8.	ESTRATEGIAS Y RECOMENDACIONES PARA EL CONTROL DE RUIDO EN LA UNIVERSIDAD LIBRE.....	136
9.	CONCLUSIÓN.....	144
	BIBLIOGRAFÍA.....	152

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Nivel de intensidad de sonidos de diversas fuentes.	23
Tabla 2. Decibeles permitidos por zonas	34
Tabla 3. Nivel de presión sonora máximo de db(a)	35
Tabla 4. Combinaciones de colores para representación gráfica	61
Tabla 5. Combinación de colores para representaciones gráficas como 10 db(a).62	
Tabla 6. Asignación de puntos de medición aleatoria.	71
Tabla 7. Datos generales del estudio	74
Tabla 8. Primera medición día uno – punto 1	76
Tabla 9. Segunda medición día uno – punto 2	78
Tabla 10. Primera medición noche uno – punto 3	79
Tabla 11. Segunda medición noche uno – punto 4	81
Tabla 12. Primera medición día dos – punto 5	82
Tabla 13. Segunda medición día dos – punto 6	84
Tabla 14. Primera medición noche dos – punto 7	85
Tabla 15. Segunda medición noche dos – punto 8	87
Tabla 16. Primera medición día tres – punto 9	88
Tabla 17. Segunda medición día tres – punto 10	90
Tabla 18. Primera medición noche tres – punto 11	91
Tabla 19. Segunda medición noche tres – punto 12	93
Tabla 20. Datos registrados para p1.	96
Tabla 21. Datos registrados para p2.	98
Tabla 22. Datos registrados para p3.	100
Tabla 23. Datos registrados para p4.	101
Tabla 24. Datos registrados para p5.	103
Tabla 25. Datos registrados para p6.	105
Tabla 26. Datos registrados para p7.	107
Tabla 27. Datos registrados para p8.	109
Tabla 28. Datos registrados para p9.	111
Tabla 29. Datos registrados para p10.	113
Tabla 30. Datos registrados para p11.	115
Tabla 31. Datos registrados para p12.	116
Tabla 32. Resultados promediados leq período diurno	119
Tabla 33. Resultados promediados leq período nocturno.	121

Tabla 34. Resultados promediados I_{90} período diurno.	122
Tabla 35. Resultados promediados I_{90} período nocturno.	123
Tabla 36. Recomendaciones para puntos en el período diurno.	137

LISTA DE FIGURAS

Gráfica 1. comportamiento leq para p1.	97
Gráfica 2. Comportamiento l_{90} para p1.	97
Gráfica 3. Comportamiento leq para p2.	99
Gráfica 4. Comportamiento l_{90} para p2.	99
Gráfica 5. Comportamiento leq para p3.	100
Gráfica 6. Comportamiento l_{90} para p3.	101
Gráfica 7. Comportamiento leq para p4.	102
Gráfica 8. Comportamiento l_{90} para p4.	102
Gráfica 9. Comportamiento leq para p5.	103
Gráfica 10. Comportamiento l_{90} para p5.....	104
Gráfica 11. Comportamiento leq para p6	106
Gráfica 12. Comportamiento l_{90} para p6.....	106
Gráfica 13. Comportamiento leq para p7.	107
Gráfica 14. Comportamiento l_{90} para p7.....	108
Gráfica 15. Comportamiento leq para p8.	110
Gráfica 16. Comportamiento l_{90} para p8.....	110
Gráfica 17. Comportamiento leq para p9.	112
Gráfica 18. Comportamiento l_{90} para p9.....	112
Gráfica 19. Comportamiento leq para p10.	113
Gráfica 20. Comportamiento l_{90} para p10.....	114
Gráfica 21. Comportamiento leq para p11.	115
Gráfica 22. Comportamiento l_{90} para p11.....	116
Gráfica 23. Comportamiento leq para p12.	117
Gráfica 24. Comportamiento l_{90} para p12.....	118
Gráfica 25. Comportamiento general leq de los puntos diurnos.	120
Gráfica 26. Comportamiento general leq de los puntos nocturnos.	121
Gráfica 27. Comportamiento general l_{90} de los puntos diurnos.	123
Gráfica 28. Comportamiento general l_{90} puntos nocturnos.....	124
Gráfica 29. Comparación resultados leq día vs límite legal establecido	125
Gráfica 30. Comparación resultados leq noche vs límite legal establecido	130

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Vista aérea superior de la unilibre.....	64
Ilustración 2. Vista aérea frontal de la unilibre.....	64
Ilustración 3. Área de medición.....	65
Ilustración 4. Área de medición dividida en cuadrantes y zonas prohibidas.	66
Ilustración 5. Numeración dentro de las zonas de medición.	68
Ilustración 6. Puntos de medición de ruido ambiental dentro de la universidad.....	73

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. Materiales para la construcción de base artesanal.....	147
ANEXO 2. Mediciones diurnas.....	148
ANEXO 3. Mediciones nocturnas.....	149
ANEXO 4. Formato de observaciones	150

RESUMEN

El presente trabajo desarrolla un estudio de campo con el fin de determinar los niveles de ruido ambiental a los que se encuentra expuesta la comunidad estudiantil y administrativa de la Universidad Libre Seccional Barranquilla en su Sede Centro. A partir de procesos de observación y análisis, se determinan las principales fuentes emanantes de ruido externas e internas, y se caracterizan dependiendo su naturaleza, su constancia y demás factores que jueguen un papel importante.

La información recopilada sugiere el estado de la Universidad en cuanto al tema de contaminación sonora, y en aras de otorgarle a los escenarios descubiertos posibles soluciones aplicables, se procede a realizar recomendaciones y estrategias para mejorar el ambiente interno de la Institución.

Palabras claves: estudio de ruido ambiental, estudio universitario, niveles de ruido, ruido ambiental en universidad.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de grado tiene como objetivo central determinar los niveles de ruido ambiental a los que se encuentra expuesto la Universidad Libre Seccional Barranquilla en su sede centro.

Reconociendo la importancia de mantener un ambiente de aprendizaje y trabajo óptimo, surge la necesidad de evaluar ciertas áreas de la Universidad y determinar si el ruido al que se ven expuestas es producido por fuentes externas o fuentes internas.

Mediante el estudio de campo realizado en los días escogidos y basados en las especificaciones de la normativa colombiana, se recopilan los datos pertinentes para luego ser analizados y comparados con los límites establecidos para la zona de interés.

Conociendo los niveles de ruido ambiental por los que se ve afectada las inmediaciones de la institución, es posible realizar una búsqueda de posibles soluciones para aquellas fuentes controlables e informar a las entidades competentes respecto a las fuentes externas y como la constante producción de altos niveles de presión sonora perjudica el entorno educativo y laboral de la comunidad Unilibrista.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La contaminación es un amplio tema que abarca más de un factor. Durante muchos años, se le ha dado mayor relevancia a la contaminación del agua y la contaminación atmosférica dejando de lado la acústica.

El ruido puede definirse como todo sonido no deseado [1]; su clasificación directa depende del receptor, siendo en la mayoría de ocasiones una definición subjetiva. Contradictoriamente, es una contaminación silenciosa que puede pasar desapercibida; las personas se acostumbran a él y lo asocian con la vida citadina, excusándolo como características de las grandes urbes. La población tiene un gran y sorprendente poder de adaptabilidad a las condiciones de ruido, ignorando las consecuencias nocivas que puede traer a la salud.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) [2] ha abordado el tema desde 1980; se han creado guías, manuales, normas, resoluciones y demás, relacionados con el estudio del ruido urbano y sus efectos sobre el bienestar de las personas; modelos preventivos y correctivos, así como la construcción de mapas del ruido que ayudan a identificar las fuentes primarias y los lugares dentro de una ciudad que presentan mayores niveles de afectación.

En [2] se afirma cómo la OMS considera que el ruido es de las primeras molestias ambientales en los países desarrollados y como en el nuevo milenio ha recibido más atención y se han desarrollado más investigaciones y estudios de carácter científico que exponen el riesgo al que los ciudadanos y trabajadores se encuentran expuestos desde el hogar hasta el trabajo, aún se evidencia la falta de importancia que posee frente a otras problemáticas que se mantienen constantemente en el ojo público y en la memoria de las personas.

En Colombia, según la resolución 0627 del 7 de abril del 2006 [3], los estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido son establecidos por sectores y estos, a su vez, por subsectores. En cada uno se permiten niveles de ruido según el tipo de zona, ya sea residencial o industrial. Este tipo de legislación debe ser vigilada y controlada por organismos encargados de velar por el medio ambiente;

en el caso de Barranquilla, el DAMAB era quien anualmente debía publicar un mapa de ruido, con el fin de informar a la población sobre los niveles de ruido a los que se encuentran expuestos, después de haber entrado en liquidación bajo el decreto 0842 del 6 de diciembre del 2016 [4], medida que se tomó porque los gastos operativos eran mayores a sus ingresos este pasó a ser rápidamente remplazado por “Barranquilla Verde”, organismo que se encargará de cumplir las mismas funciones.

Según el informe sobre el estado de los recursos naturales y el medio ambiente de la contraloría de Bogotá [5], la exposición constante a altos niveles de ruido puede causar desmejoras en la salud de las personas. Las consecuencias comúnmente asociadas giran en torno a problemas auditivos tales como pérdida auditiva por un periodo de tiempo, hasta hipoacusia (sordera) irreversible; acúfenos o los molestos zumbidos en los oídos, que conlleva a la producción de vértigos e inestabilidad en las personas, mal con el que hay que convivir de por vida, además de cambios en el estado de ánimo, mal humor e irregularidades en el sueño. También influye en la concentración de adultos y jóvenes, en su tiempo de respuesta, y el tiempo de entendimiento. Retrasan los procesos de reacción y obligan a las personas a realizar un esfuerzo doble con el fin de comprender lo que no están escuchando claramente. El ruido es causante de cambios drásticos de humor en las personas, dolores de cabeza e incomodidades espaciales para quienes están cerca del mismo.

En 1994, Barranquilla apareció encabezando la lista de un estudio llevado a cabo por la consultora Publik de Pereira [6] sobre las estadísticas de contaminación sonora, siendo comparada con ciudades como Bogotá, Cali, Medellín y Bucaramanga, superándolas con promedio de 90 decibeles de intensidad, muy por encima de los valores recomendados por los organismos de salud y control.

La cultura que se ha creado en torno al barranquillero está asociada con la música fuerte, el hablar en voz alta y los sonidos estridentes en general. De acuerdo al análisis realizado por José Nicolás Díez Díez, director de comunicaciones de Publik, en el interior de un bus urbano de la ciudad, el oído de un pasajero recibe entre 90 y 98 decibeles.

Los Barranquilleros se encuentran expuestos a niveles de ruido altos [6], a dicho problema no se le ha hecho una medición reciente por parte de ningún organismo

de control ambiental [7]. De tal manera se percibe el poco monitoreo que se tiene sobre este contaminante.

La Universidad Libre es una institución de alto reconocimiento a nivel nacional y local, esta se interesa por el trabajo científico e investigativo de los miembros de su comunidad, y por todo proyecto que pueda contribuir al mejoramiento continuo de la misma. La Universidad pone a disposición sus instalaciones y equipos para que la comunidad educativa haga uso consciente y productivo de ellos, y los resultados de las investigaciones realizadas posean la veracidad adecuada.

Tomando en consideración el lugar donde se encuentra ubicada la sede Centro, de la Universidad Libre es posible observar como esta es una zona con construcciones en desarrollo a sus alrededores, centros comerciales, una plaza pública, estaciones de transporte público, además está ubicada en una vía principal donde el movimiento inicia desde tempranas horas del día y aún llegada altas horas de la noche no se detiene el mismo.

De acuerdo a lo descrito, surge la necesidad de conocer si los niveles de ruido a los cuales se exponen estudiantes, docentes, personal administrativo y usuarios en general de la Universidad se encuentran por encima de los límites permisibles, lo cual podría estar afectando directamente la salud, el cómodo aprendizaje, la vida estudiantil, la enseñanza y, en general, las actividades cotidianas.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo puede la Universidad Libre Seccional Barranquilla determinar si los niveles de ruido ambiental a los que se encuentran expuestos estudiantes, docentes, personal administrativo y usuarios en la sede Centro se hayan acordes a los límites permisibles, descritos en la Legislación Colombiana?

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio de los niveles de ruido ambiental en la sede Centro de la Universidad Libre, Seccional Barranquilla, con el fin de determinar si estos se encuentran dentro de los límites permitidos por la legislación colombiana.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer el protocolo de medición y toma de muestras en la Sede Centro de la Universidad Libre, Seccional Barranquilla.
- Analizar resultados de la sonometría a partir de los datos recolectados y según el estándar definido por la legislación colombiana.
- Diseñar estrategias para el control de las fuentes de ruido, encaminadas a la mejora del ambiente universitario en la Universidad Libre.

3. JUSTIFICACIÓN

La contaminación es una realidad a la que el hombre se enfrenta hoy día. Más allá de limitarse exclusivamente al vertimiento de desechos en suelos y cuerpos acuíferos, talas de bosques y demás acciones negativas con el medio, la contaminación tiene divisiones que, en la mayoría de los casos, son dejadas de lado por la falta de conocimiento e importancia hacia las mismas.

El ruido hace parte de la contaminación auditiva; es un factor al que los habitantes de las grandes y medianas urbes se ven enfrentados con alta frecuencia en el desarrollo normal de sus actividades. El crecimiento dentro de las ciudades, las construcciones, el tránsito masivo de vehículos por ciertas zonas en todo momento, los volúmenes altos de música y demás, tiene una incidencia silenciosa pero constante en la modificación del comportamiento de las personas.

Existen niveles de ruido permisibles a los cuales las personas del común pueden estar expuestas sin aparentemente tener consecuencias negativas. Teniendo en cuenta que el último estudio de ruido realizado por la entidad ambiental pertinente en la ciudad se llevó acabo hace más de seis años; y tomando como punto importante, la naturaleza de la cultura del entorno, asociada con la música fuerte, el uso excesivo de las bocinas de los automóviles, el poco manejo de los niveles de voz en las conversaciones, las construcciones masivas y los estruendos asociados a ellas, se consideró de alta importancia evaluar las condiciones a las que se encuentra expuesta la Universidad Libre Seccional Barranquilla. La Universidad cuenta con dos sedes, la Principal ubicada en la vía corredor universitario, y la sede Centro ubicada sobre la carrera 46. Ambos recintos se encuentran sobre vías principales y altamente circuladas en la ciudad; además, en los alrededores se desarrollan actualmente construcciones de centros comerciales, viviendas, reparaciones viales y demás actividades que generan bullicios constantes, y en el caso de sede Centro, colinda con una Plaza Pública en donde frecuentemente se llevan a cabo eventos culturales y de alta concurrencia.

Un estudio de los niveles de ruido pudo demostrar si la comunidad de la Unilibre se encuentra expuesta a niveles que sobrepasen los límites establecidos, siendo este tipo de contaminación generadora de irritabilidad, dolores de cabeza, acúfenos, entre otros, y por lo tanto podrían ser influyentes en la ralentización del aprendizaje por parte de estudiantes, la disminución de eficiencia en la ejecución de tareas en administrativos y el bienestar general de las personas.

Teniendo en cuenta los efectos adversos que generan la constante exposición al ruido y cómo estos pueden afectar los procesos de aprendizaje y desarrollo laboral de la comunidad Unilibrista, se evidenció la necesidad de conocer si los niveles de ruido se encontraban por debajo de los establecidos en la Legislación o si, por el contrario, sobrepasaban los límites.

A partir de los resultados encontrados con las mediciones se pudo conocer el estado ambiental con respecto a los niveles de ruido en la sede Centro de la Universidad Libre Seccional Barranquilla; así como también si dichos niveles registrados cumplían con los requisitos establecidos en la Resolución, además de las recomendaciones y estrategias ofrecidas en el presente proyecto investigativo como posibles acciones de mejora frente a las zonas críticas identificadas a lo largo del estudio y como producto del análisis de la situación actual a la que se enfrenta la Universidad.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. MARCO TEÓRICO

4.1.1. Concepto de Sonido

Es importante entender las definiciones básicas y características del sonido antes de entender el ruido conceptualmente.

Para Benade el sonido es “cualquier fenómeno que involucre la propagación de ondas mecánicas (sean audibles o no), generalmente a través de un fluido (u otro medio elástico) que esté generando el movimiento vibratorio de un cuerpo” [8].

De igual forma Rodríguez define el sonido como “el resultado de percibir auditivamente variaciones oscilantes de algún cuerpo físico, normalmente a través del aire” [9].

Para Fernández y Martínez el sonido “no es otra cosa que la sensación producida en el oído por las variaciones de presión generadas por un movimiento vibratorio que se transmiten a través de medios elásticos. Dentro de ciertos límites, estas variaciones pueden ser percibidas por el oído humano.” [10]

A partir de las definiciones, se reconoce que no toda vibración del aire puede ser considerada sonido; sólo aquella capaz de estimular el sentido auditivo.

El sentido del oído guarda directa relación con el estudio del sonido, ya que desde este órgano se inicia la sensación acústica que el cerebro procesará, y desde allí se determina subjetivamente si se percibe como molesto, convirtiéndose en ruido.

4.1.2. Características del Sonido

El sonido posee un grupo de características y factores que son medibles y calculables. Para Herreño [11], el sonido está compuesto por un grupo específico de cualidades las cuales define y describe como:

Amplitud: Se define como la distancia por encima y por debajo de la línea central de la onda de sonido. La línea central es la línea horizontal, llamada de referencia.

Decibel: Unidad para la medida del nivel de intensidad auditiva es igual a $10\text{Log}(I/I_0)$.

Frecuencia: Es otra propiedad del sonido. Se mide en hercios (Hertz, Hz) y permite saber a cuántos ciclos por segundo va esa onda. Un ciclo es cuando la onda sube hasta un punto máximo de amplitud, baja hasta atravesar la línea central y llega hasta el punto de amplitud máximo negativo y vuelve a subir hasta alcanzar la línea central. El tono o altura de un sonido depende de su frecuencia, es decir, del número de oscilaciones por segundo.

Onda: Es una perturbación física que se propaga en un determinado medio. Dicha perturbación consiste en la variación local de una magnitud escalar o vectorial determinada. El conjunto de fenómenos físicos que constituyen movimientos ondulatorios es muy amplio, ya que, aparte del sonido, son ondas la luz, los movimientos sísmicos, las ondas hertzianas, etc.

La ecuación fundamental de propagación de ondas en la atmósfera es:

$$C = f\lambda$$

Dónde:

C = Velocidad del sonido

f = frecuencia Hz

λ = longitud de onda

Por lo tanto:

La velocidad del sonido en el aire (a 20 °C) es de 340 m/s.

En el agua es de 1.600 m/s.

En la madera es de 3.900 m/s.

En el acero es de 5.100 m/s.

Al aumentar la longitud de onda la frecuencia disminuye. La intensidad del sonido se mide con un Sonómetro. La unidad de intensidad del sonido es el Decibel (dB). Al crecer la amplitud de las ondas sonoras aumenta la presión del sonido en la escala de decibeles.

Así mismo, [11] explica el tono como una cualidad que relaciona si un sonido es más agudo (tendrá frecuencias altas) o, más grave (tendrá frecuencias bajas) que otro.

Describe la respuesta del oído humano como dependiente de la frecuencia del sonido que sea percibida, entendiendo que oído percibe frecuencias que se encuentran en un rango entre los 20 Hertz y los 20.000 Hertz. Aquellas ondas con frecuencias mayores a los 20.000 Hz se conocen como ultrasonidos y las de menor frecuencia (< 20 Hz) se conocen como infrasonidos.

Velocidad del sonido

Teniendo en cuenta que el sonido viaja en forma de onda y que su origen, de forma general, se debe a cambios de presión en el aire debido a vibraciones de cuerpos; la definición de la velocidad de sonido se encuentra ligada a la naturaleza de la onda y depende directamente de la temperatura: “cuando el aire se encuentra a mayor temperatura las partículas de aire se mueven más aprisa y por lo tanto transmiten la onda más rápido, es decir la velocidad del sonido depende de la temperatura” [11].

Intensidad del sonido

Herreño [11] describe detalladamente el concepto de intensidad de sonido, asocia a él las fórmulas aplicables para cada caso de estudio, teniendo en cuenta que los escenarios que se presentan tienen variabilidad en los datos suministrados.

La intensidad (I) del sonido es la cantidad de energía que transporta la onda de sonido que atraviesa un área de 1m^2 durante 1 segundo. O lo que es igual, es la potencia por unidad de área.

$$I = \frac{P}{A}$$

La intensidad del sonido disminuye con la distancia a la fuente. En una onda sonora armónica tenemos partículas de aire que oscilan con movimientos armónicos simple. La intensidad del sonido armónico está dada por:

$$I = \frac{1}{2} \rho v w^2 A^2$$

Donde ρ es la densidad del aire, v la velocidad del sonido, $\omega = 2\pi f$ es la frecuencia angular y A es la máxima amplitud de las partículas de aire que oscilan. La intensidad depende de la frecuencia: a mayor frecuencia, mayor es la intensidad. [11]

El oído es sensible a una amplia variedad de intensidades, comúnmente se usa una escala de intensidad logarítmica. El nivel de sonido representado por β de una sonora se define como:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ dB}$$

Para una frecuencia dada el oído humano tiene dos límites de sensibilidad a la intensidad. Umbral de audición: hay una intensidad mínima para la cual el oído no es estimulado por la onda, es decir no se escucha. Umbral de dolor: para la misma frecuencia existe una intensidad máxima para la cual el sonido produce daño, es decir si la onda aumenta su intensidad puede dañar el oído. El nivel de intensidad de un sonido se mide con el decibel que abreviado se escribe dB. La intensidad I_0 para el aire tiene un valor de 10^{-12} w/m^2 .

Si la intensidad de una onda sonora es igual a $I_0 = 10^{-12} \text{ w/m}^2$ su nivel de intensidad es de 0 dB. Una intensidad de 1 w/m^2 corresponde a 120 dB.

Tabla 1. Nivel de intensidad de sonidos de diversas fuentes.

Descripción del sonido	Nivel de intensidad (dB)	Intensidad I (w/m ²)
Umbral de dolor	120	1
Remachadora	95	3.2×10^{-3}
Tren elevado	90	10^{-3}
Tráfico urbano intenso	70	10^{-5}
Conversación ordinaria	65	3.2×10^{-6}
Automóvil silencioso	50	10^{-7}
Radio con bajo volumen en el hogar	40	10^{-8}

Descripción del sonido	Nivel de intensidad (dB)	Intensidad I (w/m ²)
Murmullo ordinario	20	10 ⁻¹⁰
Susurro de hojas	10	10 ⁻¹¹
Umbral del oído a 1000Hz	0	10 ⁻¹²

Fuente: Energía II. Editorial Voluntad, 2006. Pág 84.

4.1.3. Concepto de Ruido.

Si bien las definiciones de ruido guardan grandes similitudes, es importante mencionar que la percepción y definición del mismo depende directamente del individuo que esté siendo expuesto a este: “el concepto de ruido es necesario comprenderlo desde dos perspectivas: por una parte, como fenómeno físico que conduce energía; y por otra, como una sensación auditiva desagradable para el receptor.” [12]

Por otra parte, respecto al concepto de ruido, Martínez Sandoval establece que

Lo esencial de cualquier definición del ruido (técnica, jurídica o social) es que se trata de uno o diversos sonidos molestos que pueden producir efectos fisiológicos, psicológicos y sociales no deseados en las personas o grupos de personas. Es importante tener en cuenta estas definiciones a la hora de precisar sus alcances. El ruido como fenómeno físico puede definirse desde un enfoque objetivo, es decir, que está ahí y tiene fuerzas que lo producen. Los elementos que lo integran son tres: la causa u objeto productor del sonido, la transmisión de la vibración y el efecto o reacción fisiológica y psicológica que se produce en la audición. Pero, al mismo tiempo el ruido es un fenómeno subjetivo que genera sensaciones de rechazo en un oyente o grupo de oyentes. [13]

El ruido es una sensación determinada por el receptor, y su constante exposición genera efectos adversos en el organismo.

La respuesta que puedan presentar las personas debido a la exposición depende de ciertas características, como la intensidad, la frecuencia, la duración del ruido, la edad del sujeto expuesto y la susceptibilidad. Estas características convierten al ruido en un fenómeno complejo de evaluar, incluso la percepción del mismo se vuelve subjetiva. [14]

4.1.4. Características del Ruido

El ruido presenta grandes diferencias, con respecto a otros contaminantes. Es un factor de poca percepción, en especial cuando se presenta en zonas urbanas donde los habitantes terminan acostumbrándose a su presencia, evidencia de lo anterior es su complejidad de medición y cuantificación, se produce muy fácilmente, y aunque no tiene un efecto en el medio, tiene un efecto acumulativo en el hombre.

La Organización Internacional del Trabajo, conocida como la OIT [15] expone otro grupo de características asociadas al ruido, en sus consideraciones es el contaminante más barato que existe y aunque para beneficios del medio no deja residuos ni tiene un efecto acumulativo en este, sí tiene un efecto acumulativo en el hombre; de ahí la razón por la que la mayoría de los efectos perjudiciales ocasionados por el contaminante, no sean de aparición inmediata. Se describe el ruido como un contaminante de acción limitada en cuanto a espacio, el entorno de acción se ve enmarcado por la proximidad que se tenga con respecto a la fuente sonora. El ruido es sólo percibido por un sentido, a diferencia de otros contaminantes que pueden ser percibidos por todos los sentidos, o más de uno. Finalmente, la OIT le adjudica al ruido una característica que lo diferencia de los otros contaminantes, debido a la naturaleza de este, a las fuentes que lo emanan e incluso los entornos en donde se presenta; el ruido frecuentemente es considerado como un mal inevitable producto del desarrollo y del progreso.

4.1.5. Diferencia entre Ruido y Sonido

De acuerdo a Suter [15], la diferencia entre ruido y sonido es bastante sencilla y se comprende partiendo de las definiciones de cada una. El sonido lo define como la vibración mecánica de moléculas que se propaga en ondas y que es percibido por el oído humano; mientras que el ruido es todo sonido no deseado, que produce incomodidad, y dependiendo a los períodos de exposición daños fisiológicos y/o psicológicos.

4.1.6. Tipos de Ruido

A continuación se presentan los diferentes tipos de ruidos, con sus principales características:

- Ruido Continuo: Se presenta cuando el nivel de presión sonora es prácticamente constante durante el periodo de observación (a lo largo de la jornada de trabajo).

Por ejemplo: el ruido de un motor eléctrico. La amplitud de la señal, aunque no sea constante siempre mantiene unos valores que no llegan nunca a ser cero o muy cercanos al cero. Por decirlo de alguna forma, la señal no tiene un valor constante, pero si lo es su valor medio.

- Ruido Intermitente: En él que se producen caídas bruscas hasta el nivel ambiental de forma intermitente, volviéndose a alcanzar el nivel superior. El nivel superior debe mantenerse durante más de un segundo antes de producirse una nueva caída. Por ejemplo: el accionar un taladro.
- Ruido de Impacto: Se caracteriza por una elevación brusca de ruido en un tiempo inferior a 35 milisegundos y una duración total de menos de 500 milisegundos. Por ejemplo, arranque de compresores, impacto de carros, cierre o apertura de puertas. [15]

4.1.7. Contaminación acústica y salud humana

Estudios [15] han afirmado los efectos negativos que tiene la contaminación acústica en los individuos. Estos agudizan su gravedad dependiendo directamente del tipo de exposición al que se vean enfrentados. Bien sea ruido ambiental o ruido ocupacional, la exposición continua genera deterioro en la salud física y psicológica de las personas.

Las vibraciones y el ruido pueden generar efectos crónicos sobre los vasos sanguíneos y capilares y dependerán del tipo de exposición medioambiental, aunque generalmente guardan más relación con ciertos ambientes laborales. Es necesaria pues su valoración, para instaurar medidas preventivas que protejan la salud de las personas. El riesgo fundamental que genera la exposición prolongada a altos niveles de presión sonora es la disminución del umbral de la audición. [15]

De acuerdo a Bedoya, citado por Cano Álvarez [16] existen estudios que relacionan procesos de observación sobre los estragos que causa la exposición constante a niveles de ruido muy por encima de lo permitido:

Se han observado efectos sobre el sistema nervioso central, como la modificación del ritmo cardíaco. En estos mismos estudios también se señala, que entre los 95 y 105 dB(A) se producen afecciones en el riego cerebral; alteraciones en el proceso digestivo, las que acarrearán úlceras duodenales, cólicos y otros trastornos intestinales; aumento de la tensión muscular y presión arterial; cambios de pulso en el electroencefalograma; dilatación de la pupila, alterando la visión nocturna, además de estrechamiento del campo visual.

Aunque el ruido se caracterice por ser un contaminante de difícil medición, las consecuencias o síntomas iniciales que trae al organismo, podrían pasar desapercibidos ante quien los esté padeciendo.

Entre los efectos sobre la salud de las personas la WHO [17] reconoce la discapacidad auditiva, la perturbación del sueño y las consecuencias que este conlleva en el corto y largo plazo, los efectos cardiovasculares, disminución de rendimiento en el trabajo y escuela, irritabilidad y molestia. El escuchar ruidos cuando no existe fuente sonora que los produzca también es una consecuencia reconocida y asociada con discapacidades auditivas incluyendo la tinnitus. Los efectos que se encuentran en la personas no son únicamente en la salud, se reconoce que la exposición al ruido ocasiona una interferencia o modificación en el comportamiento social de las personas, así como también interfiere con el proceso de comunicación dificultando y distorsionando la codificación y entendimiento del mensaje.

El deterioro auditivo inducido por ruido es muy común, pero a menudo se subestima porque no provoca efectos visibles ni, en la mayoría de los casos, dolor alguno. Sólo se produce una pérdida de comunicación gradual y progresiva con familiares y amigos y una pérdida de sensibilidad a los sonidos del entorno, como el canto de los pájaros o la música. Por desgracia, la capacidad de oír correctamente suele darse por supuesta hasta que se pierde.

Los efectos en la salud de la exposición al ruido dependen del nivel del ruido y de la duración de la exposición. A continuación se presentan los principales efectos ocasionados por el ruido:

- Pérdida Temporal de Audición: al cabo de breve tiempo en un lugar de trabajo ruidoso a veces se nota que no se puede oír muy bien y que le zumban los oídos. Se denomina Desplazamiento Temporal del Umbral a esta afección. El zumbido y la sensación de sordera desaparecen normalmente al cabo de poco tiempo de estar alejado del ruido.
- Pérdida Permanente de Audición: con el paso del tiempo, después de haber estado expuesto a un ruido excesivo durante demasiado tiempo, el oído no se recuperan y la pérdida de audición pasa a ser permanente. La pérdida permanente de audición no tiene cura. Este tipo de lesión del sentido del oído puede deberse a una exposición prolongada a ruido elevado o, en algunos casos, a exposiciones breves a ruidos elevadísimos. [15]

Además de la pérdida de audición, la exposición al ruido en el lugar de trabajo puede provocar otros problemas, entre ellos y de acuerdo a la OIT [15] problemas de salud crónicos ya que el ruido aumenta la tensión y este puede ser el causante de trastornos en el organismo que comprometen el sistema digestivo, nerviosos e incluso ocasionar problemas de índole cardíaco. Se afirma que las personas que se exponen al ruido constantemente tienden a quejarse de altos niveles de fatiga, cansancio y estrés, presentan insomnio crónico e incluso nerviosismo. El ruido a su vez, ocasiona cambios de humor drástico e irritabilidad, siendo las personas más propensas a presentar episodios de mal genio.

Los acúfenos o comúnmente conocidos como la sensación de zumbido en los oídos, es un efecto que puede venir acompañado de pérdidas auditivas temporales o permanentes dependiendo de la situación.

Es probable que las personas que sufren de acufenos noten éstos más en un ambiente silencioso, por ejemplo al intentar dormir por la noche o al sentarse en una cabina insonorizada para someterse a una prueba audiométrica. Es una señal de que se han irritado las células sensoriales del oído interno. Suele preceder a una pérdida auditiva inducida por ruido. [18]

El ruido es generador de enfermedades y síntomas que a su vez, desencadenan problemas de salud de incluso mayor índole, la exposición constante a ruido puede generar problemas en el sistema digestivo, como es mencionado anteriormente, y ciertos problemas en el sistema digestivo causan úlceras de estómago, gastritis y demás. De acuerdo a la OIT, se sospecha que el ruido es uno de los generadores de estas alteraciones en la salud, por tanto es de vital importancia reconocer el nivel de gravedad de las consecuencias y la importancia de implementar acciones de mitigación y corrección en el momento oportuno.

4.1.8. Factores que influyen en la exposición al ruido

No se puede entender la exposición única al ruido como generador de enfermedades crónicas en las personas. Existen factores que determinan los niveles de ruido y a partir de ahí, se asocia a ellos los efectos adversos o consecuencias a enfrentar.

Para determinar una de las consecuencias fundamentales como lo es el riesgo de pérdida auditiva, se han de tener en cuenta ciertos factores enunciados en [15]

como la intensidad, el tipo de ruido, tiempo de exposición, edad, susceptibilidad individual y el sexo.

Intensidad: su importancia es primordial. Aunque no pueda establecerse una relación exacta entre el nivel de presión sonora y daño auditivo, si es evidente que cuanto mayor es el nivel de presión sonora, mayor es el daño auditivo.

Tipo de Ruido: influye en cuanto a su carácter de estable, intermitente, fluctuante o de impacto. Es generalmente aceptado que el ruido continuo se tolera mejor que el discontinuo.

Se considera habitualmente que un ruido que se distribuya en gran parte en frecuencias superiores a 500 Hz presenta una mayor nocividad que otros cuyas frecuencias dominantes son las bajas.

Tiempo de Exposición: se consideran desde dos aspectos: por una parte, el correspondiente a las horas/día u horas/semana de exposición - que es lo que normalmente es entendido por tiempo de exposición - y por otra parte, la edad laboral o tiempo en años que el trabajador lleva actuando en un puesto de trabajo con un nivel de ruido determinado.

Edad: hay que tener en cuenta que el nivel de audición se va deteriorando con la edad, independiente de estar expuesto o no al factor de riesgo.

Susceptibilidad Individual: es la característica que posee cada persona de reaccionar ante la exposición al factor de riesgo por sus condiciones y antecedentes personales.

Sexo: se considera que las mujeres son menos susceptibles al ruido. [15]

4.1.9. Tipos de Estudio

Según las características generales sobre los estudios en un proyecto investigativo, existe una clasificación de estos mismos en cuatro grupos: por su nivel de profundidad, por el lugar de aplicación y por el número de aplicaciones.

La clasificación propuesta por Silva [19] tiene a su vez una subdivisión concreta de los tipos de estudio pertenecientes a cada grupo.

Por su nivel de profundidad: estudio exploratorio, estudio descriptivo, estudio confirmatorio.

Por el lugar de aplicación: estudio de campo, estudio de laboratorio, estudio experimental.

Por el número de aplicaciones: estudio trasversal, estudio longitudinal.

Silva afirma que los estudios no son excluyentes los unos con los otros, es decir, un estudio puede estar asociado fácilmente a más de un tipo que no necesariamente pertenezcan al mismo grupo de categorización. Lo anterior se presenta gracias a las características fundamentales del ejercicio investigativo que se esté llevando a cabo.

4.1.10. Estudios de Impacto Ambiental

El objetivo principal de los estudios ambientales es ejercer control y análisis sobre aquellos factores o transformaciones que afectan el medio, y generan repercusiones negativas en las personas e incluso sobre la fauna y flora del área según aplique. Por consiguiente, un estudio del impacto ambiental puede realizarse sobre los niveles de ruido que posiblemente estén afectando un área específica.

De acuerdo al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [20] los estudios ambientales realizados por usuarios deben seguir ciertas especificaciones técnicas ofrecidas por la entidad, además de que clasifican los estudios dependiendo el medio en el que se lleven a cabo: medio abiótico, medio biótico y medio socioeconómico.

Dentro de las descripciones del medio abiótico, se referencia el ruido como integrante del factor calidad de aire; para el cual se deben identificar las fuentes emisoras del contaminante a estudiar, la descripción de los límites con los que colinda el lugar de medición, además de que se deben seguir los protocolos de medición de ruido seleccionados por los investigadores.

4.1.11. Concepto de Sonometría

Con el fin de desarrollar un estudio de los niveles de ruido ambiental, se debe llevar a cabo una sonometría, que podría ser definida en forma general como la medición del aislamiento acústico.

La sonometría o técnica de medición de ruido es una práctica que se basa en sumar todos los niveles de sensibilidad que el oído humano obtiene a través del ambiente, los cuales serán expresados en números. Es importante mencionar que cuando hablamos de sonometría, hablamos de ruido como todos aquellos sonidos que son de alguna manera muy altos, molestos y perjudiciales para quienes los escuchan. [21]

Para llevar a cabo una sonometría se requieren principalmente dos instrumentos: un sonómetro que a su vez está compuesto por ciertos elementos que potencializan el proceso de medición, y un dosímetro. Los instrumentos mencionados arrojan resultados numéricos que se consideran en unidad de decibeles.

4.1.12. Instrumentos de medición

Para realizar las mediciones de ruido tanto ocupaciones como ambiental, se requiere principalmente de un elemento llamado sonómetro. El dispositivo tendrá que cumplir ciertos estándares establecidos por el protocolo de medición a acatar. En algunos casos también se hace uso del dosímetro, el cual toma mediciones de otros factores a los que está directamente relacionado el fenómeno del ruido.

Dosímetro: sirve para conocer el espectro de frecuencias. Se logra por el análisis del fenómeno sonoro, con ayuda de filtros eléctricos y electrónicos que solo dejen pasar las frecuencias comprendidas en una zona estrechamente delimitada. Este instrumento integra de forma automática los dos parámetros considerados: nivel de presión sonora y tiempo de exposición.

Se obtienen directamente lecturas de riesgo en porcentajes de la dosis máxima permitida legalmente para 8 horas diarias de exposición al riesgo.

Sonómetro: sirve para conocer el nivel de presión sonora (de los que depende la amplitud, la intensidad acústica y su percepción, sonoridad).

Un sonómetro como se hizo mención en el apartado anterior, cuenta a su vez con un conjunto de elementos que cumplen funciones específicas en la captación y medición del ruido en el ambiente a estudiar. “Entre los elementos que componen un sonómetro están: el micrófono, el atenuador, amplificador, circuito de medida y uno o más filtros, que se encargarán de clasificar las presiones del sonido según las frecuencias y considerando los diferentes niveles de sensibilidad con los que cuenta el oído humano con respecto a los sonidos” [21].

La unidad de medida con la que trabaja el sonómetro y se califican los niveles de ruido es el decibelio. La OIT expone la clasificación que existe para los sonómetros dependiendo su precisión

La unidad con la que trabaja el sonómetro es el decibelio. Existe una clasificación internacional para los sonómetros en función de su grado de precisión (norma CEI 60651), donde se establecen 4 tipos en función de su grado de precisión. De más a menos:

- Sonómetro de clase 0: Se utiliza en laboratorios para obtener niveles de referencia.
- Sonómetro de clase 1: Permite el trabajo de campo con precisión.
- Sonómetro de clase 2: Permite realizar mediciones generales en los trabajos de campo.
- Sonómetro de clase 3: Es el menos preciso y sólo permite realizar mediciones aproximadas, por lo que sólo se utiliza para realizar reconocimientos. [15]

Mediante los resultados obtenidos a través del proceso de sonometría y por el uso de las herramientas (sonómetro y dosímetro), se obtienen valores reales sobre el estado del ambiente estudiado. Cabe resaltar que las sonometrías no sólo se llevan a cabo para conocer el nivel de afectación ambiental, sino también dentro del área de trabajo; de tal forma que se obtienen resultados sobre las condiciones a las que se encuentran expuestos los trabajadores en su espacio.

4.2. MARCO LEGAL

En materia de ruido, los términos reglamentarios, como son las normas y las legislaciones son usadas frecuentemente por organismo de regulación de ruido según el territorio o el país, no obstante la diferencia entre una norma y una legislación es de carácter técnico, estas pueden tener significados levemente diferentes. Según la ISO “Una norma es un conjunto de reglas o directrices codificadas, muy similar a una reglamentación, pero que puede elaborarse bajo los auspicios de un grupo de consenso, como la Organización Internacional de Normalización” [15].

Mientras una legislación está constituida de leyes establecidas por autoridades o gobiernos legislativos. Numerosas normas nacionales adoptan el nombre de legislación. Algunas entidades oficiales manejan términos como Normas y reglamentaciones. Como en el caso de la (CCE) que adopta directivas. Los individuos pertenecientes a la UE tuvieron que ajustar, a partir de 1990, sus normas reglamentarias en materia de ruido ambiental con la directriz de 1986 CEE sobre exposición al ruido en el trabajo (CEE 1986). Esto significa que las normativas y regulaciones de los estados pertenecientes en factores de ruido tuvieron que anexar el mismo nivel de resguardo que la normativa comunitaria. En EEUU, un reglamento es una norma u orden determinada por una autoridad gubernamental y tiene mayor representación de formalidad que de una norma dicha. [15]

En el caso de la comisión europea “la referencia más general a nivel europeo en términos de contaminación acústica es el **V Programa de Acción** en relación con el Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible (aprobado el 18 de marzo de 1992 por la Comisión Europea) que pone límites al crecimiento de la contaminación acústica y acepta como bueno, niveles que puedan resultar tolerables” [15].

Para EEUU la regulación del ruido es un factor importante ya que considera que este es un contaminante silencioso según la EPA, Dos de cada tres personas viven en un ambiente de ciudad o cerca de está permitiéndoles asegurar que más de 140 millones de individuos se encuentran en ciudades haciendo algún sonido o ruido además de las innumerable fabricas que tienen en su territorio, por esta razón la EPA ha creado su protocolo de medición de ruido permitiendo a ellos llevar control como organismo regulatorio. [22]

En este sentido, la Comisión Europea desarrolla un programa para la reducción del ruido dentro del cual se engloba el **Libro Verde sobre “Política Futura de Lucha contra el Ruido” (1996)**. Con posterioridad, el **VI Programa Comunitario de Acción en materia de Medio Ambiente** establece las directrices de la política ambiental europea para el periodo 2001-2010, marcando como uno de los objetivos la reducción del número de personas expuestas de manera regular y prolongada a niveles sonoros elevados. En este marco se aprueba la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, que considera el ruido como un problema ambiental de primer orden que necesita, para su prevención y erradicación, métodos armonizados de medida, estimación y valoración. [23]

En el caso de Andalucía la **Comunidad Autónoma de Andalucía** la cual ha reglamentado la contaminación acústica ambiental por medio de normativas , que comienzan con la **Ley 7/1994, de 18 de mayo**, de Protección Ambiental y el Reglamento de calidad del aire, aceptado mediante el Decreto 74/1996, de 20 de febrero, en el que se regulariza en el campo de la contaminación acústica. esa normativa, fue desarrollada por el Decreto 326/2003, de 25 de noviembre, En el que se decreta el Ley de Protección contra la contaminación acústica en Andalucía, entre cuyos hitos se muestra la implementación de un guía tipo de ordenanza municipal en contra la contaminación acústica, que procura regular la protección del ambiente ciudadano frente a los ruidos y vibraciones que impliquen molestia en los individuos, riesgo o daño para los individuos o bienes de cualquier naturaleza. [23]

Todas estas normativas extranjeras han servido como base de las legislaciones Colombianas acerca del ruido y todas las leyes que amparan este problema público. En un país como Colombia, se han elaborado numerosos procesos y tratamientos para el control del ruido, muchos de ellos de forma empírica, otros con bases de conocimiento en acústica; no obstante, este tema en el país es totalmente nuevo y falto por investigar tendencias en cuanto a procedimientos desarrollados en países por mucho tiempo. En España y Chile existen numerosas reglas ambientales que penalizan con gran severidad a quien no las acate; demarcaciones en el volumen del sonido en ciertas áreas del casco urbano son exigidas desde hace mucho tiempo. Colombia es un país joven en cuanto a la penalización del desacato a la normatividad ambiental con respecto al ruido; sin embargo esto no quiere afirmar que el país no cuente con normativas que velen por lo niveles de ruidos establecidos. [24]

El Acuerdo No.0002 de 2005; “Por medio del cual se dictan normas sobre la contaminación por ruidos en el distrito de Barranquilla” según [25], el Artículo 1, tiene como objetivo regular la jurisdicción del Distrito de Barranquilla en la realización de actividades o procesos cuyos niveles de emisión de ruidos, provenientes de fuentes móviles o fijas que puedan alterar u ocasionar por su intensidad y persistencia molestias en el ambiente y, en especial, causar perjuicios psicológicos o fisiológicos en la salud humana. Para esto en El Artículo 11, del presente acuerdo se fija la cantidad de decibeles que se pueden producir por zona y horarios en la siguiente tabla.

Tabla 2. Decibeles permitidos por zonas

Zonas receptoras	Período diurno (7:01 AM.-9:00 PM)	Período nocturno (9:01 – 7:00 A.M)
ZONA I	55	45
ZONA II	60	50
ZONA III	65	55
ZONA IV	70	60
ZONA V	75	65

Fuente: Acuerdo No. 0002 de 2005.

En el párrafo 1; del presente Artículo se clasifica las zonas según los sectores:

Zona I. TRANQUILIDAD. Comprende sectores residenciales con lotes unifamiliares e instalaciones, como hospitales y escuelas, que no estén ubicados al borde de las vías de alto tráfico de vehículos (vías cuyo tráfico promedio diarios es superior a 12.000 vehículos), ni en la vecindad de autopistas y aeropuertos [25].

Zona II. RESIDENCIAL. Comprende sectores residenciales con viviendas multifamiliares, con escasos comercios vecinales, que no estén ubicados al borde de vías de alto tráfico de vehículos ni en la vecindad de autopistas y aeropuertos [25].

Zona III. COMERCIAL. Comprende sectores residenciales atravesados por vías de alto comercio, con predominio de pequeñas industrias, coexistencia con residencias, escuelas y centros asistenciales, ubicados cerca de vías de alto tráfico de vehículos, autopistas o aeropuertos [25].

Zona IV. INDUSTRIAL. Comprende sectores comerciales, industriales o donde predominan este tipo de actividades [25].

Zona V. GRAN TRÁFICO. Comprende los sectores que bordean las autopistas.

La Resolución 8321 de 1983; “Por la cual se dictan normas sobre Protección y Conservación de la Audición de la Salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos” [26] **Artículo 17**, expone que para prevenir y controlar las molestias, las alteraciones y las pérdidas auditivas ocasionadas en la población por la emisión de ruido, se establecen los niveles sonoros máximos permisibles incluidos en la siguiente tabla:

Tabla 3. NIVEL DE PRESION SONORA MAXIMO DE dB(A)

ZONAS RECEPTORAS	PERÍODO DIURNO (7:01 AM.-9:00)	PERÍODO NOCTURNO (9:01 – 7:00 A.M)
ZONA I	65	45
ZONA II	70	60
ZONA III	70	75
ZONA IV	45	45

Fuente: Acuerdo No. 0002 de 2005

Cuando el predio originador o fuente emisora de sonido pueda ser identificado y el ruido medido afecte a más de una zona, se aplicará el nivel de sonido de la zona receptora más restrictiva.

Según el Artículo 18 de [26], los niveles de presión sonora deben de ser determinados con un medidor de nivel sonoro calibrado, con el filtro de ponderación dB(A) y respuesta rápida, en forma continua durante un periodo no inferior de 15 minutos, se empleará un dispositivo protector contra el viento para evitar errores en las mediciones cuando sea el caso; si esta supera los decibeles permitidos los emisores que proliferan dicho ruido quedaran en manos de las autoridades que velen por el control de la contaminación sonora en el caso de la ciudad de Barranquilla la entidad que pasó a reemplazar al DAMAB, Barranquilla Verde.

La **Resolución 0627 de 2006**; “Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental” contempla en **el Capítulo IV, Artículo 33** [3], que ninguna persona operará o permitirá la operación de radios, instrumentos musicales, amplificadores o cualquier artefacto similar para la productividad o cualquier artefacto similar para la producción o reproducción de sonido, de tal forma que se ocasione contaminación por ruido a través del límite de propiedad o en zonas de tranquilidad, en violación de los límites fijados en las normativas vigentes que regula el ruido en la ciudad de Barranquilla, todo esto incluye transeúntes en las vías y vendedores ambulantes. Todas estas normativas aquí planteadas permitirán saber a la hora de la recolección de datos el nivel de decibeles permitidos para la zona y que parámetros se pueden tomar según lo estipulado por las normas y resoluciones de control de organismo que intentan atender contra la salud auditiva en la ciudad de Barranquilla.

4.3. ESTADO DEL ARTE

La contaminación es una problemática que afecta globalmente a toda la población terrestre. Más allá de ser una situación que afecta en gran forma a los países del primer mundo, aquellos en vía de desarrollo podrían enfrentarse a niveles más altos de contaminación de acuerdo a múltiples autores.

Usualmente, cuando se habla de contaminación atmosférica, se piensa únicamente en las emisiones de gases nocivos al aire por parte de industrias y vehículos, la

utilización de sustancias en aerosol, etc., sin embargo, la contaminación del aire está relacionada con la contaminación acústica o sonora.

La contaminación acústica es con frecuencia ignorada por la población, principalmente porque se asocia con la naturaleza de las grandes ciudades, de la vida diurna y de la cultura de la región, lo cierto es, que si los niveles de ruido en el centro histórico de una ciudad superan los decibeles establecidos por la legislación, es incorrecto que sea excusa como parte del desarrollo cultural de una población.

El ruido al ser una problemática “invisible” por el hecho de que el sonido no se puede ver es otro factor que ha determinado la desatención del mismo, incluso cuando el ruido es perceptible, también las personas expuestas tienden a familiarizarse con los niveles de presión sonora sumamente elevados. [...] Una de las razones por las cuales el ruido acústico afecta notablemente nuestro diario vivir parte definitivamente de la desinformación sobre este tema y de sus repercusiones a corto, mediano y largo plazo. A pesar de que podemos encontrar gran cantidad de información referente al tema, también hallamos discrepancias y confusiones cuando es de realizar una comparación o contraste entre términos o ideas que tratan la problemática del ruido sin mencionar las causas por las cuales se produce. [27]

En la región europea que concierne a la OMS, el ruido ambiental ha empezado a recibir la atención que requiere por parte de los gobernantes, prueba de ellos son las medidas adoptadas para el control y mitigación de sus efectos:

- El plan de acción para Europa “Children’s Environment and Health”, declara en su objetivo regional prioritario que los niños deberían ser protegidos de la exposición a ruido nocivo tanto en la casa como en la escuela. [28]
- La directiva de la unión europea 2002/49/EC 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental requiere que los estados miembros establezcan planes de acción para controlar y reducir los efectos nocivos de la exposición del ruido. [29]

Desde mediados de los años 70’s, las entidades gubernamentales encargadas de velar por la calidad ambiental en Colombia, han contado con instrumentos normativos para prevenir y controlar la contaminación acústica; pero a pesar de todo, esa legislación presentaba limitaciones y por lo general ostentaba grandes vacíos en torno a los valores de emisión de ruido en zonas urbanas y las estrategias de medición (equipos, sitios y tiempo de medición). Adicionalmente, los habitantes de las grandes urbes han manifestado su inconformidad frente a los altos niveles de ruido a través de crecientes protestas individuales, vecinales y de otros colectivos,

que han sido confirmadas por estudios de diferentes instituciones y organismos, y exigen del gobierno políticas y acciones dirigidas para contrarrestar sus efectos. [30]

Existen artículos investigativos de gran antigüedad que tratan los temas sobre la contaminación acústica, específicamente el ruido. Estudios han sido realizados a lo largo de los años en diferentes ciudades del país, principalmente en las más grandes con alto desarrollo social, industrial y económico; donde se exponen las desventajas ambientales que acarrea el crecimiento desmesurado en la gran mayoría de las urbes.

Casas García *et al.* [24], afirman que, aunque en Colombia se han realizado diversos tratamientos y estudios en relación con el ruido ambiental, el país es relativamente nuevo en el campo de controlar las emisiones de ruido, y penalizar las infracciones cometidas. Aun así, no se está afirmando que no existe una regulación para la contaminación sonora, pero en comparación con países como Chile y España, la nación se encuentra un poco atrasada en el conocimiento del tema. Cabe resaltar, que el reconocimiento de la existencia de la problemática que es el ruido, no es únicamente propia de las entidades gubernamentales que regulan los aspectos ambientales de una ciudad, sino también de la cultura de la población.

La percepción sonora se hace evidente en cada cultura y es también un factor que proviene del legado de tradiciones y las raíces culturales, así como de la cosmovisión y la educación. Sin embargo, hay legislaciones y normas nacionales, como acuerdos internacionales, que permiten regular el ruido sonoro y su impacto a la salud y al medio ambiente. [27]

Aunque el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, promulgó la norma que estipula los niveles de emisión de ruido y ruido ambiental, el cumplimiento de dicha legislación por parte de la ciudadanía podría calificarse como nulo, especialmente en las ciudades de la zona norte del país. Además, los entes reguladores establecidos en cada ciudad, a los cuales se debe acudir para exigir el correcto cumplimiento de la norma, carecen de información actualizada con respecto al estado actual de los niveles de ruido que afectan las ciudades, especialmente las costeras. En los departamentos y ciudades de la zona centro del país, la regulación de los factores influyentes en la contaminación sonora reciben mayor atención, evidenciado en el número de mapas de ruido elaborados en los últimos años.

Departamentos como Antioquia, actualizan constantemente sus mediciones con respecto a los niveles de ruido en las zonas urbanas. Para el caso de Medellín, Bello e Itagüí la actualización más reciente data del año 2015; así mismo, se realizó un Plan de Prevención y Descontaminación por ruido de 9 municipios en el Valle Aburrá [30]:

Actualmente la problemática de ruido ha sido reconocida como uno de los problemas ambientales de mayor relevancia en el mundo, por lo que algunos países han adelantado esfuerzos y desarrollos tendientes a controlar la contaminación generada por el ruido, mediante estudios, lineamientos y acciones en búsqueda de la prevención y descontaminación por ruido de las principales ciudades.

Las investigaciones académicas, estudios y artículos en su mayoría hacen referencia a ciudades como Medellín y Bogotá, en donde los ministerios designados o las entidades reguladoras ejercen mayores controles sobre la información y datos registrados; a diferencia de la capital del Atlántico, que carece de una actualización en las mediciones relacionados con el ruido e incluso las requiere con premura.

Barrera citada por Chaparro León y Linares Mendoza [31], en su proyecto investigativo comparte la realidad que se vive en las zonas aledañas al aeropuerto internacional El Dorado de la ciudad de Bogotá, y sus efectos directos en los habitantes de localidades como Fontibón y Engativá. De acuerdo, al estudio llevado a cabo, en el desarrollo cotidiano de sus actividades, el aeropuerto sobrepasa los límites establecidos en la Legislación 0627 de 2006.

Muñoz *et al.*, desarrolló un estudio enfocado al análisis de la contaminación acústica por el flujo vehicular, presentó en sus resultados que para el caso de las zonas residenciales en comparación con la Legislación Colombiana respectiva (resolución 08321 de 1983), se excedía los niveles de ruido en un 13.5%; además los buses de servicio de transporte público eran los responsables de las mediciones con mayores intensidades debido a sus diseños, sistemas internos y uso excesivo de bocinas. [32]

En el año 2007, se publicó la investigación llevada a cabo por Muñoz Yis y Martínez Pedroza [33] desarrollan un proyecto con el fin de conocer la situación sonora de la ciudad antes de que se iniciara la construcción del sistema de Transmetro, y determinar en un futuro, una vez el proyecto Transmetro se encontrara finalizado y en ejecución, si las repercusiones en materia de lo ambiental serían negativas.

Los resultados de las mediciones tomadas por Muñoz y Martínez [33], muestran que la zona más contaminada por ruido es la Calle 45 (Murillo) y sus diversas intersecciones, siendo los niveles más altos en algunas, la zona en general presenta tendencias altas de contaminación producida por el gran tránsito vehicular particular y público (entiéndase numerosas rutas de buses y busetas), los locales comerciales que amenizan con música en volúmenes estruendosos, bares, cantinas y e incluso las viviendas del sector.

Montaño Erazo [27] expone como conclusión de su trabajo investigativo para la Universidad de San Buenaventura en 2013, que es de gran importancia detallar las normativas y legislaciones en función de los límites que se consideran saludables para las personas, además tomar en consideración el hecho de que en una ciudad las actividades que se desarrollan son variables, y aquellos eventos que en ciertos sectores son generadores de altos niveles de ruido, no se llevan a cabo en otras partes de la ciudad. Le otorga el valor de eficiente a las legislaciones existentes en Colombia, sin embargo resalta que la aplicabilidad de la misma es insuficiente, y aunque las normativas sean pertinentes, un sinnúmero de factores además de la falta de consciencia y respeto por las leyes ambientales no permite que se progrese en materia de acato y seguimiento.

En concordancia con los demás autores citados en este documento, [27] le otorga gran parte de la producción de ruido al tránsito vehicular, cabe aclarar que los estudios hacen referencia a las zonas urbanas, para el caso de las zonas rurales donde el tráfico es considerablemente inferior, los factores generadores de altos niveles de ruido pueden ser ocasionados por otro tipo de fuente.

Aunque los efectos negativos que tiene la contaminación sonora no se observan inmediatamente, la constante exposición acarrea enfermedades y deterioro en la calidad de vida de las personas; además de que decrece la productividad en la ejecución de sus labores y tareas diarias:

El ruido es altamente nocivo debido a que afecta el cuerpo humano de forma progresiva y acumulativa, es decir que los daños que el ruido causa se van agravando con el tiempo, los problemas pueden ir desde problemas para dormir, estrés, problemas psicológicos y eventualmente daños físicos en el oído. [27]

Para el caso de una ciudad vecina la localidad, como lo es Cartagena, también se ve afectada por los niveles de ruido que sobrepasan los límites aceptables. En [34] se explica que en una de las localidades que se tomaron como parte de estudio

llevado a cabo por el Establecimiento Público Ambiental (EPA), sólo el 1% de la población cumple con la normativa.

Díaz Contreras en el año 2014 [35], expone que la contaminación por ruido, entre otros factores, tiene una incidencia importante en la salud pública de los ciudadanos, menciona como punto neurálgico el centro de la ciudad de Barranquilla, que asegura, en horas pico alcanza niveles que superan los 90 decibeles. Las altas marcaciones en las mediciones se deben al gran tráfico vehicular, las bocinas de los automóviles, buses y motos, equipos de sonido, animadores, megáfonos, etc.

Díaz [35] plantea la hipótesis de que en el año 2020 los ruidos en el distrito de Barranquilla no superen los 50 decibeles, si bien es un valor muy debajo de los límites reglamentados, podría considerarse como una meta utópica, teniendo en cuenta que las marcaciones reales demuestran que en la ciudad se exceden los límites establecidos por grandes diferencias. Sin la planeación o proyección futura, el crecimiento de la ciudad se verá opacado por las diversas problemáticas de salud pública.

Barranquilla es una ciudad que ha presentado altos índices de crecimiento [36] en los últimos años, dicho crecimiento se ha visto reflejado en todos los sectores económicos de la ciudad, las zonas comerciales, construcción de viviendas, edificaciones y obras civiles en general, así como también el aumento de migrantes en la ciudad; todos los factores que representan la propagación de la ciudad son directamente proporcionales al aumento de los niveles de contaminación acústica que enfrenta La Puerta Dorada:

De acuerdo con reportes de ingenieros y técnicos de esa empresa, el lugar más bullicioso de Barranquilla es la zona céntrica, específicamente el Paseo Bolívar (precisamente en el sector de la estatua de Simón Bolívar), donde el índice de ruido alcanza los 100 y los 110 decibeles por acción del tráfico, los gritos de los vendedores ambulantes, la promoción de viajes a otras ciudades, el pito de reguladores del tránsito y, de un tiempo para acá, el funcionamiento de plantas eléctricas. [6]

Teniendo en cuenta que una de las sedes dentro del estudio se halla situada cerca de la zona céntrica de la ciudad y de La Catedral Metropolitana María Reina, denominada en [6] como una de las zonas con mayores niveles de ruido del País. Se toma en consideración la necesidad de llevar a cabo el estudio para conocer en la actualidad la calidad del ambiente al que se encuentra expuesto la Universidad.

4.4. MARCO CONCEPTUAL

4.4.1. Concepto de ruido

Existen definiciones que integran el concepto de sonido y ruido, con el fin de mostrar la estrecha relación que existe entre ambos, se expone la publicada por Mejía y Florez [18], quienes establecen que

El sonido es un fenómeno sonoro formado por vibraciones irregulares en frecuencia y amplitud por segundo, con diferentes timbres, según el material que los origine; en pocas palabras el ruido es una mezcla compleja de sonidos con frecuencias diferentes. Pero no todo sonido es ruido, aunque el ruido por definición implica un grado determinado de sonido; por tal razón se definirá al ruido como un sonido molesto e intempestivo que puede producir efectos fisiológicos y psicológicos no deseados en una persona o grupo.

Si bien las definiciones de ruido de diferentes autores guardan estrecha relación, Cano Álvarez considera que: “el ruido es, pues, un agente perturbador del sosiego público que no solo acarrea problemas sociales, sino efectos negativos sobre la salud y el comportamiento de los individuos.” [16]

Los especialistas han descubierto que el ruido es un sonido desagradable según la percepción y agrado de cada ser humano, lo que para algunos individuos es molesto para otros puede ser agradable [37] sin embargo, cabe destacar que hay que medir los decibeles para ver a qué riesgo sonoro las personas pueden estar expuestas. En Colombia existen organismos y entidades que deben ejercer control sobre la problemática que representa el ruido, en contraste con lo observado en países del norte, no existe interés suficiente por parte de los organismos competentes en la aplicación de las normativas. La Unión Europea, por ejemplo, con este tipo de problemática es bastante minuciosa, y constantemente realiza estudios enfocados a determinar la idoneidad de los niveles de ruido, tanto en el ámbito laboral como el educativo.

Los datos disponibles sobre exposición a ruido no laboral son generalmente pobres en comparación con aquellos que miden otros problemas ambientales y a menudo son difíciles de comparar debido a las diferentes medidas y métodos de evaluación usados. Sin embargo, se estima que cerca del 20% de la población de la Unión Europea (cerca de 80 millones de personas) sufren niveles de ruido que los científicos y expertos en salud consideran inaceptables, y que provocan molestias, perturbación del sueño y posibles efectos adversos sobre la salud. Otros 170 millones vienen lo

que se conoce como zonas grises, donde los niveles de ruido causan serias molestias durante el día. [38]

La exposición constante al ruido trae consecuencias negativas en el bienestar de las personas: “respecto a los efectos del ruido ambiental sobre la salud hay una fuerte evidencia para las molestias, la perturbación del sueño, y el rendimiento cognitivo en adultos tanto como niños.” [39]

El ruido se encuentra en cualquier ambiente, las consecuencias que trae consigo dependen directamente de la intensidad y tiempo de exposición al que se vea sometido la persona:

La Organización Mundial de la Salud (Guidelines for Community Noise, 1999) establece que un ruido emitido a partir de un valor de 30 dB puede ya causar dificultad para conciliar el sueño, e influye en la pérdida de su calidad. Con 40 dB en el ambiente se produce ya dificultad en la comunicación verbal. El sueño puede ser interrumpido con valores superiores a 45 dB; y el ruido entre valores de 50 y 55 puede causar malestar diurno entre moderado y fuerte para las personas expuestas. A partir de 65 dB la comunicación verbal se hace extremadamente difícil; y finalmente valores de ruido entre 75 y 140 dB pueden causar pérdida de oído (a largo, medio o corto plazo, en función de la duración del sonido y del número de exposiciones al mismo). [16]

4.4.2. Características del Ruido

El ruido con respecto a otros contaminantes es un fenómeno de difícil percepción, es de compleja medición y cuantificación, se produce muy fácilmente, tiene un efecto negativo acumulativo en el hombre, tiende a ser ignorado, tiene afectaciones limitadas debido a la cobertura y extensión de las ondas, además de que sus efectos perjudiciales tienden a verse reflejados en el organismo después de períodos largos de tiempo, es decir, no tiene efectos inmediatos.

Debido a la incorrecta asociación que se le ha a la contaminación acústica con el crecimiento y desarrollo de las urbes, el ruido tiende a ser considerado como un mal que no puede evitado.

En Colombia la visión global respecto al panorama referente al ruido ambiental no es alentadora, a lo largo de los años se han realizado diversos estudios en diferentes partes del país, dichos estudios sugieren que el crecimiento de la

actividad económica es directamente proporcional al incremento de los niveles de ruido al que se exponen los habitantes. [32]

Un claro ejemplo de lo mencionado anteriormente, se presenta en el caso del Área Metropolitana del Valle de Aburrá ubicada en el departamento de Antioquia, dado que se encuentra en una región que se encuentra sometida a altos niveles de ruido provocado por: el crecimiento de construcción de edificaciones y obras civiles, el considerable aumento de vehículos automotores, la actividad industrial y la ubicación de locales comerciales de diferente índole en zonas residenciales, todo lo anterior propicia ambientes con alta contaminación acústica, “se estima que un poco más del 40% de sus habitantes están expuestos a niveles de ruido por encima de los límites que pueden ser perjudiciales para la salud”. [40]

4.4.3. Concepto de Sonometría

A partir de las definiciones expuestas en el marco teórico, se define la sonometría como el estudio de los niveles de ruido en un ambiente determinado. Se realiza con el fin de conocer las afectaciones que se presentan en el ambiente de trabajo, o el medio en general. La sonometría analiza el aislamiento acústico y, si se tiene el dosímetro, las dosis de ruido que recibe el individuo y el impacto en sí. [41]

4.4.4. Sonómetro

Instrumento de medición que analiza minuciosamente la presión acústica, con ayuda del grupo de elementos (micrófono, amplificador, filtros, etc.) que lo componen.

4.4.5. Dosímetro

Instrumento de medición que toma en cuenta el tiempo de exposición al ruido y las afectaciones en la persona.

4.4.6. Decibelios

Unidad utilizada para medir la intensidad del sonido y otras magnitudes físicas.

5. METODOLOGÍA

El método científico aplicado a las investigaciones arroja resultados confiables sobre factores y situaciones que afectan directa o indirectamente a la comunidad o el entorno en donde el problema se desarrolla.

5.1. TIPO DE ESTUDIO

El presente es un trabajo cuantitativo, es decir, que se miden los hechos valiéndose de números donde todo lo que es observado, es registrado y medido [42]; y de naturaleza experimental en donde bajo condiciones controladas se pretende manipular una variable con el fin de describir la razón por la que se produce una situación [43].

En este trabajo se manipularon variables dependientes e independientes y se midió sus efectos expresados en cuantías, se realizaron comparaciones y se arrojaron conclusiones basadas en la toma de datos y el desarrollo experimental.

5.2. POBLACIÓN

La población de estudio estuvo conformada por los niveles de ruido encontrados en la investigación y a los que se expone la comunidad estudiantil de la Universidad Libre en la Sede Centro.

5.3. MUESTRA

La muestra del estudio fueron los niveles del ruido captados en diferentes días u horas conforme al Protocolo de Medición Nacional [44] basado en la Resolución 0627 de 2006 [3], de acuerdo a este en el Capítulo II – Anexo 3 le otorga al investigador la libertad de escoger los días, horas y cantidad de puntos que desea medir. En el caso de este proyecto investigativo, se asignaron tres días en los que debía realizarse la medición: jueves, viernes y domingo, en horas diurnas y nocturnas, lo que permitió apreciar la variabilidad existente en la Universidad.

5.4. ALCANCE Y DELIMITACIÓN

La investigación tuvo como alcance la determinación de los niveles de ruido ambiental en la sede Centro de la Universidad Libre Seccional Barranquilla. Una vez se encontraron los decibeles producidos en cada punto, se analizó la información

para afirmar si de acuerdo a la Resolución, las zonas internas de la institución están expuestas a niveles por encima de los límites.

5.5. MÉTODO

Para realizar las mediciones de los niveles de ruido a los que se encuentra expuesto la Universidad, se hizo necesario desarrollar un análisis amplio y detallado sobre los posibles protocolos que podían ser utilizados por las investigadoras del presente trabajo.

El desarrollo detallado de los mecanismos y procedimientos utilizados en la investigación se presenta ampliamente descrito en el capítulo 6.

6. DETERMINACIÓN DEL PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTAL PARA LA TOMA DE MUESTRAS EN LA UNILIBRE SEDE CENTRO

Después de consultar múltiples manuales e indagar acerca de los procesos de toma de medidas para la realización de estudios de ruido ambiental, se encontraron aquellos utilizados por diferentes organismos internacionales como son principalmente la EPA con *The Noise control Act 1972*, la UE con la ley 37 del 2003, entre otros. Posterior a esto, se analiza el Protocolo Nacional que se basa en la Resolución 0627 del 2006 emitido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

6.1. ANÁLISIS DE LOS PROTOCOLOS INTERNACIONALES

6.1.1. Ley 37 del 2003.

Normativa vigente por la que actualmente la Unión Europea rige todo lo que respecta ruido ambiental, La ley 37 [45] fue publicada con la intención preliminar naciente de la Directiva 2002/49/CE (comisión europea) [46] que trata sobre la evaluación y gestión del ruido ambiental, pero además desarrolla otros aspectos adicionales encaminados a vigilar, prevenir y reducir la contaminación acústica, para así evitar y reducir el detrimento que de éstas pueden provenir para la salud humana, los bienes y el medio ambiente.

Como desarrollo de la ley 37 [45] se anuncian dos Reales Decretos a nivel de la UE:

- RD 1513/2005.

El cual desarrolla la Ley en lo que se describe la evaluación y gestión del ruido. Este decreto explica la necesidad de mostrar de forma específica la metodología y el contenido que deben tener los mapas de ruido y los planes de acción para su remisión a la Comisión Europea [47].

- RD 1367/2007.

Describe la zonificación acústica, los objetivos de calidad y emisiones acústicas. Dicho decreto especifica los valores de referencia para el tratamiento del Plan de Acción, así como la relación que existe entre la ordenación del territorio y la contaminación acústica [48].

La Ley 37 [45] crea como tal una norma general reguladora del ruido, ya que con anterioridad a ella el procedimiento normativo de la contaminación acústica estaba recluido entre las perspectivas de la normativa civil con relación a la caución de perjuicios, ruido en el ambiente de trabajo, cabe resaltar que todos los emisores acústicos, sean entidades pública o privada, así como las edificaciones en su calidad de receptores acústicos, están afectados por esta ley. Sin embargo, quedan excluidos de la aplicación de las mismas actividades tales como las domésticas o los comportamientos de los vecinos, cuando la contaminación acústica sea producida por aquéllos individuos que mantengan el ruido dentro de límites tolerables.

Uno de los aspectos más destacados de esta Ley [45] es el de las distribuciones competenciales, el cual se encuentra dividido en competencias basadas en los siguientes aspectos:

- La delimitación de las zonas a las cuales se les va tomar muestras acústicas y las limitaciones derivadas de la misma.
- Elaboración y revisión de los mapas de ruido y la adecuada información al público.
- La delimitación de las áreas acústicas dentro del mapa de ruido.
- El cumplimiento de las medidas preventivas en el plan de acción.

Uno de los aspectos que cabe resaltar de la Ley 37 [45], es en el que se describe la forma correcta del manejo de los procedimientos e indicadores para la valoración de las vibraciones producidas por el ruido y como estas ondas pueden ser usadas en los procedimientos.

Además, el Real Decreto español, expone la forma correcta en la que las vibraciones se deben aplicar para la valoración de los objetivos de calidad acústica y de sus limitaciones , brindado esa información durante el desarrollo de los estudios, de la misma manera como cuando se realiza un estudio de ruido ambiental, en este se debe describir que para las veinticuatro horas del día, se debe realizar lo descrito por la Unión Europea , como es dividir el día en tres horarios de evaluación como es: día, tarde y noche. Sin embargo, las legislaciones vigentes venían usando solo dos periodos como eran el día y la noche.

La utilización de los nuevos índices intenta que en la evaluación para la valoración del ruido ambiental se tomen como un gran punto de relevancia las afecciones que

el ruido provoca; teniendo en cuentas sus peculiaridades innatas, y cómo estas afecciones provocan futuras enfermedades en la salud humana, enfermedades que se ven reflejadas con el paso de los años y el deterioro físico.

Por consiguiente se le puede denominar como “clima sonoro” al ambiente propicio de un entorno y como la onda sonora se esparce en él, de esta manera se puede estimar mediante promedios a largo plazo, como por ejemplo un año, que cuenta con una aplicación especial en la elaboración de mapas de ruido ,el RD especifica que estos deben ser elaborados estratégicamente y en la planificación acústica del mismo, al igual que la evaluación de los problemas producidos por ruidos incómodos que se manifiestan en breves periodos de tiempo, y que, por sus características acústicas, su evaluación solicita correcciones que tengan en cuenta aquellos distintivos del ruido que los hacen más molestos.

Este escenario se presenta comúnmente en situaciones de inspección de actividades ruidosas por parte de las administraciones competentes.

Se instauran los procedimientos y métodos para la evaluación de los índices acústicos. Se podrá acudir a procedimientos de sistematización mediante el manejo de metodologías específicamente definidas o a procedimientos de medición “in situ” (en el sitio o en el lugar), manipulando la instrumentación propicia.

Los instrumentos para la toma de muestras deben ser los mismo que aparecen descritos en la normativa [49], esta legislación se encarga de velar por el cumplimiento de los instrumento al momento de tomar las muestras para el respectivo estudio regulando de esta manera el control metrológico del Estado de los instrumentos para la medición.

En la valoración de las muestras a partir de las vibraciones presentadas se deberán usar instrumentos que cumplan con los requerimientos establecidos por la ISO 8041/2006.

En el Real Decreto muestra el concepto de calidad acústica definido desde el inicio de los objetivos de calidad, que serán aplicados al momento de recoger las muestras en las áreas acústicas en los espacios exteriores e interiores de los inmuebles tales como: clínicas, viviendas, recintos educativos, a razón de que esta zona es una de las más afectadas en cuanto a afecciones producidas por el ruido molesto.

Con la finalidad de avanzar con el desarrollo de la toma de muestras enfocadas en las políticas de calidad acústica, se realiza una demarcación mediante la delimitación territorial de las diferentes áreas según sus niveles acústicos.

A cada área se le vincula un objetivo de calidad acústica. De esta manera, a cada área le corresponde zonas a fines que conlleven los mismos objetivos de calidad, para así cumplir lo dictaminado por la legislación.

El Real Decreto describe los parámetros que deben usarse al momento de realizar la delimitación geográfica y los requisitos para la estipulación de un sector del territorio en un área acústica estipulada. Las sugeridas por la legislación [45] divididas por el uso del suelo en cuanto a su uso ya sea industrial, residencial, recreativo y terciario, teniendo en cuenta si es afectado por sus infraestructuras y áreas naturales que precisen un tratamiento acústica especial.

Controlando los dictámenes de delimitación de las dependencias acústicas que perjudican la infraestructuras de transporte y prevén el uso de los instrumentos de proyección urbanística y territorial determinadas en sus áreas de ejercicio.

Las áreas acústicas están contenidas en las demarcaciones y a su vez están atadas a revisiones periódicas que deberán hacerse, cada diez años desde el momento que se obtiene la aprobación.

En el instante en el que se denotan los objetivos de calidad acústica para áreas exteriores teniendo en cuenta los establecido para zonas nuevas, se procede de forma diferenciada a asignar los objetivos de calidad acústica para el supuesto según las áreas y edificaciones localizadas en urbanizadas existentes.

Es por esto que se crea el RD 1367/2007 [48]; Normativa para todas las entidades públicas que busca impartir todos los objetivos de calidad ambiental, en la área gubernamental, describiendo los procedimientos que se deben ejecutar al momento de desarrollar un proyecto nuevos de: aeropuertos, carreteras ferroviarias, deberán atender las obligaciones descritas.

Es decir, si se habla de áreas acústicas con preponderancia en uso del suelo residencial desde una perspectiva urbanística, teniendo en cuenta los objetivos de calidad acústica se les requerirá que los decibeles sonoros en las fachadas de las residencias no sobrepasen los 60 dB, durante los horarios del día y la tarde; y 50 dB durante la noche.

Cuando se muestran áreas acústicas en zonas residenciales se consiguen dar dos determinaciones: si el área no excede los 65 dB durante el día y la tarde, o los 55 dB durante la noche, se procedería a demarcarse como áreas acústicas, por consiguiente si sucediera lo contrario, deberá hacerse un plan de mejora hasta alcanzar los decibeles establecidos.

El Real Decreto describe un conjunto de actuaciones a acoger en fases sucesivas con el fin de lograr paulatinamente la mejora del grado de exposición de la población a la contaminación acústica.

Por esta razón se realiza un diagnóstico de las zonas en las que se mejoren los objetivos de calidad, para así lograr una mejora sonora continua del medio ambiente alcanzando de esta manera los objetivos de calidad impuestos por la normativa, mediante la diligencia de planes zonales concretos y planes de acción, a los que se refiere la Directiva del 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental [46].

La demarcación de las zonas degradadas acústicamente y el conocimiento de las mismas es un paso previo al desarrollo y aplicación de las acciones de corrección. Por ello, es preciso disponer de información sobre zonificación acústica del territorio y la cartografía del ruido formada en los correspondientes mapas de ruido, aspectos que contempla el RD cuando regula la valoración de la contaminación acústica y determina los tipos de mapas de ruido.

Por esto se establecen los diferentes estilos de mapa ruido como son:

- Mapas estratégicos de ruido: los cuales se elaborarán y se aprueban por las administraciones competentes en ferroviarios, grandes aeropuertos y de las aglomeraciones con poblaciones de más de 100.000 habitantes.
- Mapas de ruido no estratégicos: Son aquellos que se elaborarán por las administraciones competentes, al menos, para las zonas acústicas en las que se demuestre el incumplimiento de los objetivos de calidad acústica.

Una vez que las diferentes administraciones hayan elaborado y aprobado los mapas del ruido, se elaborarán los planes zonales específicos y los planes de acción convenientes, sobre la base de los resultados de los mapas de ruido. Estos planes partirán a solucionar en el territorio afectado el ruido que se encuentra fuera de lo

Se establece un plazo de un año para su elaboración, después de la aprobación de los correspondientes mapas de ruido y deberán revisarse cada cinco años.

Los valores límite y objetivos de calidad acústica obligatorios en las diferentes áreas acústicas que instaura el Real Decreto se tomarán como referencia a la hora de abordar el alcance y contenido con el diligenciamiento de la nueva norma, se prevé que las infraestructuras existentes deberán adoptar medidas para adaptarse a los objetivos de calidad acústica de 65 decibelios durante el día y de 55 durante la noche.

De esta manera, se establecen las requisiciones que deben tenerse en cuenta al momento de realizar el plan de acción. La legislación explica que las edificaciones existentes deben tener una completa adaptabilidad a los objetivos de calidad acústica de 65 dB durante el día y 55 dB en la noche, los cuales deben lograrse a través de planes de acción y medidas técnicas bien empeladas y el uso correcto de la instrumentación para la toma de medidas pertinentes.

El análisis de impacto ambiental contempla las exigencias de los objetivos de calidad impuestos, a razón de que el Real Decreto controla lo fijado en materia costos y aporte ecológico.

Teniendo en cuenta las importantes repercusiones económicas de las acciones examinadas, el Real Decreto pregona de forma equilibrada el tratamiento de las infraestructuras nuevas y preexistentes, pues aun cuando las obligaciones determinadas en las afirmaciones de impacto ambiental de las infraestructuras preexistentes han supuesto un nivel de protección acústica adecuado, el progreso del conocimiento científico y del desarrollo tecnológico hace posible alcanzar un nivel más ambicioso de resguardo contra el ruido a la hora de proyectar la construcción de nuevas infraestructuras.

Emisiones de las distintas fuentes sonoras, incluidas vehículos a motor, teniendo en cuenta la antigüedad de este, para evidencia al momento de mostrar los niveles acústicos, se debe mostrar el NPS para vehículos sin uso.

Es de destacar que para cada tipo de emisor acústico los valores límites son distintos, dependiendo el valor del tipo de áreas acústica de la zona sobre la que se produce el problema suministrado por el ruido. Es por esto que las infraestructuras nuevas, determinadas como tales por el RD, les será ineludible contar con valores

límites de 60 dB durante las horas del día y de 50 en las horas de la noche en zonas residenciales.

De esta forma, al realizar los proyectos de las nuevas carreteras, aeropuertos y vías ferroviarias, les corresponderán observar los nuevos requerimientos ambientales que ayudarán a una mejora en la salud, de los individuos la zona de afección por parte del ruido.

6.1.2. EPA

Esta Legislación denoto a la (EPA) agencia de protección ambiental, para regularizar los esfuerzos y asesorar a los Estados y Territorios en el progreso e implantación de políticas públicas para la administración y control del ruido ambiental.

Operaciones que éstos ejecutaron hasta comienzos de 1980, cuando los fondos económicos de la agencia de protección ambiental, disponibles (*Office of Noise Abatement and Control* - ONAC) fueron anulados por parte de la EPA, a razón de que el problema del ruido ambiental era de carácter local y que cada jurisdicción sería más segura en el progreso e implantación de sus políticas públicas.

Sin embargo, la EPA cuenta con un acta que regula el ruido ambiental.

- Acta del control del ruido [49]

El Congreso delegó a la EPA mediante el Acta de Control de Ruido de 1972, a anunciar información científica sobre el ruido, involucrando aspectos de cualidad, cantidad, efectos y niveles permisibles para proteger la salud pública y el bienestar de los ciudadanos. A partir de esto surgió el estudio (*Information on Levels of Environmental Noise Requisite to Protect Public Health and Welfare with an Adequate Margin of Safety*) [50] con su rezagado complemento de 1978. Este estudio se basó directrices de protección del 96% de la población y definió como medidas admisibles, niveles menores a 55 dB en ambientes exteriores y a 45 dBA en ambientes interiores.

Este estudio es tan importante que se exige en Estados Unidos la medición del ruido, su mitigación y modelado en los estudios e investigaciones ambientales relativas a la construcción de vías para el transporte

Se conoce que el ruido era un riesgo para la salud, se trató como un contaminante ambiental. La Ley de Control de Ruido de 1972 [50]; instituyó una política nacional para suscitar un ambiente para todos los estadounidenses libres de ruido que pongan en peligro su salud y bienestar, con actividades federales de control de ruido asignadas a la EPA.

Estas actividades nunca fueron financiadas o apoyadas adecuadamente. En 1979, razón por la cual la ONAC entró en aprietos con la industria de gestión de residuos al proponer normas que exigían ciclos más largos de compactación de camiones de basura para reducir el ruido. Con el apoyo de un presidente y un administrador de la EPA que no creían en la regulación, condujeron al desfinanciamiento de ONAC en 1981.

Las actividades federales de control de ruido cesaron. Las ciudades y los estados a los que se relegaron estas actividades carecían de los recursos para hacer frente al ruido. Poco se ha hecho desde entonces para reducir la exposición pública al ruido.

Existen pocos informes científicos sobre la exposición al ruido no ocupacional y la pérdida de audición. La urbanización expone a las personas a niveles de ruido promedio más altos. Los informes de noticias documentan la exposición intermitente a ruidos fuertes al aire libre desde el jardín, la construcción, vehículos y aeronaves, y el ruido interior fuerte, con niveles de sonido de 90 a 100 decibelios o más en restaurantes, cines, gimnasios, conciertos, eventos deportivos y otros lugares. El uso de reproductores de música personales a gran volumen con auriculares o auriculares es común, especialmente entre los jóvenes.

El número de estadounidenses con pérdida auditiva aumentó de 13.2 millones (6.3% de la población estadounidense) en 1971 a 20.3 millones (8%) en 1991, de 5 a 48 millones (15.3%) en 2011. Los números son aproximados debido a los métodos utilizados para estudiar la epidemiología de los trastornos auditivos. Parte del aumento se debe al crecimiento de los grupos de mayor edad con una prevalencia muy alta de pérdida auditiva. También se produjo un aumento en la pérdida de audición en los menores de 20 años.

Los impactos no auditivos sobre la salud del ruido están menos estudiados y, excepto en el caso de la muerte, son pequeños para cada individuo, pero importantes debido a los millones de personas afectadas.

Los niveles de ruido más altos pueden contribuir a una mayor prevalencia de hipertensión, diabetes y obesidad.

6.2. ANÁLISIS DEL PROCOTOLO NACIONAL

6.2.1. PROTOCOLO DE MEDICIÓN NACIONAL

El Protocolo de Medición Nacional para ruido, se encuentra plenamente soportado en la Resolución 0627 de 2006 “por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental” expedido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

En este se encuentra contenido una explicación ampliamente detallada sobre las especificaciones correspondientes a los estudios de campo enfocados en la determinación de los niveles ruido y ruido ambiental, respectivamente. Teniendo en cuenta la naturaleza del presente trabajo investigativo y los resultados que se desean determinar, se analizan los apartados del Protocolo y la Resolución que guardan relación directa con las mediciones para ruido ambiental.

De acuerdo al Protocolo [44] se establece un horario de medición dividido en diurno y nocturno. Dicho horario es consecuente con el que establece la Resolución 0627 [3]:

Horario diurno: 7:01 am – 21:00,

Horario nocturno: 21:01 – 7:00 am.

Se recomienda escoger las horas y los días en las que la intensidad del ruido sea mayor para realizar las mediciones. El Protocolo presenta una característica flexible en cuanto a los horarios en los que se ha de llevar a cabo el estudio.

Las capturas deben tener una duración mínima de 15 minutos, estas pueden ser continuas o repartidas en intervalos de tiempo de 1 hora.

Requerimientos para las mediciones:

- Tener acceso a un sonómetro sea Clase 1 o Clase 2.
- Realizar verificación de la calibración del sonómetro. Para el caso particular del estudio a llevar a cabo con fines académicos, no es necesario contar con

el certificado de calibración actualizado de los técnicos, sin embargo la norma permite realizar la calibración con el isófono, siguiendo lo anterior, se realizó la calibración del mismo con el equipo especificado.

- Establecer las unidades de medición: Decibel (dB).
- Verificar las condiciones meteorológicas de la zona en la que se llevará a cabo el estudio, se recomienda que sea tiempo seco; además el micrófono tendrá que llevar una pantalla protectora para el viento.

Es de gran importancia resaltar que se debe realizar un chequeo de las condiciones atmosféricas para cada día de medición, y deben ser incluidas en el desarrollo del informe técnico.

El área seleccionada para realizar las mediciones, es primeramente evaluada, a partir de los resultados de dicha evaluación, se proceden a elegir aquellos en donde la intensidad percibida sea mayor.

Al momento de la medición se debe tener en cuenta que:

- El sonómetro debe estar ubicado sobre un trípode.
- Preferiblemente con poca cantidad de personas alrededor. Aquellos participantes en el estudio, deben permanecer siempre detrás del micrófono.
- La separación entre el técnico y demás personas (si aplica) con respecto al sonómetro debe ser de 0,5 m como mínimo.

Teniendo en cuenta la locación donde se vaya a llevar a cabo la medición, y si las fuentes de emisión son o no fijas, según el Protocolo [44] aplican ciertas directrices en cuanto a la ubicación del sonómetro:

Fuentes de ruido fijas en interiores: Ubicar el sonómetro a una distancia de 1,5 m de la fachada de la edificación; y a 1,2 m del suelo.

Exteriores: Seguir el área asignada correspondiente, o en su defecto ubicar el sonómetro a 1,5 m de la fuente generadora de ruido, y a 1,2 m del suelo.

Dentro de propiedades: Entiéndase locales, centros comerciales, ciudadelas industriales, etc. La medición se lleva a cabo dentro de la propiedad a 1,5 m del límite de la propiedad asignada.

El Protocolo [44] posee características de flexibilidad y adaptabilidad teniendo en cuenta las condiciones reales en las que se encuentre la persona o entidad que desarrolle el estudio.

Se indica que, si el sonómetro no puede ser ubicado a la distancia establecida (1,5 m) de la fachada, actividad o fuente que genera ruido; el micrófono se ubicará a la máxima distancia horizontal inferior a la estipulada, y se realizará la explicación en el informe técnico.

Si por condiciones del terreno, no es posible ubicar los instrumentos de medición en las distancias establecidas, el Protocolo [44] otorga la libertad de ubicar el sonómetro en las condiciones, distancias y espacios que sean permitidos; se deja constancia de lo anterior en el informe.

Con el fin de obtener la presión sonora se realizarán dos (2) procesos de medición de por lo menos 15 minutos de captura cada uno, en el momento de mayor incidencia de las fuentes. Para obtener el ruido residual, se deberá realizar la medición estando las fuentes sin funcionamiento; dado el caso que no sea posible apagarlas, se debe explicar en el informe técnico los motivos y por ende no se tiene medición del ruido residual.

El informe técnico contiene explícitamente todo lo llevado a cabo durante la medición. En este se presentan fechas y horas de inicio – fin de medición, ubicación, propósito, norma utilizada con su breve explicación, datos pertinentes a la calibración (si aplica), procedimiento para la medición, en caso de no poder medir el ruido residual indicar razones, condición y descripción detallada de las fuentes, condiciones atmosféricas, estado del terreno y descripción, resultados numéricos y comparación con la norma escogida, descripción de los tiempos de medición, detalles de los intervalos y el proceso de muestreo, indicar posibles variaciones de la fuente, evidencia de las memorias de cálculo, conclusiones y recomendaciones, croquis que muestre la posición de las fuentes de sonido, objetos relevantes y puntos de observación, incluir certificado de calibración (si aplica).

El informe técnico debe contener un resumen ejecutivo que describa el contenido del estudio en forma generalizada, especificando la fuente evaluada, la zona de intervención, los límites establecidos, etc.

De acuerdo al Protocolo [44], el informe debe a su vez, contener una introducción donde se establezcan los responsables del estudio, la localización geográfica del mundo, representante legal de las entidades (si aplica), los límites máximos permitidos según la normativa.

Procedimiento de medición utilizado para la toma de muestras (si aplica), comparación entre las mismas y lo descrito en la resolución, descripción de las fuentes que ocasionan el aumento de decibeles, conclusiones y recomendaciones del estudio.

Dichos informes siempre deben estar listos para la revisión por parte de los organismos competentes y reguladores.

Cabe resaltar que las autoridades serán las encargadas de cumplir acciones tales como evaluación, control y seguimiento ambiental, para así velar por que no se violen los parámetros establecidos en la [3], en caso de violación por parte de algún organismo público o privado las autoridades competentes impondrán las medidas preventivas y sancionatorias a que haya lugar según el artículo 85 [51].

Para realizar mediciones para emisiones de ruido se debe determinar los NPS y estos en vez deben estar representados en dB conforme a la curva de ponderación tipo A.

Se debe tener en cuenta que si se desea tomar muestras de los niveles de ruido según los parámetros verticales de una edificación, sin importar el número de fuentes que ocasionan dichas afecciones y si estas fuentes se encuentran ubicadas fuentes como (patas, soporte de la fuente y piso), la medición debe tomarse a 1.5 metros de la fachada de esta y a 1.20 metros del nivel mínimo donde se encuentre las fuentes, dichas fuentes pueden ser: Electrodomésticos, rejillas de ventilación, etc.

Siempre se debe elegir la posición, hora y escenarios de mayor afección sonora. Las medidas se deben generar sin modificar las posiciones usuales de operación de abierto o cerrado de ventanas, puertas y con las fuentes de ruido en operación habitual.

El lugar de medida se selecciona realizando una evaluación previa de la situación de emisión de ruido a través de un barrido rápido del nivel de ruido presentado, el cual se hace a 1.5 m de la fachada, de esta forma se determina el punto con mayor nivel sonoro el cual se elige el sitio de medición, concordando la mayor parte de las veces frente a la ventanas o puertas.

Si por alguna razón las fuentes de afección de ruido llegan a estar ubicadas en azoteas de edificaciones, la toma de mediciones se realiza a nivel del límite de la

azotea y la ubicación del micrófono será 1.20 metros de altura y si existe un muro protector, a 1.20 metros por arriba del mismo.

Cuando no haya límites debido a que la fuente productora de ruido se encuentra situada en zona de área pública, la medición se realiza en el límite del área asignada según la autorización, esta se mide a 1.5 metros de distancia de la fuente generadora de ruido y a 1.20 metros del piso.

Cuando se desea realizar medición de ruidos residuales, el L_{90} o el nivel percentil se debe tener en cuenta los siguientes parámetros para evitar errores:

- El micrófono siempre se protege con la pantalla anti viento y se debe colocar sobre un trípode a la altura establecida, se debe tener en cuenta que el viento no debe estar a una medida superior de 3 metros si llegara a estarlo se procede según el Artículo 20.
- Para la toma de mediciones se debe tener el sonómetro calibrado según los criterios del fabricante, este se debe calibrar con ayuda de un pistófono.
- Con ayuda del trípode se debe ubicar el micrófono a la altura determinada y en dirección a la fuente a la que se le desea tomar la muestra, en caso que la orientación no sea posible, el micrófono se ubicará en la máxima distancia horizontal, inferior a la estipulada y se le realizara una anotación explicando las causas de su ubicación.
- Se recomienda que las mediciones solo sean realizadas por el técnico o por un mínimo de personas las cuales deberán estar lo más lejos posible de los instrumentos de medida.
- No se deben realizar toma de muestras con condiciones climáticas de lluvia puesto que estas alterarán los resultados de manera significativa y los mismos no serán tomados en cuenta.
- Se deben realizar 2 mediciones de 15 min, una cuando las fuentes de emisión de ruido estén funcionando durante el período de tiempo de mayor emisión o incidencia, para obtener el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado y otra sin las fuentes funcionando para determinar el ruido residual.

- Cada medición que se tome debe realizarse en un tiempo de quince minutos, según lo descrito en la [52], el cual debe hacerse en cinco direcciones parciales distribuidas en tiempos iguales, cada una de las cuales debe tener una posición orientada del micrófono, como es Norte, Sur, Este, Oeste y Vertical.

Para ubicar los puntos a los que se le desea realizar las mediciones se debe:

- Los organismos correspondientes que desean realizar el estudio deben especificar claramente los objetivos de la realización del estudio a ejecutar, Para la determinación de estos objetivos se debe tener en cuenta que el objetivo del estudio no es la realización de los mapas de ruido, esto es solo un instrumento que ayuda al desarrollo, del proyecto.
- Determinar los horarios de mediciones sea día o noche, ubicar los sitios de medida y sus distancias máximas.
- Establecer los horarios de medición, Estipular el número de días por semana y el número de semanas por mes durante las cuales se efectúan las mediciones, Determinar el número de meses al año durante los cuales se desarrollan mediciones, Establecer otras actividades a desarrollar simultáneamente con la tarea de mediciones.

Para la presentación de los datos de las muestras tomadas es útil mostrar los resultados en términos de zonas de ruido, para esto la legislación [52]; sugiere usar contornos que indican los límites entre zonas de múltiplos de 5 dB, dichos datos deben hacer referencias en dB de los límites superior e inferior Combinación de colores para representaciones gráficas cada 5 dB(A).

Tabla 4. Combinaciones de colores para representación gráfica

Zona de ruido dbA	Color	Sombreado
Menor de 35	Verde claro	Puntos pequeños, baja densidad
35 – 40	Verde	puntos medianos, media densidad
40 – 45	Verde oscuro	puntos grandes alta densidad
45 – 50	Amarillo	Líneas verticales, baja densidad
50 – 55	Ocre	Líneas verticales, media densidad
55 – 60	Naranja	Líneas verticales, alta densidad
60 – 65	Cinab rio	Sombreado cruzado, baja densidad
65 – 70	Carmin	Sombreado cruzado, media densidad
70 – 75	Rojo lila	Sombreado cruzado, alta densidad
75 – 80	azul	Franjas verticales anchas
80 – 85	Azul oscuro	Completamente negro

Fuente: Resolución 0627. MAVDT, 2006. Pág. 32.

En ciertos casos, es viable que sea suficiente usar ancho de zona igual a 10 dB(A); en esos casos, se deben emplear los colores o el sombreado. Como se especifica en la Tabla 5.

Tabla 5. Combinación de colores para representaciones gráficas como 10 db(a).

Zona de ruido dbA	Color	Sombreado
Menor de 45	Verde	Puntos medianos, media densidad
45 – 55	Amarrillo	Líneas verticales, baja densidad
55 – 65	Naranja	Líneas verticales, alta densidad
65 – 75	Rojo	Sombreado cruzado, media densidad
75 – 85	Azul	Franjas verticales anchas

Fuente: Resolución 0627. MAVDT, 2006. Pág. 32.

Los diseños de los mapas se deben hacer para mostrar áreas donde hay zonas con ruido igual o para trazar contornos de dichas áreas, los mapas de ruido sirven para ver la combinación de los contornos de las áreas.

Este debe mostrar la ubicación en donde los datos fueron tomados o en donde fueron calculados, en él se muestran los detalles de edificios, instalaciones de tráfico, áreas industriales, áreas de agricultura, vegetación y líneas de nivel.

6.3. SELECCIÓN DEL PROTOCOLO APLICABLE

A partir de la revisión realizada de la literatura correspondiente a los protocolos de mediciones de ruido internacional y nacional, y teniendo en cuenta que para el territorio colombiano es de carácter obligatorio el cumplimiento del Protocolo Nacional basado en la Resolución 0627 en lo que respecta a la realización de estudios de ruido y ruido ambiental, y en consecuencia con las necesidades intrínsecas de la investigación, se determina la metodología a seguir a partir del análisis realizado en los apartados anteriores.

Para la finalidad de presente proyecto de investigación, se toma el Protocolo Nacional como guía para el desarrollo del proceso de medición de los niveles ruido ambiental en la Universidad Libre Sede Centro de la ciudad de Barranquilla. Con la revisión y descripción realizada pertinente al método de trabajo, se busca dar alcance a los objetivos principales del proyecto.

Teniendo en cuenta que el Protocolo de Medición Nacional se encuentra soportado en la Resolución 0627 de 2006, y que por ende la presente investigación se regirá por la aplicación de ambos documentos, se resalta que para el desarrollo satisfactorio del estudio dentro de las instalaciones de la Universidad Libre sede Centro, se hizo necesaria una adaptación de la respectiva legislación en los apartados relacionados directamente con el proyecto (entiéndase Capítulo III, Anexo III de la R0627) como la extensión del terreno universitario.

Así mismo, dentro de la legislación se presenta como requisito presentar dentro del estudio los resultados obtenidos a partir de la medición de un día identificado como no hábil, es decir, un domingo. Debido a la característica de obligatoriedad de dicha especificación, con el apoyo de la facultad y las personas encargadas se solicita el respectivo permiso para que las mediciones sean llevadas a cabo sin contratiempos.

6.4. SELECCIÓN DE PUNTOS DE MEDICIÓN

La Universidad Libre Seccional Barranquilla sede centro, está ubicada sobre la carrera 46, vía de alto tráfico vehicular y de gran importancia por comunicar con otras calles y carreras principales de la ciudad.

En sus cuatro puntos cardinales tiene como vecinos grandes almacenes de cadena: Homecenter ® y el centro comercial Portal del Prado, una plaza pública (Plaza de la Paz Juan Pablo II) de gran extensión, una estación de servicio de transporte masivo “La Catedral” ubicada justo en frente de la entrada principal de la Universidad, construcciones en desarrollo como la canalización de los arroyos en zonas aledañas, y demás vías de alta concurrencia durante el día y parte de la noche.

Una de las herramientas de trabajo utilizadas en el desarrollo del proyecto, fue el software de Google Earth en su versión de escritorio, que permitió tener acceso a varias funciones como vistas áreas, medición de áreas y perímetros de la Universidad, entre otros. A partir de sus funciones, se obtiene la ubicación de la Universidad en la ciudad de Barranquilla, con vistas áreas de la misma. Las vistas permitirán delimitar el perímetro de medición, y las zonas en las que se asignen los posibles puntos para tomar las medidas.

Ilustración 1. Vista aérea superior de la Unilibre



Tomado de: Google Earth.

Ilustración 2. Vista aérea frontal de la Unilibre



Tomado de: Google Earth.

Dentro de la Universidad es posible encontrar 3 bloques (A, B y C) con salones de clases, laboratorios, biblioteca, cafetería, oficinas, parqueadero interno, y zonas comunes, en su totalidad las caracteriza el constante uso por parte de la comunidad

Unilibrista. Teniendo en cuenta todos los espacios que componen la institución, se delimita el área sobre la que se lleva a cabo el estudio. Dicha área encierra las dependencias anteriormente mencionadas.

Ilustración 3. Área de medición



Fuente: Autores.

En la sede centro de la Universidad, se identifican cuatro (4) grandes zonas con alta concurrencia de estudiantes, docentes y comunidad Unilibrista que se encuentran comprendidos por las dependencias que ya han sido mencionadas en el texto con anterioridad.

A partir de la delimitación del área total de la Universidad Libre Sede Centro a tomar en consideración para las mediciones, se procede a sub-dividir cada zona en partes iguales. A cada cuadrante por medio de un proceso de selección aleatorio tendrá la misma posibilidad de ser elegido.

En el proceso de delimitar la zona en el interior del recinto educativo, se obtienen ciertos espacios en los que es no es posible tomar mediciones, debido a la existencia de edificaciones, estructuras o por no cumplir con los requerimientos establecidos por la Legislación respecto a la distancias entre la/las pared/s cercanas, por tanto no son tenidas en cuenta en el recuento de los espacios existentes con posibilidad de escogencia. Dichas zonas son identificadas como “zonas prohibidas”.

Para la división de las áreas dentro de la Universidad Libre sede centro, y la numeración total de los puntos, se utiliza una imagen satelital tomada de Google Earth que muestra el espacio de la institución desde una vista área superior. Sobre dicha imagen, con ayuda de una herramienta adjunta al programa, se trazan las respectivas cuadrículas siguiendo un patrón de conexión entre ellas, además de mantener el área en igualdad para cada una.

Ilustración 4. Área de medición dividida en cuadrantes y zonas prohibidas.



Fuente: Autores.

En total, las cuatro áreas están compuestas por catorce (14) puntos de posible medición. Cada área recibe un nombre con el fin de facilitar su identificación, siendo así:

- A1: Zona de ingreso a la Universidad Libre sede centro.
- A2: Zona del bloque A, sala de informática 1, parte 1 del parqueadero, zona de reunión I.
- A3: Zona del bloque B, cafetería, zona de reunión II.
- A4: Zona del bloque C, biblioteca, laboratorios de Ing., parte 2 del parqueadero, zona de reunión III.

Con las cuadrículas ubicadas sobre la imagen aérea de la universidad, se procede a asignar los números o puntos asociados, cada cuadrante de forma rectangular tendrá un área de 233 m² aproximadamente, con las siguientes medidas: dos lados

de 13 m, y dos de 17,86 m aprox. La medición de los cuadrantes se realizó con la asistencia de la herramienta medición contenida en el programa Google Earth.

Los números con los que serán identificados los cuadrantes, facilitarán el proceso de selección aleatorio de los puntos. El conteo inicia desde la esquina inferior izquierda hacia la esquina inferior derecha para luego ascender y continuar esta vez hacia el lado izquierdo, siguiendo un patrón en forma de zigzag.

Dentro del proceso de división de los cuadrantes, se encontraron ciertas zonas donde no era posible realizar mediciones debido a que no cumplían en su espacio físico con los requerimientos exigidos por la Resolución [3]. Dichas zonas inhabilitadas reciben en nombre de zonas prohibidas, ubicadas indiscriminadamente en la Universidad. (Ver ilustración 5).

Ilustración 5. Área de medición y zonas prohibidas.



Fuente: Autores.

La zona A1, por ser la más extensa y no tener ninguna zona prohibida en su jurisdicción, está conformada por cinco (5) cuadrantes, representados en figuras rectangulares de igual tamaño y área de 233m². En A1 se encuentran los puntos del 1 – 5. (Ver ilustración 6).

Para la zona A2 que se encuentra compuesta por tres (3) cuadrantes que se dividen entre el área de parqueaderos, parte del Bloque A y otras inmediaciones, se

encuentra de igual manera una zona prohibida de gran extensión correspondiente a la gran edificación que congrega el Bloque A, salas de informática, oficinas, biblioteca, laboratorio y área de mantenimiento. Los cuadrantes dentro de A2 guardan la misma característica de los ubicados en A1 en cuanto a tamaño y área. En la zona A2 se encuentran los puntos 6 – 7 y 11 (Ver ilustración 6).

La zona A3 que reúne el espacio del ala oeste de la Universidad, está conformada por tres (3) cuadrantes. Uno de los cuales conecta con las inmediaciones del nuevo Bloque de sede centro. Así mismo la comprenden dos (2) zonas prohibidas, una correspondiente a parte de la edificación del Bloque B, y otra correspondiente a un pasillo de acceso que no cuenta con la distancia permitida en la normativa para tomar la medición. Cada espacio posee un área de igual tamaño de 233m². En A3 se encuentra los puntos del 8 – 10.

Para la zona A4 que es la más alejada de la entrada principal de la Institución y colinda con el antiguo coliseo, los tres (3) cuadrantes por los que está compuesta, tendrán la misma área que los de las demás zonas. A4 tiene en su división una zona prohibida de gran extensión correspondiente a la mayor parte de la edificación del Bloque B. En A4 se encuentran los puntos 12 – 14.

Ilustración 6. Numeración dentro de las zonas de medición.



Fuente: Autores.

Guiadas por lo establecido en el Protocolo [44] que se encuentra basado textualmente en la Resolución 0627 de 2006 [3], en donde se le otorga a quien realice el estudio la libertad de escogencia de los puntos y horas en los que se llevarán a cabo las mediciones, y tomando en consideración las características restrictivas existentes, se definieron ciertos patrones que enmarcaron la organización de los horarios y sitios de medición.

La primera característica estaba asociada a los días de la semana, considerada en este caso de lunes a domingo; sin embargo para los fines del presente estudio se tomaron los días jueves, viernes y domingo. La segunda característica guardaba relación con el horario de trabajo de la Universidad Libre sede centro, se destaca que en colaboración con la Facultad de Ingeniería se logró obtener permisos para permanecer en horarios extra oficiales e ingresar a la Universidad en días no hábiles para los fines específicos del estudio.

A partir de esto, en una tabla de cálculo en una hoja de Excel, en la parte horizontal se ubicaron los tres días de posible medición, en el área vertical se ubicaron las horas desde las 5:00 am hasta las 10:00 pm, agrupadas a su vez en bloques nombrados así:

Mañana: comprende desde 5:00 am hasta las 11:59 pm.

Tarde: comprende desde las 12:00 pm hasta las 6:59 pm.

Noche: comprende desde las 7:00 pm hasta las 9:59 pm.

De acuerdo al Protocolo [44] y a la Resolución [3], el horario de medición está dividido en diurno y nocturno, diurno comprendido desde las 7:01 am hasta 21:00, y el nocturno comprendido desde las 21:01 hasta las 7:00 am, para el caso particular de la Universidad Libre sede centro, las horas escogidas comprenden ambos horarios propuestos en los documentos anteriormente mencionados, y se logra obtener mediciones en ambas jornadas.

Para el día domingo, entendido como día no hábil, el horario de medición se tomó a partir de las 12:00 pm a 2:00 pm cumpliendo con el horario diurno, para el caso del horario nocturno, se tomaron las horas a partir de las 5:00 am hasta las 7:00 am.

En el caso particular de este estudio, se establecieron las horas pico en las que se deseaba realizar las mediciones, así mismo, se tomó en consideración el espacio

total de la Universidad Libre sede centro, y se escogieron aquellas zonas cruciales de reunión de la comunidad estudiantil.

Como se observa en la Ilustración 6, la institución contiene 14 posibles espacios de medición. Tomando en consideración la concurrencia de estudiantes y comunidad unilibrista por dichas áreas, se realizó un proceso de observación y se identificaron las cuatro zonas como locaciones cruciales en el estudio, cada una con flujo variable de estudiantes en el transcurso del día y la noche, y que enfrentan cambios en los estímulos sonoros presentados de acuerdo al desarrollo normal de las actividades en los alrededores de la Universidad.

De acuerdo a la Resolución 0627 [3] en la que se encuentra plenamente soportado el Protocolo de Medición Nacional, el investigador tiene libertad en la escogencia de los días, horas y zonas en los que requiera realizar su estudio; es decir, no presenta restricción alguna, además de no especificar un procedimiento estadístico de carácter aleatorio o determinístico para la selección de alguno de los anteriores.

Por tanto, para el estudio en la Universidad Libre, se procedió a realizar la asignación de los cuadrantes, horas y días a consideración de las autoras del presente documento.

Para el caso de los cuadrantes, el objetivo primordial en el proceso de selección fue abarcar las cuatro (4) zonas en las que se dividió la Universidad con mediciones en cualquiera de las jornadas de actividad esta. La asignación de los días en los que se deseaba realizar las mediciones estuvo sujeto a la disponibilidad del equipo (sonómetro) y del técnico encargado del mismo. Dada la naturaleza de la Universidad, su actividad es constante durante la semana por tanto, se determinaron aquellos en los que no había restricción.

Las horas de medición siguieron el proceso de asignación, en el cual se tuvo en cuenta las llamadas horas pico identificadas a lo largo de la jornada de actividad del recinto educativo. Para el horario nocturno y del día no hábil, las mediciones estuvieron sujetas a permisos otorgados por la institución, siendo posible el cumplimiento de ambos requisitos a pesar de las posibles restricciones.

Si bien el proceso de selección de cuadrantes, horas y días se realizó mediante asignación y determinación por parte de las autoras; se buscó de igual forma que se realizaran mediciones en los tres bloques de horas nombradas por las autoras de

este documento como mañana, tarde y noche, y entendido en términos de la resolución como horarios diurno y nocturno.

Para el proceso de organización del horario de mediciones, se construyó una tabla en Excel que presenta estructuradamente la información con el fin de acceder a ella y que el entendimiento de la misma resulte sencillo.

En la tabla 6, se encuentran expuestos los períodos en los que se entiende un día para la Resolución, la jornada en términos al horario de la Universidad, las horas del día desde las 5 a.m. hasta las 10:00 p.m., los tres días de medición hábiles y no hábil.

Tabla 6. Asignación de puntos de medición aleatoria.

Período	Jornada	Horas	Días			
			Día hábil 1	Día hábil 2	Día 3 no hábil	
Nocturno	Mañana	5:00			14	
		6:00	6		12	
7:00						
8:00						
9:00			9			
10:00						
11:00		4		10		
Diurno		Tarde	12:00			11
			13:00			
			14:00			
	15:00					
	16:00					
	17:00					
	18:00			3		
Nocturno	Noche	19:00	13			
		20:00				
Nocturno	Noche	21:00	7	8		
		22:00		10		

Fuente: Autores

En las cuadrículas de la parte central de la tabla 6, se ubicaron los números de los cuadrantes en los que se debía realizar la medición siguiendo el día y hora determinado en el que se reflejara la intersección. Así como también se procedió a sombrear el horario nocturno especificado por la Resolución con el fin de resaltar las horas que abarca dicho período.

Con los puntos asignados, se marcan dentro del gráfico en el cuadrante correspondiente, siguiendo las instrucciones especificadas para facilitar el entendimiento del mismo.

Puntos en azul: medición en la mañana.

Puntos en morado: medición en la tarde.

Puntos en verde: medición en la noche.

Las convenciones representan el horario en el que se llevarán a cabo las mediciones en ese punto, si en un cuadrante se repite el punto indica que se habrá de medir en ese cuadrante nuevamente. Es decir, si en el cuadrante 1 se observa un punto azul y un punto morado, quiere decir que se realizarán tomas de muestra en ese cuadrante en horas de la mañana y de la tarde. Si se encuentra un punto de cada color, se realizarán mediciones en los tres momentos del día, si por el contrario sólo se muestra un punto de color verde únicamente se realizará toma de muestra en horas de la noche, finalmente existe el caso en el que un cuadrante pueda no tener ningún punto, por tanto en ese espacio no se tomarán muestras. Para tener el detalle ampliado de dichas asignaciones en cuanto a días y horas específicas, remitirse a la tabla 5.

Ilustración 7. Puntos de medición de ruido ambiental dentro de la universidad.



Fuente: Autores.

A partir de la información presentada, se obtienen en total 12 mediciones repartidas en 14 puntos, cada medición está compuesta por cinco (5) mediciones: norte, sur, este, oeste y vertical hacia arriba (ver ilustración 7).

6.5. TOMA DE MUESTRAS

El proceso de toma de muestras se llevó a cabo con la asistencia del técnico encargado del laboratorio de la Universidad Libre Seccional Barranquilla en su sede Centro. Mediante reuniones agendadas, se procedió a atender explicaciones concernientes al uso y funcionamiento del sonómetro, la extracción de datos y demás funciones relacionadas con el mismo.

La Universidad cuenta con un equipo especializado que cumple con los requisitos determinados por la legislación [3]. El sonómetro *3M Quest* proporciona un control de sonido avanzado y realiza análisis de datos completos, cuenta con una gran pantalla (ver anexo 5) que permite el análisis de la frecuencia en tiempo real así como también facilita el post-procesamiento y evaluación de los niveles de ruido

almacenados en el lugar de trabajo. La capacidad de análisis de la banda de octava permite el monitoreo de ruido ambiental, ejecución de ruido, y la evaluación de control de ruido [53].

Teniendo en cuenta las indicaciones establecidas en la legislación [3], en la que se indica que el micrófono debe estar posicionado a 4 m del suelo se hizo necesario el uso de una base que proporcionara la altura requerida. Si bien la Universidad no contaba con un trípode de tal tamaño, se diseñó una base resistente que permitió sostener el micrófono en el punto deseado.

Para la construcción de la base fue necesario adquirir un cuñete o balde, dos tubos PVC de agua: uno de 3 m y otro de 1 m, un codo, una Y, dos bujes, un envase plástico de botella reciclado, cinta, y un saco de 40kg de arena (Ver Anexo 1).

El cuñete lleno de arena fue utilizado para otorgarle estabilidad y una base a los tubos, unidos en medio por la Y que permitió introducir el cable del micrófono. En la parte más alta, los dos bujes unidos al codo permitían que el micrófono se apoyara de tal manera que se pudiera tomar las mediciones de los cuatro puntos cardinales sin inconvenientes. Los tubos se giraban en la dirección requerida (norte, sur, este, oeste). En el caso de la medición vertical hacia arriba, se utilizó un envase de botella plástica reciclado cortado por la mitad, se aseguró con cinta en la unión con el tubo para darle mayor estabilidad al posicionar el micrófono, finalmente, para el cambio de punto de medición, se trasladaba la estructura completa.

De acuerdo a la tabla de asignación de puntos, y con asesoría del técnico encargado del laboratorio se llevaron a cabo las mediciones en los respectivos puntos.

Tabla 7. Datos generales del estudio

Información general	
Ubicación	Universidad Libre Sede Centro
Duración medición por punto	15 minutos
Equipo	Sonómetro 3M Quest (ver tabla 8)

Fuente: Autores.

Tabla 8. Datos generales del Sonómetro

ESPECIFICACIONES	
Análisis de la banda de octava	1/1, 1/3
Duración de la Batería	>10 Horas
Estándares / Aprobaciones	IEC 61326-1 (2005), IEC 61672-1 (2002), ANSI S1.4 (R2006), ANSI S1.43 (R2007), IEC 61260 (2001), ANSI S1.11 (R2009), CE, WEEE, RoHS
Intrínsecamente Seguro	No
Marca	3M™
Micrófono Clase / Tip	Tipo 1, Tipo 2
Número de Contrato del Gobierno de EE.UU.	GS-07F-010CA
Número de Parte Nacional	6625014323330, 6625015388354
Parámetros de medida	1/1 y 1/3 de octava, 1/1 octava, C-A, CNEL, dosis, exposición, Lavg / Leq, Ldn, Ln, Max, Min, PDOSE, pico, Sel, SPL, Taktm, TWA
Peso Neto	19 Onza
Peso Neto (Medida)	19 Gramo, 538,64 Gramo
Ponderación	A, C, F, Z
Registro de Datos	No, Sí
Seguridad intrínseca	No
Series de Productos	SoundPro
Tiempo de Respuesta	Rapido, Impulso, Lento
Tipo de Aplicación	Monitoreo de Area (Sonometro)
Tipo de Kit	Octave RTA Kit, Sound Level Meter Kit
Tipo de pila	Recargable, Remplazable
Tipo de Producto	Kits, Medidor de nivel de sonido

Fuente: Sonómetros 3M Colombia.

6.5.1. MARZO 8, 2018

Mediciones día uno. El primer punto tomado fue en el cuadrante 4 de la zona A1 en horas de la mañana (11:30 am) del primer día hábil, Jueves 8 de Marzo. En el momento en el que se llevó a cabo la medición, se desarrollaba la celebración del día internacional de la mujer, por tanto dentro de las instalaciones de la Universidad había música, congregación de estudiantes y otros factores que se exponen en las tablas diseñadas para exponer cada dato obtenido en la medición del respectivo lado.

Los aspectos generales en la medición se mantienen constantes en este caso, con leve variabilidad en ciertos estímulos producidos, sin embargo dichos estímulos no resultan ser constantes durante todo el período total de medición. Las observaciones de las mediciones se congregan en el formato respectivo (ver anexo 4).

Tabla 9. Primera medición día uno – Punto 1

Punto 1 - Día			
Sub puntos considerados		Oeste - Norte - Este - Sur - Vertical	
Fecha	08-mar	Día	Jueves
Hora inicio	11:30 a. m.	Hora finalización	11:58 a. m.
Ubicación	Cuadrante 4, zona A1		
Descripción ubicación			
Entrada de la Universidad Libre, diagonal hacia la izquierda. Cerca al bloque de post grados.			
Condiciones climáticas			
Temperatura	32 ° C	Tiempo seco	
Descripción del entorno			
Se registraron vientos constantes, día despejado, soleado con poca nubosidad. La estructura se encontraba ubicada aproximadamente a poco más de 4 metros de la entrada de la Universidad, a 7 metros del bloque de post grados, y a 4 metros de un árbol de mediano tamaño. Hora de alta concurrencia estudiantil.			
Descripción de las fuentes identificadas			
1. Estudiantes: Ingreso y salida constante de población estudiantil. 2. Transmetro: Paso de buses Transmetro constantemente.			

3. Música: Se registró música con alto volumen debido a una actividad social que se estaba realizando a aproximadamente 20 metros de la zona de medición con motivo de la celebración del día de la mujer.

4. Vendedores ambulantes: Paso intermitente de vendedores ambulantes (raspao).

Observaciones

Si bien se registró música con alto volumen en las zona A3, entiéndase específicamente inmediaciones cercanas a cafetería, era con motivo de la celebración del día internacional de la mujer. Por tanto, no es un evento recurrente en el normal desarrollo de la vida estudiantil y laboral de la Universidad, se registró algunas aves cantando y flujo variable de estudiantes con tendencia al aumento para las mediciones finales del estudio.

Fuente: Autores.

Para la medición del lado Oeste (L_O) se encontró que el nivel máximo marcado en el sonómetro fueron 72.5 dB, el nivel mínimo registrado fueron 46.0 dB y el nivel promedio 68.0 dB con un L_{90} de 65.2 dB.

Para la medición del lado Norte (L_N) se encontró que el nivel máximo marcado en el sonómetro fueron 75.1 dB, el nivel mínimo registrado fueron 47.2 dB y el nivel promedio 69.2 dB con un L_{90} de 66.5 dB.

Para la medición del lado Este (L_E) se encontró que el nivel máximo marcado en el sonómetro fueron 75.7 dB, el nivel mínimo registrado fueron 45.2 dB y el nivel promedio 67.3 dB con un L_{90} de 63.2 dB.

Para la medición del lado Sur (L_S) se encontró que el nivel máximo marcado en el sonómetro fueron 77.2 dB, el nivel mínimo registrado fueron 47.6 dB y el nivel promedio 69.7 dB con un L_{90} de 64.8 dB.

Para la medición del lado Vertical (L_V) se encontró que el nivel máximo marcado en el sonómetro fueron 70.7 dB, el nivel mínimo registrado fueron 42.4 dB y el nivel promedio 64.5 dB con un L_{90} de 59.9 dB.

El segundo punto tomado correspondía al cuadrante 13 de la zona A4 (ver figura 5), la Universidad presenta horas en las que se obtiene mayor flujo de estudiantes saliendo y entrando de las instalaciones, asistiendo a clase o congregados en las zonas de reunión. La asignación de las horas de medición obedeció al análisis de los momentos cruciales o pertinentes del día que permitieran obtener una vista amplia del comportamiento del ruido en diferentes momentos de la jornada.

Tabla 10. Segunda medición día uno – Punto 2

Punto 2 - Día			
Sub puntos considerados		Vertical - Sur - Oeste - Norte - Este	
Fecha	08-mar	Día	Jueves
Hora inicio	7:06 p. m.	Hora finalización	7:29 p. m.
Ubicación	Cuadrante 13, zona A4		
Descripción ubicación			
Cercanías entre el Bloque C y Biblioteca			
Condiciones climáticas			
Temperatura	27 ° C	Tiempo seco	
Descripción del entorno			
Se registraron vientos constantes, noche con cierta nubosidad, ubicación cercana al área de parqueadero de motocicletas, poca concurrencia de alumnado en dicha área.			
Descripción de las fuentes identificadas			
1. Unidad externa de A.C.: correspondiente a la biblioteca. 2. Entrada y salida de motos del parqueadero.			
Observaciones			
Durante las mediciones los factores más significativos son los vientos de fuerza media, y las unidades exteriores de A.C. pertenecientes a biblioteca, además se registra un alto número de motocicletas saliendo de las instalaciones.			

Fuente: Autores.

Para la medición del lado Vertical (L_v) se encontró que el nivel máximo marcado en el sonómetro fueron 98.8 dB, el nivel mínimo registrado fueron 92.0 dB y el nivel promedio 70.0 dB con un L_{90} de 83.5 dB.

Para la medición del lado Sur (L_S) se encontró que el nivel máximo marcado en el sonómetro fueron 74.9 dB, el nivel mínimo registrado fueron 42.7 dB y el nivel promedio 64.7 dB con un L₉₀ de 59.5 dB.

Para la medición del lado Oeste (L_O) se encontró que el nivel máximo marcado en el sonómetro fueron 65.7 dB, el nivel mínimo registrado fueron 39.0 dB y el nivel promedio 61.0 dB con un L₉₀ de 59.4 dB.

Para la medición del lado Norte (L_N) se encontró que el nivel máximo marcado en el sonómetro fueron 71.4 dB, el nivel mínimo registrado fueron 39.6 dB y el nivel promedio 61.6 dB con un L₉₀ de 58.7 dB.

Para la medición del lado Este (L_E) se encontró que el nivel máximo marcado en el sonómetro fueron 66.4 dB, el nivel mínimo registrado fueron 37.5 dB y el nivel promedio 59.5.5 dB con un L₉₀ de 57.7 dB.

Mediciones noche uno. La Institución presenta actividad académica hasta las 10:00 p.m. en la mayoría de los casos. Por tanto, las horas nocturnas permiten observar el cambio de comportamiento de los estudiantes en horas de la mañana vs. Estudiantes en horas de la noche. Es importante mencionar que el volumen de la población estudiantil en estas horas de medición es reducido y tiene a dispersarse con mayor rapidez que en horas del día.

Tabla 11. Primera medición noche uno – Punto 3

Punto 3 - Noche			
Sub puntos considerados		Sur - Oeste - Norte - Este - Vertical	
Fecha	08-mar	Día	Jueves
Hora inicio	9:05 p. m.	Hora finalización	9:28 p. m.
Ubicación	Cuadrante 7, zona A2		
Descripción ubicación			
Parqueadero, cercanías del bloque A.			
Condiciones climáticas			
Temperatura	27 ° C	Tiempo seco	
Descripción del entorno			
Se registraron vientos bajos, noche con cierta nubosidad, ubicación en el parqueadero principal.			

Descripción de las fuentes identificadas
1. Unidad externa de A.C.: correspondiente a la biblioteca. 2. Transmetro: paso constante de buses de Transmetro. 3. Salida de vehículos del parqueadero. 4. Vendedores ambulantes: paso intermitente de vendedores ambulantes (peto).
Observaciones
Durante las mediciones se registra constante paso de tráfico vehicular dentro y fuera de la Universidad. El paso de los buses de Transmetro es constante en este punto de la noche, bajo flujo de estudiantes en las inmediaciones cercanas. En algún punto de la medición se registra bullicio en los alrededores externos de la institución fuente no identificada.

Fuente: Autores.

Para la medición del lado Sur (L_S), se obtuvo en el sonómetro una marcación de nivel máximo de 69.1 dB, un valor promedio de 59.9 dB y un valor mínimo de 37.8 dB con un L_{90} de 55.6 dB.

Para la medición del lado Oeste (L_O) se obtuvo en el sonómetro una marcación de nivel máximo de 71.5 dB, un valor promedio de 64.4 dB y un valor mínimo de 42.4 dB con un L_{90} de 60.3 dB.

Para la medición del lado Norte (L_N) se obtuvo en el sonómetro una marcación de nivel máximo de 82.8 dB, un valor promedio de 64.6 dB y un valor mínimo de 42.5 dB con un L_{90} de 58.5 dB.

Para la medición del lado Este (L_E) se obtuvo en el sonómetro una marcación de nivel máximo de 69.2 dB, un valor promedio de 62.8 dB y un valor mínimo de 40.7 dB con un L_{90} de 56.6 dB.

Para la medición del lado Vertical (L_V) se obtuvo en el sonómetro una marcación de nivel máximo de 74.3 dB, un valor promedio de 62.5 dB y un valor mínimo de 40.5 dB con un L_{90} de 57.5 dB.

De acuerdo a la Resolución [3], el período nocturno abarca un horario amplio de acción para el investigador. Siguiendo lo expuesto por la misma y lo presentado en

el cuerpo de este trabajo, se escogió una hora en la madrugada para observar el comportamiento de los niveles de ruido bajo estos parámetros.

Tabla 12. Segunda medición noche uno – Punto 4

Punto 4 - Noche			
Sub puntos considerados		Vertical - Oeste - Norte - Este - Sur	
Fecha	08-mar	Día	Jueves
Hora inicio	6:30 a. m.	Hora finalización	6:53 a. m.
Ubicación	Cuadrante 6, zona A2		
Descripción ubicación			
Cercanías al laboratorio de ambiental de Ingeniería.			
Condiciones climáticas			
Temperatura	26 ° C	Tiempo seco	
Descripción del entorno			
Se registraron vientos bajos, parcialmente nublado, ubicación en el parqueadero principal cerca a los laboratorios de ambiental.			
Descripción de las fuentes identificadas			
1. Transmetro: paso constante de buses de Transmetro. 2. Fauna: canto variable de diferentes especies de aves. 3. Salida de vehículos del parqueadero.			
Observaciones			
Se reportó paso recurrente y alto de buses de Transmetro; por ser hora pico se duplica la salida de los mismos de las estaciones principales. Durante una de las mediciones se registró ingreso de vehículo pesado por el lado de Homecenter que generó un sonido fuerte. Poco flujo estudiantil. Mediante las observaciones realizadas durante este período de medición se pudo afirmar que si se presenta cruce de buses de Transmetro en la intersección existente (debido al cierre de la 46 vía puente) los decibeles marcados por el sonómetro aumentan entre 2 a 3 unds.			

Fuente: Autores.

Para el lado Vertical (L_v) se registró en el sonómetro un nivel máximo de 69.6 dB, con un promedio de 63.4 dB y un nivel mínimo de 41.4 dB con un L_{90} de 57.9 dB.

Para el lado Oeste (L_o) se registró en el sonómetro un nivel máximo de 70.4 dB, con un promedio de 63.2 dB y nivel mínimo de 41.2 dB con un L_{90} de 57.7 dB.

Para el lado Norte (L_N) se registró en el sonómetro un nivel máximo de 79.6 dB, con un promedio de 64.7 dB y un nivel mínimo de 42.6 dB con un L₉₀ de 54.4 dB.

Para el lado Este (L_E) se registró en el sonómetro un nivel máximo de 71.0 dB, con un promedio de 62.7 dB y un nivel mínimo de 40.7 dB con un L₉₀ de 56.1 dB.

Para el lado Sur (L_S) se registró en el sonómetro un nivel máximo de 68.3 dB, con promedio de 61.9 dB y un nivel máximo de 40.0 dB con un L₉₀ de 56.2 dB.

6.5.2. MARZO 9, 2018

Mediciones día dos. En el segundo día de medición, los puntos siguieron un patrón de continuidad en su numeración, sin embargo a su vez se identificaron nuevamente como primera y segunda medición del día respectivo, en este caso día dos.

Para la selección del punto 5 como primera medición del día dos, se tuvo en cuenta el cuadrante existente con la distribución espacial de la Universidad. A partir de lo anterior, y teniendo en cuenta que cafetería si bien es una zona de reunión y esparcimiento para estudiantes y demás miembros de la comunidad, reúne de acuerdo a la observación altos niveles de ruido provocado por las mismas personas congregadas en grupos y sub-grupos.

Tabla 13. Primera medición día dos – Punto 5

Punto 5 - Día 2			
Sub puntos considerados		Sur - Oeste - Norte - Este - Vertical	
Fecha	09-mar	Día	Viernes
Hora inicio	9:03 a. m.	Hora finalización	9:27 a. m.
Ubicación	Cuadrante 9, zona A3		
Descripción ubicación			
Cercanías a cafetería, escaleras del nuevo bloque de sede centro y bloque B			
Condiciones climáticas			
Temperatura	29 ° C	Tiempo seco	
Descripción del entorno			

Cielo parcialmente despejado con algo de nubosidad esporádica, escasos de vientos, soleado.

Descripción de las fuentes identificadas
1. Estudiantes: jóvenes reunidos en zona de cafetería manteniendo conversaciones con tonos de voces bastante altos. 2. Juegos de mesa: estudiantes jugando dominó arrojan fichas en las mesas haciendo estruendo. 3. Unidad exterior A.C.: correspondiente a la sala de informática del bloque B.
Observaciones
Durante estas mediciones fue posible observar que la zona de reunión de cafetería es una fuente productora de mucho ruido, lo estudiantes que se reúnen allí tienden a dialogar con tonos de voces fuertes. Se registraron gritos y golpes de fichas de dominó en las mesas. Habían unidades (dos) exteriores de A.C. encendidas durante el período de tiempo en el que se realizó la mayor parte de la lectura, se percibían las vibraciones causadas por las mismas. Flujo constante de estudiantes entre biblioteca y bloque B.

Fuente: Autores

Para el lado Sur (L_S) se obtuvo como nivel máximo 77.1 dB, con promedio de 72.9 dB y nivel mínimo de 51.1 dB con un L_{90} de 70.2 dB.

Para el lado Oeste (L_O) se obtuvo como nivel máximo 82.5 dB, con promedio de 74.9 dB y nivel mínimo de 52.9 dB con un L_{90} de 71.3 dB.

Para el lado Norte (L_N) se obtuvo como nivel máximo 80.7 dB, con promedio de 73.4 dB y nivel mínimo de 51.4 dB con un L_{90} de 70.9 dB.

Para el lado Este (L_E) se obtuvo como nivel máximo 79.8 dB, con promedio de 74.7 dB y nivel mínimo de 52.6 dB con un L_{90} de 72.3 dB.

Para el lado Vertical (L_V) se obtuvo como nivel máximo 79.1 dB, con promedio de 73.2 dB y nivel mínimo de 51.1 dB con un L_{90} de 70.3 dB.

Tabla 14. Segunda medición día dos – Punto 6

Punto 6 – Día 2			
Sub puntos considerados		Vertical – Sur – Oeste – norte – Este	
Fecha	09-mar	Día	Viernes
Hora inicio	6:29 pm.	Hora finalización	6:54 pm.
Ubicación	Cuadrante 3, zona A1		
Descripción ubicación			
Cercanía a la entrada de la universidad, a 4 metros del local para fotocopias.			
Condiciones climáticas			
Temperatura	28 ° C	Tiempo seco	
Descripción del entorno			
Vientos bajos, cielo despejado sin nubosidad.			
Descripción de las fuentes identificadas			
1. Transmetro: paso muy frecuente de buses de Transmetro. 2. Estudiantes: ingreso y salida de estudiantes y administrativos. 3. Unidad exterior A.C.: correspondiente a la sala de informática del bloque A.			
Observaciones			
Estas mediciones fueron realizadas en horas pico, por tanto el tráfico de los buses de Transmetro aumenta significativamente. En las mediciones se ve reflejado que el paso constante de buses de Transmetro aumenta los decibeles entre 2 y 4 unds. Se registra salida e ingreso de estudiantes de forma variable con algunos espacios muertos. Grupos reunidos en ciertas zonas manteniendo conversaciones y algunos gritos. Entrada y salida de vehículos en el parqueadero cercano al punto de medición.			

Fuente: Autores

Para el lado Vertical (L_V), se obtuvo como resultado de nivel máximo 71.9 dB, con promedio de 65.5 dB y nivel mínimo de 43.4 dB con un L_{90} de 61.8 dB.

Para el lado Sur (L_S), se obtuvo como resultado de nivel máximo 73.9 dB, con promedio de 65.2 dB y nivel mínimo de 43.2 dB con un L_{90} de 61.2 dB.

Para el lado Oeste (L_O), se obtuvo como resultado de nivel máximo 77.8 dB, con promedio de 68.8 dB y nivel mínimo de 46.8 dB con un L_{90} de 61.5 dB.

Para el lado Norte (L_N), se obtuvo como resultado de nivel máximo 72.5 dB, con promedio de 64.9 dB y nivel mínimo de 42.8 dB con un L₉₀ de 61.8 dB.

Para el lado Este (L_E), se obtuvo como resultado de nivel máximo 76.1 dB, con promedio de 66.8 dB y nivel mínimo de 44.8 dB con un L₉₀ de 61.9 dB.

A medida que el estudio se desarrolló, fue posible observar como la mayor producción de ruido era generada por fuentes que en su mayoría no son controlables, ya que son ajenas a la Universidad; sin embargo, se encontró que ciertas zonas eran afectadas por el constante ruido producido por las unidades exteriores de los aires acondicionados de las diferentes dependencias de la universidad. En especial, aquellas que se encuentran cercanas las unas con las otras, duplicando el efecto sonoro producido.

Mediciones noche dos. Si bien en las instalaciones de la universidad los días Viernes en las horas de la tarde – noche el volumen de estudiantes usual aumenta debido a las clases de postgrados, no significa una variable representativa en el estudio de los niveles de ruido. En la mayoría de los casos, entrada la noche la Universidad tiende a quedar vacía y silenciosa, así como también los estudiantes controlan los volúmenes en los que se expresan cuando mantienen conversaciones en las zonas de reunión.

Tabla 15. Primera medición noche dos – Punto 7

Punto 7 - Noche 2			
Sub puntos considerados		Norte - Este - Sur - Oeste - Vertical	
Fecha	09-mar	Día	Viernes
Hora inicio	9:15 pm.	Hora finalización	9:45 p. m.
Ubicación	Cuadrante 8, zona A3		
Descripción ubicación			
Cercanías entre biblioteca, cafetería y bloque B, aproximadamente a 100 metros de la entrada de la universidad.			
Condiciones climáticas			
Temperatura	27 ° C	Tiempo seco	
Descripción del entorno			
Vientos medios inconstante, con un ligero aumento en comparación con las mediciones diurnas realizadas este mismo día, cielo despejado.			

Descripción de las fuentes identificadas
1. Transmetro: paso ocasional de buses de Transmetro. 2. Estudiantes: congregados en zonas de reunión y paso de algunos saliendo de clases. 3. Unidad exterior A.C.: correspondiente a la biblioteca.
Observaciones
Durante parte de las mediciones realizadas se registró el paso de una ambulancia con la sirena encendida, la cual estuvo detenida aproximadamente 20 minutos en la entrada de la universidad, generando variación en los decibeles registrados. A medida que cae la noche, los vientos aumentan su velocidad. La unidad exterior del A.C. se mantiene encendida durante todo el período de medición. Se registró el pasó de un avión mientras se tomaba la medición del lado sur en este punto. Paso inconstante de estudiantes por los alrededores.

Fuente: Autores

Para el lado Norte (L_N), el sonómetro registró un nivel máximo de 76.1 dB, con promedio de 68.0 dB y nivel mínimo de 46.0 dB con un L_{90} de 63.4 dB.

Para el lado Este (L_E), el sonómetro registró un nivel máximo de 71.7 dB, con promedio de 64.1 dB y nivel mínimo de 42.0 dB con un L_{90} de 60.3 dB.

Para el lado Sur (L_S), el sonómetro registró un nivel máximo de 69.0 dB, con promedio de 63.5 dB y nivel mínimo de 41.4 dB con un L_{90} de 59.0 dB.

Para el lado Oeste (L_O), el sonómetro registró un nivel máximo de 71.2 dB, con promedio de 64.3 dB y nivel mínimo de 42.3 dB con un L_{90} de 59.0 dB.

Para el lado Vertical (L_V), el sonómetro registró un nivel máximo de 73.0 dB, con promedio de 64.6 dB y nivel mínimo de 42.6 dB con un L_{90} de 60.1 dB.

La actividad académica dentro de la Universidad finaliza a las 22:00 horas, si bien es posible encontrar grupos de estudiantes teniendo clases, en su mayoría abandonan las instalaciones de la institución antes de la hora mencionada. Por tanto, encontrar gran afluencia de estudiantes y administrativos en este punto de la noche es poco probable.

A medida que la noche avanza, los vientos tienden a aumentar su fuerza. Los primeros meses del año en la ciudad de Barranquilla tienden a presentar vientos fuertes, que bajo dichas condiciones no hubiesen permitido la realización del

estudio. Para el factor viento el micrófono del sonómetro debe utilizar una pantalla que lo proteja y corte el viento con el fin de alterar los resultados obtenidos. En el caso del presente estudio, se utilizó una cobertura de esponja que permitió hacer las veces de pantalla, bloqueando el viento de golpear el micrófono.

Tabla 16. Segunda medición noche dos – Punto 8

Punto 8 - Noche 2			
Sub puntos considerados		Vertical - Este - Norte - Oeste - Sur	
Fecha	09-mar	Día	Viernes
Hora inicio	10:00 pm.	Hora finalización	10:28 p. m.
Ubicación	Cuadrante 10, zona A3		
Descripción ubicación			
Distancia equidistante entre cafetería, bloque B y parte de atrás de biblioteca, aproximadamente a 200 metros de la entrada de la universidad.			
Condiciones climáticas			
Temperatura	27 ° C	Tiempo seco	
Descripción del entorno			
Vientos medios inconstantes fríos, cielo despejado sin nubosidad, cercanía a árboles (4 metros de distancia).			
Descripción de las fuentes identificadas			
1. Unidad exterior A.C.: correspondiente a la biblioteca. 2. Transmetro: flujo reducido de buses de Transmetro.			
Observaciones			
Durante parte de las mediciones realizadas se registró el paso de una ambulancia con la sirena encendida. La unidad exterior del A.C. se mantiene encendida durante todo el período de medición. A 100 metros se encuentra el parqueadero de motos, se registraron motocicletas saliendo. Muy pocas personas en las transitando cercanías. A medida que la noche avanza la fuerza de los vientos aumenta. El paso de buses de Transmetro en este punto es esporádico, en comparación con las horas pico se afirma que baja la tasa de arribo de los buses en un 50%.			

Fuente: Autores

Para el lado Vertical (L_v), se registró en el sonómetro un nivel máximo de 72.4 dB, con promedio de 65.2 dB y nivel mínimo de 43.2 dB con un L_{90} de 63.0 dB.

Para el lado Este (L_E), se registró en el sonómetro un nivel máximo de 69.9 dB, con promedio de 64.1 dB y nivel mínimo de 42.1 dB con un L₉₀ de 62.9 dB.

Para el lado Norte (L_N), se registró en el sonómetro un nivel máximo de 67.2 dB, con promedio de 63.2 dB y nivel mínimo de 41.2 dB con un L₉₀ de 62.1 dB.

Para el lado Oeste (L_O), se registró en el sonómetro un nivel máximo de 66.3 dB, con promedio de 63.1 y nivel mínimo de 41.0 dB con un L₉₀ de 61.9 dB.

Para el lado Sur (L_S), se registró en el sonómetro un nivel máximo de 79.4 dB, con promedio de 66.1 dB y nivel mínimo de 44.1 dB con un L₉₀ de 62.8 dB.

6.5.3. MARZO 11, 2018

Mediciones día tres. De acuerdo en lo expuesto por la legislación, es un requerimiento de carácter obligatorio realizar mediciones un día no hábil, es decir, domingo. Mediante las solicitudes pertinentes se obtuvo el permiso para ingresar al centro educativo el mencionado día.

La diferencia con respecto a los resultados de los días hábiles es de sencilla percepción.

Tabla 17. Primera medición día tres – Punto 9

Punto 9 - Día 3			
Sub puntos considerados		Este - Sur - Oeste - Norte - Vertical	
Fecha	11-mar	Día	Domingo
Hora inicio	11:40 a. m.	Hora finalización	12:05 p. m.
Ubicación	Cuadrante 10, zona A3		
Descripción ubicación			
Distancia equidistante entre bloque B y lateral de biblioteca.			
Condiciones climáticas			
Temperatura	32 ° C	Tiempo seco	
Descripción del entorno			
Vientos constantes, cielo despejado sin nubosidad, soleado.			
Descripción de las fuentes identificadas			

1. Unidad exterior A.C.: correspondiente a la biblioteca.

2. Helicóptero: paso de helicóptero de la policía.

Observaciones

Medición día no hábil en la universidad, flujo nulo de personas en las instalaciones. La unidad exterior del A.C. se mantiene encendida durante todo el período de medición. Durante la medición del lado norte, se registró el paso del helicóptero de patrullaje de la policía; de acuerdo a lo observado en el sonómetro el paso del mismo representó un aumento variable entre 2 y 10 dB.

Fuente: Autores

Para el lado Este (L_E) se registró en el sonómetro un nivel máximo de 77.7 dB, con promedio de 69.0 dB y nivel mínimo de 46.9 dB con un L_{90} de 65.2 dB.

Para el lado Sur (L_S) se registró en el sonómetro un nivel máximo de 73.2 dB, con promedio de 66.2 dB y nivel mínimo de 44.2 dB con un L_{90} de 65.0 dB.

Para el lado Oeste (L_O) se registró en el sonómetro un nivel máximo de 66.8 dB, con promedio de 65.3 dB y nivel mínimo de 43.2 dB con un L_{90} de 64.7 dB.

Para el lado Norte (L_N) se registró en el sonómetro un nivel máximo de 79.5 dB, con promedio de 69.0 dB y nivel mínimo de 46.9 dB con un L_{90} de 63.9 dB.

Para el lado Vertical (L_V) se registró en el sonómetro un nivel máximo de 76.5 dB, con promedio de 68.1 dB y nivel mínimo de 46.1 dB con un L_{90} de 64.8 dB.

La ausencia de individuos en la universidad le otorgó a la fauna la posibilidad de andar libremente por las instalaciones. En la realización del estudio se observó como la actividad humana fuerza el desplazamiento ambiental sobre las especies.

Tabla 18. Segunda medición día tres – Punto 10

Punto 10 - Día 3			
Sub puntos considerados		Vertical - Norte - Este - Sur - Oeste	
Fecha	11-mar	Día	Domingo
Hora inicio	1:15 p.m.	Hora finalización	1:42 p.m.
Ubicación	Cuadrante 11, zona A2		
Descripción ubicación			
Lateral bloque A, parqueadero.			
Condiciones climáticas			
Temperatura	32 ° C	Tiempo seco	
Descripción del entorno			
Vientos leves, cielo despejado sin nubosidad, soleado.			
Descripción de las fuentes identificadas			
1. Fauna: variedad de aves cantan al tiempo.			
2. Transmetro: paso reducido de buses de Transmetro.			
Observaciones			
Medición día no hábil en la universidad, flujo nulo de personas en las instalaciones. Durante el proceso y mediante observación se afirma que al no haber personal en la universidad no se produce desplazamiento ambiental, por tanto la fauna se siente en libertad y se aprecia con mayor facilidad que en un día hábil. Se registró en algún punto de la medición música en el exterior de la universidad. Durante la medición del lado norte, se registró el paso de una ambulancia con la sirena encendida. El paso de los buses de Transmetro si bien por ser domingo no es tan continuo como un día hábil; por ser elecciones, es notorio el aumento de usuarios en la estación cercana a la Universidad.			

Fuente: Autores.

Para el lado Vertical (L_V) se encontró que el nivel máximo registrado en el sonómetro fue de 66.4 dB, con promedio de 57.1 dB y nivel mínimo 35.0 dB con un L_{90} de 53.2 dB.

Para el lado Norte (L_N) se encontró que el nivel máximo registrado en el sonómetro fue de 75.4 dB, con promedio de 62.9 dB y nivel mínimo de 40.9 dB, con un L_{90} de 52.4 dB.

Para el lado Este (L_E) se encontró que el nivel máximo registrado en el sonómetro fue 70.2 dB, con promedio de 56.6 dB y nivel mínimo de 34.6 dB, con un L₉₀ de 52.1 dB.

Para el lado Sur (L_S) se encontró que el nivel máximo registrado en el sonómetro fue de 61.8 dB, con promedio de 55.5 dB y nivel mínimo de 33.4 dB, con un L₉₀ de 51.6 dB.

Para el lado Oeste (L_O) se encontró que el nivel máximo registrado en el sonómetro fue de 59.8 dB, con promedio de 55.8 dB y nivel mínimo de 33.8 dB, con un L₉₀ de 53.1 dB.

Mediciones noche tres. La naturaleza del día no hábil implica evaluar las condiciones de la institución bajo un escenario diferente al encontrado en el diario desarrollo de las actividades.

Tabla 19. Primera medición noche tres – Punto 11

Punto 11 - Noche 3			
Sub puntos considerados		Norte - Este - Sur - Oeste - Vertical	
Fecha	12-mar	Día	Lunes
Hora inicio	5:35 a. m.	Hora finalización	5:55 a. m.
Ubicación	Cuadrante 14, zona A4		
Descripción ubicación			
Parqueadero de motocicletas, cercanía al antiguo coliseo deportivo de la universidad.			
Condiciones climáticas			
Temperatura	28 ° C	Tiempo seco	
Descripción del entorno			
Sin vientos, cielo despejado sin nubosidad. Ausencia de motocicletas en el sector de medición.			
Descripción de las fuentes identificadas			
1. Unidad exterior A.C.: correspondiente a biblioteca. 2. Ingreso y salida de autos.			
Observaciones			
Durante las mediciones no se registra mayor perturbación. En el desarrollo del proceso ingresó un automóvil de gran tamaño sin embargo, no continuo su camino hasta la zona donde se realizaba la toma de muestras. No había flujo estudiantil. Durante la medición del lado oeste se registra el paso de personal colaborador por las cercanías con escobas y baldes.			

Fuente: Autores

Para el lado Norte (L_N), se encontró registro para el nivel máximo de 62.4 dB, con promedio de 59.5 dB y nivel mínimo de 37.5 dB, con un L_{90} de 58.5 dB.

Para el lado Este (L_E), se encontró registro para el nivel máximo de 64.2 dB, con promedio de 60.3 dB y nivel mínimo de 38.2 dB, con un L_{90} de 58.6 dB.

Para el lado Sur (L_S), se encontró registro para el nivel máximo de 62.8 dB, con promedio de 59.4 dB y nivel mínimo de 37.4 dB, con un L_{90} de 58.1 dB.

Para el lado Oeste (L_O), se encontró registro para el nivel máximo de 63.1 dB, con promedio de 60.1 y nivel mínimo de 38.1 dB, con un L_{90} de 58.3 dB.

Para el lado Vertical (L_V), se encontró registro para el nivel máximo de 64.2 dB, con promedio de 60.6 y nivel mínimo de 38.6 dB, con un L_{90} de 59.4 dB.

Si bien la evaluación con respecto a un día no hábil es de gran importancia en el desarrollo estructural del estudio, el domingo naturalmente es característico por la disminución del flujo vehicular. En el caso particular de este estudio, el domingo escogido era jornada electoral en la ciudad de Barranquilla, por tanto se registró un poco más de movimiento que el usual dadas las condiciones.

Tabla 20. Segunda medición noche tres – Punto 12

Punto 12 - Noche 3			
Sub puntos considerados		Norte - Este - Sur - Oeste - Vertical	
Fecha	12-mar	Día	Lunes
Hora inicio	6:22 a. m.	Hora finalización	6:50 a. m.
Ubicación	Cuadrante 12, zona A4		
Descripción ubicación			
Zona de parqueadero, cercanías al laboratorio de ingeniería de mecánica y bloque C.			
Condiciones climáticas			
Temperatura	28 ° C	Tiempo seco	
Descripción del entorno			
Sin vientos, cielo despejado sin nubosidad.			
Descripción de las fuentes identificadas			
1. Ingreso y salida de autos. 2. Transmetro: paso constante de buses de Transmetro.			
Observaciones			
Durante las mediciones no se registra mayor perturbación. Flujo estudiantil y administrativo bajo. Se registró el ingreso esporádico de motocicletas. A una distancia aproximada de 300 metros de la entrada de la universidad, se perciben los sonidos provocados por los buses de Transmetro sin embargo, llegaban con poca fuerza al punto de medición.			

Fuente: Autores

Para el lado Vertical (L_V), el sonómetro registró un nivel máximo de 67.4 dB, con promedio de 60.2 dB y nivel mínimo de 38.2 dB, con un L_{90} de 59.0 dB.

Para el lado Oeste (L_O), el sonómetro registró un nivel máximo de 67.4 dB, con promedio de 60.8 dB y nivel mínimo de 38.8 dB, con un L_{90} de 59.6 dB.

Para el lado Norte (L_N), el sonómetro registró un nivel máximo de 69.9 dB, con promedio de 61.9 dB y nivel mínimo de 39.8 dB, con un L_{90} de 59.2 dB.

Para el lado Este (L_E), el sonómetro registró un nivel máximo de 65.7 dB, con promedio de 61.3 dB y nivel mínimo de 39.3 dB, con un L_{90} de 59.5 dB.

Para el lado Sur (L_S), el sonómetro registró un nivel máximo de 65.4 dB, con promedio de 61.7 dB y nivel mínimo de 39.6 dB, con un L_{90} de 60.3 dB.

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTAL EN LA UNIVERSIDAD LIBRE

Las observaciones obtenidas durante el proceso de medición, permitieron visualizar de manera somera el estado en el que el ambiente de ciertas áreas de la Universidad Libre sede centro se encuentran.

En la presente sección se presenta el análisis realizado a los valores arrojados por el sonómetro durante el estudio. Si bien el sonómetro 3M QUEST entregó a las investigadoras datos exactos que son usados en el análisis comparativo de los puntos, dichos datos requirieron de igual forma la realización de un análisis estadístico simple de tal manera que la información pudiera ser presentada individualizada y ponderada dentro de un mismo punto de medición. La ponderación simple se realizó con el fin de hallar un patrón general de los sub-puntos (Norte – Sur – Este – Oeste – Vertical) dentro de las mediciones diurnas (ver anexo 2) y nocturnas (ver anexo 3) respectivamente.

El análisis de la información obtenida desde el sonómetro permitió determinar si la institución registra en sus instalaciones niveles de ruido aceptados por la Resolución 0627 de 2006, o si por el contrario se están produciendo decibeles que sobrepasan los estipulados.

7.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE RUIDO DURANTE EL ESTUDIO

El estudio realizado se caracterizó por abarcar toda área que se encontraba apta y disponible para medir dentro de la Universidad Libre. Durante el desarrollo del estudio de campo y mediante el registro constante de los cambios del entorno, se pudo hacer una determinación de las fuentes que producían mayor incomodidad y que registraban alteración en la marcación de los decibeles.

De acuerdo a las observaciones realizadas en los tres días de medición, se encontró que las fuentes de ruido más representativas son:

- Servicio masivo de transporte – Transmetro.
- Unidades externas de los aires acondicionados de las diferentes dependencias de la Universidad.

- Estudiantes: ingreso y salida de la población estudiantil de la Universidad en las diferentes horas del día, así como también estudiantes congregados en zonas de reunión.
- Entrada y salida de vehículos automotores de las instalaciones de la Universidad en las diferentes horas del día.

Es de gran importancia resaltar que se identificaron algunas fuentes inconstantes y de alta variabilidad durante el período de medición:

- Música debido a evento en conmemoración del día internacional de la mujer el primer día de medición.
- Vendedores ambulantes en algunos días de medición.
- Juegos de mesa (dominó) en zonas de la cafetería.
- Fauna: diversidad de aves cantando en ciertas horas y días de medición, con mayor incidencia en el día no hábil.
- Helicóptero: durante la medición del día no hábil, un helicóptero de patrullaje intervino en una de las mediciones realizadas.

7.2. RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DE LA MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTAL EN RELACIÓN A LeQ Y L90 POR PUNTO

A partir de los resultados obtenidos mediante el sonómetro y con el fin de realizar una comparación generalizada entre cada punto medido, se procedió a elaborar gráficas que muestren la variación presentada dentro del mismo punto con respecto a sus sub-puntos cardinales correspondientes.

7.2.1. Día 1. Punto 1

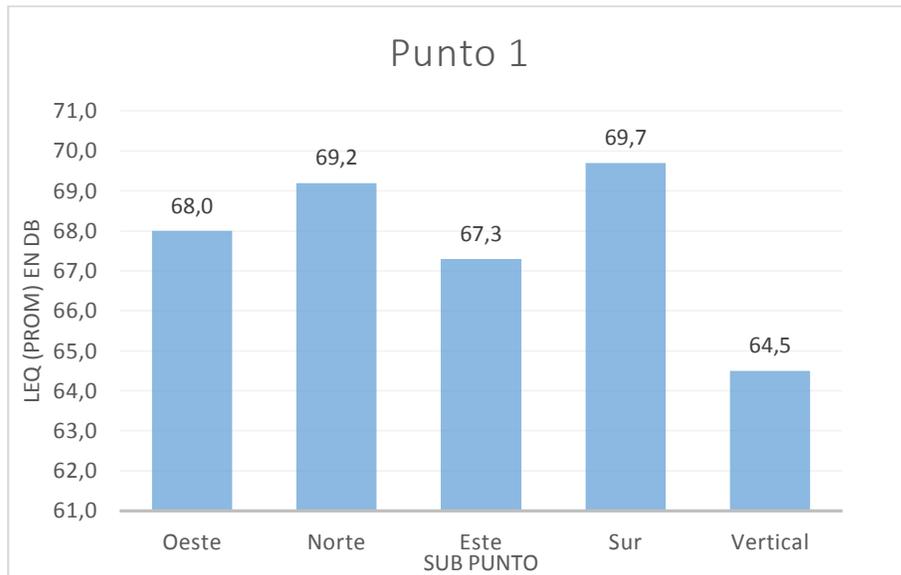
Tabla 21. Datos registrados para P1.

Sub punto	LeQ (Prom) en dB	L90
Oeste	68,0	65,2
Norte	69,2	66,5
Este	67,3	63,2
Sur	69,7	64,8
Vertical	64,5	59,9

Fuente: Autores

Con la información pertinente al punto 1 ubicado en el cuadrante 4 de la zona A1 (ver figura 5), se realizó en primera instancia la gráfica que muestra la variación del LeQ para cada punto cardinal.

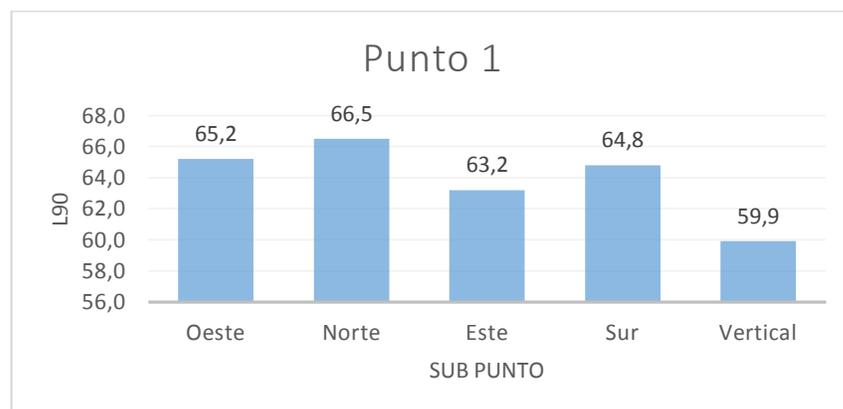
Gráfica 1. Comportamiento LeQ para P1.



Fuente: Autores

Así mismo cada sub-punto o punto cardinal medido, arrojó un valor para nivel sonoro L_{90} , de tal forma que la gráfica muestra la variación de los L_{90} .

Gráfica 2. Comportamiento L_{90} para P1.



Fuente: Autores

Para el caso del lado Vertical (L_V) es posible afirmar que tanto el valor marcado como LeQ y el valor para L_{90} son los menores en su respectivo grupo de análisis. Si bien para el lado Norte (L_N) el L_{90} fue el valor máximo en comparación con el grupo, en la medición del promedio fue uno de los valores mayores siendo superado por los resultados del lado Sur (L_S).

7.2.2. Día 1. Punto 2.

Tabla 22. Datos registrados para P2.

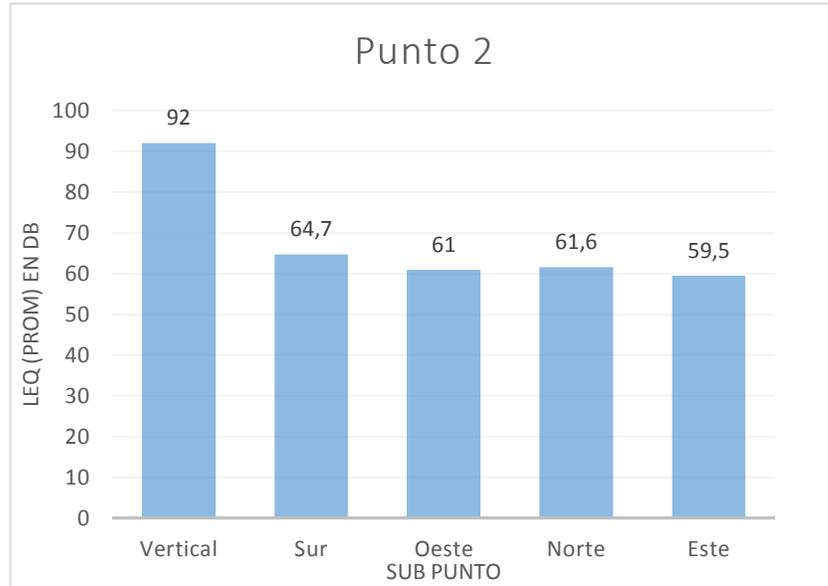
Sub punto	LeQ (Prom) en dB	L_{90}
Vertical	92	83,5
Sur	64,7	59,5
Oeste	61	59,4
Norte	61,6	58,7
Este	59,5	57,7

Fuente: Autores

El punto número dos del primer día se encontraba ubicado en cuadrante 13, zona A4 (ver figura 5), esta locación en uno de sus puntos cardinales registró una de las mediciones más altas del estudio debido al paso constante de motocicletas saliendo e ingresando de la zona. El lado Vertical (L_V) durante su tiempo de medición se vio afectado por el paso de un vehículo de gran motor que elevó la marcación del sonómetro.

Teniendo en cuenta lo anterior, la gráfica comprueba la considerable diferencia de L_V con respecto a los demás puntos cardinales.

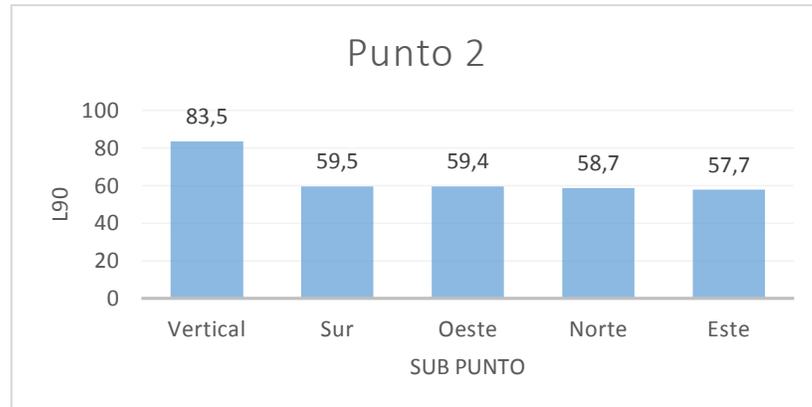
Gráfica 3. Comportamiento LeQ para P2.



Fuente: Autores

Cada sub-punto cardinal medido tiene asignado un valor de nivel sonoro correspondiente. Dicho valor es entregado directamente por el sonómetro una vez finaliza la medición del sub-punto en cuestión.

Gráfica 4. Comportamiento L₉₀ para P2.



Fuente: Autores

La gráfica muestra niveles leves de variabilidad entre los sub-puntos excluyendo a Lv.

7.2.3. Noche 1. Punto 3

La primera medición nocturna fue realizada en el cuadrante 7, zona A2 (ver imagen 5). Si bien en este caso sería el primer punto nocturno, se guarda la continuidad numérica con el fin de mantener la contabilidad sobre el total de los puntos abarcados durante el estudio.

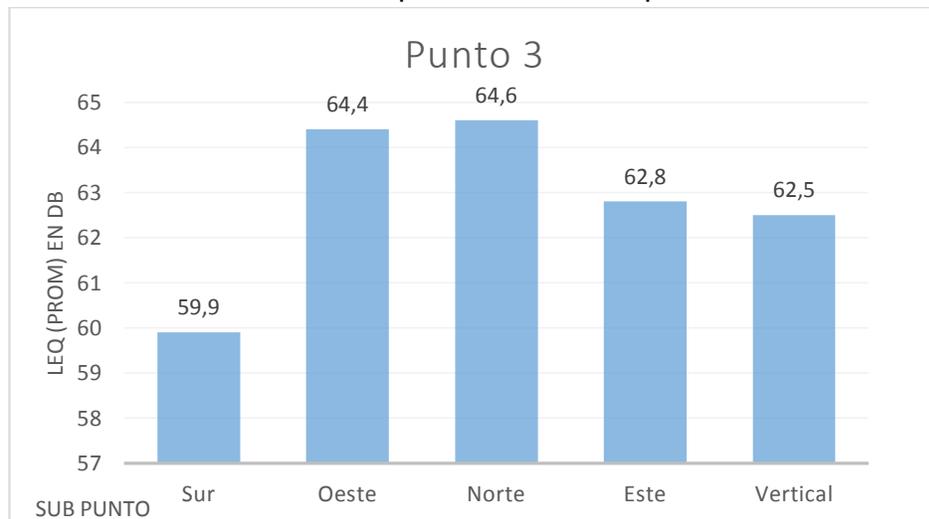
Tabla 23. Datos registrados para P3.

Sub punto	LeQ (Prom) en dB	L90
Sur	59,9	55,6
Oeste	64,4	60,3
Norte	64,6	58,5
Este	62,8	56,6
Vertical	62,5	57,5

Fuente: Autores

Una característica asociada a la medición nocturna es la poca variabilidad de las condiciones del entorno. Si bien se presentaron estímulos que alteraban los decibeles durante el período de medición, no eran fuentes recurrentes excluyendo aquellas locaciones cercanas a la zona A1 o entrada de la Universidad Libre sede centro, que se ven constantemente afectadas por el tránsito de los buses de Transmetro.

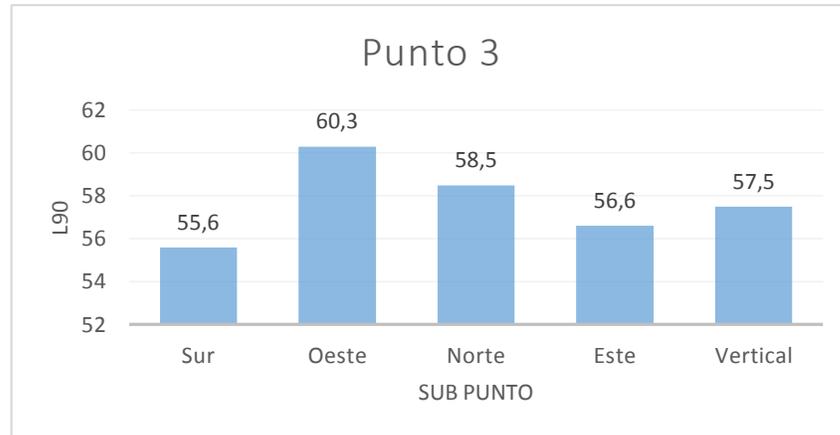
Gráfica 5. Comportamiento LeQ para P3.



Fuente: Autores

Los puntos Oeste (Lo) y Norte (LN) presentan los niveles más altos registrados en la medición. Debido a la naturaleza de la locación se registraron varios estímulos algunos constantes y algunos intermitentes. A la entrada y salida de vehículos se le adjudica gran parte de la variación de los decibeles durante la medición de este punto.

Gráfica 6. Comportamiento L₉₀ para P3.



Fuente: Autores

En ambos casos, el sub-punto Oeste (Lo) registra en el caso LeQ uno de los valores mayores, y para el caso de L₉₀ presenta el mayor valor registrado.

7.2.4. Noche 1. Punto 4

Tabla 24. Datos registrados para P4.

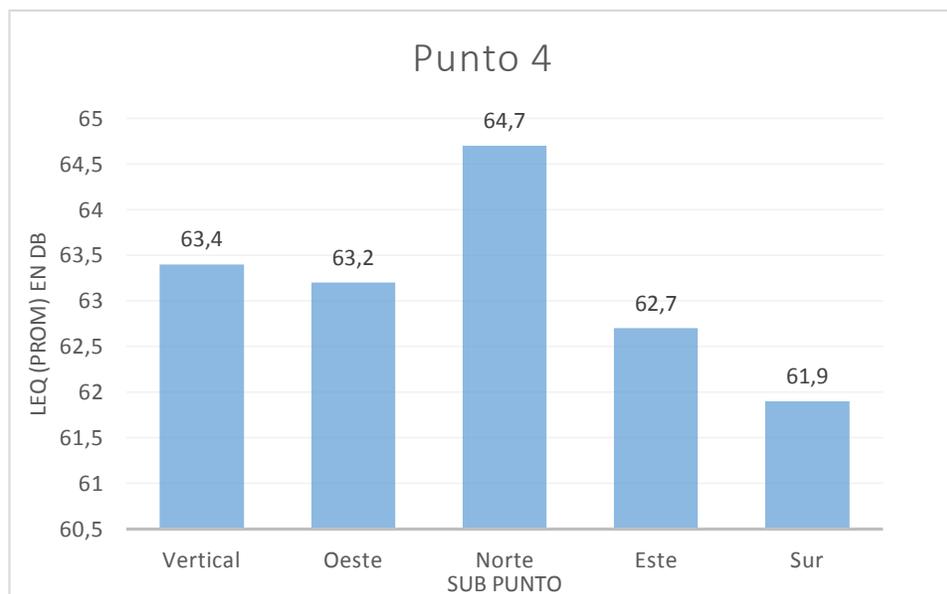
Sub punto	LeQ (Prom) en dB	L90
Vertical	63,4	57,9
Oeste	63,2	57,7
Norte	64,7	54,4
Este	62,7	56,1
Sur	61,9	56,2

Fuente: Autores

El segundo punto de medición nocturna se tomó en el cuadrante 6, zona A2. De acuerdo a la Legislación el horario nocturno abarca un período desde las 09:01 p.m. hasta las 7:00 a.m. por tanto, el investigador se encuentra en plena potestad de elegir las horas que considere convenientes siempre y cuando cumpla con las especificaciones dadas respecto a tiempo de duración de las mediciones.

La medición de este punto evidenció la gran incidencia que tienen las horas picos sobre el aumento de concurrencia de los buses de servicio de transporte masivo de la ciudad de Barranquilla. La Universidad se encuentra ubicada frente a la estación “La Catedral” por tanto, dichas horas cruciales sobre el transporte afectan directamente el comportamiento de la medición.

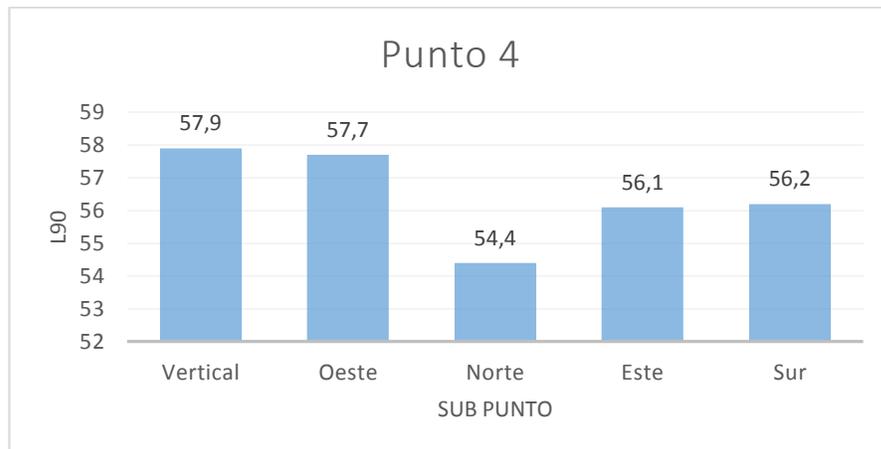
Gráfica 7. Comportamiento LeQ para P4.



Fuente: Autores

De acuerdo a lo observado en la gráfica, el punto Norte (L_N) marcó el número más alto de decibeles en este punto, durante esta medición el micrófono se encontraba apuntando hacia la parte exterior por tanto captaba directamente el ruido producido por los buses de Transmetro que transitaban por el la calle 46.

Gráfica 8. Comportamiento L_{90} para P4.



Fuente: Autores

El punto Norte (L_N) para el caso del nivel sonoro L_{90} tiene un comportamiento inverso en comparación con el resultado hallado para el LeQ . Mientras el nivel sonoro marcado es el menor en comparación con los demás sub-puntos, para el caso del LeQ se presenta ese mismo lado como el mayor registro.

7.2.5. Día 2. Punto 5

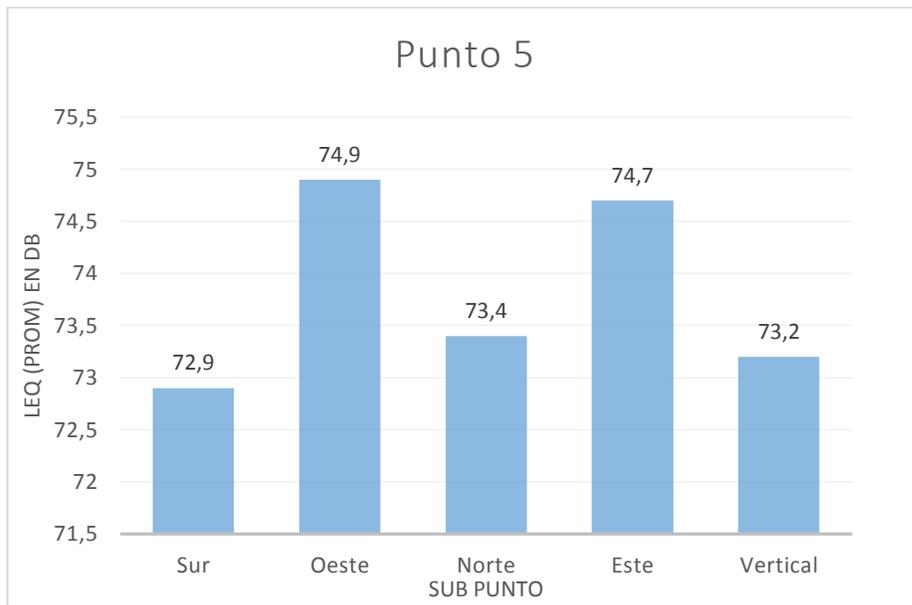
Tabla 25. Datos registrados para P5.

Sub punto	LeQ (Prom) en dB	L_{90}
Sur	72,9	70,2
Oeste	74,9	71,3
Norte	73,4	70,9
Este	74,7	72,3
Vertical	73,2	70,3

Fuente: Autores

En el segundo día de medición el primer punto (entendido como quinto de acuerdo a la continuidad) fue tomado en el cuadrante 9, zona A3 (ver figura 5). Como se ve en el informe técnico para este punto, se localizó en las cercanías de cafetería. De acuerdo a los resultados obtenidos durante la medición la zona de reunión de los estudiantes generó altos niveles de ruido.

Gráfica 9. Comportamiento LeQ para P5.

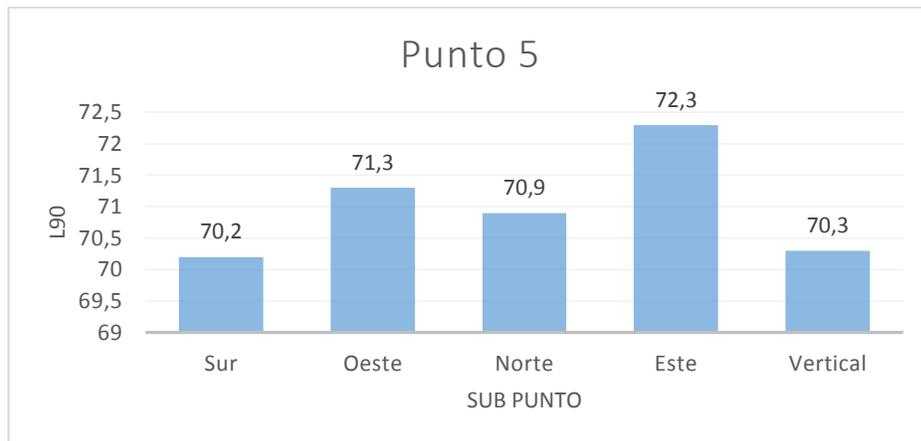


Fuente: Autores

Los sub-puntos que marcaron mayor número de decibeles fueron el lado Oeste (L_O) y el lado Este (L_E). El micrófono durante una de las mediciones apuntaba directamente hacia la zona de cafetería que durante todo el período de toma de muestras se encontró llena de estudiantes; y luego apuntaba hacia uno de los laterales del Bloque B con unidades exteriores de aire acondicionado respectivamente.

La gráfica muestra que de acuerdo a la medición, el nivel de decibeles producidos por el bullicio de los estudiantes congregados en la cafetería es mayor que el generado por las unidades de aire acondicionado.

Gráfica 10. Comportamiento L_{90} para P5.



Fuente: Autores

En este caso, el lado Este (L_E) marcó un mayor nivel sonoro, siendo este punto el que señalaba hacia las unidades exteriores de aire acondicionado de la sala de informática del Bloque B. Aun realizando las mediciones a una distancia de 4 m de las unidades, la vibración generada por las mismas se sentía hasta la estructura diseñada para sostener el micrófono.

7.2.6. Día 2. Punto 6

Tabla 26. Datos registrados para P6.

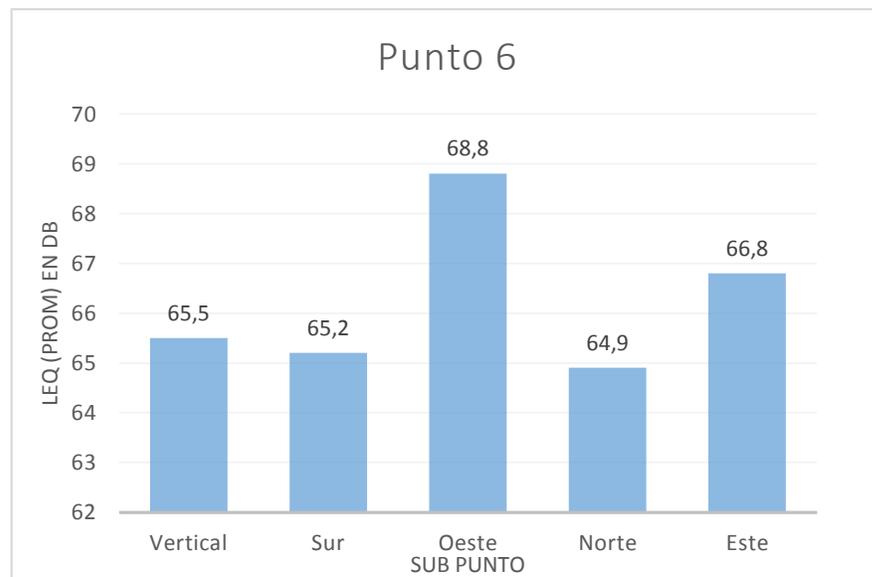
Sub punto	LeQ (Prom) en dB	L90
Vertical	65,5	61,8
Sur	65,2	61,2
Oeste	68,8	61,5
Norte	64,9	61,8
Este	66,8	61,9

Fuente: Autores

El segundo punto medido en el día dos (entendido como sexto de acuerdo a la continuidad) se ubicaba en cuadrante 3 de la zona A1 como se observa en la figura 5. Este punto fue tomado en una hora crucial debido al constante ingreso y salida de estudiantes del centro educativo, así como también el aumento en el flujo vehicular de los buses de Transmetro.

Durante las horas pico, se pudo registrar en las mediciones de tres minutos el paso de hasta 4 buses del servicio masivo de transporte de la ciudad de Barranquilla. Cada vez que ocurría la situación mencionada, se percibía el aumento de los decibeles marcados en el sonómetro.

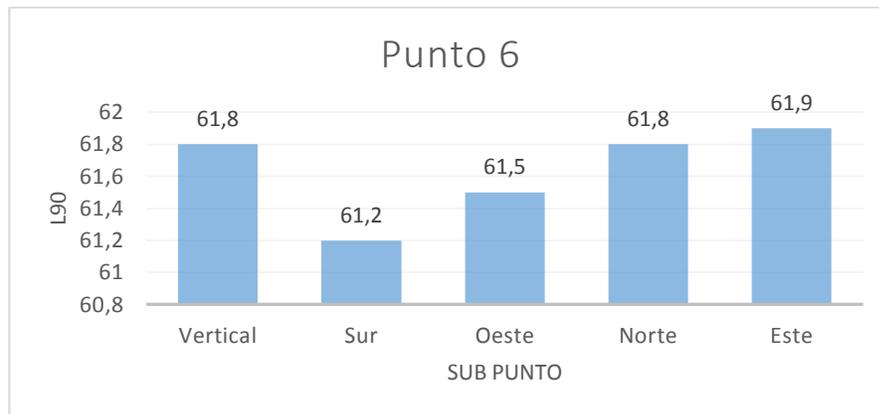
Gráfica 11. Comportamiento LeQ para P6



Fuente: Autores

En este punto el gráfico muestra como el registro de mayor número de decibeles fue obtenido por el lado Oeste (L_O). Presentando una diferencia de hasta 4 dB con respecto al mínimo marcado.

Gráfica 12. Comportamiento L_{90} para P6.



Fuente: Autores

Para el nivel sonoro en este punto, los valores obtenidos a partir de la medición guardan una cercanía estrecha entre sí. Siendo el lado Oeste (L_o) el de mayor registro LeQ, en el caso de L₉₀ presenta ser el segundo más bajo.

7.2.7. Noche 2. Punto 7

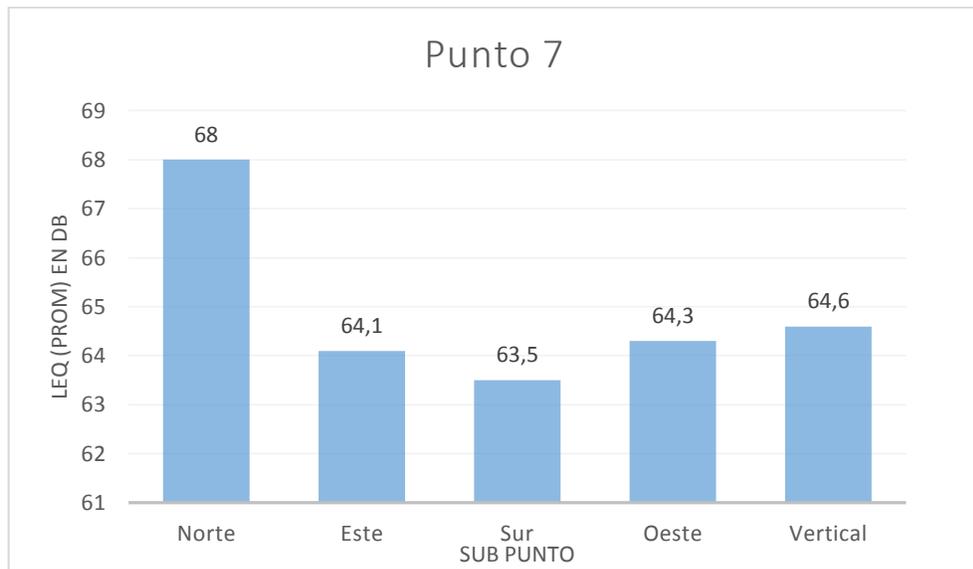
Tabla 27. Datos registrados para P7.

Sub punto	LeQ (Prom) en dB	L90
Norte	68	63,4
Este	64,1	60,3
Sur	63,5	59
Oeste	64,3	59
Vertical	64,6	60,1

Fuente: Autores

El primer punto de la segunda noche (entiéndase punto séptimo de acuerdo a la continuidad), fue tomado en el cuadrante 8 de la zona A3. Un punto estratégico debido a la cercanía a más de una dependencia importante de la Universidad como la parte de atrás de la biblioteca, cafetería, cercanías al bloque B y entrada de la Institución.

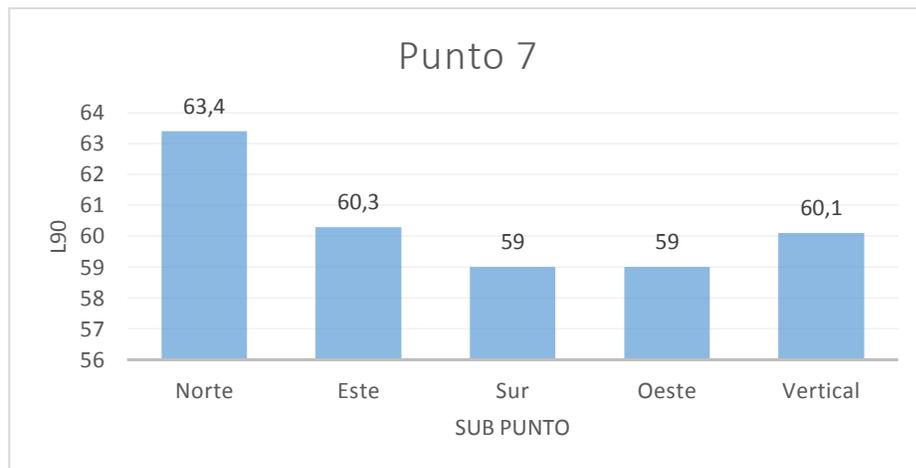
Gráfica 13. Comportamiento LeQ para P7.



Fuente: Autores

De acuerdo a la gráfica el lado Norte (L_N) registró un L_{eQ} mayor en relación a los demás sub-puntos, debido al paso de una ambulancia con la sirena encendida que tardó aproximadamente 20seg estática en el frente de la Universidad. El volumen de la sirena alteraba la medición percibida en 4 dB. Los demás puntos guardan una relación estrecha con variaciones pequeñas.

Gráfica 14. Comportamiento L_{90} para P7.



Fuente: Autores

Siendo consecuente con el alto registro del lado Norte (L_N) para el LeQ, en la gráfica de nivel sonoro L_{90} también registró la mayor marcación en comparación con los demás sub-puntos.

7.2.8. Noche 2. Punto 8

El segundo punto de la segunda noche (entiéndase octavo punto de acuerdo a la continuidad) fue tomado en el cuadrante 10 de la zona A3.

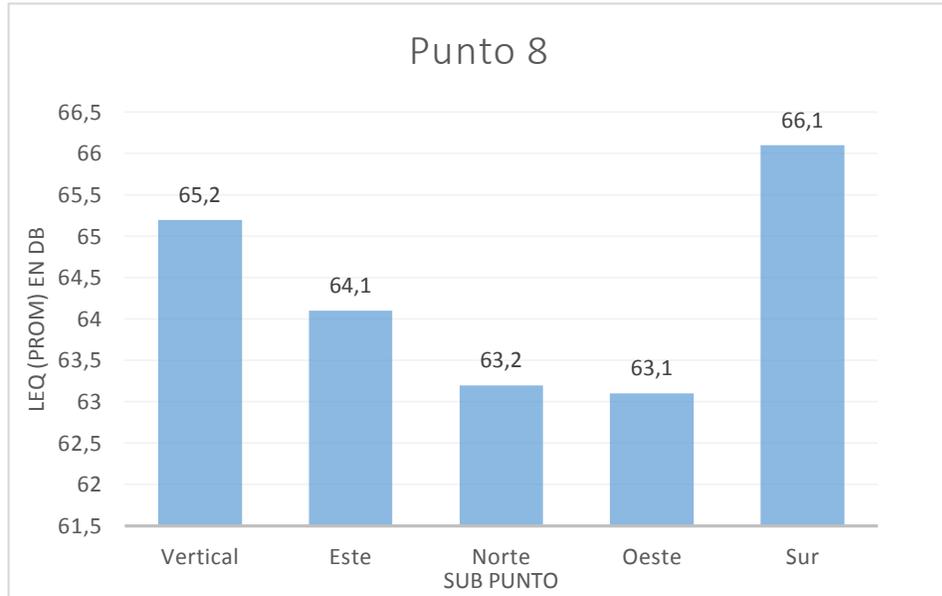
Tabla 28. Datos registrados para P8.

Sub punto	LeQ (Prom) en dB	L90
Vertical	65,2	63
Este	64,1	62,9
Norte	63,2	62,1
Oeste	63,1	61,9
Sur	66,1	62,8

Fuente: Autores

Se recalca que a medida que la noche avanzaba, las instalaciones de la universidad iban quedando vacías, de igual forma a medida que esta transcurría, los vientos aumentaban su fuerza, sin embargo, todas las mediciones fueron realizadas con la respectiva pantalla protectora.

Gráfica 15. Comportamiento LeQ para P8.



Fuente: Autores

Durante la medición en el punto se registró el paso de una ambulancia con la sirena activada. Particularmente esta noche de medición estuvo caracterizada por el paso consecutivo de ambulancias con sus respectivas sirenas en diferentes momentos. En la medición fue posible observar como incide en gran parte el hecho de que la ambulancia sea una fuente intermitente en movimiento.

Gráfica 16. Comportamiento L₉₀ para P8.



Fuente: Autores

Para el nivel sonoro los resultados mostraron una variabilidad pequeña entre dos unidades del menor dato registrado al mayor.

7.2.9. Día 3 (no hábil). Punto 9

Las mediciones realizadas en el día tres de medición corresponden a las del día no hábil exigido por la Resolución 0627 de 2006, en la que se encuentra basado el presente trabajo.

El primer punto del día tres (entiéndase noveno punto de acuerdo a la continuidad), se tomó en el cuadrante 10 de la zona A3.

Tabla 29. Datos registrados para P9.

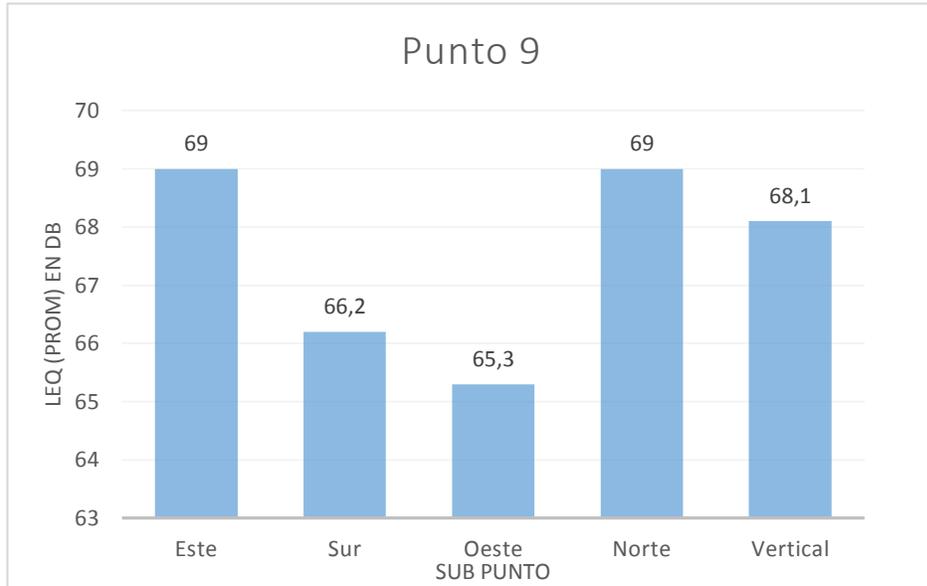
Sub punto	LeQ (Prom) en dB	L90
Este	69	65,2
Sur	66,2	65
Oeste	65,3	64,7
Norte	69	63,9
Vertical	68,1	64,8

Fuente: Autores

Las condiciones registradas a lo largo del tercer día de medición presentaron poca variabilidad por la naturaleza del día.

Durante la medición en el punto 9, se registró el paso de un helicóptero de patrullaje de la Policía Nacional debido a la jornada electoral que se desarrollaba en el país. El paso de la aeronave generó un aumento en los decibeles mostrados por el sonómetro.

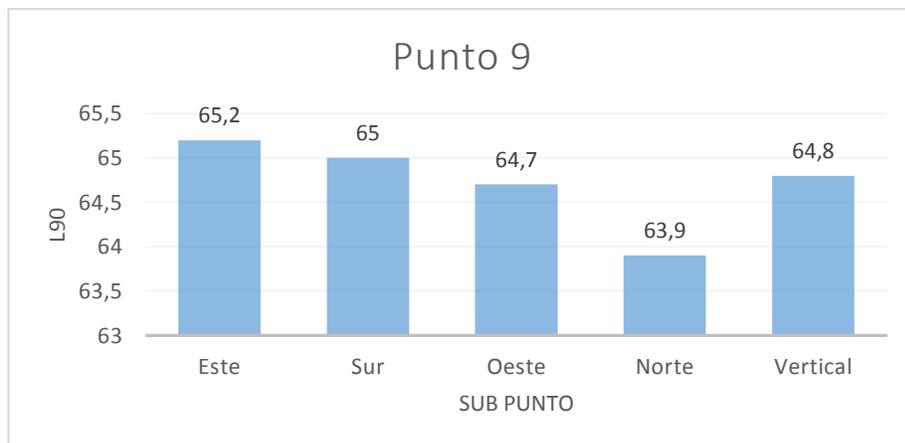
Gráfica 17. Comportamiento LeQ para P9.



Fuente: Autores

A partir de la gráfica se puede apreciar una variabilidad de hasta 4 dB entre el mayor valor registrado y el mínimo. En el sector donde se realizaba la medición, se presentó una fuente constante: una de las unidades exteriores de los aires acondicionados de biblioteca permaneció encendido incluso en el día no hábil.

Gráfica 18. Comportamiento L₉₀ para P9.



Fuente: Autores

Para el nivel sonoro L_{90} los valores varían en un rango que no superior a las 2 unidades. Se observa que para el lado Este (L_E) guarda cierta concordancia con el resultado obtenido para L_{eQ} , siendo los dos mayores; sin embargo el lado Norte (L_N) que para L_{eQ} marcó el mismo resultado que L_E , marca en L_{90} el menor valor de los sub-puntos.

7.2.10. Día 3 (no hábil). Punto 10

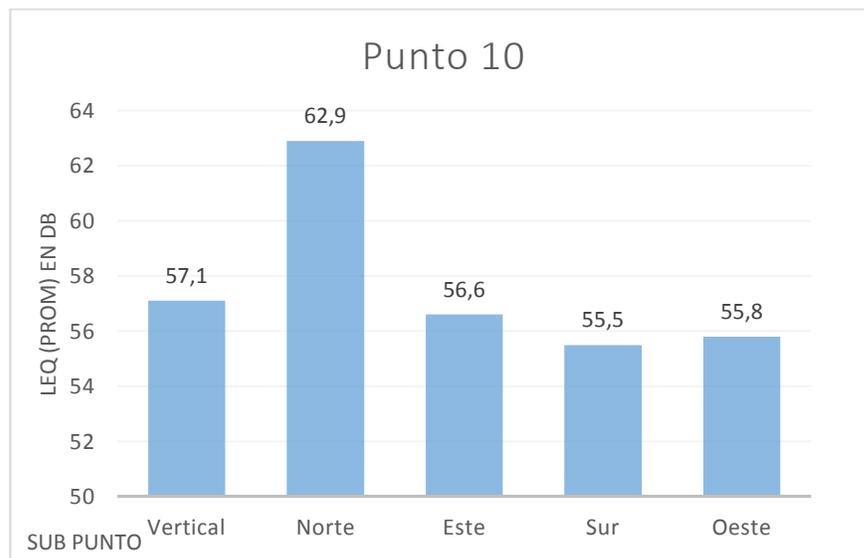
Tabla 30. Datos registrados para P10.

Sub punto	LeQ (Prom) en dB	L90
Vertical	57,1	53,2
Norte	62,9	52,4
Este	56,6	52,1
Sur	55,5	51,6
Oeste	55,8	53,1

Fuente: Autores

La segunda medición del día no hábil fue para el período diurno, realizada en la zona A2 cuadrante 11. En el parqueadero de la Universidad, frente a la oficina de legalización de matrícula del Bloque A.

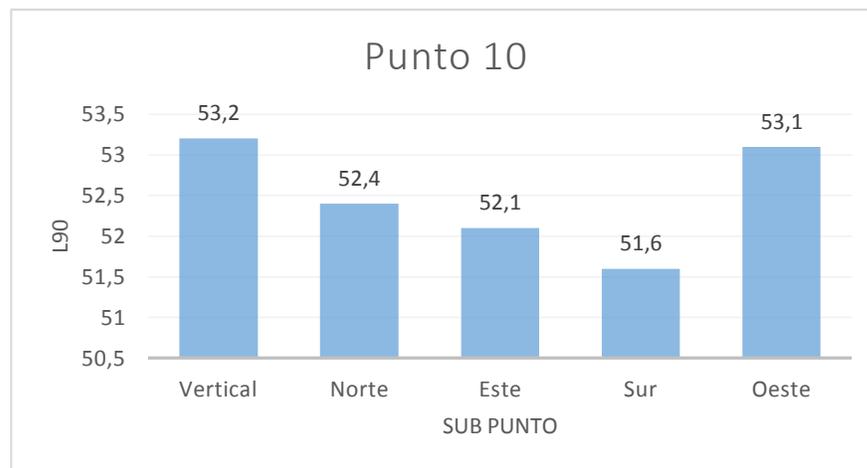
Gráfica 19. Comportamiento L_{eQ} para P10.



Fuente: Autores

Si bien las condiciones del entorno de medición no presentaron una gran variación a lo largo del período de estudio, se encontró que la fauna habitante en los terrenos de la Universidad, se encontraba con un alto nivel de actividad en comparación con el comportamiento que tienen durante la semana hábil. Mientras se realizaba la medición del lado Norte (L_N) se pudo percibir el canto de más de tres especies de aves simultáneamente, incidiendo en el resultado de la medición.

Gráfica 20. Comportamiento L_{90} para P10.



Fuente: Autores

La variación para el nivel sonoro L_{90} presentada en el punto 10 maneja un rango de baja amplitud de 2 unidades.

Por ser día no hábil y encontrarse la universidad sin estudiantes ni administrativos, excluyendo a las investigadoras y un grupo de tres trabajadores de seguridad privada; es posible afirmar a partir de la observación realizada que en el día no hábil no se presenta desplazamiento ambiental de las especies habitantes dentro de la institución, ya que durante el período de medición fueron captadas varias especies de aves y se registró aumento del número de ardillas merodeando diferentes zonas por donde no es usual hallar fauna.

7.2.11. Noche 3 (no hábil). Punto 11

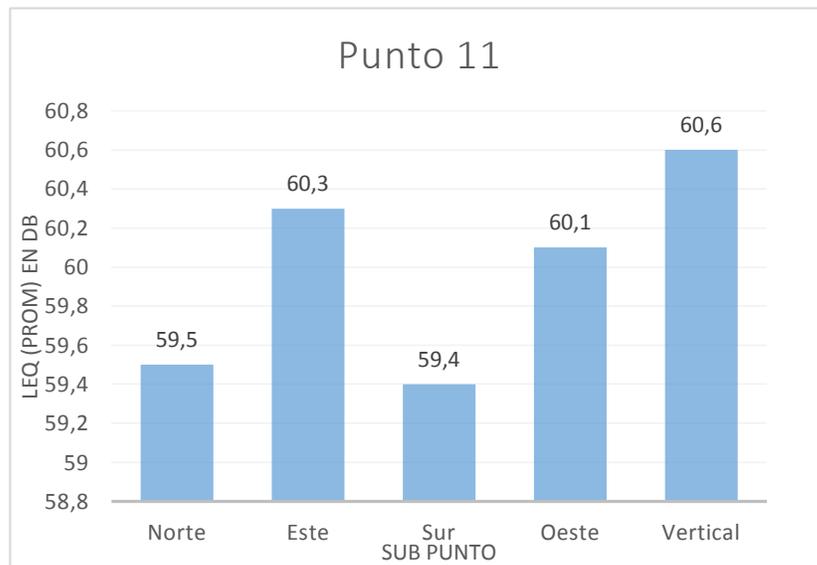
Tabla 31. Datos registrados para P11.

Sub punto	LeQ (Prom) en dB	L90
Norte	59,5	58,5
Este	60,3	58,6
Sur	59,4	58,1
Oeste	60,1	58,3
Vertical	60,6	59,4

Fuente: Autores

La primera medición de la noche (entiéndase onceavo punto de acuerdo a la continuidad) para el día tres se realizó en el cuadrante 14 de la zona A4. Cercanías al parqueadero de motocicletas y al antiguo coliseo de la Universidad.

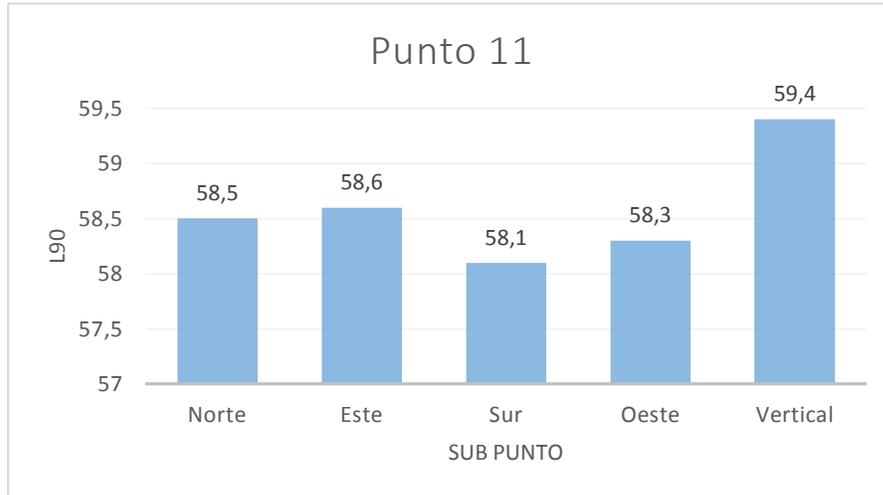
Gráfica 21. Comportamiento LeQ para P11.



Fuente: Autores

Durante la medición realizada se encontraban las unidades exteriores de los aires acondicionados de biblioteca encendidos, además de registrarse el ingreso de algunas motocicletas. Los resultados obtenidos presentan una pequeña variación debido a la poca perturbación experimentada en esta zona.

Gráfica 22. Comportamiento L₉₀ para P11.



Fuente: Autores

El nivel sonoro para cada sub-punto cardinal muestra una leve relación con los valores LeQ hallados inicialmente, de tal forma que el lado Vertical (L_V) marca el mayor número de decibeles en ambas evaluaciones.

7.2.12. Noche 3 (no hábil). Punto 12

El segundo punto de la tercera noche (entiéndase punto doceavo de acuerdo a la continuidad) se llevó a cabo en el cuadrante 12 de la zona A4. Área donde se congregan algunos colaboradores de logística y servicios generales, cerca de las inmediaciones del laboratorio de Ingeniería y el bloque C.

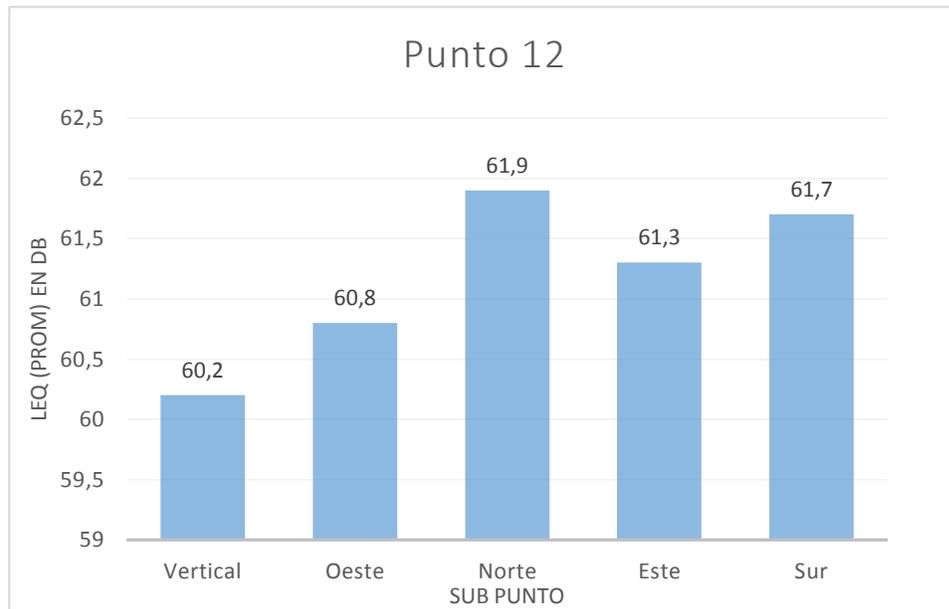
Tabla 32. Datos registrados para P12.

Sub punto	LeQ (Prom) en dB	L90
Vertical	60,2	59
Oeste	60,8	59,6
Norte	61,9	59,2
Este	61,3	59,5
Sur	61,7	60,3

Fuente: Autores

Durante esta medición los valores se manejan con muy poca variabilidad debido a la poca perturbación generada.

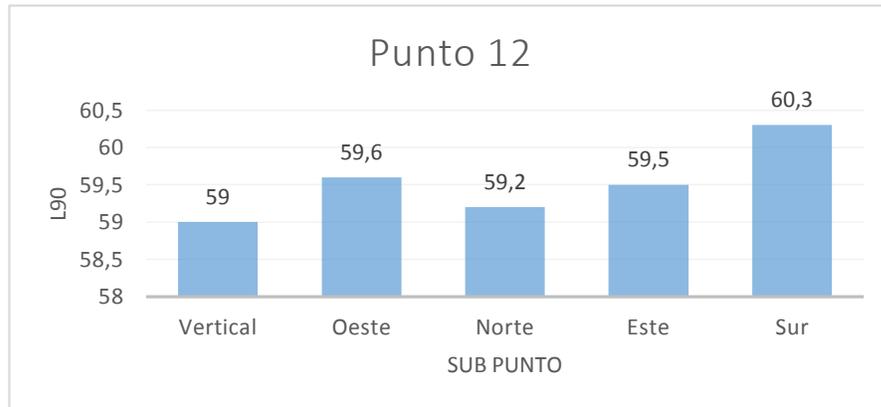
Gráfica 23. Comportamiento LeQ para P12.



Fuente: Autores

A partir de la gráfica se puede afirmar que el punto 12 es uno de los puntos con menos variabilidad en las mediciones. Las fuentes causantes de la perturbación en esta zona como el ingreso y salida de vehículos, y el paso de buses de Transmetro, no significaba una gran variación en los decibeles marcados por el sonómetro. Para el primer caso no se presentaba con constancia, y para el segundo la distancia entre el punto de medición y la entrada de la universidad (en donde más incidencia tiene el constante paso de los buses de transporte masivo) es superior a los 200m.

Gráfica 24. Comportamiento L_{90} para P12.



Fuente: Autores

Debido a la baja variabilidad presente en este punto, el nivel sonoro para esta medición cumple con la misma condición expuesta para el L_{eQ} .

7.3. COMPARACIÓN DEL RESULTADO GENERAL POR PUNTOS PARA DÍA Y NOCHE CON RESPECTO A L_{eQ}

Con el fin de asociar cada punto medido en el estudio con un valor específico y observar el comportamiento del punto con respecto a los demás en la jornada correspondiente, se realizó una ponderación simple de los L_{eQ} promedio de cada sub-punto y el valor hallado se tomó como resultado general de la determinada locación.

La Universidad Libre seccional Barranquilla; cuenta con el sonómetro 3M Quest, el cual viene equipado con dos canales de medida independientes y simultáneos (A y C) acorde a múltiples normativas y regulaciones existentes para los instrumentos de medición.

Cada vez que se tomaba la medición en los sub-puntos correspondientes a un cuadrante, el sonómetro 3M Quest en vez de arrojar los resultados en cantidades logarítmicas, los arrojaba en cantidades aritméticas gracias a que cuenta con un sistema que analiza y convierte internamente los valores capturados durante el período medido y entrega los resultados como números aritméticos. De esta forma, teniendo en cuenta la flexibilidad del Protocolo Nacional en su aplicación y que para

el desarrollo del estudio se adaptaron ciertos parámetros a la realidad que envuelve a la Universidad, se aplica la fórmula de promedio aritmético simple.

La pertinencia en la aplicación del promedio aritmético se encuentra propuesta y sustentada por la NTP 270 [54]. Esta normativa española ayuda a determinar los niveles de ruido representativos, es cimiento de legislaciones así como también es implementada por la mayoría de países de América latina.

Por lo tanto, entendiendo lo anterior para hallar el resultado globalizado del punto 1 del día uno, se tomaron los valores de LeQ de los cinco sub-puntos (Norte – Sur – Este - Oeste – Vertical), se sumaron y luego se dividieron entre cinco, es decir la aplicación del promedio aritmético simple.

7.3.1. Resultados ponderados LeQ para puntos en el período diurno

Para hallar los resultados presentados en la tabla 32 sobre los puntos medidos en el período diurno, se toman los valores promedio arrojados por el sonómetro para cada sub-punto medido, es decir: Norte – Sur – Este – Oeste – Vertical, se suman y dividen entre cinco (5), de tal manera que se obtiene un promedio de los decibeles percibidos en dicho cuadrante.

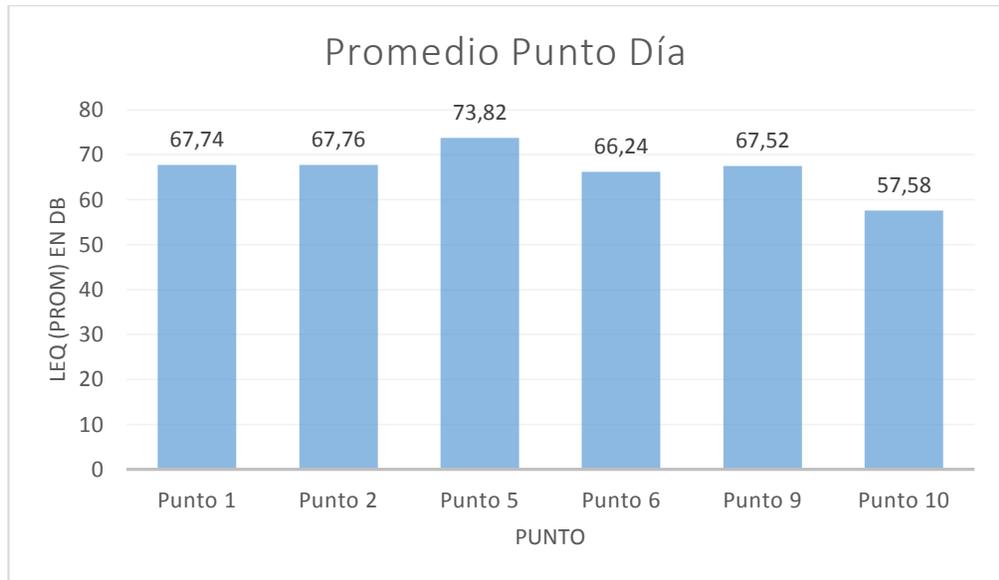
Tabla 33. Resultados promediados LeQ período diurno

Promedio Día	
Punto 1	67,74
Punto 2	67,76
Punto 5	73,82
Punto 6	66,24
Punto 9	67,52
Punto 10	57,58

Fuente: Autores

A partir de la ponderación hallada para cada punto del período diurno, se construye una gráfica que muestre el comportamiento de los puntos de una forma más puntual y específica.

Gráfica 25. Comportamiento general LeQ de los puntos diurnos.



Fuente: Autores

Con la gráfica se observa cierto patrón consecuente de los puntos diurnos, siendo el punto 5 el de mayor marcación de decibeles y el que más se aleja de la tendencia establecida. A partir de estos resultados es posible analizar con la Resolución el cumplimiento o infracción de lo estipulado como niveles máximos permitidos en zonas universitarias.

7.3.2. Resultados ponderados LeQ para puntos en el período nocturno

Para hallar los resultados presentados en la tabla 33 sobre los puntos medidos en el período nocturno, se toman los valores promedio arrojados por el sonómetro para cada sub-punto medido, es decir: Norte – Sur – Este – Oeste – Vertical, se suman y dividen entre cinco (5), de tal manera que se obtiene un promedio de los decibeles percibidos en dicho cuadrante.

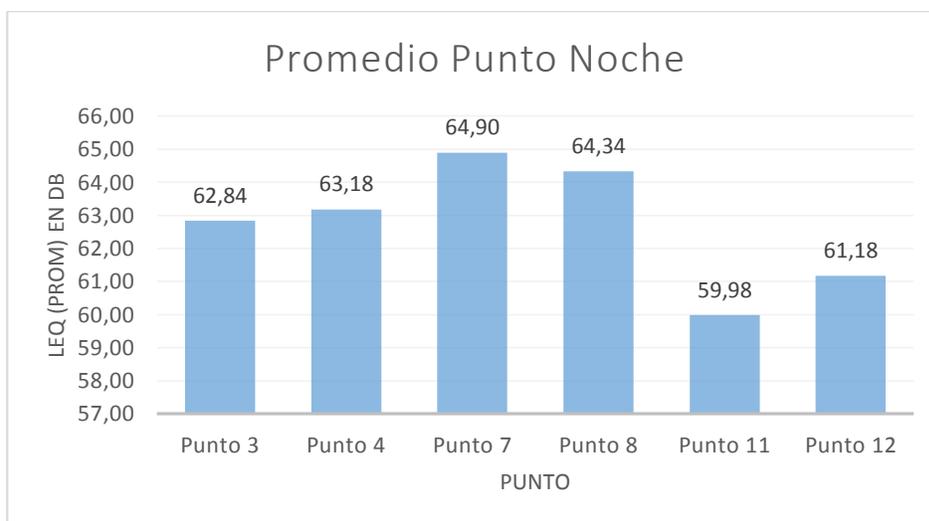
Tabla 34. Resultados promediados LeQ período nocturno.

Promedio Noche	
Punto 3	62,84
Punto 4	63,18
Punto 7	64,90
Punto 8	64,34
Punto 11	59,98
Punto 12	61,18

Fuente: Autores

La ponderación inicial de la información obtenida en las mediciones nocturnas permite afirmar que en comparación con el horario diurno, el horario nocturno presenta menos perturbaciones y por tanto, promedios más bajos.

Gráfica 26. Comportamiento general LeQ de los puntos nocturnos.



Fuente: Autores

Las mediciones nocturnas presentan resultados inferiores que las mediciones diurnas, resultado esperado si se toman en consideración la naturaleza de ambos ambientes y las condiciones a las que se enfrentan.

Para el horario nocturno, el punto 7 marcó el nivel más alto de decibeles. Dicho punto se encontraba en la zona A3 cercanías entre biblioteca.

Teniendo en cuenta que ambos puntos de mayores marcaciones diurnas y nocturnas están ubicados en la misma zona, es posible afirmar que la zona A3 concentra altos niveles de perturbación sonora. Debido a la cercanía de esta zona con la biblioteca de la institución se esperaría que los decibeles marcados en esta zona fueran menores.

7.4. COMPARACIÓN DEL RESULTADO GENERAL POR PUNTOS PARA DÍA Y NOCHE CON RESPECTO AL NIVEL SONORO L_{90}

Con el fin de que cada punto estuviera asociado a un solo valor de nivel sonoro, para así observar el comportamiento del punto con respecto a los demás en la jornada correspondiente, se realizó una ponderación simple de los L_{90} de cada sub-punto y el valor hallado se tomó como resultado general de la determinada locación.

Es decir, para hallar el resultado globalizado del punto 1 del día uno, se tomaron los valores de L_{90} de los cinco sub-puntos (Norte – Sur – Este - Oeste – Vertical), se sumaron y luego se dividieron entre cinco.

7.4.1. Resultados ponderados L_{90} para puntos período diurno

Para hallar los resultados presentados en la tabla 34 sobre los puntos medidos en el período diurno, se toman los valores promedio arrojados por el sonómetro L_{90} para cada sub-punto medido, es decir: Norte – Sur – Este – Oeste – Vertical, se suman y dividen entre cinco (5), de tal manera que se obtiene un promedio de los decibeles percibidos en dicho cuadrante.

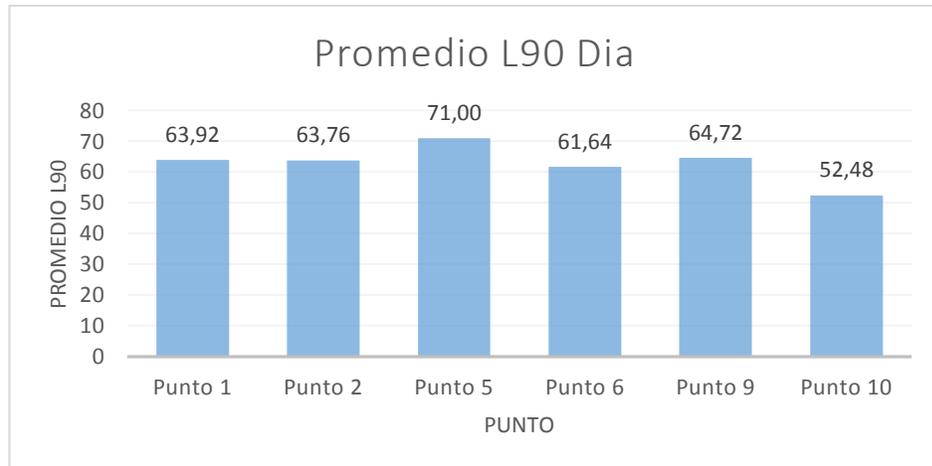
Tabla 35. Resultados promediados L_{90} período diurno.

Promedio Día	
Punto 1	63,92
Punto 2	63,76
Punto 5	71,00
Punto 6	61,64
Punto 9	64,72
Punto 10	52,48

Fuente: Autores

A partir de la ponderación hallada para cada punto del período diurno, se construye una gráfica que muestre el comportamiento de los puntos.

Gráfica 27. Comportamiento general L₉₀ de los puntos diurnos.



Fuente: Autores

De acuerdo a la gráfica, el punto que más alto nivel de presión sonora que registra es el punto 5, ubicado en la zona A3. Como se mencionaba anteriormente, la zona se convierte en espacio crítico debido a la alta concentración de ruido.

7.4.2. Resultados ponderados L₉₀ para puntos período nocturno

Tabla 36. Resultados promediados L₉₀ período nocturno.

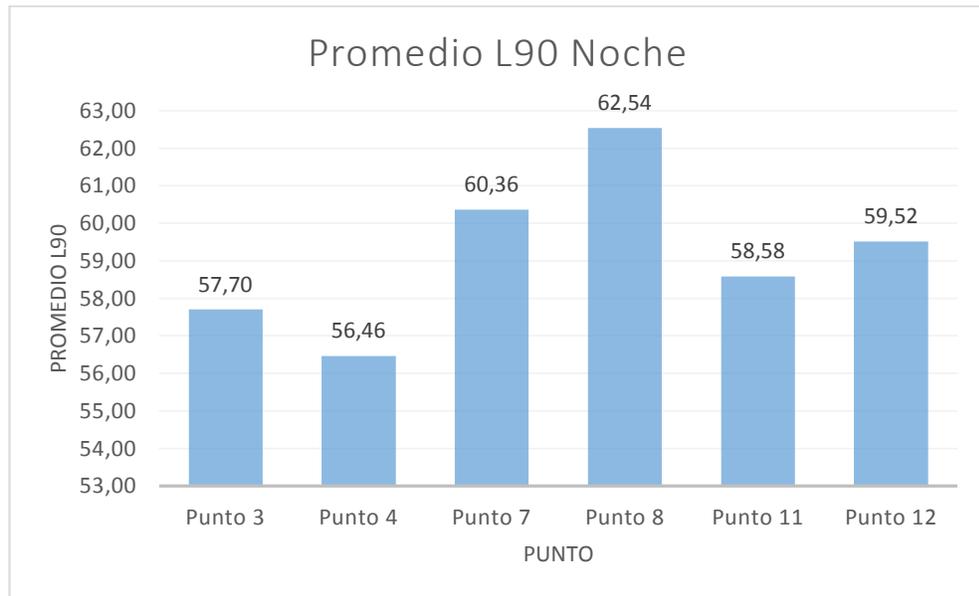
Promedio Noche	
Punto 3	57,70
Punto 4	56,46
Punto 7	60,36
Punto 8	62,54
Punto 11	58,58
Punto 12	59,52

Fuente: Autores

Los resultados promedio obtenidos para el nivel de presión sonora L₉₀ en el período nocturno son inferiores que los hallados para LeQ en la misma jornada. Debido a la

baja afluencia de personal en la institución en las horas nocturnas, los registros de las mediciones en dicha jornada tienden a ser inferiores que los diurnos, exceptuando ciertos picos generados por fuentes intermitentes.

Gráfica 28. Comportamiento general L₉₀ puntos nocturnos.



Fuente: Autores

De acuerdo a la gráfica, el punto que más alto nivel de presión sonora en el período nocturno registra es el punto 8, ubicado en la zona A3.

Teniendo en cuenta el análisis de los promedios para LeQ diurno – nocturno y L₉₀ diurno – nocturno, los puntos con mayores decibeles marcados se encuentran en la zona A3. De tal manera, que es posible afirmar que una de las zonas dentro de la Universidad Libre sede centro con mayor recepción y producción de perturbación sonora es la que se encuentra entre cafetería, bloque B y biblioteca.

7.5. COMPARACIÓN DEL RESULTADO GENERAL LeQ CON RESPECTO A LA RESOLUCIÓN 0627 DE 2006

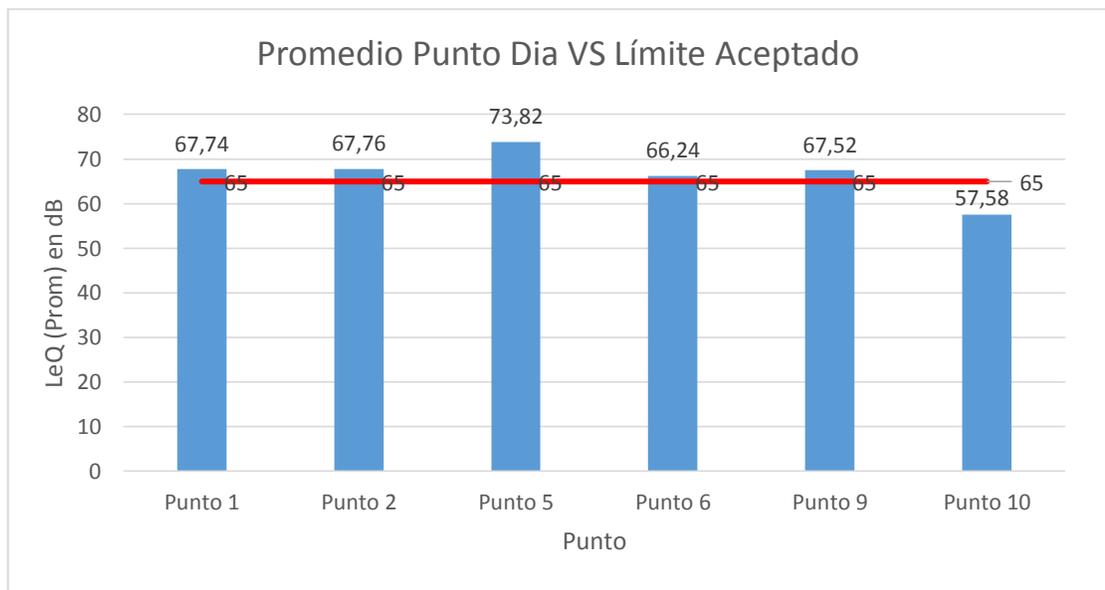
Después de haber tomado muestras y de identificar los niveles de ruido ambiental en las áreas de la universidad Libre sede Centro; en los días hábiles y no hábiles, en horario diurno y nocturno en base a los parámetros descritos por la Resolución

0627 de 2006, y consignar dichos resultados en el informe técnico de medición de ruido para así obtener los datos de presión sonora equivalente, se registraron los siguientes resultados que fueron comparados con los establecimientos propuestos por la Resolución 0627 [3].

7.5.1. Comparación del resultado general LeQ diurno con respecto a la Legislación

La Resolución 0627 establece en el Capítulo III los niveles permisibles de ruido ambiental dependiendo el sector. En el caso del horario diurno para el sector aplicable a la Universidad, el valor límite es de 65 dB.

Gráfica 29. Comparación resultados LeQ día vs límite legal establecido.



Fuente: Autores

PUNTO 1

Este punto está ubicado en la entrada de la universidad libre, diagonal hacia la izquierda cerca del bloque de Post grados, en cuadrante 4 - Zona A1, dicha medición se realizó el 8 de marzo, con hora de inicio: 11:30 am y hora de finalización: 11:58 am. Se encuentra situado en una zona de alto flujo de individuos, cabe resaltar que es la única entrada de la universidad aparte del parqueadero, así

que se podría afirmar que es la zona por la que pasa la mayor parte del flujo de los estudiantes para entrar a las locaciones educativas.

La temperatura al momento de hacer la medición fue de 32°C, con tiempo seco sin ninguna probabilidad de lluvias, se registraron algunas aves cantando y flujo variable de estudiantes con tendencia al aumento para las mediciones finales del estudio.

El resultado promedio arrojado por las mediciones mostro que este punto estaba por arriba de los límites de aceptación impuestos por la resolución [3]; en el que se especifica que el ruido no debe propasar los 65 dB en el horario del día para subsectores tales como Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.

La diferencia no fue muy significativa: 2.74 dB aproximadamente por encima del valor limitante. Decibeles que pudieron ser afectados debido a que ese día la Universidad se encontraba celebrando el día de la mujer. Si bien, no es un evento recurrente en el normal desarrollo de la vida estudiantil y laboral de la Universidad, generó perturbaciones sonoras.

PUNTO 2

Cercanías entre el Bloque C y Biblioteca. Esta medición se realizó el 8 de marzo, con hora de inicio: 7:06 pm y hora de finalización: 7:29 pm. Con condiciones climáticas propensas para el estudio: temperatura de 27°C, con cielo parcialmente despejado (tiempo seco).

Este punto se encuentra ubicado en el cuadrante 13, zona A4. El flujo estudiantil era bajo, ubicación cercana al parqueadero de motocicletas, presenta aumentos significativos en horas picos. Durante las mediciones los factores más significativos fueron los vientos de fuerza media, y las unidades exteriores de aire acondicionado pertenecientes a biblioteca, además se registró un alto número de motocicletas saliendo de las instalaciones.

El resultado promedio arrojado por las mediciones mostró que este punto estaba por arriba de los límites de aceptación impuestos por la resolución [3]; en el que se especifica que no debe propasar de 65 dB en el horario del día para subsectores tales como Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.

La diferencia no fue muy significativa, sobrepasando en 2.76 dB al límite normativo. El aumento de decibeles pudo ser ocasionado por la constante entrada y salida de motocicletas del área. Es posible afirmar que los estudiantes de esta jornada en su gran mayoría tienen moto, lo que incrementa los niveles de ruido en forma variable.

PUNTO 5

Cercanías a cafetería, escaleras del nuevo bloque de sede centro y bloque B, en el Cuadrante 9 de zona A3. Esta medición se realizó el 9 de marzo, con hora de inicio: 9:03 am y hora de finalización: 9:27 am. La temperatura al momento de hacer la medición fue de 29°C; con cielo parcialmente despejado, algo de nubosidad esporádica se presentó, escasos vientos, y muy soleado.

Durante estas mediciones fue posible observar que la zona de cafetería es una fuente generadora de mucho ruido, los estudiantes que se reúnen allí tienden a conversar con tonos de voces fuertes. Se registraron fuertes gritos y golpes de fichas de dominó en las mesas. Había dos unidades exteriores de aire acondicionado encendidas durante el período de tiempo en el que se realizó la mayor parte de la lectura, se observaban el aumento de los decibeles debido a las vibraciones causadas por las mismas fuentes.

Flujo constante de estudiantes, durante la mayor parte de la toma de muestras se observó que los estudiantes permanecían en aglomeraciones, dialogando en sus grupos de reunión con tonos de voces más elevados de lo usual.

El resultado promedio arrojado por las mediciones mostró que este punto estaba por arriba de los límites de aceptación impuestos por la Resolución [3]; en el que se especifica que no debe propasar de 65 dB en el horario del día para subsectores tales como Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.

Para este caso la diferencia fue muy significativa, de acuerdo a la marcación del sonómetro, se encuentra en un rango de 8.82 dB por encima del límite permitido por la Resolución. Como fuente principal asociada se destaca el barullo generado por los mismos estudiantes. Es decir, los estudiantes son los productores del mayor ruido ocasionado en el horario del día.

PUNTO 6

Cercanía a la entrada de la Universidad, aproximadamente a 4 metros del local para sacar fotocopias en el cuadrante 3 de la zona A1. Esta medición se realizó el 9 de marzo, con hora de inicio: 6:29 pm y hora de finalización: 6:54 pm. La temperatura al momento de hacer la medición fue de 28°C con tiempo seco, vientos bajos y cielo despejado.

Estas mediciones fueron ejecutadas en horas pico, por tal razón el tráfico de los buses de Transmetro presentó un aumento significativo. En las mediciones se veía reflejado que el paso constante de buses de Transmetro aumentaba el valor marcado en el sonómetro entre 2 y 4 dB. Se registró salida e ingreso de estudiantes de forma variable. Aglomeraciones de estudiantes en ciertas zonas manteniendo conversaciones bastante amenas con algunos gritos fuertes.

Se registraron entrada y salida vehicular en el parqueadero cercano al punto de medición.

El resultado promedio arrojado por las mediciones mostró que este punto estaba por arriba de los límites de aceptación impuestos por la Resolución [3]; en el que se especifica que no debe propasar de 65 dB en el horario del día para subsectores tales como Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.

La diferencia no fue significativa, de acuerdo con lo observado se encuentra en un rango de 1.24 dB por encima del límite permitido. Se pudo llegar a la conclusión que para este punto, el entorno en general fue el productor de la diferencia de decibeles ocasionados en la muestra.

PUNTO 9

Ubicado entre el Bloque B y lateral de Biblioteca esta medición se realizó el 11 de marzo, con hora de inicio: 11:40 am y hora de finalización: 12:05 pm. La temperatura al momento de hacer la medición fue de 32°C con tiempo seco, vientos constantes y día soleado.

Esta fue la primera medición día no hábil en la Universidad, flujo nulo de personas en las instalaciones. La unidad exterior del aire acondicionado perteneciente a biblioteca se mantiene encendida durante todo el período de medición. Durante la

medición del lado norte, se registró el paso de un helicóptero de patrullaje de la Policía Nacional; de acuerdo a lo observado en el sonómetro el paso del mismo representó un aumento variable entre los 2 y 10 dB de acuerdo a la cercanía de este con la Universidad y el punto de medición.

El resultado promedio arrojado por las mediciones mostró que este punto estaba por arriba de los límites de aceptación impuestos por la Resolución [3]; en el que se especifica que no debe propasar de 65 dB en el horario del día para subsectores tales como Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.

La diferencia no fue significativa, estaba en un rango de 2.52 dB por encima del valor limitante establecido. Se pudo llegar a la conclusión que el paso del helicóptero y la unidad exterior de aire acondicionado constantemente encendida afectó el aumento de los decibeles significativamente.

PUNTO 10

Ubicado en el Lateral bloque A, parqueadero. Esta medición se realizó el 11 de marzo, con hora de inicio: 1:15 pm y hora de finalización: 1:42 pm. La temperatura al momento de hacer la medición fue de 32°C con tiempo seco, vientos leves y día soleado.

La medición día no hábil en la universidad contó con flujo nulo de personas en las instalaciones. Durante el proceso y mediante observación se afirma que al no haber personal en la Universidad no se produce desplazamiento ambiental, por tanto, la fauna se siente en libertad y se aprecia con mayor facilidad que en un día hábil. Se registró en algún punto de la medición música en el exterior de la Universidad. Durante la medición del lado norte, se registró el paso de una ambulancia con la sirena encendida. El paso de los buses de Transmetro si bien por ser domingo no era tan continuo como un día hábil; por ser elecciones, es notorio el aumento de usuarios en la estación cercana a la Universidad.

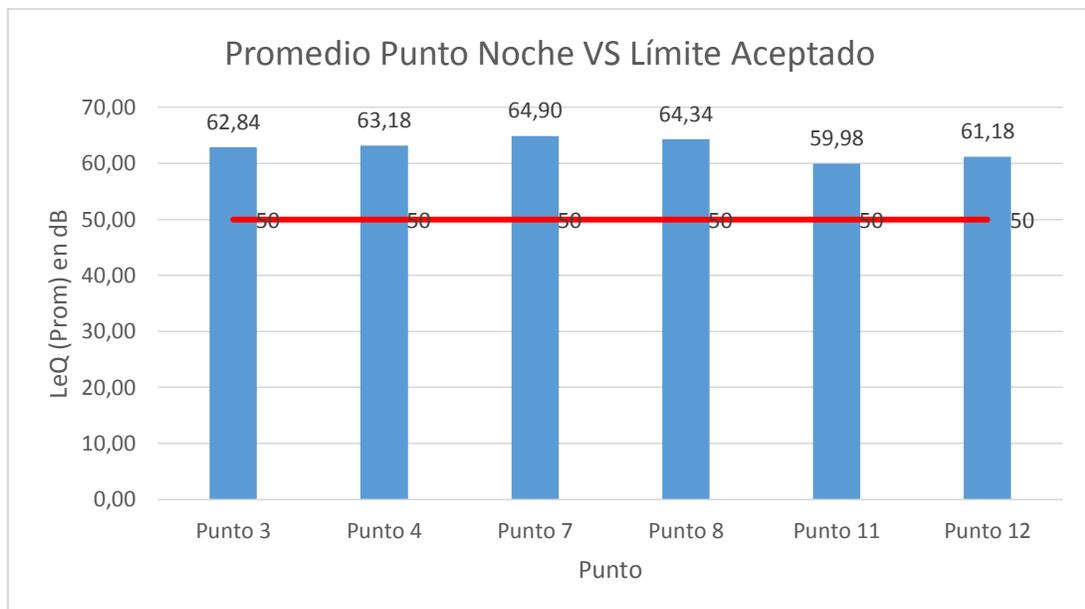
El resultado promedio arrojado por las mediciones mostró que este punto estaba por debajo de los límites de aceptación impuestos por la Resolución [3]; es decir, se encuentra dentro del rango aceptado por la Legislación. Con 7.72 decibeles por debajo del límite establecido, lo que permite afirmar que en la cotidianidad de los días no hábiles sin fuentes externas generadoras como alto tráfico de buses de

Transmetro, ambulancias, ingreso y salida constante de vehículos, y sin fuentes internas como las unidades exteriores de los aires acondicionados y el bullicio generado por los estudiantes, en las instalaciones de la Universidad Libre Sede Centro no hay ruido.

7.5.2. Comparación del resultado general LeQ nocturno con respecto a la Legislación

De la misma forma, se ejecutó un tratamiento y análisis de datos para la jornada nocturna. Mostrando los resultados obtenidos en una gráfica que presenta el límite que se establece en la Resolución [3] con el fin de determinar los puntos que presentan niveles de ruido por encima de los legalmente aceptados.

Gráfica 30. Comparación resultados LeQ noche vs límite legal establecido



Fuente: Autores

PUNTO 3

Ubicado en el parqueadero, cercanías del bloque A. Esta medición se realizó el 8 de marzo, con hora de inicio: 9:05 pm y hora de finalización: 9:28 pm. La temperatura al momento de hacer la medición fue de 27°C. Se registraron vientos bajos, noche con cierta nubosidad.

Durante las mediciones se registró constante paso de tráfico vehicular dentro y fuera de la Universidad. El paso de los buses de Transmetro fue constante en este punto de la noche, se presentó bajo flujo de estudiantes en las inmediaciones cercanas. En algún punto de la medición se registró bullicio en los alrededores externos de la institución proveniente de una fuente no identificada.

El resultado promedio arrojado por las mediciones mostró que este punto estaba por arriba de los límites de aceptación impuestos por la Resolución [3]; en el que se especifica que no debe propasar de los 50 dB en el horario nocturno para subsectores tales como Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.

La diferencia fue bastante alta, estuvo en un rango de 12.84 dB por encima del límite establecido. Se llegó a la conclusión de que el paso constante de los buses de Transmetro aumentaron el número de decibeles de forma significativa, además los barullos de la fuente no identificada en las cercanías universitarias también lograron incidir significativamente.

PUNTO 4

Cercanías al laboratorio ambiental de Ingeniería. Esta medición se realizó el 8 de marzo, con hora de inicio: 6:30 am y hora de finalización: 6:58 am. La temperatura al momento de hacer la medición fue de 26°C. Se registraron vientos bajos y tiempo seco.

Se identificó alta concurrencia de buses de Transmetro; por ser hora pico se duplica la salida de los mismos de las estaciones principales. Durante una de las mediciones se registró ingreso de vehículo pesado por el lado de Homecenter que generó un sonido fuerte. Poco flujo estudiantil.

El resultado promedio arrojado por las mediciones mostró que este punto estaba por arriba de los límites de aceptación impuestos por la resolución [3]; en el que se especifica que no debe propasar de los 50 dB en el horario nocturno para subsectores tales como Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.

La diferencia fue bastante alta. Se encontró en un rango de 13.18 dB por encima del límite establecido. Mediante las observaciones realizadas durante este período

de medición se pudo afirmar que si se presenta cruce de buses de Transmetro en la intersección existente debido al cierre de la 46, los decibeles marcados por el sonómetro aumentan entre 2 a 3 unds.

PUNTO 7

Cercanías entre biblioteca, cafetería y bloque B, aproximadamente a 100 metros de la entrada de la universidad. Esta medición se realizó el 9 de marzo, con hora de inicio: 9:15 pm y hora de finalización: 9:45 pm. La temperatura al momento de hacer la medición fue de 27°C. Se registraron vientos constantes y cielo despejado.

Durante gran parte de una de las mediciones realizadas en este punto se registró el paso de varias ambulancias con la sirena encendida, una de las cuales se mantuvo estática aproximadamente 20 segundos en la entrada de la Universidad Libre sede centro, generando variación en los números de decibeles registrados. A medida que la noche va transcurriendo, los vientos aumentan su velocidad. La unidad exterior del aire acondicionado de biblioteca se mantiene encendida durante todo el tiempo de medición. Se registró el pasó de un avión mientras se tomaba la medición del lado sur en este punto, el paso de este no produjo un aumento de decibeles significativo. Bajo flujo de estudiantes por los alrededores.

El resultado promedio arrojado por las mediciones mostró que este punto estaba por arriba de los límites de aceptación impuestos por la resolución [3]; en el que se especifica que no debe propasar de los 50 dB en el horario nocturno para subsectores tales como Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.

La diferencia registrada fue bastante alta. Estuvo en un rango de 14.90 dB por encima del límite establecido. Se llegó a la conclusión de que el ruido ocasionado por las sirenas aumentó el número de decibeles de forma significativa.

PUNTO 8

Ubicado entre cafetería, bloque B y parte de atrás de biblioteca, aproximadamente a 200 metros de la entrada de la universidad. Esta toma de muestras se realizó el 9 de marzo, con hora de inicio: 10:00 pm y hora de finalización: 10:28 pm. La

temperatura al momento de hacer la medición fue de 27°C. Se registraron vientos fríos y cielo despejado.

En las mediciones realizadas se registró el paso de una ambulancia con la sirena encendida. La unidad exterior del aire acondicionado de biblioteca se mantiene encendida durante todo el período de medición. A algunos metros se encontraba el parqueadero de motos, se registraron motocicletas saliendo. Muy pocas personas transitando en las cercanías. A medida que la noche avanza la fuerza de los vientos aumenta. El paso de buses de Transmetro en este punto es esporádico.

El resultado promedio arrojado por las mediciones mostro que este punto estaba por arriba de los límites de aceptación impuestos por la resolución [3]; en el que se especifica que no debe propasar de los 50 dB en el horario nocturno para subsectores tales como Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.

La diferencia fue bastante alta, estuvo en un rango de 14.34 dB por encima del límite establecido. Se llegó a la conclusión de que el ruido ocasionado por la sirena y la unidad exterior del aire acondicionado aumentó el número de decibeles de forma significativa.

PUNTO 11

Ubicado en el parqueadero de motocicletas, cercanía al antiguo coliseo deportivo de la Universidad. Esta medición se realizó el 11 de marzo, con hora de inicio: 5:35 am y hora de finalización: 5: 55 am. La temperatura al momento de hacer la medición fue de 28°C. No se registraron vientos y cielo despejado.

Durante las mediciones no se registra mayor perturbación. En el desarrollo del proceso ingresó un automóvil de gran tamaño, sin embargo, no continuó su camino hasta la zona donde se realizaba la toma de muestras. No había flujo estudiantil. Durante la medición del lado oeste se registra el paso de personal colaborador por las cercanías con escobas y baldes, tráfico moderado de buses de Transmetro, se registraron varias unidades externas de aire acondicionado encendidas.

El resultado promedio arrojado por las mediciones mostró que este punto estaba por arriba de los límites de aceptación impuestos por la resolución [3]; en el que se especifica que no debe propasar de los 50 dB en el horario nocturno para

subsectores tales como Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación, la diferencia fue bastante alta. Estuvo en un rango de 9.98 dB por encima del límite establecido.

PUNTO 12

Cercanías zona de parqueadero, al laboratorio de ingeniería de mecánica y bloque C. Esta medición se realizó el 12 de marzo, con hora de inicio: 6:22 am y hora de finalización: 6:50 am. Cabe resaltar que de acuerdo a la Resolución 0627 [3] el horario nocturno comprende desde las 9:01 p.m. del día en cuestión hasta las 7:00 a.m. del día siguiente. Por tanto, la medición nocturna del día no hábil (domingo) si bien fue realizada en la madrugada del lunes, aún comprendía el horario nocturno del día no hábil. La temperatura al momento de hacer la medición fue de 28°C con vientos constantes y cielo despejado.

Durante las mediciones no se registra mayor perturbación. Flujo estudiantil y administrativo bajo. Se registró el ingreso esporádico de motocicletas. A una distancia aproximada de 300 metros de la entrada de la universidad, se perciben los sonidos provocados por los buses de Transmetro, sin embargo, llegaban con poca fuerza al punto de medición.

El resultado promedio arrojado por las mediciones mostró que este punto estaba por arriba de los límites de aceptación impuestos por la resolución [3]; en el que se especifica que no debe propasar de los 50 dB en el horario nocturno para subsectores tales como Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación, la diferencia fue bastante significativa. Estuvo en un rango de 11.18 dB por encima del límite. Se llegó a la conclusión que el ruido ocasionado por el flujo de buses de Transmetro e individuos ocasionaron el aumento de decibeles.

La naturaleza de la zona en la que se encuentra ubicada la Universidad Libre sede Centro en la ciudad de Barranquilla, incide en que los niveles de ruido obtenido se encuentren por encima del límite. Si bien para la normativa la zona que cubre a la Universidad es considerada como Sector B de “tranquilidad y ruido moderado”, el área como tal tiene una característica propia de zona comercial con constante movimiento desde tempranas horas y hasta entrada la noche.

7.6. ANÁLISIS GENERALIZADO DE LAS MUESTRAS PARA LOS PERÍODOS DIURNO Y NOCTURNO

Una vez evaluadas las muestras aplicables para los períodos diurno y nocturno, y teniendo en cuenta las observaciones realizadas sobre cada locación medida; se puede afirmar que todas las zonas estipuladas dentro de la Universidad Libre sede centro, superan en general los límites establecidos por la legislación en ambos períodos de medición.

Con el análisis individualizado expuesto en los apartados 7.5.2 y 7.5.3 del presente trabajo investigativo, es posible afirmar que la zona con mayor producción de NPS es la A3 que congrega los puntos 8, 9 y 10 (cuadrante 8, y cuadrante 10 día y noche), dicha zona comprende las inmediaciones de cafetería, el Bloque B, y el área de atrás y lateral de biblioteca.

De acuerdo a los resultados, se podría incluso afirmar que los decibeles producidos en la zona A3 superan aquellos producidos en la zona A1 que comprende la entrada de la institución y parte del parqueadero.

Si bien en las mediciones nocturnas se observa que todas sobrepasaron el límite establecido por la legislación que son los 50dB, las zonas con mayor producción de decibeles sigue siendo la A3.

8. ESTRATEGIAS Y RECOMENDACIONES PARA EL CONTROL DE RUIDO EN LA UNIVERSIDAD LIBRE

Teniendo en cuenta la naturalidad de la zona en la que se encuentra ubicada la Universidad Libre Sede Centro, y analizando la gran cantidad de establecimientos dedicados a las diferentes actividades comerciales; se entiende que el crecimiento de oferta comercial es directamente proporcional al crecimiento industrial que experimenta la ciudad de Barranquilla. Dentro del grupo de establecimientos comerciales que se encuentran cercanos al perímetro de acción de la Universidad, se encuentra el centro comercial Portal del Prado y el almacén Homecenter, los cuales colindan con las inmediaciones del bloque nuevo de la Institución, y con los bloques A y C de la antigua sede respectivamente. En asociación con los establecimientos comerciales, se encuentra la alta cantidad de personas que circulan entrando y saliendo de la estación de transporte masivo, quienes transitan por las vías, los automotores, entre otros.

Se realizaron las investigaciones necesarias para determinar si estos factores se encuentran siendo productores de ruido, y este mismo sobrepase los límites establecidos.

Con la identificación de las zonas emanantes externas de ruido; se determinaron de esta manera fuentes externas constantes como el servicio de transporte masivo Transmetro, y fuentes externas inconstantes como son el paso de ambulancias, camiones, así como el paso ocasional de aeronaves.

Si bien es importante recalcar, que en el período de tiempo en el que el estudio fue realizado, en los alrededores de la Universidad se estaban llevando a cabo trabajos de construcción, los cuales continúan hasta el tiempo actual, crearon una condición aislante sobre el centro educativo que, en cierta medida, influyó en la variación de los resultados que, bajo un escenario de normalidad en las actividades y concurrencia de vías, habría generado valores aún más altos que los marcados.

De igual forma, se identificaron fuentes internas que tienen incidencia con los niveles de presión sonora en la Universidad Libre Sede Centro, de acuerdo con los resultados arrojados por la medición y mediante los procesos de observación y análisis, se encuentra que las fuentes internas son las unidades exteriores de los aires acondicionados de las diferentes dependencias pertenecientes a la

universidad, la comunidad estudiantil: fuente con mayor incidencia e incluso la fauna en ciertos horarios del día.

Tomando en consideración los resultados obtenidos en las mediciones de los niveles de ruido de la Universidad Libre sede centro, se presenta un grupo de recomendaciones que tiene como fin, promover el mejoramiento del ambiente al que se exponen estudiantes, docentes y administrativos dentro del campus.

Tabla 37. Recomendaciones para puntos en el período diurno.

Zona	Puntos	Nivel promedio	Fuentes identificadas	Recomendación
A1	P1	67,74 dB	1. Ingreso constante de estudiantes. 2. Paso constante de buses de Transmetro.	Realizar campañas de sensibilización con los estudiantes, de tal forma que se promueva el cuidado a los tonos en los que se mantienen conversaciones. Diseñar planes ambientales con el fin de promover el uso de avisos en los cuales se muestren los NPS a los que se está expuesto en las zonas, y que promuevan la realización de actividades lúdicas en zonas alejadas a las aulas de clase y manejando volumen moderado.
	P6	66,24 dB	3. Música por celebración del día de la mujer. (Inconstante) 4. Vendedores ambulantes 5. Unidades exteriores de A.C. que corresponde a Biblioteca.	

Fuente: Autores.

Tabla 36. (Continuación)

Zona	Puntos	Nivel promedio	Fuentes identificadas	Recomendación
A2	P3	62,84 dB	1. Aumento de decibeles por una fuente externa no identificada.	Proponer dentro del plan ambiental la reubicación de las unidades exteriores de los aires acondicionados, de tal forma que no estén ubicadas en gran cantidad cerca a zonas de reunión o zonas silenciosas como la biblioteca. Emitir comunicado a las autoridades competentes para que tomen acciones con respecto a los niveles de contaminación sonora que produce la estación cercana "La Catedral" además de realizar revisión a la ubicación de la misma de acuerdo con el POT.
	P4	63,18 dB	2. Unidades de aire acondicionado correspondiente a salas de informáticas del bloque A. 3. Salida de vehículos del parqueadero.	
	P10	57,58 dB	4. Constante paso de buses de Transmetro. 5. Aglomeración de fauna. (Inconstante).	

Fuente: Autores.

Tabla 36. (Continuación)

Zona	Puntos	Nivel promedio	Fuentes identificadas	Recomendación
A3	P5	73,82 dB	1. Estudiantes reunidos en la cafetería. 2. Estudiantes jugando y arrojando fichas de dominó.	Realizar laboratorios de ruido ambiental o demostraciones públicas como método de concientización para que los estudiantes se den cuenta de la incidencia que tienen como fuentes de ruido.
	P7	64,90 dB	3. Unidades exteriores de A.C. correspondiente a salas de informática y biblioteca. 4. Paso ocasional de buses de Transmetro. (No controlable)	
	P8	64,34 dB	5. Ambulancia con sirena encendida y estática por 20 segundos en la entrada de la Universidad. (Inconstante)	Como parte del plan de mejora ambiental, realizar charlas de concientización señalizar la zona de la cafetería y demás espacios de la Universidad con letreros que incentiven a no gritar y hablar en todos de voz moderados.
	P9	67,52 dB	6. Estudiantes congregados en zonas de reunión y paso de algunos saliendo de clases. 7. Paso de helicóptero de la policía. (Inconstante).	Motivar a que se apaguen las unidades de A.C. de biblioteca al momento que se cierra esta área, para así reducir el aumento de dB en el horario nocturno y el día no hábil.

Fuente: Autores.

Tabla 36. (Continuación)

Zona	Puntos	Nivel promedio	Fuentes identificadas	Recomendación
A4	P2	67,76 dB	1. Entrada y salida de motos y autos.	Dentro del plan de mejora ambiental, proponer y promover a los estudiantes que no hagan uso de las bocinas de sus vehículos dentro de la Universidad. Plantear a la Universidad la reubicación de las zonas de parqueadero que se encuentran cercanas a biblioteca o salones de clase.
	P11	59,98 dB	2. Unidades exteriores de aire acondicionado correspondientes a Biblioteca. 3. Ingreso de vehículo de gran tamaño en Homecenter.	
	P12	61,18 dB	4. Paso constante de buses de Transmetro. (no controlable).	

Fuente: Autores.

Teniendo en cuenta que una gran parte de la problemática que enfrenta hoy en día el ambiente, ha surgido debido a la falta de información y conocimiento de las personas respecto a los factores de la cotidianidad que influyen en el deterioro de su entorno, y además por la falta de compromiso en el control por parte de los organismos e instituciones responsables, quienes no divulgan con la comunidad los efectos adversos que la exposición al ruido en sus diferentes niveles puede provocar en la salud física y mental de los individuos, y no se realizan campañas de concientización y sensibilización con respecto a las características de las zonas dentro de la ciudad y los niveles límite de ruido que son aceptados.

Incluso los centros educativos, tienen la responsabilidad de fomentar el aprendizaje y retroalimentación al estudiantado en las conversaciones actuales sobre lo trascendental de sus acciones y sus efectos en el medio en el que habitan.

Dentro de las investigaciones realizadas para el desarrollo de este proyecto se encontraron estudios que si bien analizaban la problemática desde otro enfoque, o su resultado final presentaba una línea de solución enfocada a un problema más

ocupacional, una gran parte de la literatura presentaba sus recomendaciones basadas en las otorgadas por los organismos mundiales, las legislaciones y los protocolos utilizados a lo largo de sus investigaciones.

Un gran número de protocolos y normativas internacionales cuentan con un grupo de recomendaciones sugeridas dependiendo de los resultados, que buscan mitigar en cierta forma las problemáticas encontradas en cada estudio.

Por lo menos el Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía propone recomendaciones según los problemas de ruido sonoro [55].

Recomendaciones de Formación e Información:

- Brindar información a la población sobre los efectos nocivos del ruido y las formas de evitarlo.
- Ofrecer información a los conductores para que estos al momento de conducir eviten situaciones en las que el ruido producido por el motor, claxon y neumático incrementen.
- Forjar principios sobre los efectos nocivos del ruido en la salud de los individuos desde niños para así crear futuros ambientes libres de contaminación sonora.

Recomendaciones para Organismos Competentes:

- Velar por el cumplimiento de las normativas vigentes.
- Equilibrar los niveles de ruido producidos por artefactos de consumo domésticos que puedan producir una cantidad considerable de ruido y llegar a perturbar los niveles de ruidos establecidos por la normativa.
- Realizar mapas de ruido de las zonas emanantes de este.

Recomendaciones de Investigación:

- Incentivar el desarrollo de estudios sobre los efectos del ruido en la sociedad, para así proporcionar evidencias que sirva de base para la nueva legislación y desarrollo de programas que ayuden a la reducción del ruido.

Al revisar el estudio investigativo de [56], se encuentra el desarrollo de un trabajo de ruido ambiental propuesto por la Universidad Libre Sede El Bosque. En esta investigación se elaboró un plan de acción que buscaba dar solución a la problemática de las fuentes emanantes de ruido de su área; dichas recomendaciones fueron basadas en la Resolución 0627 [3], en la que su objetivo principal es que ninguna de las fuentes emanantes detectadas y allí descritas infrinjan o superen los límites para la emisión de ruido propuestos según el horario y el respectivo sector. En la legislación se especifica que el ruido no debe pasar los 65 dB en el horario diurno y los 50 dB en el horario nocturno, lo anterior aplica para el llamado “**Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado**” que no incluye únicamente a los subsectores como Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación; sino también zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes, y parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.

Por ende, sus recomendaciones se basaron en que los objetivos anteriormente descritos se cumplan para su respectiva zona, estipulando sugerencias en el corto y mediano plazo para mitigar y reducir las afecciones sonoras producidas por las fuentes.

Por esta razón la presente investigación basó sus recomendaciones en la Resolución 0627 [3] y en las del Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía [55] permitiendo desarrollar estrategias que tienen como objetivo fomentar, conllevar y promover una mejora en el entorno estudiantil y de la comunidad Unilibrista en general, que se encuentra afectado por el ruido.

Tomando en consideración los resultados obtenidos en las mediciones de los niveles de ruido de la Universidad Libre sede Centro, se presenta el grupo de recomendaciones descritas a partir de la Tabla 36, enfocadas en los períodos diurnos y nocturnos respectivamente de esta misma forma, las autoras de este documento consideran de gran importancia las acciones generales que la Universidad pueda aplicar con el fin de mitigar o evitar la producción de altos niveles

de presión sonora por parte de la comunidad educativa, es por esto que la creación de un comité ambiental conformado por estudiantes y docentes de diferentes programas académicos que tenga como objetivo la promoción de actividades acciones y comportamientos amigables con el ambiente donde se maneje un enfoque global y abarquen no sólo un tipo de contaminación, sino, todas aquellas que afectan las zonas de la Universidad, de tal manera que la comunidad educativa pueda entender la repercusión e incidencia que tienen sus propias acciones sobre la salud y el entorno interno de la institución.

9. CONCLUSIÓN

Este trabajo de investigación desarrollado en la Universidad Libre Seccional Barranquilla en la Sede Centro, buscaba determinar si la institución educativa estaba siendo afectada por niveles de ruido ambiental altos que perturbaran a la comunidad educativa y al cuerpo administrativo.

Después de realizar tres días de medición diurna y nocturna; y analizar los resultados encontrados de las muestras con sus respectivos ajustes en las jornadas para los días hábiles y no hábiles, se determinó que la mayoría de las zonas de la Universidad en ambos periodos de tiempo sobrepasan los límites establecidos, bien sea por fuentes internas o fuentes externas de constancia variable.

Una de las fuentes internas con mayor grado de incidencia son los estudiantes, en las zonas de congregación como la cafetería se registró los resultados más altos en todo el estudio; si bien la cafetería es un lugar de esparcimiento, el estudiantado tiende a aglomerarse y a dialogar en tonos fuertes e incluso recurren a los gritos. Además de realizar actividades que generen estropicio, como jugar dominó y golpear las fichas contra las mesas de madera, realizar actividades lúdicas o de integración con música a alto nivel e incluso con más de un amplificador, entre otros. Los promedios de decibeles generados por el estudio fueron:

- Para el día: 67.74 dB, 67.76 dB, 73.82 dB, 66.24 dB, 67.52 dB.
- Para la noche: 62.84 dB, 64.90 dB, 64.34 dB, 59.98 dB, 61.18 dB.

De acuerdo a la Resolución, los resultados arrojados por las mediciones mostraron que el promedio aritmético de los puntos estaba por arriba de los límites impuestos por la misma. Para la zona en la que se clasificaría la Universidad se especifica que el ruido no debe propasar los 65 dB en el período diurno y de 50 dB en el período nocturno.

Teniendo en cuenta que cada punto medido está conformado por sub-puntos cardinales que tuvieron marcaciones que en su individualidad se encontraban dentro de los límites, y otras que lo sobrepasaban; se promedian los resultados hallados en los sub-puntos para otorgarle al punto una característica generalizada que permita emitir juicios sobre esa área basados en el valor promedio encontrado.

Si bien la gran mayoría de los puntos promediados arrojan sobrepasar los límites indicados en la Resolución, cabe destacar que la Universidad Libre sede Centro se encuentra localizada en una zona con características netamente comerciales, por tanto se expone a mayores niveles de perturbación provocados por fuentes externas.

Es clara la dificultad existente en controlar las fuentes productoras de ruido ajenas a la Universidad, en especial si estas están asociadas al servicio masivo de Transporte, a los grandes almacenes en las cercanías o al tráfico vehicular relacionado a camiones pesados y ambulancias.

Durante la realización de este estudio de niveles de ruido ambiental, hubo una reducción en el flujo vehicular que se percibe con regularidad sobre las vías cercanas a la Institución, lo anterior debido a las múltiples reparaciones viales que se están llevando a cabo en la ciudad de Barranquilla. Sin embargo aun realizando el estudio bajo estas condiciones, las marcaciones obtenidas superaban los límites. En ese caso es posible afirmar que si el estudio se hubiese realizado en un escenario de completa normalidad, los resultados habrían sido mayores que los obtenidos, reafirmando la hipótesis que indica que la Universidad Libre sede Centro se encuentra expuesta a niveles de ruido ambiental que sobrepasan los límites aceptables.

La exposición prolongada a niveles de ruido muy altos, genera consecuencias en la actitud y comportamiento de las personas. Si bien, para el caso particular de la Universidad se puede afirmar que no se encuentra en el punto de generar repercusiones directas en la salud de las personas de la comunidad, sí podría generar incomodidad, así como también truncar los procesos de comunicación.

A partir de la clasificación otorgada para las fuentes, para aquellas que pueden ser controladas se otorga un grupo de recomendaciones y estrategias que buscan mitigar los impactos que ocasiona el ruido ambiental en la institución. Si bien la Resolución no establece un parámetro para las posibles soluciones a las problemáticas encontradas en el desarrollo de los estudios de niveles de ruido, todas las estrategias propuestas cuentan con una alta posibilidad de aplicabilidad y ejecución.

Como parte de las propuestas de mitigación otorgadas se encuentran planes de mejora ambiental que incluyen procesos de sensibilización a la comunidad

educativa, marcación en las zonas de reunión, así como también actividades que ayuden a concientizar sobre la incidencia que tienen los estudiantes como fuente productora de ruido; y una propuesta reubicación de una zona específica a la que se encuentran asociados una alta variabilidad de los decibeles a lo largo de los diferentes períodos del día y la noche.

Para el caso específico de aquellas actividades generadoras de ruido provocadas por fuentes internas, como las celebraciones o conmemoraciones, los grupos organizadores de estos eventos deben considerar los momentos del día y espacios apropiados para realizarlas, entiéndase lo más alejado posible de los salones con el fin de no perturbar el desarrollo de las clases.

Tomando en consideración el registro de datos expuesto en este trabajo investigativo y las hipótesis generadas, las autoras de este documento se permiten afirmar que la Universidad Libre sede Centro funciona bajo un ambiente de constante perturbación sonora, que una vez medida con el sonómetro siguiendo las especificaciones contenidas en el Protocolo de Medición Nacional [44] que se encuentra plenamente soportado en la Resolución 0627 de 2006, arrojaron los niveles de ruido para los puntos evaluados y permitieron establecer la magnitud de la diferencia entre el escenario ideal con la realidad.

ANEXOS

Anexo 1. Materiales para la construcción de base artesanal.

Se presentan imágenes con algunos de los materiales que fueron utilizados para la elaboración de la base artesanal que era requerida para sostener el micrófono del sonómetro.

En la imagen del lado izquierdo, codo y buje que cumplían la función de sostener el micrófono, y direccionarlo a cualquiera de los cuatro puntos cardinales. La fotografía del lado derecho, la “y” con la que se conectaba el tubo de 3m y el 1m, por la abertura extra salía el cable extensor que conectaba el micrófono con el sonómetro.



Anexo 2. Mediciones diurnas.

En las imágenes se presentan dos momentos en los que fueron realizados mediciones diurnas en dos días diferentes.

En la fotografía del lado izquierdo, medición diurna día hábil en la zona A1, cercanías de la entrada de la Universidad. En el lado derecho, fotografía medición diurna del día no hábil en la zona A2, cercanías del bloque A.



Anexo 3. Mediciones nocturnas.

En las imágenes se presentan mediciones en el período nocturno de uno de los días hábiles en puntos diferentes pertenecientes a las zonas en cercanía de la cafetería, biblioteca, bloque B y bloque A.



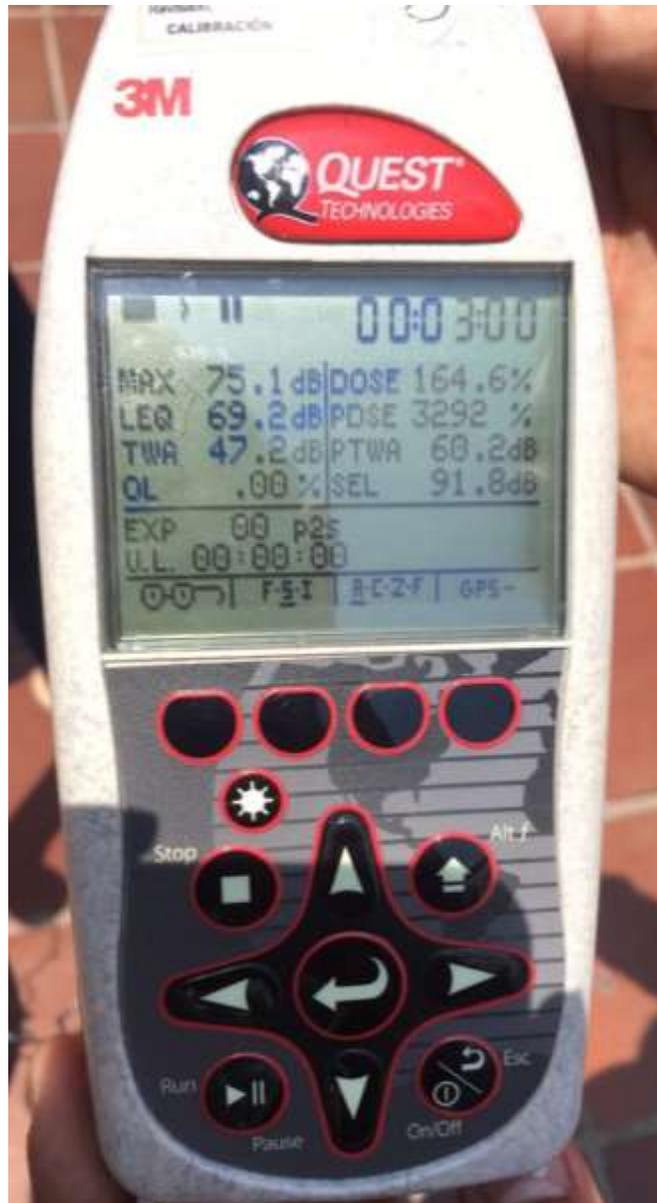
Anexo 4. Formato de observaciones

El presente formato fue creado por las autoras del documento y utilizado para consignar las observaciones realizadas en cada una de las mediciones durante el estudio de ruido. En él se congregan los detalles y características asociadas al estado del entorno durante el período medido.

Punto X - XXX			
Sub puntos considerados			
Fecha		Día	
Hora inicio		Hora finalización	
Ubicación			
Descripción ubicación			
Condiciones climáticas			
Temperatura			
Descripción del entorno			
Descripción de las fuentes identificadas			
Observaciones			

Anexo 5. Sonómetro 3M Quest

La Universidad Libre Seccional Barranquilla, cuenta con un equipo actualizado de alto rendimiento que permitió ejecutar con satisfacción la toma de muestras durante el estudio de campo dentro de la Institución. El sonómetro cumple con los requisitos especificados en la Resolución 0627 [3] y el en Protocolo Nacional [44] para el uso del mismo en el estudios de ruido ambiental.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] OSHA, «El Ruido en cifras,» 2006. [En línea]. [Último acceso: 2016].
- [2] Organización Mundial de la Salud (OMS), «Guidelines for Community Noise,» 1999. [En línea]. [Último acceso: 2016].
- [3] *Norma Nacional de Emisión de Ruido y Ruido Ambiental. Resolución 0627 del 7 de Abril de 2006.*, 2006.
- [4] Establecimiento Público Ambiental Barranquilla Verde, *Decreto Acordal No 0842 de 2016*, Barranquilla, 2016.
- [5] Contraloría de Bogotá, *Informe sobre el Estado de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente en el Distrito Capital*, Bogotá, 2006.
- [6] Y. Díaz Bayuelo, «Barranquilla, La más Ruidosa,» *El Tiempo*, 26 Marzo 1993.
- [7] DAMAB, «Google Maps,» 2007. [En línea]. Available: www.google.com/maps/d/viewer?mid=1TvBb0eDpIVw75gSlpvmZLEVKKxU&ll=10.942561108711633%2C-74.77784150000002&z=15..
- [8] A. Benade, «Fundamentals of Musical Acoustics,» Oxford University Press, New York, 1976.
- [9] Á. Rodríguez, «El sonido en la narración audiovisual,» de *La Dimensión Sonora del Lenguaje Audiovisual*, Barcelona, Paidós, 1998.
- [10] F. Fernández Diez y J. Martínez Abadía, *Manual Básico del lenguaje y Narrativa Audiovisual*, Barcelona, 1999.
- [11] C. Herreño Fiero, *Energía II*, Bogotá: Voluntad, 2006.
- [12] E. Muscar Benasayag, «El Ruido nos Mata en silencio,» de *Anales de Geografía Universitaria Complutense*, 2000, pp. 149-161.

- [13] A. Martínez Sandoval, «Ruido por Tráfico Urbano: conceptos, medidas descriptivas y valoración económica,» *Revista de Economía y Administración*, pp. 1-49, 2005.
- [14] B. Zamorano González, F. Pena Cardenas, V. Parra Sierra, Y. Velázquez Narvaez y J. Vargas Martínez, «Contaminación por ruido en el centro histórico de Matamoros,» *Scielo*, vol. XXV, nº 5, pp. 20-27, 2015.
- [15] Organización Internacional del Trabajo OIT, «Ruido,» de *Enciclopedia de Seguridad y Salud en el Trabajo*, Ginebra, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales Subdirección General de Publicaciones, 2001, pp. 16-20.
- [16] J. A. Cano Álvarez, «METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA DISPERSIÓN DEL RUIDO EN AEROPUERTOS, ESTUDIO DE CASO: AEROPUERTO OLAYA HERRERA DE LA CIUDAD DE MEDELLÍN,» Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2009.
- [17] World Health Organization Noise and Health, «World Health Organization Noise and Health,» 2007. [En línea]. Available: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise>.
- [18] M. Mejia y E. Florez, «Caracterización del Ambiente Laboral de los Conductores de Transporte Público Urbano,» Medellín, 2006.
- [19] M. d. R. Arciniega Silva, «Apuntes para la Elaboración de un Proyecto de Investigación Social,» Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., 2016.
- [20] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, «Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales,» Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogotá, 2010.
- [21] Entidad Ambiental de Control, «Addient,» 18 Junio 2014. [En línea]. Available: <http://addient.com/blog/sonometria/sabes-cual-es-la-diferencia-entre-un-sonometro-y-un-dosimetro/>. [Último acceso: 1 Diciembre 2017].
- [22] Awareness, «Tu mundo, Tu ambiente,» p. 3, 1979.

- [23] Junta de Andalucía, «Ruido y Salud,» [En línea]. Available: https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=72b1d2fd-c5e5-4751-b071-8822dfdfdded&groupId=7294824. [Último acceso: 5 Abril 2017].
- [24] O. Casas García, C. M. Betancur Vargas y J. S. Montaña Erazo, «Revisión de la Normatividad para el Ruido Acústico en Colombia y su Aplicación,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265440664019>. [Último acceso: Noviembre 2017].
- [25] *Normas sobre la Contaminación por Ruidos en el Distrito de Barranquilla. Acuerdo No. 0002 de 2005*, Barranquilla, 2005.
- [26] *Normas sobre Protección y Conservación de la Audición de la Salud y el Bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos. Resolución 8321 de 1983*, 1983.
- [27] J. S. Montaña Erazo, «Contrastes de los Desarrollos Empíricos y Teóricos del Control del Ruido con relación a la Legislación Colombiana,» Universidad de San Buenaventura, 2013. [En línea]. Available: <http://bibliotecadigital.usb.edu.co/handle/10819/1783>. [Último acceso: Noviembre 2017].
- [28] L. Licari y G. Tamburini, *Children's Health and Environment (CEHAPE). Developing action Plans.*, WHO Europe.
- [29] «INFORME DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO Y AL CONSEJO relativo a la aplicación de la Directiva sobre el ruido ambiental de conformidad con el,» Comisión Europea, Bruselas, 2017.
- [30] Gobernación de Antioquia, «Informe Anual de Quejas, Subdirección Ambiental,» Medellín, 2007.
- [31] M. A. Chaparro León y C. Linares Mendoza, «Repositorio Universidad Libre,» 17 Febrero 2017. [En línea]. Available: <http://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10370/Proyecto%20Ruido%20UL%2017.02.2017.pdf?sequence=1>. [Último acceso: Febrero 2018].

- [32] V. Muñoz Yi, J. Caballero y L. Cavas, «Análisis Predictivo de la Contaminación Acústica Aplicado al Tráfico Vehicula. Relación entre un modelo teórico y uno computacional,» *TecniAcustica*, vol. I, nº 4, p. 17, 2006.
- [33] V. Muñoz Yi y D. Martínez Pedroza, «Implementación de un Modelo de Cálculo para Diagnosticar y evaluar la contaminación por ruido producida por el parque automor en un sector urbano,» *Auge 21*, Julio 2007. [En línea]. Available:
<http://www.auge21.net/documentos/articulos/medio.ambiente/modelo%20de%20calculo%20ruido%20urbano.pdf>. [Último acceso: Noviembre 2017].
- [34] A. Rodríguez, «El ruido en Cartagena está afectando gravemente su oído,» *El Universal*, 3 Abril 2016.
- [35] Y. Díaz Contreras, «Análisis Estructural prospectivo de factores de riesgos ambientales que afectan la salud pública de los barranquilleros como estrategias para el diseño del futuro,» Universidad Militar Nueva Granada, 2014. [En línea]. Available:
<http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/13601/1/PROYECTO%20DE%20INVESTIGACI%C3%93N%20YERLIS%20SOFIA%20DIAZ%20CONTRERAS.pdf>. [Último acceso: Noviembre 2017].
- [36] J. Franco Altamar, «Crecimiento de Barranquilla se refleja en sector de la construcción,» *El Tiempo*, 17 Julio 2017.
- [37] H. Domínguez y J. Fierro, «Los Sonidos de Nuestro Mundo,» de *Sonidos Agradables y Sonidos Desgradables, el Ruido.*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2003, p. 64.
- [38] E. COMMISSION AND NOISE, «E. COMMISSION AND NOISE,» [En línea].
- [39] S. Stansfeld y M. M, *Noise Pollution: non-auditory effects on Health*, Br Med Bull, 2003.
- [40] Gobernación de Antioquia, «Formulación del Plan de Prevención y Descontaminación por Ruido de los 9 Municipios que conforman el área metropolitana del Valle de Aburrá,» Medellín, 2013.

- [41] J. F. Barrera Millán y V. Velásquez Sánchez, «FACTORES QUE DETERMINAN LA PÉRDIDA AUDITIVA EN LOS TRABAJADORES EXPUESTOS AL RUIDO EN EL SECTOR INDUSTRIAL EN BUSCA DEL DISEÑO DE UN SISTEMA DE VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA PARA LA CONSERVACIÓN AUDITIVA,» 2008. [En línea]. Available: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/enfermeria/tesis57.pdf>. [Último acceso: Diciembre 2017].
- [42] Educación a Distancia, Junta de Andalucía, *Modelos Cuantitativo y Cualitativo*, Andalucía, 2007.
- [43] D. Dalen Van y W. Meyer, *La Investigación Experimental*, 2006.
- [44] Universidad de Medellín, «Protocolo para Fuentes Fijas,» Medellín, 2011.
- [45] *ley 37 del ruido*, 2003.
- [46] *Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, del 25 de junio sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.*, 2002.
- [47] *Real Decreto 1513 del 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental*, 2005 .
- [48] *Real Decreto 1367, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37 2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.*, 2007.
- [49] Federal Transit Administration, *Transit noise and vibration impact assessment*, 2006.
- [50] *Acta de control de ruido*, 1972.
- [51] artículo 85 de la ley 99, 1993.
- [52] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, *Resolución 0627 de 2006*, Bogotá, 2006.

- [53] Quest, «Sonómetros 3M Colombia,» 2008. [En línea]. Available: https://www.3m.com.co/3M/es_CO/inicio/todos-los-productos-3m/~Son%C3%B3metros-3M-SoundPro-/?N=5002385+3294411343&rt=rud. [Último acceso: Abril 2018].
- [54] Instituto Nacional de Salud e Higiene en el Trabajo, *NTP 270: Evaluación de la Exposición al Ruido. Determinación de los Niveles Representativos*, España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España , 1991.
- [55] Observatorio de Salud y Medio Ambiente, «Recomendaciones,» Andalucía, 2012.
- [56] M. Chaparro y C. Mendoza, «Evaluación del cumplimiento de los niveles de presión sonora (Ruido ambiental) en la Universidad Libre sede Bosque,» Bogotá, 2017.
- [57] M. Manrique Rodríguez, «Ponencia Oficial de la Sociedad Española de Otorrinolaringología y Patología Cérvico Facial,» 2014.
- [58] J. Acevedo, «El Ruido y su Relación el Tráfico en el Centro de Medellín,» *Contaminación Ambiental*, vol. I, nº 4, pp. 26-34, 1978.