

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES.

Desde 1980, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha abordado el problema del ruido urbano. Las guías para el ruido urbano relacionadas con la salud pueden servir de base para preparar normas teniendo como referencia el manejo del ruido. Los aspectos claves del manejo del ruido incluyen las opciones para reducirlo, modelos de predicción y evaluación del control en la fuente, normas de emisión de ruidos para fuentes existentes y planificadas, evaluación de la exposición al ruido y las pruebas de cumplimiento de la exposición al ruido con las normas de emisión. En 1992, la Oficina Regional de la OMS para Europa convocó a una reunión del grupo de trabajo que estableció guías para el ruido urbano. En 1995, el Karolinska Institute de Estocolmo emitió una publicación preliminar, a solicitud de la OMS. Esa publicación ha sido la base de las *guías para el ruido urbano*¹ que se presentan en este documento y que se pueden aplicar en todo el mundo. La OMS convocó a una reunión del grupo de trabajo de expertos para concluir las guías en marzo de 1999 en Londres, Reino Unido.

Desde hace algunos años algunas instituciones Colombianas se han inquietado por los índices de contaminación sonora, Actualmente el DAMA como Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente lleva acabo mediciones de contaminación auditiva por tráfico vehicular, por medio de estaciones de monitoreo en varias zonas de la ciudad en días de tráfico vehicular normal y en los días especiales de baja densidad vehicular llamados día sin carro, dando a conocer unos niveles L_{eq} (1hr), datos importantes pero insuficientes al momento de entrar en el tema de contaminación e impacto ambiental de una zona o una vía

¹ GUIAS PARA EL RUIDO URBANO. Organización Mundial de la Salud (OMS).

importante de la ciudad, ya que este dato no permite evaluar y dar a conocer a fondo el ruido de tráfico vehicular, además este tipo de estudios que realiza este ente gubernamental no da a conocer niveles por bandas de octavas o tercios de octava, no especifica el tipo de ponderación exponencial utilizada en las mediciones, y no describen un método de medición a seguir. Información que es de mucha importancia al realizar un análisis de ruido.

La Unión Europea, en el marco de la lucha contra las molestias sonoras, establece un enfoque común destinado a evitar, prevenir o reducir con carácter prioritario los efectos perjudiciales de la exposición al ruido ambiental². Dicho enfoque se basa en la determinación cartográfica de la exposición al ruido, mediante mapas de ruido, debido a su fácil comprensión de niveles, por medio de curvas isofónicas, colores y tablas de nivel dBA, de esta manera se determina el clima sonoro de el área en estudio como es el caso del mapa de ruido de tráfico vehicular de algunas ciudades Europeas que se muestran a continuación.

*Grafica 1.1
Mapa de ruido de Londres.*

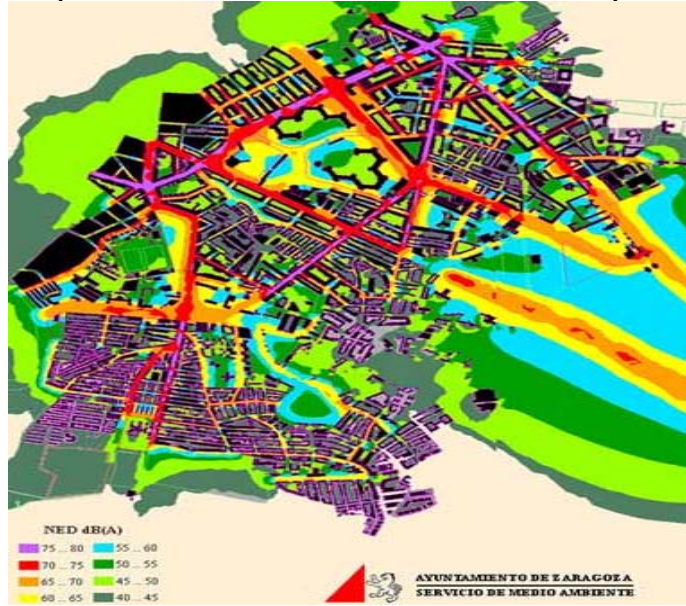


Fuente: The London Road Traffic Noise Mapping. Agosto 2001³

² Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

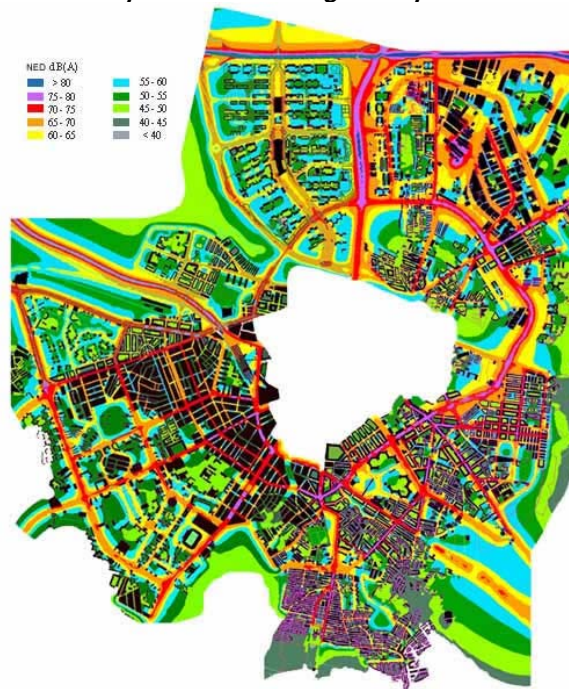
³ Piñeros H. Camilo, Castro P. Michael, Medición Y Evaluación De Ruido De La Zona Residencial Aledaña a La Carrera 68 Entre Calles 68 Y 80

Grafica 1.2
Mapa de ruido De Las Palmas De Gran Canaria España.



Fuente: Documento Mapa De Ruido De Las Palmas De Gran Canaria⁴.

Grafica 1.3
Mapa de ruido Zaragoza España



Fuente: Documento Mapa De Ruido De Las Palmas De Gran Canaria⁵.

⁴ Documento Mapa De Ruido De Las Palmas De Gran Canaria. Mayo de 2002. España.

⁵ Documento Mapa De Ruido De Las Palmas De Gran Canaria. Mayo de 2002. España.

En Latinoamérica, el mapa de ruido de la ciudad de Buenos Aires, se toma como referencia como las primeras aplicaciones de este tipo para sur América.

Grafica 1.4
Mapa de ruido Buenos Aires Argentina.



Fuente: Protocolo de mediciones para trazado de mapas de ruido normalizados⁶.

En general, cada día el tráfico de las grandes ciudades del país y los municipios aledaños a estas se ve más afectado por la creciente densidad del tránsito vehicular de las principales vías que la atraviesan. A raíz de la aparente situación de contaminación auditiva de cada una de estas ciudades, se deben promover programas que determinen o cuantifiquen el impacto en la población, con el propósito de implementar medidas de regulación, las cuales serían desarrolladas por las entidades encargadas de las legislaciones y actividades de vigilancia ambiental.

⁶ Protocolo de mediciones para trazado de mapas de ruido normalizados Francisco Ruffa.

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Sin que el sistema Transmilenio este en funcionamiento para la extension de la troncal norte-quito-sur (NQS), en el municipio de Soacha, la incidencia de los niveles sonoros son altos?

El ruido es uno de los problemas mas frecuentes y molestos, el cual puede ser originado por innumerables fuentes sonoras, a diferencia de otros problemas ambientales, la contaminación acústica sigue en aumento y produce una molestia cada vez mayor a la población⁷.

Para el municipio de Soacha en particular la principal fuente de ruido proviene del tráfico vehicular, específicamente la autopista sur en la que se encuentran transporte de carga, transporte publico y automóviles particulares.

En la figura 1.1 se presenta la serie histórica de volúmenes de tránsito registrados en el municipio de Soacha, por tipo de vehículo, consignadas desde el año 1.968, hasta el 2.003, en la cual Se identifica una tendencia decreciente entre 1999 y 2001 y un comportamiento ascendente para los años 2002 a 2003.

⁷ GUIAS PARA EL RUIDO URBANO. Organización Mundial de la Salud (OMS).

Tabla 1.1
Serie histórica de volúmenes de tránsito de Soacha.

A.,O	TPDS	AUTOS	BUSES	CAMIONES
1.968	3.124	1.500	531	1.093
1.969	2.778	1.047	591	1.140
1.971	2.631	764	707	1.160
1.973	2.614	758	680	848
1.974	2.612	731	705	1.175
1.975	2.484	720	546	1.217
1.976	2.361	821	513	1.027
1.977	2.361	850	496	1.015
1.978	2.594	934	493	1.167
1.979	2.484	944	472	1.068
1.980	2.491	1.046	523	922
1.981	2.335			
1.982	2.997	1.169	719	1.109
1.983	2.701	1.188	621	891
1.984	2.744	1.290	713	741
1.985	2.769	1.385	609	775
1.986	3.096	1.641	526	929
1.987	2.781	1.446	473	862
1.988	3.206	1.731	513	962
1.989	1.849	925	351	573
1.990	2.691	1.372	457	861
1.991	3.356	1.644	571	1.141
1.992	3.846	2.115	615	1.115
1.993	3.830	2.298	613	919
1.994	4.586	2.889	642	1.055
1.995	5.124	3.177	666	1.281
1.996	5.761	3.457	864	1.440
1.997	5.563	3.505	668	1.391
1.998	6.035	4.345	724	966
1.999	5.182	3.576	933	674
2.000	5.110	3.679	664	767
2.001	5.112	3.732	716	665
2.002	4.849	3.249	873	727
2.003	5.152	3.812	567	773

Fuente: INVIAS.

En Colombia no se realiza un control adecuado del crecimiento de las ciudades y el aumento del tráfico vehicular, tanto privado como público, trae consecuencias adversas, como es el ruido, ya que es una sensación sonora, que resulta desagradable y molesta al oído⁸, esto se refleja sobre la salud de forma negativa en términos degenerativos auditiva y ambientalmente.

⁸ Documento mapa de ruido de las palmas de gran canaria. España.

1.3 JUSTIFICACION

Un mapa estratégico de ruido permite evaluar globalmente la exposición al ruido en una zona sometida a distintas fuentes de ruido, así como realizar predicciones generales para dicha zona⁹.

La importancia de este proyecto radica en identificar situaciones acústicas que alteren de forma negativa la calidad de vida actual de las personas y el medio ambiente del área en estudio; así mismo, proponer alternativas de solución con el fin de prevenir los efectos negativos causados en la salud por el ruido del tráfico automotor.

De igual forma, al realizar este proyecto los demás profesionales del área de la construcción, ya sea arquitectónica o de vías, pueden innovar en sus conceptos y formas de diseño, teniendo en cuenta factores tan importantes como la zona en la cual se ubicará la construcción y el uso dado a la misma para que no afecte de manera negativa el normal funcionamiento del vecindario donde se realicen dichas obras.

También es importante resaltar la necesidad de contar con profesionales capacitados en el área de la acústica y control de ruido, siendo este uno de los campos de acción del Ingeniero de Sonido, en el cual su capacitación puede generar mayor eficiencia que la obtenida por profesionales de otras áreas, los cuales no cuentan con la formación necesaria para realizar dichas funciones.

⁹ Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.4.1 Objetivo general

Determinar los niveles sonoros, que posiblemente lleguen a incidir sobre los habitantes de Soacha, debido a la extensión de la troncal Norte-Quito-Sur (NQS) para este municipio, a partir del límite con el distrito.

1.4.2 Objetivos específicos

- Localizar el lugar sobre la troncal Norte-Quito-Sur (NQS) para el municipio de Soacha, que presente el nivel más elevado de ruido mediante mediciones de los niveles sonoros actuales.
- Identificar parámetros coincidentes en donde el sistema de Transporte Transmilenio este en funcionamiento, para realizar mediciones del nivel sonoro actual.
- Analizar comparativamente los datos obtenidos de las mediciones realizadas.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO

1.5.1 Alcances

Con este estudio, profesionales de otras áreas podrán encontrar nuevas directrices de investigación que ayuden a disminuir el impacto negativo causado por el ruido, tanto en el ambiente como en las personas y aplicarlo a situaciones similares que se puedan presentar en otras zonas de la ciudad y del país.

Es importante generar acciones que creen una cultura urbana de conciencia respecto a problemáticas de contaminación auditiva, de esta forma se pueden implementar soluciones para prevenir problemas de ruido en zonas residenciales.

Al no existir información clara respecto al tratamiento adecuado de problemas de ruido, ya sea por proximidad de avenidas, aeropuertos, vías férreas o discotecas, es necesario documentar la forma correcta de analizar cada una de las eventualidades mencionadas anteriormente, para estandarizar procesos de medición adecuados.

Uno de los alcances más importantes del proyecto es establecer una cultura ciudadana, con el fin de prevenir situaciones acústicas molestas y crear la necesidad, a entidades gubernamentales, de contar con profesionales capacitados en el área (Ingenieros de Sonido), que supervisen y evalúen situaciones acústicas.

A futuro, esta investigación busca ser el punto de partida de otros proyectos que estén relacionados con la contaminación acústica, para proteger a la población del ruido urbano y que se consideren estos problemas como parte integral de las políticas de protección ambiental; al mismo tiempo, se deben implementar planes de acción con objetivos de corto, mediano y largo plazo, para reducir los niveles de ruido; además, incluirlo como un tema importante de salud pública, en la evaluación del impacto ambiental, estableciendo una legislación para reducir sus niveles.

1.5.2 Limitaciones.

En el desarrollo de este proyecto las limitaciones que se pueden encontrar inician con no poseer el respectivo conocimiento de métodos acerca del uso de mediciones para efecto de comparación de situaciones acústicas existentes con posibles situaciones futuras, ya que en la actualidad no hay criterios de prevención de ruido, además de esto las entidades competentes no se han preocupado, no hay documentación acertada y actualizada acerca de los procedimientos de

medición y en Colombia solo sirve como referencia la resolución expedida por el Ministerio De Salud en el año de 1983 (resolución 8321).

Por otra parte, el tiempo de disponibilidad de los instrumentos técnicos para la realización de las mediciones necesarias y la determinación de los niveles sonoros producidos por el tráfico vehicular, no es el más adecuado. De igual forma la seguridad de los equipos utilizados en las mediciones.

Por ultimo la longitud del área en estudio es muy extensa razón por la cual el manejo de la información y la logística para las mediciones se hace un poco dispendiosa.

2. MARCO DE REFERENCIAS

2.1 MARCO CONCEPTUAL

En este punto se aclararán algunos términos que son necesarios para la comprensión y contextualización del proyecto.

2.1.1 Presión sonora

Para poder definir la presión sonora se hace necesario, en primer lugar, entender la presión atmosférica, que es la presión del aire ambiental en ausencia de sonido, la cual se mide en una unidad SI (Sistema Internacional) denominada Pascal (Pa). 1 Pascal es igual a una fuerza de 1 newton actuando sobre una superficie de 1 metro cuadrado. Esta presión es de alrededor de 100.000 Pa^{10} (el valor normalizado es de 101.325 Pa).

Una vez aclarado este concepto, se puede definir la presión sonora como la diferencia entre la presión instantánea debida al sonido y la presión atmosférica, medida también en Pa. Sin embargo, la presión sonora tiene en general valores mucho menores que el correspondiente a la presión atmosférica. Por ejemplo, los sonidos más intensos que pueden soportarse sin experimentar un dolor auditivo agudo corresponden a unos 20 Pa , mientras que los apenas audibles están cerca de $20 \mu\text{Pa}$ (μPa es la abreviatura de micro pascal, es decir una millonésima parte de un pascal). Otra diferencia importante es que la presión atmosférica cambia muy lentamente, mientras que la presión sonora lo hace muy rápido¹¹, alternando entre valores positivos (presión instantánea mayor que la atmosférica) y negativos

^{10, 11} Artículo Niveles Sonoros, Federico Miyara

(presión instantánea menor que la atmosférica) a razón de entre 20 y 20.000 veces por segundo. Esta magnitud se denomina frecuencia y se expresa en ciclos por segundo o Hertz (Hz). Para reducir la cantidad de dígitos, las frecuencias mayores que 1.000 Hz se expresan habitualmente en kilo-Hertz (kHz).

2.1.2 Nivel de presión sonora (NPS ó L_p)

El hecho de que la relación entre la presión sonora del sonido más intenso y la del sonido más débil sea de alrededor de 1.000.000, ha llevado a adoptar una escala comprimida denominada escala logarítmica¹², llamando P_{ref} (presión de referencia) a la presión de un tono apenas audible (20 μ Pa) y P a la presión sonora. Se puede definir el nivel de presión sonora como:

$$L_p = 20 \log \left(\frac{P}{P_{ref}} \right)$$

Donde (log) significa el logaritmo decimal en base 10. La unidad utilizada para expresar el nivel de presión sonora es el decibel (dB). El nivel de presión sonora de los sonidos audibles varía entre 0 dB y 120 dB. Los sonidos de más de 120 dB pueden causar daños auditivos inmediatos e irreversibles, además de ser bastante dolorosos para la mayoría de las personas.

2.1.3 Nivel sonoro continuo equivalente (L_{eq})

Es el nivel promedio de un ruido, más exactamente, un nivel constante a lo largo de un tiempo especificado (generalmente 8 ó 24 horas), que tiene la misma energía sonora que el ruido variable, se puede definir como:

¹² Seminario De Ruido, Francisco Ruffa.

$$Leq = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{Li}{10}} dt$$

$$Leq = 10 \log \left(\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N 10^{\frac{Li}{10}} \right)$$

Donde:

De la ecuación **A**:

T = Tiempo de Medición.

Li = Nivel de Presión sonora.

Log = Logaritmo en base 10.

De la ecuación **B**:

N = Número de muestras.

Li = Nivel Presión sonora.

Log = Logaritmo en base 10.

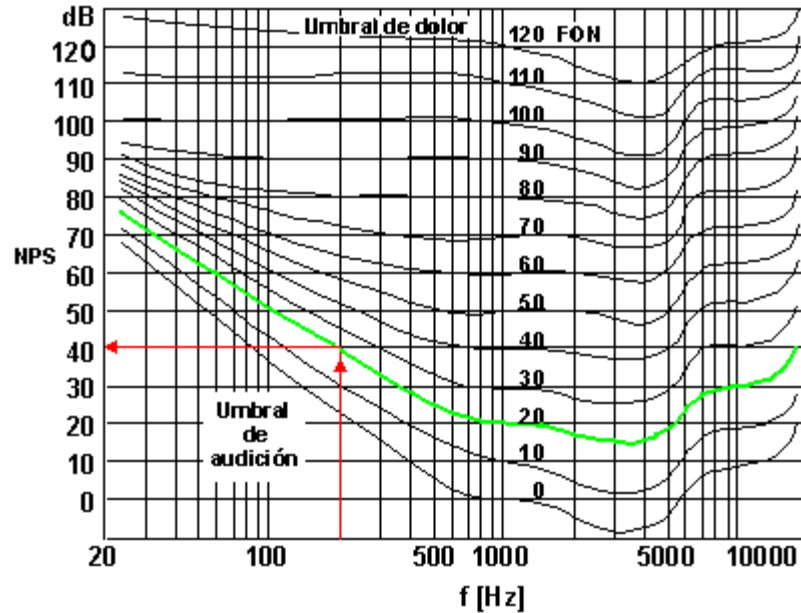
2.1.4 Nivel sonoro con ponderación (A)

El nivel de presión sonora tiene la ventaja de ser una medida objetiva y bastante cómoda de la intensidad del sonido, pero tiene la desventaja de que está lejos de representar con precisión lo que realmente se percibe. Esto se debe a que la sensibilidad del oído depende fuertemente de la frecuencia. En efecto, mientras que un sonido de 1 kHz y 0 dB ya es audible, es necesario llegar a los 37 dB para poder escuchar un tono de 100 Hz y lo mismo es válido para sonidos de más de 16 kHz.

Cuando esta dependencia de la frecuencia de la sensación de sonoridad fue descubierta y medida por Fletcher y Munson, en 1933 (ver gráfica), se pensaba que utilizando una red de filtrado o ponderación de frecuencia adecuada, sería posible medir esa sensación en forma objetiva. Esta red de filtrado tendría que atenuar las bajas y las muy altas frecuencias, dejando las medias casi inalteradas. En otras palabras, tendría que intercalar unos controles de graves y agudos al mínimo antes de realizar la medición¹³.

¹³ Niveles Sonoros, Federico Miyara.

Grafica N° 2.1
Curvas de Fletcher y Munson

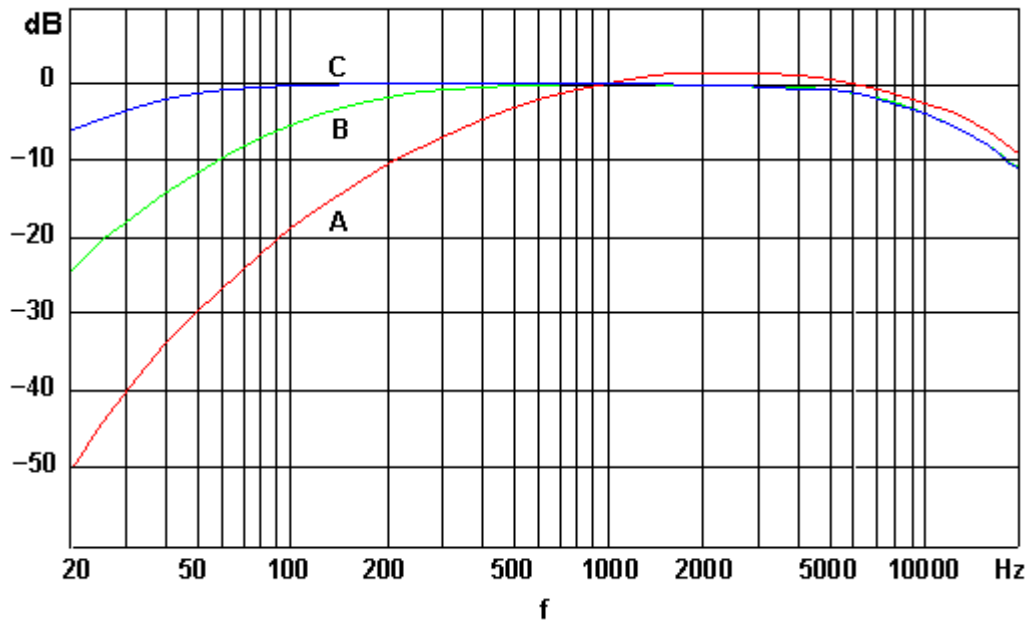


Fuente: Seminario De Ruido Y Contaminación Sonora, Francisco Ruffa¹⁴.

Sin embargo, hay algunas dificultades para implementar tal instrumento o sistema de medición. El más obvio, es que el oído se comporta de diferente manera con respecto a la dependencia de la frecuencia; por ejemplo, a muy bajos niveles, sólo los sonidos de frecuencias medias son audibles, mientras que a altos niveles, todas las frecuencias se escuchan más o menos con la misma sonoridad. Por lo tanto se diseñaron tres redes de ponderación de frecuencia correspondientes a niveles de alrededor de 40dB, 70dB y 100dB, llamadas A, B y C respectivamente. La red de ponderación **A** (también denominada a veces red de compensación **A**) se aplica a los sonidos de bajo nivel, la red B a los de nivel medio y la C a los de nivel elevado (ver figura). El resultado de una medición efectuada con la red de ponderación A se expresa en decibeles A (dBA) o algunas veces **dB(A)** y así mismo para las otras.

¹⁴ Seminario De Ruido Y Contaminación Sonora, Francisco Ruffa.

*Grafica N° 2.2
Curvas de Ponderación A, B y C*



Fuente: Seminario De Ruido Y Contaminación Sonora, Francisco Ruffa.15.

2.1.5 Percentiles

Se define como percentil al “nivel sonoro ponderado A”, medido en condiciones de registro rápido F (fast), igualado o superado por un nivel sonoro fluctuante en un determinado porcentual del tiempo de medición establecido.

L10 representa el nivel sonoro que es excedido en un 10% del tiempo total de medición.

L50 representa el nivel sonoro que es excedido en un 50% del tiempo total de medición.

L90 representa el nivel sonoro que es excedido en un 90% del tiempo total de medición

¹⁵ Seminario De Ruido Y Contaminación Sonora, Francisco Ruffa.

2.1.6 Ruido

El ruido es un sonido o conjunto de sonidos mezclados y desordenados. Si se observan las ondas de un ruido, se verá que no poseen una longitud de onda, frecuencia, ni amplitud constantes y que se distribuyen aleatoriamente unas sobre otras.

La contaminación acústica es el conjunto de sonidos y ruidos que circulan a nivel aéreo por las calles de una población. Como generalmente las ciudades poseen gran cantidad de elementos generadores de ruido, como es el tránsito e industrias, se produce en conjunto un alto nivel sonoro que puede llegar a perjudicar la integridad física y psíquica del habitante urbano.

El oído humano sólo puede soportar ciertos niveles máximos de ruido; sin embargo, el nivel que se acumula en Soacha en reiteradas ocasiones supera ese máximo. Algunos ruidos de la ciudad se encuentran por encima del "umbral del dolor" (por encima de los 120 dB.).

2.1.6.1 Fuentes de ruido

La industria: La industria mecánica es uno de los problemas más graves de todos los causados por el ruido en gran escala y somete a una parte importante de la población activa a niveles de ruido peligroso. Los niveles más altos de ruido son comúnmente causados por componentes o corrientes gaseosas que se mueven a gran velocidad o por operaciones con percusión.

El tránsito de automóviles: El ruido de los vehículos es producido fundamentalmente por el motor y la fricción causada por el contacto del vehículo con el suelo y el aire. Además, en nuestro país existe una enorme cantidad de

autos con los exhostos dañados, lo que incrementa el nivel de ruido en un área determinada.

El tránsito aéreo: La navegación aérea ha causado graves problemas de ruido en la comunidad. La producción de ruido se relaciona con la velocidad del aire, característica importante para los aviones y los motores.

Construcción de edificios y obras públicas: La construcción de edificios y las obras públicas son actividades que causan considerables emisiones de ruido. Hay una serie de sonidos provocados por grúas, mezcladoras de cemento, operaciones de soldadura, martilleo, perforación y otros trabajos.

2.1.6.2 Tipos de ruido

Básicamente los tipos de ruido son seis y se definen así¹⁶:

Ruido Continuo: Su característica es la de prolongarse durante largos períodos de tiempo, en algunas ocasiones puede durar las 24 horas del día. Es producido por maquinaria de uso continuo y por el tráfico vehicular.

Ruido Intermitente: Este ruido es de aparición cíclica. El tiempo entre cada aparición varía según el tipo de fuente que lo genere, el caso más común es el paso de aviones y las máquinas de operación periódica.

Ruido Impulsivo: Como su nombre lo indica, su tiempo de aparición es muy corto (fracciones de segundo), su amplitud es grande en el momento de presentarse y disminuye con el tiempo; ejemplos de este ruido son: impactos, explosiones y disparos de armas.

¹⁶ Protocolo De Mediciones Para Trazado De Mapas De Ruido, Francisco Ruffa.

Ruido con Contenido Tonal: La característica de este ruido radica en que existe una frecuencia, para la cual el nivel de presión sonora será más notorio que las otras frecuencias. Es producido generalmente por máquinas de proceso continuo o con partes rotativas (motores, sistema de ventilación).

Ruido de Baja Frecuencia: Generalmente, este ruido no alcanza a ser percibido por el oído humano, pero genera vibraciones que afectan fuertemente la salud de las personas, es el que generan los motores diesel y las plantas de energía, entre otros.

Ruido de Fondo: Es el de todas las fuentes distintas a la fuente concreta de sonido de interés. Este incluye el ruido de origen eléctrico producido por los instrumentos de medición. Por otra parte, el ruido ambiental es el sonido envolvente asociado con un ambiente acústico determinado, habitualmente compuesto de los sonidos de muchas fuentes próximas y lejanas.

2.1.6.3 Fuentes de ruido

Se considera fuente de ruido a cualquier artefacto que sea capaz de causar una alteración en el nivel de presión existente alrededor de él, produciendo un nivel de presión sonora que interfiera en las actividades de una persona o un grupo de personas que se encuentren a su alrededor. El ruido puede ser generado por una fuente fija o una fuente móvil. Se consideran fijas a todas aquellas fuentes que se encuentran siempre en un mismo lugar. Ejemplo de estas fuentes son las máquinas que se utilizan en una industria, ventiladores dentro de una oficina, motobombas, obras en construcción, trabajos en las calles, demoliciones, entre otros. Las fuentes móviles serán las que al realizar un desplazamiento, dejan un rastro de ruido. El ejemplo típico de esta clase de fuentes es el ruido generado por el tráfico vehicular y/o aéreo, también se considera fuente de ruido móvil a algunas

actividades comunitarias como los mercados, recolección de basuras, transporte público y actividades comerciales.

2.1.7 Octavas

La octava es un concepto logarítmico que está muy arraigado en la escala musical y que guarda relación con las características del oído. Es un intervalo natural que el oído percibe como una determinada relación de frecuencias. En acústica, esto se aprovecha para realizar mediciones de ruido, distorsión, vibraciones, aislamiento, etc.

2.1.7.1 Filtros de octavas normalizados

La normalización de las frecuencias centrales, frecuencias extremas y la forma de respuesta de los filtros, han permitido que el mundo se exprese acústicamente en iguales términos. Básicamente, la octava se define como la relación 2:1 entre dos frecuencias.

En términos generales, se trata de filtros de máxima planicidad en la banda de paso, cuyas frecuencias centrales normalizadas se encuentran en: 16 – 31,5 – 63 – 125 – 250 – 500 – 1000 – 2000 – 4000 – 8000 – 16000 Hz.

2.2 MARCO NORMATIVO

Las siguientes son normas, resoluciones y leyes emitidas por el Gobierno colombiano, relacionadas con la protección y conservación de la audición.

2.2.1 RESOLUCION 8321 DEL 4 DE AGOSTO 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, por EL MINISTERIO DE SALUD.

CAPÍTULO II:

DE RUIDO AMBIENTAL Y SUS METODOS DE MEDICION

Artículo 17: 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:

NIVEL DE PRESION SONORA EN dB(A)

ZONAS RECEPTORAS	Período diurno 7:01 A.M. - 9:00 P.M.	Período nocturno 9:01 P.M. - 7:00 A.M.
Zona I Residencial	65	45
Zona II Comercial	70	60
Zona III Industrial	75	75
Zona IV de tranquilidad	45	45

Parágrafo 1: Para efectos del presente artículo la zonificación contemplada en la tabla anterior corresponde a aquella definida o determinada por la autoridad competente en cada localidad y para cada caso.

Parágrafo 2: Denomínese ZONA IV - DE TRANQUILIDAD el área previamente designada donde haya necesidad de una tranquilidad

excepcional y en la cual el nivel equivalente de ruido no exceda de 45 dB (A).

Parágrafo 3: Cuando el predio que 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.

Artículo 18: Los niveles de presión sonora se determinarán con un medidor de nivel sonoro calibrado, con el filtro de ponderación 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.

Artículo 19: Los niveles sonoros para el interior de habitaciones se registrarán dentro de la casa de habitación más cercana a la fuente de ruido, a 1,2 metros sobre el nivel del piso y aproximadamente a 1,5 metros de las paredes de la vivienda. Se deberán efectuar las mediciones en 3 sitios diferentes con una distancia entre estos de 0.5 metros. Se tendrá en cuenta el nivel sonoro promedio de las mediciones.

CAPÍTULO IV

NORMAS ESPECIALES DE EMISIÓN DE RUIDO PARA ALGUNAS FUENTES EMISORAS.

Artículo 36: Ninguna persona ocasionará o permitirá la operación de vehículos de motor, motocicletas o cualquier otro similar, en las vías públicas y en cualquier momento, de tal forma que los niveles de presión de sonido emitidos por tales vehículos excedan los niveles máximos permisibles establecidos en la siguiente tabla:

NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES PARA VEHÍCULOS

TIPO DE VEHICULO	NIVEL SONORO dB (A)
Menos de 2 toneladas	83
De 2 a 5 toneladas	85
Más de 5 toneladas	92
Motocicletas	86

Parágrafo: Para determinar los niveles de presión sonora que se establecen en este artículo, se emplearán las técnicas y normas de medición que se indican a continuación:

- a. Los niveles sonoros máximos permisibles que se indican en la tabla anterior se aplican a vehículos estacionados o en movimiento a una velocidad de 50 kilómetros por hora.
- b. El sitio de medición se localizará en una zona a campo abierto libre de superficies reflectantes (edificios, vehículos, estacionados, avisos, vallas), por lo menos dentro de un área de 20 metros de radio desde el micrófono y vehículo bajo prueba.
- c. Los niveles sonoros se obtendrán con un medidor de nivel sonoro calibrado, en respuesta rápida con filtro de ponderación A y con el micrófono colocado a 1,2 metros de altura sobre el nivel de piso y a una distancia de 7,5 metros del vehículo.
- d. Las mediciones se efectuarán en sitios con un nivel sonoro de fondo inferior a 10 dB(A) con relación al producido por el vehículo en prueba. Se empleará un protector contra el viento para evitar errores en las lecturas.
- e. La trayectoria por donde transite el vehículo en prueba debe ser uniforme, construida preferiblemente en concreto o asfalto.

Artículo 37: Ninguna persona operará o permitirá la operación de un vehículo de motor o motocicleta en la vía pública sin que esté equipado por un sistema, aparato o artefacto amortiguador de ruido que opere eficientemente.

Artículo 38: Todo vehículo que se fabrique, importe o ensamble en el país debe cumplir con las normas del nivel sonoro permitido señaladas en el artículo 36 de esta Resolución.

Artículo 39: Para la construcción y ubicación de estaciones, terminales de vehículos de servicio público para el transporte de pasajeros y carga, se tendrá en cuenta lo dispuesto en el respectivo plan de zonificación de la ciudad y se establecerán las medidas de control que eviten y reduzcan al mínimo la emisión de ruido molesto o peligroso para el personal de trabajadores y para la población en general.

Artículo 40: Se prohíbe retirar de todo vehículo a motor los silenciadores que atenúen el ruido generado por los gases de escape de la combustión, lo mismo que colocar en los conductos de escape cualquier dispositivo que produzca ruido.

2.2.2 DECRETO 948 DEL 5 DE JUNIO DE 1995 DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE.

CAPÍTULO II

DISPOSICIONES GENERALES SOBRE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE, NIVELES DE CONTAMINACIÓN, EMISIONES CONTAMINANTES Y DE RUIDO

Artículo 15: Clasificación de sectores de restricción de ruido ambiental. Para la fijación de las normas de ruido ambiental el Ministerio del Medio Ambiente atenderá a la siguiente sectorización:

1. Sectores A. (Tranquilidad y silencio): áreas urbanas donde estén situados hospitales, guarderías, bibliotecas, sanatorios y hogares geriátricos.
2. Sectores B. (Tranquilidad y ruido moderado): zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, parques en zonas urbanas, escuelas, universidades y colegios.
3. Sectores C. (Ruido intermedio restringido): zonas con usos permitidos industriales y comerciales, oficinas, uso institucional y otros usos

relacionados.

4. Sectores D. (Zona suburbana o rural de tranquilidad y ruido moderado): áreas rurales habitadas destinadas a la explotación agropecuaria, o zonas residenciales suburbanas y zonas de recreación y descanso.

CAPÍTULO V

DE LA GENERACIÓN Y EMISIÓN DE RUIDO

Artículo 53: Zonas de amortiguación de ruido de vías de alta circulación. El diseño y construcción de nuevas vías de alta circulación vehicular, en áreas urbanas o cercanas a poblados o asentamientos humanos, deberá contar con zonas de amortiguación de ruido que minimicen su impacto sobre las áreas pobladas circunvecinas, o con elementos de mitigación del ruido ambiental.

Artículo 60: Restricción de tráfico pesado. El tránsito de transporte pesado, por vehículos tales como camiones, volquetas o tractomulas, estará restringido en las vías públicas de los sectores A, conforme a las normas municipales o distritales que al efecto se expidan.

2.2.3 NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3521. Descripción y medición del ruido ambiental. Aplicación de los límites de ruido

ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DE LÍMITES DE RUIDOS

GENERALIDADES.

Los ruidos se especifican en nivel equivalente continuo de presión sonora ponderado A, o niveles de evaluación durante intervalos de tiempo y en ubicaciones apropiadas.

Las regulaciones de límite de ruido deben incluir una cantidad que definan de modo único las circunstancias bajo las cuales se puede verificar el cumplimiento de las regulaciones, estos elementos son los siguientes:

- a- Descriptor de ruidos.
- b- Intervalos de tiempo pertinentes
- c- Las fuentes y sus condiciones de funcionamiento.
- d- Ubicaciones donde se deben verificar los límites de ruido.
- e- Condiciones meteorológicas donde sea apropiado.
- f- Criterios de evaluación del cumplimiento de los límites.

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados se deben presentar en el informe de la investigación del cumplimiento de las leyes de ruido el cual debe contener por lo menos la siguiente información:

- a- El numeral pertinente de las regulaciones de los límites de ruido en cuestión.
- b- La fecha y el tiempo de las mediciones.
- c- Ubicación de las posiciones de medición.
- d- Instrumentos utilizados, detalles de calibración y tipos de análisis realizados.
- e- Condiciones meteorológicas durante la medición.
- f- Condiciones de funcionamiento de las fuentes sometidas a estudio.
- g- Resultados de todas las mediciones o cálculos de ruido desde la fuente de estudio.
- h- Si es importante, ruido proveniente de otras fuentes.
- i- Cualquier método de cálculo usado para evaluar las mediciones.
- j- Resultados e interpretación desde el punto de vista acústico.
- k- Cualquier información que requieran las regulaciones de límites de ruido.

2.2.4 NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 3522 (C39.016/92). Descripción y medición del ruido ambiental. Cantidades básicas y procedimientos

INSTRUMENTOS

GENERALIDADES

Los instrumentos deben cumplir las especificaciones de sonómetros, preferiblemente del tipo 1 o mínimo del tipo 2, los sonómetros integrantes premediadores deben ser de clase P, si se usan instrumentos alternativos, estos deben dar un rendimiento funcional equivalente a las ponderaciones de frecuencia.

CALIBRACIÓN

Se debe calibrar todo el equipo y la configuración deben cumplir las especificaciones del fabricante.

MEDICIONES

POSICIONES DE MEDICIÓN

Mediciones al aire libre. Se deben realizar por lo menos a 3.5 m de cualquier estructura reflectante diferente del nivel del terreno. La altura recomendada es de 1.2m a 1.5m cuando no se especifique lo contrario.

Mediciones al aire libre cerca de edificios. Se deben realizar donde el ruido al cual esta expuesto el edificio sea considerable, las posiciones recomendadas de medición son de 1m a 2m desde la fachada y de 1.2m a 1.5m por encima de cada nivel del piso que revista interés.

AJUSTES

Para evaluar las reacciones humanas al ruido, algunas veces es necesario hacer ajustes a los valores medidos con el fin de llegar a una base más significativa de evaluación.

2.2.5 NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 3520. Descripción y medición del ruido ambiental. Obtención de datos relativos al uso en campo

PREDICCIONES DE NIVELES DE RUIDO

En muchos casos se describe el ruido ambiental, con el fin de predecir el ruido que se origina de instalaciones planificadas pero no existentes, como plantas industriales, aeropuertos o carreteras. En tales situaciones, el problema se debe enfocar mediante el uso de, métodos adecuados de cálculo o de investigación por modelos a escala. Al no haber modelos de predicción acordados universalmente, el método usado se debe describir claramente.

ZONAS DE RUIDO, REPRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

Es posible que sea útil una presentación en términos de zonas de ruido. Se recomienda que se usen los contornos que indican los límites entre zonas de múltiplos de 5 dB. Si se identifican las zonas sobre un mapa del área bajo estudio mediante colores o sombreado se recomienda que se use la combinación de colores o sombreado de la siguiente tabla.

Zona de ruido dB	Color	Sombreado
Debajo de 35 dB	Verde claro	Puntos pequeño, baja densidad
35 a 40	Verde	Puntos medianos, media densidad
40 a 45	Verde oscuro	Puntos grandes, alta densidad
45 a 50	Amarillo	Líneas verticales, baja densidad
50 a 55	Ocre	Líneas verticales, media densidad
55 a 60	Naranja	Líneas verticales, alta densidad
60 a 65	Cinabrio	Sombreado cruzado, baja densidad
65 a 70	Carmin	Sombreado cruzado, media densidad
70 a 75	Rojo lila	Sombreado cruzado, alta densidad
75 a 80	Azul	Franjas verticales anchas
80 a 85	Azul oscuro	Completamente negro

En algunos casos es posible que sea suficiente usar un ancho de zona igual a 10 dB, en tales casos se deben emplear los colores como se especifica en la siguiente tabla:

Zona de ruido dB	Color	Sombreado
Debajo de 45 dB	Verde	Puntos medianos, media densidad
45 a 55	Amarillo	Líneas verticales, baja densidad
55 a 65	Naranja	Líneas verticales, alta densidad
65 a 75	Rojo	Sombreado cruzado, media densidad
75 a 85	Azul	Franjas verticales anchas

2.3 MARCO TEÓRICO

2.3.1 Contaminación acústica.

La contaminación acústica es considerada por la mayoría de la población de las grandes ciudades como un factor medioambiental muy importante, que incide de forma principal en su calidad de vida. La contaminación ambiental urbana o ruido ambiental es una consecuencia directa no deseada de las propias actividades que se desarrollan en las grandes ciudades¹⁷.

El término contaminación acústica hace referencia al ruido cuando éste se considera como un contaminante, es decir, un sonido molesto que puede producir efectos fisiológicos y psicológicos nocivos para una persona o grupo de personas. La causa principal de la contaminación acústica es la actividad humana; el transporte, la construcción de edificios y obras públicas, la industria, entre otras. Los efectos producidos por el ruido pueden ser fisiológicos, como la pérdida de audición, y psicológicos, como la irritabilidad exagerada¹⁸. El ruido se mide en

¹⁷ Protocolo De Mediciones Para Trazado De Mapas De Ruido, Francisco Ruffa.

¹⁸ Guías Para El Ruido Urbano. Organización Mundial De La Salud (oms).

decibeles (dB); los equipos de medida más utilizados son los sonómetros. Un informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS), considera los 50 dB como el límite superior deseable.

Técnicamente, el ruido es un tipo de energía secundaria de los procesos o actividades que se propaga en el ambiente en forma de ondulatoria compleja desde el foco productor hasta el receptor a una velocidad determinada y disminuyendo su intensidad con la distancia y el entorno físico.

La contaminación acústica perturba las distintas actividades comunitarias, interfiriendo la comunicación hablada, base esta de la convivencia humana, perturbando el sueño, el descanso y la relajación, impidiendo la concentración y el aprendizaje, y lo que es más grave, creando estados de cansancio y tensión que pueden degenerar en enfermedades de tipo nervioso y cardiovascular.

Existe documentación sobre las molestias de los ruidos en las ciudades desde la antigüedad, pero es a partir del siglo pasado, como consecuencia de la Revolución Industrial, del desarrollo de nuevos medios de transporte y del crecimiento de las ciudades cuando comienza a aparecer realmente el problema de la contaminación acústica urbana. Las causas fundamentales son, entre otras, el aumento espectacular del parque automovilístico en los últimos años y el hecho particular de que las ciudades no habían sido concebidas para soportar los medios de transporte, con calles angostas y firmes poco adecuadas.

Además de estas fuentes de ruido, en nuestras ciudades aparece una gran variedad de otras fuentes sonoras, como son las actividades industriales, las obras públicas, las de construcción, los servicios de limpieza y recogida de basuras, sirenas y alarmas, así como las actividades lúdicas y recreativas, entre otras, que en su conjunto llegan a originar lo que se conoce como contaminación acústica urbana.

2.3.2 Manejo del ruido.

Existe clara conciencia del efecto negativo que sobre las personas tienen un entorno ruidos. Las molestias que ocasionan pueden ser de distinto origen y van desde trastorno a la hora de dormir e incapacidad para concentrarse, hasta lesiones auditivas, dependiendo de la intensidad y duración del ruido¹⁹.

La contaminación que este produce se ha convertido en un grave problema. El hecho de que la percepción del sonido sea subjetiva es un factor esencial a tener en cuenta a la hora de eliminar ruidos molestos. Cuando se pretende reducir los efectos nocivos del ruido sobre un receptor se puede abordar el problema estudiando la fuente de donde proviene el ruido.

La reducción de la fuente productora del ruido suele ser la medida correctora más eficaz. Sin embargo cuando la atenuación conseguida al actuar sobre la fuente y las vías de transmisión de ruido se consideran insuficientes, no queda mas remedio que el aislamiento del receptor.

2.3.3 Causas del ruido de tránsito.

Ante todo, vale recalcar que para las mediciones de este tipo de ruido, se utiliza de manera estandarizada la curva de ponderación del tipo "A"; es decir que la medición realizada tendrá como unidades dBA.

El ruido que emite un vehículo depende principalmente del sonido generado por su motor de explosión, a lo que se agrega, por ejemplo, el producido por partes tales como el sistema de engranajes de la caja de cambio de velocidades. Además, los automóviles viejos o no mantenidos correctamente, producirán ruido debido por ejemplo a una suspensión defectuosa.

¹⁹. Seminario ruido y contaminación sonora Francisco Ruffa.

Si se consideran factores externos al vehículo, tendremos que considerar también, por ejemplo, la influencia de una pendiente en subida, ya que hará trabajar al motor con una mayor exigencia, produciendo por lo tanto un nivel de ruido más elevado²⁰. En la ciudad, el ruido de tráfico está generado principalmente por automóviles, motos, vehículos de carga, buses; y su efecto puede a veces ser potenciado en zonas de calles angostas rodeadas de edificios altos, donde el sonido emitido por los motores y sistemas de escape presenta una reverberación.

El nivel de ruido de una autopista depende, en cambio, de otros factores:

- El volumen del tránsito.
- La velocidad de los vehículos.
- El número de camiones en el flujo de tránsito.
- Cantidad de buses que transitan al día.

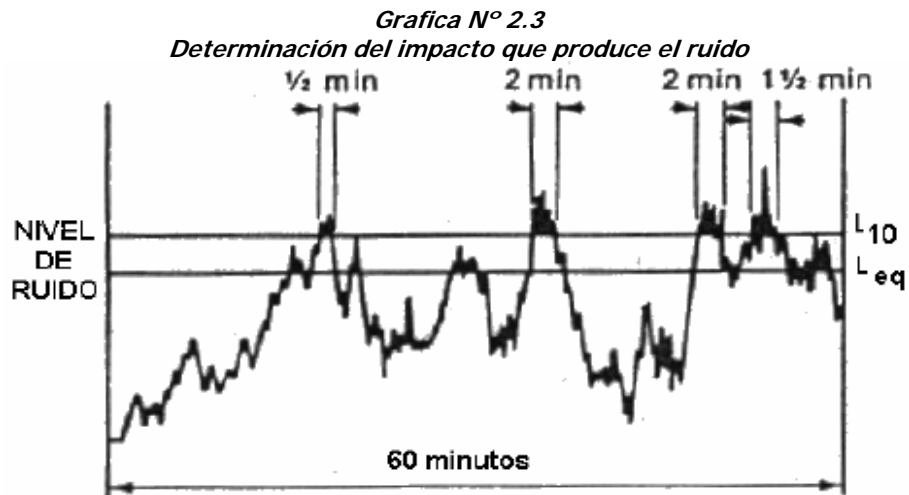
A medida que nos alejamos de la autopista, el nivel de ruido será cada vez menor en principio por la propia distancia, pero además influyen otros factores dependientes de la topología propia del lugar en estudio (vegetación, terreno, edificios, etc.).

En general el ruido producido por el tráfico no es una molestia para aquel individuo que se halla ubicado a unos 150 m. de un camino por el que circulan camiones, o a 60 m. de uno por el cual pasan automóviles.

2.3.4 Determinación del impacto que produce el ruido.

De acuerdo a lo dicho anteriormente, se puede concluir que el ruido producido por el tráfico no es en lo absoluto constante: dependerá del caudal, la cantidad y el tipo de vehículos en cada instante.

²⁰ Protocolo de mediciones para trazado de mapas de ruido, Francisco Ruffa.



Es por ello que se suelen utilizar para la evaluación del nivel de ruido dos magnitudes representativas: L_{eq} y L_{10} , donde esta última es el nivel de sonido que es excedido durante el 10% del tiempo²¹.

Es decir, si observamos la gráfica anterior, primero se determina el nivel de ruido equivalente L_{eq} sobre 60 minutos. Luego, el valor de L_{10} estará dado por aquellos valores máximos que en total sumen un tiempo del 10% de los 60 minutos (6 minutos).

2.3.5 Como reducir el nivel de ruido.

Se puede atacar este problema desde tres diferentes puntos de vista:

- Control del motor del automotor
- Control de terrenos
- Proyecto y diseño de la autopista

La responsabilidad de desarrollar cualquiera de estas soluciones corresponde al gobierno, en sus diferentes ya sea este nacional, departamental ó municipal. Se

²¹ Seminario ruido y contaminación sonora. Francisco Ruffa.

parte de principios generales y se va descendiendo hasta poder adaptar soluciones a cada necesidad particular.

2.3.5.1 Control de los motores

Esta primera estrategia ataca directamente la fuente del sonido, apuntando a conseguir, por ejemplo: motores rodeados por superficies revestidas en material absorbente, ventiladores que dejan de funcionar cuando ya refrigeraron lo suficiente, mejores suspensiones.

Ya que con vehículos más silenciosos se mejorarán las condiciones acústicas en aquellos caminos en los que no se pueda aplicar otra solución. Pueden establecerse regulaciones sobre los nuevos productos que salen a la venta y tener en cuenta el mantenimiento de aquellos vehículos existentes.

2.3.5.2 Control del uso de terrenos

Muchas veces, las quejas por los ruidos que ocasiona una autopista, provienen de los ocupantes de una residencia que fue construida después de que la ruta ya estaba funcionando. Dentro de la vasta extensión de nuestro país, miles de kilómetros de rutas han sido construidos sobre terrenos no poblados.

En algún momento, un terreno sin uso, puede ser destinado a la construcción de bienes inmuebles; y entonces un control adecuado sobre el uso de las tierras puede ayudar a prevenir futuros problemas. La palabra *control* no necesariamente implica prohibir la construcción de bienes alrededor de una autopista; la solución puede pasar por mantener distancias, fijar barreras acústicas, colocar la zona residencial que es más sensible al ruido más lejos y la comercial que es menos sensible al ruido más cerca, etc.

2.3.5.3 Proyecto y diseño de las autopistas

Desde hace algún tiempo en los EE.UU, en el diseño de las autopistas se están incluyendo estudios de ruido, para determinar la posible existencia de futuros problemas. Estos estudios consisten en medir o modelar el nivel de ruido en caminos existentes que se asemejen en sus características a las del camino proyectado, para luego predecir cual será el nivel de ruido del nuevo camino. Si el estudio muestra que se excederá el nivel permitido, deberá buscarse alguna solución para disminuir el nivel sonoro.

2.3.6 Ponderación (A) y efectos del ruido.

Diversos estudios han mostrado una buena correlación entre el nivel sonoro A y el daño auditivo, así como con la interferencia a la palabra. Sin otra información disponible, el nivel sonoro con ponderación A es la mejor medida única disponible para evaluar y calificar problemas de ruido y para tomar decisiones. También presenta una buena correlación, según han revelado diversos estudios, con la disposición de las personas afectadas por contaminación acústica a protestar en distintos niveles.

Con respecto a su utilización en cuestiones legales, por ejemplo en la mayoría de las ordenanzas y leyes sobre ruido, es porque proporciona una medida objetiva del sonido de alguna manera relacionada con efectos deletéreos para la salud y la tranquilidad, así como la interferencia con diversas actividades²². No depende en el juicio subjetivo de la policía ni del agresor ni del agredido acústicamente. Cualquiera en posesión del instrumental adecuado puede medirlo y decir si excede o no un dado límite de aceptabilidad legal o reglamentario. Esto es importante, aún cuando no sea la panacea. Probablemente en el futuro irán surgiendo mediciones más perfeccionadas y ajustadas a diferentes situaciones.

²² Artículo Niveles Sonoros. Federico Miyara.

La tabla de decibeles (dB) a continuación compara algunos sonidos comunes y muestra cómo se clasifican desde el punto de vista del daño potencial para la audición. El ruido comienza a dañar la audición a niveles de alrededor de 70 dBA. Para el oído, un incremento de 10 dB implica duplicar la sonoridad²³.

Tabla N° 2.1

Niveles Sonoros y Respuesta Humana		
Sonidos característicos	Nivel de presión sonora [dB]	Efecto
Zona de lanzamiento de cohetes (sin protección auditiva)	180	Pérdida auditiva irreversible
Operación en pista de jets Sirena antiaérea	140	Dolorosamente fuerte
Trueno	130	Extremadamente fuerte
Despegue de jets (60 m) Bocina de auto (1 m)	120	Máximo esfuerzo vocal
Martillo neumático Concierto de Rock	110	Extremadamente fuerte
Camión recolector Petardos	100	Muy fuerte
Camión pesado (15 m) Tránsito urbano	90	Muy molesto Daño auditivo (8 hrs.)
Reloj Despertador (0,5 m) Secador de cabello	80	Molesto
Restaurante ruidoso Tránsito por autopista Oficina de negocios	70	Difícil uso del teléfono
Aire acondicionado Conversación normal	60	Intrusito
Tránsito de vehículos livianos (30 m)	50	Silencio
living Dormitorio Oficina tranquila	40	Silencio
Biblioteca Susurro a 5 m	30	Muy silencioso
Estudio de radiodifusión	20	Apenas audible

La tabla pertenece a la Noise Pollution Clearinghouse

²³ Noise Pollution Clearinghouse.

2.3.7 Efectos del ruido en el comportamiento.

Los efectos del ruido en el comportamiento de la comunidad suelen ser complejos, sutiles e indirectos. Se asume que muchos de estos efectos son el resultado de la interacción de variables no audibles²⁴. La reacción de la comunidad al ruido puede llegar a involucrar mucho más que la simple molestia, ya que la gente puede experimentar diferentes emociones cuando es expuesta al ruido. Pueden aparecer sensaciones de estrés, molestia, jaqueca, insatisfacción, o cansancio.

Las molestias producidas por la exposición a ruidos son experimentadas por la gran mayoría de la población. La relación entre la molestia que produce el ruido y el nivel de presión sonora ha sido analizada por diferentes estudios, cuyos resultados varían considerablemente dependiendo del objetivo de cada uno. La molestia está afectada tanto por el nivel de ruido pico presente, como por la frecuencia de aparición de los ruidos.

En algunos casos la variación en las reacciones individuales se debe a la exposición al ruido. Otros factores, como la predisposición al ruido y la sensibilidad, son más importantes en la reacción de la gente que la misma exposición. Con estos resultados, se puede concluir que la percepción del ruido contribuye en menor medida a la molestia del ruido.

Desde un punto de vista más práctico, las mediciones físicas del ruido como los parámetros Leq y Lmax, son la única forma de predecir la molestia para controlar el nivel de ruido y para poder proteger a las personas de niveles de malestar inaceptables. Por esto, muchos estudios muestran que Leq suele ser una buena medida para la estimación de la molestia.

²⁴. Protocolo De Mediciones Para Trazado De Mapas De Ruido, Francisco Ruffa.

A pesar de que los estudios acerca del comportamiento de la gente ante el ruido comenzaron hace muchos años, sólo las investigaciones más recientes se han interesado en el análisis basándose en ruidos “reales”, que pueden presentarse en cualquier comunidad²⁵. Los primeros estudios tomaron como parámetros, en cambio, las reacciones ante ruido blanco o tonos puros.

2.3.8 Efectos adversos del ruido sobre la salud.

Las consecuencias de la contaminación acústica para la salud se describen según sus efectos específicos como por ejemplo: deficiencia auditiva causada por el ruido; interferencia en la comunicación oral; trastorno del sueño y reposo; efectos psicofisiológicos, sobre la salud mental y el rendimiento; efectos sobre el comportamiento; e interferencia en actividades. También se considera los grupos vulnerables y los efectos combinados de fuentes mixtas de ruido.

2.3.8.1 Efectos sobre la audición.

La deficiencia auditiva se define como un incremento en el umbral de audición que puede estar acompañada de zumbido de oídos. La deficiencia auditiva causada por ruido se produce predominantemente en una banda de frecuencia de 3.000 a 6.000 Hz; el efecto más grande ocurre a 4.000 Hz. Pero si el tiempo de exposición aumenta, la deficiencia auditiva puede ocurrir inclusive en frecuencias tan bajas como de 2.000 Hz²⁶.

En países en desarrollo, no sólo el ruido ocupacional sino también el ruido ambiental es un factor de riesgo para la creciente deficiencia auditiva. El daño en la audición también se puede deber a ciertas enfermedades, algunos productos químicos industriales, medicamentos ototóxicos, golpes en la cabeza, accidentes y

²⁵ Seminario Ruido Y Contaminación Sonora, Francisco Ruffa.

²⁶ Noise Pollution Clearinghouse.

factores hereditarios. El deterioro de la audición también se asocia al proceso de envejecimiento (presbiacusia).

La principal consecuencia social de la deficiencia auditiva es la incapacidad para escuchar lo que se habla en la conversación cotidiana. Esto se considera una limitación social grave, incluso los valores mínimos de deficiencia auditiva (10 dB en una frecuencia de 2.000 y 4.000 Hz y en ambos oídos) pueden perjudicar la comprensión del habla.

El ruido interfiere en la comunicación oral. La mayor parte de energía acústica del habla está en la banda de frecuencia de 100 a 6.000 Hz y la señal más constante es de 300 a 3.000 Hz. La interferencia en el habla es básicamente un proceso de enmascaramiento, en el cual el ruido simultáneo impide la comprensión.

El ruido ambiental también puede enmascarar otras señales acústicas importantes para la vida cotidiana, tales como el timbre de la puerta o del teléfono, la alarma de los relojes despertadores o contra incendios, otras señales de advertencia y la música.

La dificultad para entender la conversación cotidiana está influenciada por el nivel del habla, la pronunciación, la distancia entre el hablante y el oyente, las características del ruido circundante, la agudeza auditiva y el nivel de atención. En interiores, la comunicación se ve afectada por las características de reverberación de la habitación. El tiempo de reverberación de más de un 1 segundo produce una pérdida en la discriminación del habla y hace que la percepción sea más difícil.

Para que los oyentes con audición normal entiendan una oración completa, la relación de la señal-ruido debe ser al menos 15 dB(A). Debido a que el nivel de presión sonora de la comunicación normal es de aproximadamente 50 dB(A), el

ruido con niveles de 35 dB(A) o más interfiere en la comunicación oral en habitaciones más pequeñas.

2.3.8.2 Efectos sobre el sueño.

El ruido ambiental produce trastornos del sueño importantes. Puede causar efectos primarios durante el sueño y efectos secundarios que se pueden observar al día siguiente²⁷. El sueño sin interrupciones es un prerrequisito para el buen funcionamiento fisiológico y mental. Los efectos primarios del trastorno del sueño son dificultad para conciliar el sueño, interrupción del sueño, alteración en la profundidad del sueño, cambios en la presión arterial y en la frecuencia cardíaca, incremento del pulso, vasoconstricción, variación en la respiración, arritmia cardíaca y mayores movimientos corporales.

La probabilidad de ser despertado aumenta con el número de eventos de ruido por noche, los efectos secundarios o posteriores en la mañana o día(s) siguiente(s) son evidencia de menor calidad del sueño, fatiga, depresión y reducción del rendimiento.

Para fijar límites de exposición al ruido durante la noche, se debe tener en cuenta la intermitencia del ruido. Esto se puede lograr al medir el número de eventos de ruido y diferenciar entre el nivel de ruido máximo y el nivel de ruido de fondo. También se debe prestar atención especial a las fuentes de ruido en un ambiente con bajos niveles de sonido de fondo; combinaciones de ruido y vibraciones y fuentes de ruido con componentes de baja frecuencia.

²⁷ Guías Para El Ruido Urbano. Organización Mundial de la Salud (OMS).

2.3.8.3 Efectos sobre las funciones fisiológicas.

La exposición al ruido puede tener un impacto permanente sobre las funciones fisiológicas de los trabajadores y personas que viven cerca de aeropuertos, industrias y calles ruidosas. Después de una exposición prolongada, los individuos susceptibles pueden desarrollar efectos permanentes, como hipertensión y cardiopatía asociadas con la exposición a altos niveles de sonido²⁸.

La magnitud y duración de los efectos se determinan en parte por las características individuales, estilo de vida y condiciones ambientales. Los sonidos también provocan respuestas reflejo, en particular cuando son poco familiares y aparecen súbitamente.

La presión arterial y el riesgo de hipertensión suelen incrementarse en personas expuestas a altos niveles de ruido industrial durante 5 a 30 años. Una exposición de largo plazo al ruido del tráfico con valores de LAeq, 24h de 65-70 dB(A) también puede tener efectos cardiovasculares. Si bien las asociaciones son débiles, el efecto es más fuerte en el caso de cardiopatía isquémica que en hipertensión. Esos pequeños incrementos de riesgo son importantes debido a la gran cantidad de personas expuestas.

2.3.8.4 Efectos sobre la salud mental.

El ruido ambiental no causa directamente enfermedades mentales, pero se presume que puede acelerar e intensificar el desarrollo de trastornos mentales latentes. La exposición a altos niveles de ruido ocupacional se ha asociado con el desarrollo de neurosis, pero los resultados de la relación entre ruido ambiental y efectos sobre la salud mental todavía no son concluyentes.

²⁸ Protocolo de mediciones para trazado de mapas de, Francisco Ruffa.

No obstante, los estudios sobre el uso de medicamentos, tales como tranquilizantes y pastillas para dormir, síntomas psiquiátricos y tasas de internamientos en hospitales psiquiátricos, sugieren que el ruido urbano puede tener efectos adversos sobre la salud mental.

2.3.8.5 Efectos sobre el rendimiento.

Se ha demostrado que el ruido puede perjudicar el rendimiento de los procesos cognitivos, principalmente en trabajadores y niños. Si bien un incremento provocado del ruido puede mejorar el rendimiento en tareas sencillas de corto plazo, el rendimiento cognoscitivo se deteriora sustancialmente en tareas más complejas.

Entre los efectos cognoscitivos más afectados por el ruido se encuentran la lectura, la atención, la solución de problemas y la memorización. El ruido también puede actuar como estímulo de distracción y el ruido súbito puede producir un efecto desestabilizante como resultado de una respuesta ante una alarma.

Los niños que viven en áreas más ruidosas presentan alteraciones en el sistema nervioso simpático, lo que se manifiesta en mayores niveles de la hormona del estrés y presión sanguínea más elevada en estado de reposo. El ruido también puede producir deficiencias y errores en el trabajo y algunos accidentes pueden indicar un rendimiento deficiente.

2.3.8.6 Efectos sociales y sobre la conducta.

El ruido puede producir varios efectos sociales y conductuales, así como molestia. Esos efectos a menudo son complejos e indirectos y son resultado de la interacción de diversas variables no auditivas²⁹.

²⁹ Guías Para El Ruido Urbano. Organización Mundial de la Salud (OMS).

El efecto del ruido urbano sobre la molestia se puede evaluar con cuestionarios o estudios del trastorno de actividades específicas. Sin embargo, se debe reconocer que niveles similares de ruido de tránsito o de la industria causan diferentes grados de molestia. Esto se debe a que la molestia en las personas varía no sólo con las características del ruido, incluida la fuente del ruido, sino que depende en gran medida de muchos factores no acústicos de naturaleza social, psicológica o económica.

La correlación entre la exposición al ruido y la molestia general es mayor en un grupo que en un individuo. El ruido también puede reducir la actitud cooperativa y aumentar la actitud agresiva. Asimismo, se cree que la exposición continua a ruidos de alto nivel puede incrementar la susceptibilidad de los escolares a sentimientos de desamparo.

Se han observado reacciones más fuertes cuando el ruido está acompañado de vibraciones y componentes de baja frecuencia o impulsos, como un disparo. Las reacciones temporales más fuertes ocurren cuando la exposición aumenta con el tiempo, en comparación con una exposición constante. En la mayoría de casos, LAeq, 24h y Ldn son aproximaciones aceptables de la exposición al ruido relacionada con la molestia.

Sin embargo, es necesario evaluar individualmente todos los parámetros del componente en las investigaciones de exposición al ruido, al menos en los casos complejos. No existe consenso sobre un modelo para la molestia total debido a la combinación de fuentes de ruido ambiental.

2.3.8.7 Efectos combinados del ruido de fuentes mixtas.

Muchos ambientes acústicos constan de sonidos provenientes de más de una fuente; es decir, existen fuentes mixtas y es común la combinación de efectos³⁰. Por ejemplo, el ruido puede interferir la comunicación oral durante el día y perturbar el sueño durante la noche.

Estas condiciones se aplican sin duda a zonas residenciales con alta contaminación por el ruido. Por consiguiente, es importante considerar todos los efectos del ruido sobre la salud durante las 24 horas y aplicar el principio preventivo para el desarrollo sostenible.

2.3.8.8 Subgrupos vulnerables.

Cuando se recomiendan reglamentos sobre ruidos o de protección contra ruidos, se deben considerar los subgrupos vulnerables de la población. En cada subgrupo, se deben considerar los diferentes efectos del ruido, sus ambientes y modos de vida específicos.

Ejemplos de subgrupos vulnerables son las personas con enfermedades o problemas médicos específicos (por ejemplo, hipertensión); los internados en hospitales o convalecientes en casa; los individuos que realizan tareas cognitivas complejas; ciegos; sordos, fetos, bebés, niños pequeños y ancianos en general. Las personas con problemas de audición son las más afectadas en lo que se refiere a la interferencia en la comunicación oral. La sordera leve en la banda sonora de alta frecuencia puede causar problemas con la percepción del habla en un ambiente ruidoso. La gran mayoría de la población pertenece al subgrupo vulnerable a interferencias en la comunicación oral.

³⁰ Seminario ruido y contaminación sonora, Francisco Ruffa.

2.3.9 Criterios sobre ruido de la organización mundial de la salud.

En la lista siguiente se proporcionan valores límites recomendados por la Organización Mundial de la Salud. Las cifras representan los valores máximos a menos que se indique lo contrario. Más abajo se explican las abreviaturas.

Tabla N° 2.2

Límite	Efecto a evitar o situación en la que se aplica
100 - 130 dBA	Incomodidad auditiva
130 - 140 dBA	Riesgo de daño físico (por ejemplo, perforación del tímpano)
130 dBA	Dolor agudo
70 dBA L_{eq24}	Daño auditivo despreciable
30 dBA L_{eq}	Excelente inteligibilidad
45 dBA L_{eq}	Inteligibilidad completa
40 - 55 dBA L_{eq}	Inteligibilidad razonablemente buena
$T_{rev} < 0.6$ s	Adecuada inteligibilidad
$T_{rev} = 0.25 - 0.5$ s	Inteligibilidad adecuada para los hipoacúsicos
S/N > 0 dB	Comprensión de la palabra
S/N > 10 dB - 15 dB	Comprensión de la palabra extranjera, escuela, teléfono, mensajes complejos
100 dBA L_{eq4}	Conciertos
90 dBA L_{eq4}	Discotecas
140 dB peca	Sonidos Impulsivos
ASPL < 80 dBA	Juguetes, en el oído del niño
CSPL < 130 dBC	Juguetes, en el oído del niño
30 dBA L_{eq}	Ruido interior
40 - 45 dBA L_{max} (fast)	Eventos ruidosos aislados al dormir
45 dBA L_{eq}	Ruido externo al dormir (ventanas abiertas, reducción de 15 dB)
35 dBA L_{eq}	Salas de hospital
45 dBA L_{max} (fast)	Eventos ruidosos aislados, salas de hospital
50 - 55 dBA L_{eq}	Exteriores de día

40 - 50 dBA L_{eq}	Exteriores de noche
$T_{rev} = 1$ s	Buffet de escuela
55 dBA L_{eq}	Patios de escuela
Si $L_{eqC} - L_{eqA} > 10$ dBA y $L_{eqA} < 60$ dBA	Sumar 5 dBA a L_{eqA}
Si $L_{eqC} - L_{eqA} > 10$ dBA y $L_{eqA} > 60$ dBA	Sumar 3 dBA a L_{eqA}

ABREVIATURAS:

L_{eq} : Nivel equivalente durante la medición

L_{eq24} : Nivel equivalente durante 24 horas

L_{eq4} : Nivel equivalente durante 4 horas

L_{eqA} : Nivel equivalente con compensación de frecuencia A 3

L_{eqC} : Nivel equivalente con compensación de frecuencia C

L_{max} : Máximo nivel con una dada respuesta (rápida, lenta o impulsiva)

Peak: Máximo nivel instantáneo

fast: Respuesta con una constante de tiempo de .125 s

slow: Respuesta con una constante de tiempo de 1 s

SPL: Nivel de presión sonora

dBA: Decibel compensación A

dB C: Decibel compensación C

S/N: Relación señal / ruido, en general en dB

T_{rev} : Tiempo de reverberación (tiempo que demora el sonido en extinguirse al cesar la fuente).

3. METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Es una investigación empírico-analítica, ya que se encuentra enmarcada dentro de conceptos tradicionales de la ciencia moderna, enfatizando en la observación directa de los fenómenos a estudiar con un control minucioso que garantiza la calidad del análisis a realizar.

De la misma forma se parte de conceptos y principios que permiten explicar las situaciones que se formulan en el propósito de la investigación y se acompaña de condiciones de control aplicadas a la naturaleza innovadora de este proyecto.

3.2 LINEA DE INVESTIGACION DE USB / SUB-LINEA DE FACULTAD / CAMPO TEMATICO DEL PROGRAMA.

Teniendo en cuenta las líneas de investigación de la universidad de San Buenaventura, el desarrollo de el presente proyecto de grado esta fundamentado en tecnologías actuales y sociedad, ya que se esta implementando un método de medición y análisis de ruido producido por trafico vehicular, realizando comparaciones con zonas en las cuales se presentan problemas similares, además de esto se pretender dejar este documento de guía para próximas investigaciones sobre este tema.

En la sub-línea de la facultad el presente proyecto se basa en el procesamiento y tratamiento de señales análogas y digitales, esto debido a que el método con el cual se llevo a cabo el desarrollo de esta investigación se adapta a los parámetros planteados por la facultad.

Según las líneas de profundización con las que cuenta el programa Ingeniería de Sonido, en esta investigación se abarcará básicamente la acústica para su desarrollo. Cabe anotar que este es un campo de acción lo suficientemente amplio para aplicar conceptos, tanto teóricos como prácticos, que sirven de guía en el momento de realizar evaluaciones de este tipo.

Al escoger este campo de la investigación en el ámbito nacional se pueden conseguir procesos que día a día mejoren la calidad de vida de la población en general, siendo este un objetivo primordial en países desarrollados, en los cuales el bienestar de sus habitantes tiene una prelación sobre el nivel de progreso urbano que buscan.

3.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para el desarrollo organizado de este trabajo se determinaron 5 grupos generales de actividades los cuales son: diseño del proyecto, adquisición de equipo necesario, mediciones, encuestas y presentación final, con el objetivo de realizar una investigación organizada en cada una de sus fases.

Diseño del proyecto

- Ubicación geográfica de la zona afectada.
- Descripción y análisis del problema.
- Plan de trabajo.

Adquisición de equipo necesario

- Determinar el equipo necesario para la medición.
- Adecuación de los equipos para la medición.

Mediciones.

- Levantamiento cartográfico del lugar.

- Determinación de los puntos de medición.
- Realización de grilla para medición.
- Determinar los horarios e intervalos de tiempo entre cada medición.
- Estabilización de las mediciones.
- Determinar los días de medición.
- Recopilación de los datos obtenidos en las mediciones.
- Análisis y presentación de los datos obtenidos en las mediciones.
- Análisis del impacto del problema sobre la población.

Encuestas

- Diseño de encuesta
- Determinación de la población a encuestar.
- aplicación de la encuesta.
- Recopilación de información y análisis de datos obtenidos.

Presentación del proyecto

- Análisis del impacto del problema sobre la población.
- Presentación del proyecto final a la facultad y a distintas entidades que puedan tomar correctivos para el problema planteado dentro del proyecto, estas entidades pueden ser: Alcaldía Municipal de Soacha, STT, IDU, DAMA, SSD, entre otras.

Para el desarrollo de este proyecto es necesario realizar una encuesta para identificar y diagnosticar el grado de conciencia de los habitantes de la zona al impacto que puede causar el nivel de ruido para la extensión de la troncal Norte-Quito-Sur (NQS) del sistema Transmilenio para el municipio de Soacha a partir del límite con el distrito, el formato que se va a utilizar toma como referencia la encuesta organizada por la asociación vecinos por Barracas (R.O.A.C.Nº:1852) y el laboratorio de acústica y electroacústica de la facultad de ingeniería de la

universidad de Buenos Aires para evaluar subjetivamente la calidad sonora del entorno en que vive.

Grafica N° 3.1

ENCUESTA DE RUIDO SOACHA
UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA

1. Indique el Sexo : F _____ ; M _____
2. indique la franja de Edad en la que se encuentra:

MENOS DE 20 AÑOS	ENTRE 20 Y 40 AÑOS	ENTRE 40 Y 60 AÑOS	MAS DE 60 AÑOS

3. Cual es la dirección del domicilio: _____
4. ¿aproximadamente hace cuanto tiempo reside en este domicilio?

MENOS DE 1 AÑO	ENTRE 1 Y 5 AÑOS	MAS DE 5 AÑOS

5. ¿Como calificaría su sensibilidad al ruido?

	INSENSIBLE
	POCO SENSIBLE

	MUY SENSIBLE
	SENSIBLE

6. ¿Cual es su opinión sobre la calidad sonora de su entorno actual?

	EXCELENTE
	BUENA

	REGULAR
	MALA

7. ¿Como considera usted el ruido al que se encuentra sometido?

	NO MOLESTO
	LIGERAMENTE MOLESTO

	MOLESTO
	MUY MOLESTO

8. ¿Indique en cual de los siguientes horarios siente mas molestia?

	MAÑANA
	TARDE

	NOCHE
	MADRUGADA

	TODO EL TIEMPO IGUAL
--	----------------------

9. ¿Indique en cual de las siguientes opciones considera es la principal causa de la generación de esa molestia?

	AUTOS PARTICULARES
	TRANSPORTE PUBLICO DE PASAJEROS

	TRANSPORTE DE CARGA
	MOTOCICLETAS

	OTROS
--	-------

Indicar: _____

10. ¿Cómo calificaría la situación actual de la zona en cuanto a nivel de ruido ambiente?

	ACEPTABLE
	INACEPTABLE

Para el procedimiento de esta encuesta se debe tener en cuenta:

1. Al presentarse en la vivienda es importante mencionar que se trata de una investigación para un proyecto de grado que es de carácter anónimo, y que la información proporcionada va en beneficio de la comunidad.
2. Es importante tener en cuenta que las preguntas de la encuesta deben ser contestadas exclusivamente por el encuestado. El encuestador deberá abstenerse de inducir respuestas o hacer comentario personales relacionados con el tema.
3. Se elegirá siempre en lo posible viviendas en las que se encuentren personas mayores de 18 años y que residen o trabajen en la zona de estudio de forma continua.

3.4 RELACIÓN DE POBLACIÓN Y MUESTRA

El municipio cundinamarqués de Soacha tiene 348.434 habitantes, según lo estableció el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (Dane) en el censo experimental realizado en el año 2.003. De acuerdo con estas cifras, en cada hogar de Soacha hay 3.7 personas. En el área rural hay 1.370 viviendas, 1.187 hogares y un total de 4.222 personas. En la zona urbana el censo piloto encontró 82.551 viviendas, 91.416 hogares y 344.012 personas. En total fueron censadas 348 mil 434 personas.

En el censo de 1993 el Dane había encontrado 230 mil habitantes en Soacha. Es decir que el municipio ha experimentado un crecimiento del 25 por mil, una de las tasas más altas de Colombia y de Latinoamérica.

- La población que habita en la zona de Soacha en la cual se realizó el estudio es de 9.000 personas aproximadamente.
- La población que labora en la zona es de 1.000 personas aproximadamente.
- Población total: 10.000 personas aproximadamente.

Teniendo la dificultad de realizar la encuesta a esta cantidad de personas, se decidió tomar una muestra de 310 personas, cantidad que representa el 3,1 % de la población total de la zona de Soacha en la cual se realizó el estudio, pero debido al problema para encuestar a tantas personas, y a la variación de los resultados, se pensó que esta muestra de habitantes daría un conocimiento de la molestia general producida por el ruido.

3.5 HIPÓTESIS.

Con el desarrollo del presente proyecto, se busca comprobar si La presencia de Transmilenio mejora el clima sonoro para los habitantes del municipio de Soacha.

3.6 VARIABLES

3.6.1 Variables independientes.

- El incremento del flujo vehicular en función del tiempo.
- Falta de planeación en el momento construir viviendas en las cercanías de la troncal Norte-Quito-Sur (NQS).
- Ausencia de una cultura ciudadana, que tenga en cuenta las normativas acerca de las zonas y los niveles de ruido permitidos en ellas.

3.6.2 Variables dependientes.

- Nivel de ruido producido por el aumento del flujo vehicular.
- Efectos negativos producidos por el ruido, sobre los habitantes que residen en las cercanías de la troncal Norte-Quito-Sur (NQS).
- Aplicación irregular y desorganizada de las normas existentes por parte de la ciudadanía.

4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 MEDICIONES EN EL AREA DE ESTUDIO.

Para el desarrollo del presente proyecto se tienen en cuenta las mediciones en Leq A, es decir nivel sonoro continuo equivalente con ponderación A (dBA), esto debido a que en la resolución 8321 del 4 de agosto del año 1.983 se exige que todas las mediciones se realicen en ponderación A debida a que la sensibilidad del oído depende rotundamente de la frecuencia y Leq FLAT que indica nivel sonoro continuo equivalente sin ningún filtro de ponderación (dB), para poder realizar los análisis espectrales ya que se tiene el previo conocimiento que la exclusión existente de bajas frecuencias del filtro de compensación A con respecto a las mediciones que se realicen sin el mencionado filtro, es decir FLAT, no permite llevar a cabo un correcto análisis por bandas de octava.

4.1.1 Estabilización

Para empezar con el tema de las mediciones en el proyecto, es necesario estabilizarlas, es decir determinar el tiempo mínimo en el que se puede medir y se pueden obtener datos relevantes y lo mas verídico posibles con el fin de cumplir los objetivos propuestos en el desarrollo del proyecto.

Por inspección visual y auditiva se identifico el punto mas critico del tramo y se tomo la decisión de realizar la estabilización de la medición en dicho punto, el cual esta situado sobre la autopista sur (carrera 4 N° 13-33) donde se encuentra un puente peatonal.

Se decidió una tolerancia de 2 dB para estabilizar la medición, lo cual consiste en no permitir una diferencia mayor de este valor entre los niveles registrados con tiempos de medición diferentes, estos tiempos de medición fueron de 30,15,10 y 5 minutos, a continuación se muestran los valores de los datos registrados.

Tabla N° 4.1
TABLA DE ESTABILIZACION DE LAS MEDICIONES
Punto numero 13

carrera 4 N° 13-33 (puente peatonal)				
	30 min	15 min	10 min	5 min
Leq "Flat"	98,7dB	99,3dB	98,4dB	100,6dB
Leq "A"	84,3dB	84dB	83dB	85,2dB

Fuente: Elaboración Propia.

Con los datos obtenidos en la anterior tabla y teniendo en cuenta que la primera medición se realizó con el tiempo de 30 minutos, con lo cual se obtuvo un Leq FLAT de 98.7dB y un Leq A de 84.3dB, se tomaron dichas mediciones como la base para no permitir una diferencia de tolerancia mayor de 2 dB, en dicho caso para Leq FLAT el valor que se tomó es de 98dB, es decir que en el momento en que la medición tome valores mayores a 100dB, o menores a 96dB, se considera que los valores están por fuera de la tolerancia para efectos de la medición, por lo tanto en este tiempo no se encuentra estabilizada la medición, sino en el tiempo anterior a este, teniendo en cuenta las anteriores recomendaciones, se estableció que el tiempo en el cual se toma la medición como estabilizada es en los 10 minutos, es decir que midiendo durante este intervalo de tiempo se pueden obtener valores significativos, sin necesidad de medir durante tiempos más prolongados.

4.1.2 Puntos de medición

Buscando establecer el lugar más crítico a lo largo del tramo a estudiar, se determinaron 32 puntos de medición, para identificar las zonas que actualmente tengan un nivel de ruido elevado a causa de la autopista sur. Los puntos que presentan un nivel de ruido elevado serán los que se analizarán en el transcurso de esta investigación; Inicialmente se tomaron los puntos de medición mostrados en la siguiente tabla:

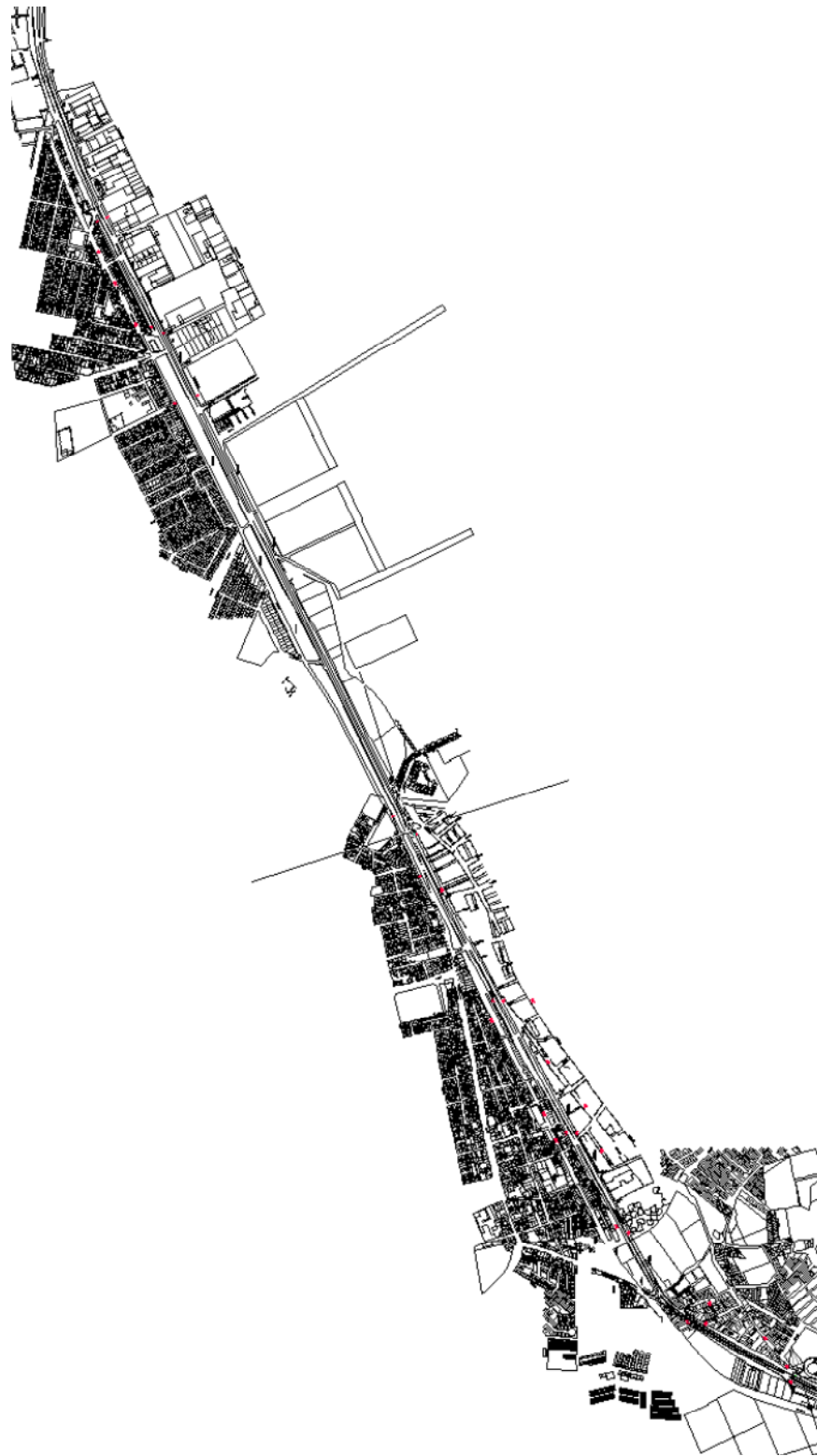
Tabla 4.2
Puntos De Medición Sobre La Autopista Sur

PTO.	UBICACIÓN	DESCRIPCION (costado)
1	Autopista Sur N° 12-99,	Norte: "Montallantas"
2	Frente a carrocerías "EL SOL"	Sur: carrocerías "El Sol"
3	Autopista Sur N° 11-03,	Norte: Casas
4	Frente a "ACRILIT"	Sur: "Acrilit"
5	Autopista Sur N° 8-05,	Norte: "Talleres Colombia"
6	Puente peatonal	Sur: puente peatonal (h=4m)
7	(Autop. Sur) K 10 N° 28-99,	Norte: puente peatonal (h=4m)
8	Puente peatonal	Sur: calzado "Nueva Moda"
9	(Autop. Sur) Cra 7a N° 25A-03,	Norte: "Surtitriplex"
10	Frente a "FRENOS DANILO"	Sur: "Frenos Danilo"
11	(Autop. Sur) Cra 4ª N° 19-55,	Norte: "Ferretería Ercas"
12	Frente a "AUTOLAVADO SOACHA"	Sur: "lavado y Frenos Soacha"
13	(Autop. Sur) Cra 4a N° 13-33,	Norte: puente peatonal (h=4m)
14	Puente peatonal	Sur: puente peatonal (h=4m)
15	(Autop. Sur) Cra 4ª N° 10-75,	Norte: "Cruz Blanca"
16	Frente a "CRUZ BLANCA"	Sur: "Apartamentos"
17	(Autop. Sur) Cra 4ª N° 10-75,	Norte: "Ag. Rápido Tolima"
18	Frente a "Ag. RAPIDO TOLIMA"	Sur: "Cryogas distr. Autorizado"
19	(Autop. Sur) "EST. DE SERVICIO	Norte: "Est. Terpel"
20	TERPEL ADELANTE DE MOTELES"	Sur: Casas
21	Carrera 6ª N° 12-33	Viviendas

22	Transv 8 N° 11A – 69	Viviendas
23	Transv 8 N° 11 – 15	Viviendas
24	Cra 5ª N° 18 – 73	Viviendas
25	Cra 5ª N° 14 – 49	Plaza de mercado
26	Cra 5ª N° 13 – 42	Puestos de venta de ropa
27	Cra 3ª N° 1 – 40	Viviendas
28	Cra 3ª B N° 5 – 33	Viviendas
29	Cra 3ª B N° 12 – 64	Viviendas
30	Cra 3ª A N° 13 – 45	Viviendas
31	Cra 3ª A N° 15 – 73	Viviendas
32	Cra 3ª BIS N° 18 – 52	Viviendas

Fuente: Elaboración Propia

Grafica N° 4.1
Autopista Sur



Fuente: Elaboración Propia

Grafica N° 4.2
Puntos De Medición



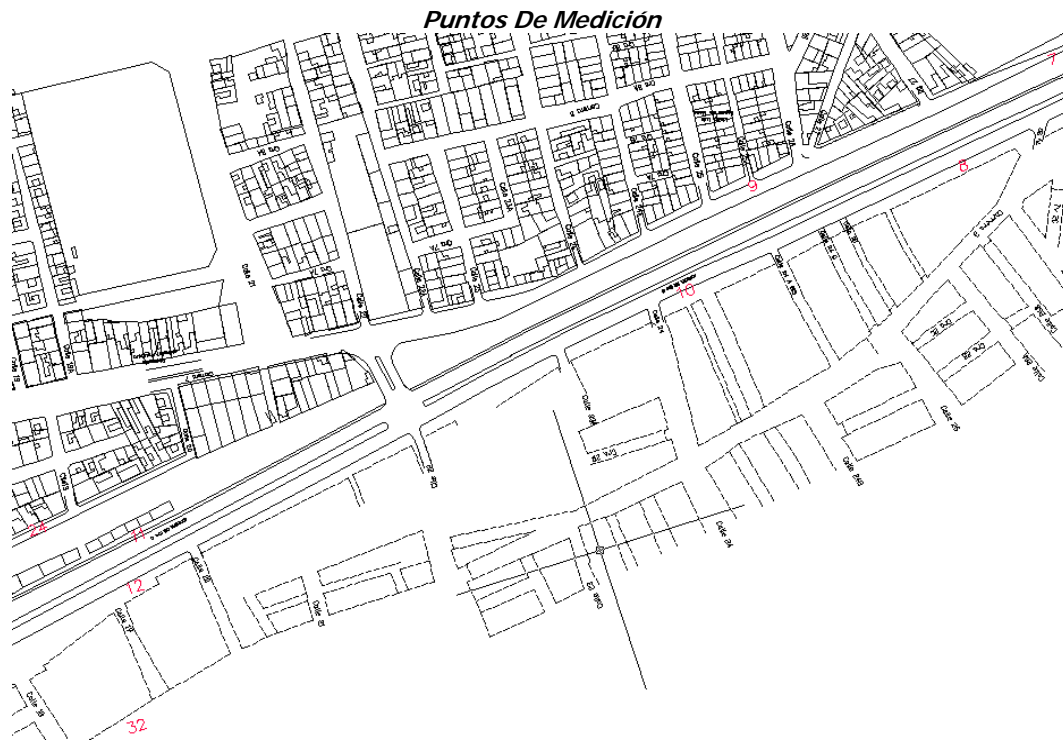
Fuente: Elaboración Propia

Grafica N° 4.3
Puntos De Medición

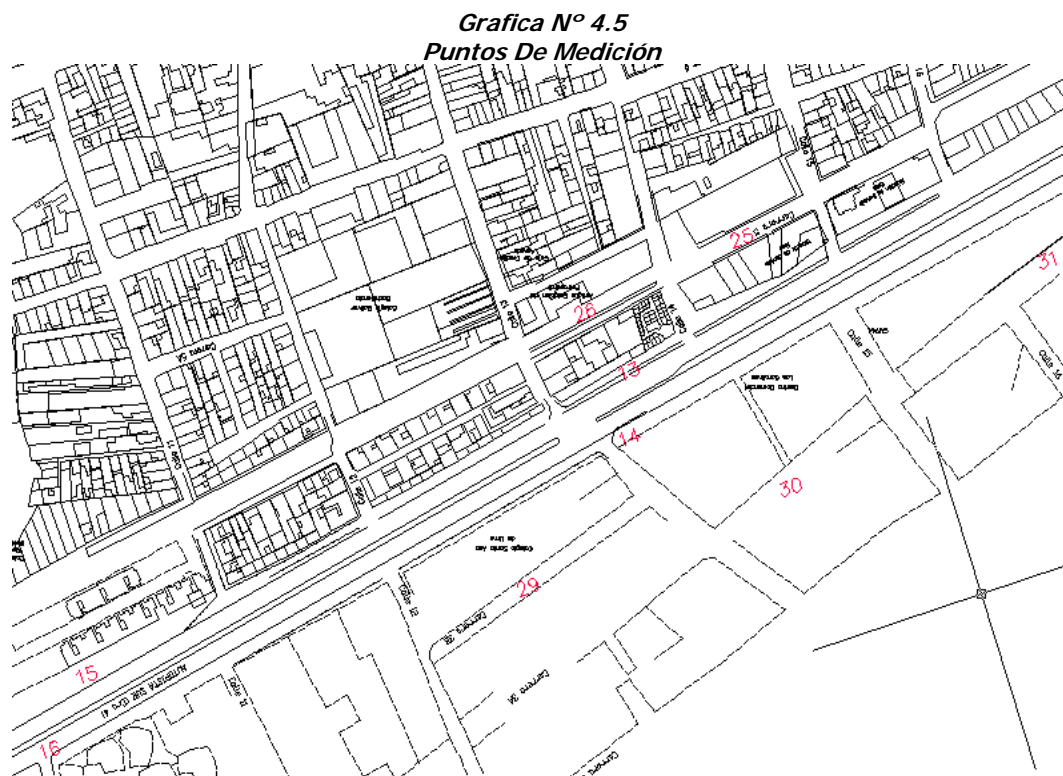


Fuente: Elaboración Propia

Grafica N° 4.4



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Grafica N° 4.6

Puntos De Medición



Fuente: Elaboración Propia

La selección de estos puntos se realizó teniendo en cuenta el objetivo general del proyecto el cual busca determinar los niveles sonoros, que posiblemente lleguen a incidir sobre los habitantes de Soacha, por esta razón todos ellos ubican en lugares donde la presencia de casas y personas sea evidente, para poder determinar la situación acústica a la que estarán expuestas.

Al elegir cada una de estas posiciones de medición, se previeron aspectos que pueden alterar el valor medido, dentro de los cuales se tuvieron en cuenta la distancia del sonómetro a cualquier superficie reflejante, que pueden ser: la fachada de las casas, barreras de cualquier tipo (muros, muros con rejas, etc.), el paso de aviones, gritos de peatones, pitos de carros intencionales, entre otros.

Nota: en las dos primeras mediciones únicamente se tomaron los primeros 20 puntos y en las dos siguientes se tuvieron en cuenta los 32 puntos.

4.1.3 Primera medición

Para esta medición se emplearon 10 minutos en cada punto debido al tiempo de estabilización citado anteriormente, los datos obtenidos en la misma se relacionan a continuación. Es importante tener en cuenta que para esta medición se estableció que en el canal primario del sonómetro se registro el **Leq "flat"**, y por **tercios de octava**, en el canal secundario se registro **Leq "A"** pero no se hizo por tercios de octava debido a que el instrumento no lo permite.

Tabla N° 4.3
Primera medición.

DATOS POR TERCIOS DE OCTAVA "FLAT" y Leq "FLAT", "A"												
Pto.	16 Hz	31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	Leq "Flat"	Leq "A"
1	85,6	83,4	84,5	79,3	74,6	70,2	69	65,9	59,3	52,5	92,7	74,1
2	81,5	79,6	85,8	81,5	76,5	74,6	73,5	71,4	67,9	59,7	90,4	78,6
3	78,8	77,3	82,1	78,1	73	69,8	66,9	64	59	51,2	87,7	72,5
4	86,7	84,4	86,2	84,7	80,6	77,2	75,5	73,3	67,2	61,5	94,3	80,7
5	85,2	82,7	81,8	79,6	71,6	67,8	65,4	64	57,8	50	92,2	71,4
6	88	85,5	85	82,6	77,9	75,8	74	70,8	65,3	56,1	94,2	78,8
7	87,1	84,9	85	80,9	75,7	72,4	69,3	67,4	61,8	54,7	93,9	75,3
8	79,2	79	84,8	82,8	77,3	75,8	74,9	72,2	69,7	60,3	89,9	79,8
9	84,2	81,8	83,5	77,8	73,6	69,5	68,4	66,2	64,8	56,3	91	74,2
10	80,5	79,8	84,1	79,9	76,5	72,9	71,5	68,4	64,7	58,5	89,6	76,5
11	82,7	80,3	85,2	84,4	79,3	77,5	76,1	73	66,9	59,9	91,6	80,7
12	77,3	76,4	82,7	80,1	79,3	75,5	73,2	69,7	63,4	58,7	87,9	78,2
13	91,7	89,3	88,6	84,7	79,2	76,7	78,9	76,5	71,2	65,2	98,4	83
14	87	84,8	87	84	78,8	76,2	75	72,9	67,5	61,3	94,2	80
15	86,4	82,9	83,7	79,8	77,7	73,1	72	69	62,4	54	92,8	76,9
16	81,3	79,2	83,7	80,5	78,2	75,5	74,6	72	66,7	62,2	89,5	79,4
17	85,7	83,7	86	85	79,3	76,3	73,6	71,7	66,5	59,2	93,6	79,4
18	75,5	75,8	81,7	79,2	73,6	71,4	69,8	66,8	64,1	54,5	86,3	74,9
19	89,2	86,8	86,7	82,7	79,2	77,8	75,1	72,3	67,3	59,8	95,7	80,2
20	77,1	76,9	82,7	81	79,1	78,1	76	73,3	68,6	60,1	88,6	80,8

Fuente: Elaboración Propia

En esta medición solo se tuvieron en cuenta estos 20 puntos ya que el tiempo de la misma no permitió realizar en mas lugares y al mismo tiempo por ser la primera se establecía cuales iban a ser los puntos de medición.

4.1.4 Segunda medición

La segunda medición, para la cual se tuvieron en cuenta los mismos puntos de la primera, en esta la captura de los datos se realizó haciendo el recorrido contrario a la primera, para analizar otro comportamiento del ruido en un horario diferente para cada punto.

Para esta medición se emplearon 10 minutos en cada punto debido al tiempo de estabilización citado anteriormente, los datos obtenidos en la misma se relacionan a continuación. Es importante tener en cuenta que para esta medición se estableció que en el canal primario del sonómetro se registro el **Leq "A"**, y por **tercios de octava**, en el canal secundario se registro **Leq "Flat"** pero no se hizo por tercios de octava debido a que el instrumento no lo permite.

Segunda medición.

Tabla N° 4.4

DATOS POR TERCIOS DE OCTAVA "A" y Leq "A", "FLAT"												
Pto	16 Hz	31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	Leq "A"	Leq "Flat"
1	19	35,6	61,6	66,3	69,2	72,7	74,3	73,6	67,7	59,5	79,6	87,9
2	20,1	40,4	61,5	68,1	70,4	74,5	77,2	76,4	70,7	62,5	82	90,1
3	22	37,8	59,4	64,3	67,6	71,4	72,4	71,9	68,4	58,8	78,1	88,4
4	23,6	38,3	62,2	65,6	69,6	73,7	75,2	73,3	66,5	57,1	79,9	89,5
5	18,3	34,4	53,9	58,1	62,3	65,6	68,4	67	60,6	50,3	72,9	83,4
6	17,8	37,1	61,1	67	70,9	74,7	76,5	75,1	69,6	60,9	81,4	89,3
7	21	40,9	61,7	69	69,1	73,6	75,8	77,3	70,3	60,7	81,6	89,9
8	22,2	40,9	58	66,4	68,9	73	74,3	73,8	68,5	60,1	79,7	87,8
9	18,6	35,9	58	62,9	66,3	69,6	69,3	67,8	62,8	54,3	75,2	85,8
10	21	41,2	61,4	65,4	67,8	72,1	72,9	70,9	65,2	57,4	78	88,9
11	19	36,5	61,1	64,3	67,5	71,1	73,1	72,4	70,6	59,4	78,7	87,8
12	21,8	38,7	57,6	66,5	70	73,1	73,7	71,8	66,2	58,9	79	87,8
13	19,2	40,4	61,1	66,3	68,3	73,1	75	74,3	70,3	60,7	80,2	88,8
14	20,5	41,2	60,2	64,4	67,6	72,4	73,6	72,8	68,7	60,8	78,9	88,1
15	20,9	38,1	60,3	64,8	69,1	72,2	73,7	72,1	65,9	57	78,6	88
16	18,4	37,9	58	63,3	66,6	70,1	71,9	70,8	66,7	57,6	77,1	86,1
17	22	38,1	64,5	67,7	70,4	73,8	76	75,2	69,9	60,7	81,1	91,1
18	18,6	38	59,1	62,5	67,2	70,9	72,2	70,9	64,6	53,1	77,2	86,5
19	24,1	39,9	60,5	66,1	71,2	77	76,4	75,1	68,9	60,4	81,9	89,6
20	18,9	35,7	56,8	61,9	68,3	71,5	72,5	71,5	64,5	58	77,7	86,6

Fuente: Elaboración Propia

En esta medición solamente se tienen en cuenta 20 puntos por que el tiempo de la misma no permitió realizar mediciones en otros lugares.

4.1.5 Tercera medición

Para esta medición se emplearon 10 minutos en cada punto debido al tiempo de estabilización, los datos obtenidos en la misma se relacionan a continuación. Es importante tener en cuenta que para esta medición en el canal primario del sonómetro se registró el **Leq "flat"**, y **por tercios de octava**, en el canal secundario se registró **Leq "A"** pero no se hizo por tercios de octava debido a que el instrumento no lo permite.

Tercera medición.

Tabla N° 4.5

DATOS POR TERCIOS DE OCTAVA "FLAT" y Leq "FLAT", "A"												
Pto.	16 Hz	31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	Leq "Flat"	Leq "A"
1	72,5	79,7	83,9	81,2	76,1	73,5	71,6	69,9	65,4	59	87,8	77,1
2	73	76	84	82,4	78,9	76,2	74,5	71,1	65,3	58,9	88,3	79,2
3	79	78,4	84,5	81,7	76,9	75,8	74,5	72,4	66,7	59,6	89,2	79,3
4	74,9	75,5	87	83,5	79,8	77,6	76,5	73,9	67,6	60,4	90,1	81,2
5	71,4	72	79,7	75,8	71,1	70,1	69,5	66,9	60,7	49,4	83,8	73,9
6	72,8	72,5	81	78,2	75,6	74,2	73,2	70,5	65	58,8	85,9	77,7
7	71,5	75,6	82	79,8	75,2	73,5	72,6	69,7	64,5	55,1	86,1	77,1
8	73,6	78,2	82,1	78,7	73,4	72,3	71,6	70,4	64,3	59,2	86,3	76,6
9	73,8	74,1	83,9	79,1	73,1	70,1	69,5	67	61,6	54,6	86,3	74,3
10	74,1	76,4	83,4	83,3	79,3	77,6	75,8	72,7	67,8	60,8	88,6	80,6
11	74,2	76,6	85	82,2	77,9	77	75,6	73,7	67,9	60,9	89	80,5
12	74,2	75,8	85	83,2	78,5	75,8	75	71,7	64,9	56,6	89	79,4
13	72,5	77,6	85,1	81,8	77,2	75,6	75,7	76	68,3	60,1	88,8	81,1
14	78,9	76,2	85,2	81	76,1	75,8	73,9	71,4	68,2	58,2	89,8	79
15	76,9	74,8	85,2	80,9	78,1	74,1	72,9	70,1	63,8	55,3	88,9	77,8
16	76,2	75,7	85,2	81,6	76,1	73,7	72,3	69,7	64	55,7	88,1	77,2
17	71,3	75,9	86,2	83,7	79,3	77,7	76,2	74,1	70,3	64	89,7	81,4
18	76,8	79,2	85,4	80,6	78,4	75,2	72,3	69,3	63,4	56,6	88,7	77,6
19	77,6	74,4	80,4	78,6	76	75,4	73,1	70,6	64,7	61,2	87,5	78
20	73,4	75,5	82,6	78,7	77,5	77,6	75,3	72,4	67,6	60,2	86,9	80
21	74	73,9	80,6	74,3	69,1	66,4	65,2	61,9	56,3	48,5	84,9	70
22	66,5	64,4	73,4	71,4	64,7	63,3	61,2	57,2	51,8	44,8	78,1	66
23	78,1	72	73,5	68,3	62,7	61,7	61,8	59	51,4	44,9	87,6	65,9
24	73,5	71,1	74,7	70,3	63,3	63,9	61,6	57,1	49,5	39,9	82,8	66,1
25	71,5	68,6	71,8	66,9	61	61	56,9	53,9	47	38,5	77,7	62,5
26	65,2	63,6	67,8	64,4	57,8	56,6	54	51,1	44,4	39,8	75	59,1

Fuente: Elaboración Propia

En esta medición los seis nuevos puntos que aparecen son los que se encuentran ubicados a 1 cuadra de la autopista sur en los tramos en los cuales se pudo

realizar esta medición y corresponden a los que están por el costado norte de la autopista sur.

4.1.6 Cuarta medición.

Para esta medición se emplearon 10 minutos en cada punto debido al tiempo de estabilización citado anteriormente, los datos obtenidos en la misma se relacionan a continuación. Es importante tener en cuenta que para esta medición se estableció que en el canal primario del sonómetro se registro el **Leq "A"**, y por **tercios de octava**, en el canal secundario se registro **Leq "Flat"** pero no se hizo por tercios de octava debido a que el instrumento no lo permite.

Cuarta medición.

Tabla N° 4.6

DATOS POR TERCIOS DE OCTAVA "A" y Leq "A", "FLAT"												
Pto.	16 Hz	31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	Leq "Flat"	Leq "A"
1	18,2	38,5	60,9	70	71	75,1	75,9	74,8	70,2	59,8	90,3	81,4
2	12,3	36,9	59,3	66	68,8	73,9	74	72,7	65,9	57,3	87,8	79,4
3	20,4	40,7	57,9	63,4	66,8	75,1	79,1	79,9	74,8	66,1	88,5	84,1
4	21,9	38,5	59	65,2	69,8	73,9	75,8	74,5	68,6	60,4	88,3	80,6
5	21,1	36,8	54,5	59,6	64,8	67,5	69,7	67,9	61,5	49,9	86,1	74,3
6	22,1	39	62,3	66,8	69,4	72,7	74,8	74,1	69,2	61,3	90	80
7	20,3	40,6	58,7	65	67,5	71,2	73,2	74,1	79,9	59,3	88,6	82,3
8	17	40,4	60,3	64,3	68,3	72	74,1	73,1	70,9	61,9	88,3	79,4
9	14,5	38,8	60,4	66,4	67,1	68,4	71	70	64,4	54,5	88,4	76,4
10	24,6	42,1	61	67	70,2	73,5	75,4	74,8	68,2	59,6	89,5	80,5
11	23,8	40,5	59,2	65,4	70,1	73,8	75,5	75,2	71	64,2	89,1	81
12	19,8	39,8	58,4	64,4	68,9	72,4	75,6	72,1	66,5	56,7	87,6	79,4
13	18,9	40,3	59,9	65,7	68,9	73,2	75	74,5	68,7	59,9	88,8	80,1
14	24,2	41,9	59,6	66,6	68,3	71,5	74,6	75,1	71,9	58,6	90,2	80,2
15	19,5	38,8	60,9	65,5	67,9	72,2	73,2	72,2	66	56,7	89,1	78,5
16	14,9	37,9	59,7	65,4	68,1	72,4	73,7	72,8	66,8	58,1	87,8	78,9
17	-0,1	39,9	63,4	66,2	69,4	73,8	74,4	72,8	67,5	59,1	89,9	79,7
18	22,5	41,1	57,8	63,7	67,5	71,4	72,5	71,9	64,7	57,1	88,5	77,7
19	19,1	37,7	59,6	64	68,5	72,9	73,9	72,9	68,1	59	87,8	79,1
20	16,8	36,8	60	63,7	69,8	73,3	74	72,6	65,8	57,2	87,8	79,2
27	-18,8	27,4	41,7	47,1	52,7	64	57,9	52,6	46,1	35,1	73,4	65,6
28	-18,8	9,3	34,2	40,5	43,7	48,7	53,8	47,9	40,5	31,4	69,6	56,3
29	-18,8	20,3	37,4	48,3	49,6	48,5	47	44,9	39,2	27,9	69,9	55,1
30	-18,8	29,9	46,5	54,9	55,3	59	56,2	54,2	49	38,2	77,8	63,6
31	8,2	32,6	48,1	52,3	53,1	56,1	56,7	54,5	52	43,4	78,7	62,5
32	-18,8	28,1	44,1	46,5	49,8	54,4	54,7	55,2	49,1	40	73,5	60,7

Fuente: Elaboración Propia

En esta medición los seis nuevos puntos que aparecen son los que se encuentran ubicados a 1 cuadra de la autopista sur en los tramos en los cuales se pudo

realizar esta medición y corresponden a los que están por el costado sur de la autopista sur.4

4.1.7 Punto elegido para el análisis final.

Según los datos de las mediciones realizadas a lo largo de la Autopista sur en el municipio de Soacha, que se presentan anteriormente y después de realizar un completo análisis de las mismas, se llegó a la conclusión que algunos puntos de medición presentaban un nivel de ruido mayor que los demás y por esta razón se realizaron nuevas mediciones para establecer el punto final en el cual se realizará el análisis.

Esto con el fin de reducir el área de estudio para poder hacer mas objetivo el análisis, ya que el trazado total de la troncal es de alrededor de 6 Km y no será práctico realizar el análisis en su totalidad, siendo mas versátil un estudio de esta magnitud, encontrar el lugar que presenta mayores complicaciones para de esta forma trabajar en el y así se asegura que en los demás el efecto será similar.

*Tabla N° 4.7
Punto Elegido Para El Análisis Final*

PUNTO	1ra MEDICION	PUNTO	2da MEDICION
4	80,7	4	89,5
11	80,7	11	89,3
13	83	13	90,5
17	80	17	91,1

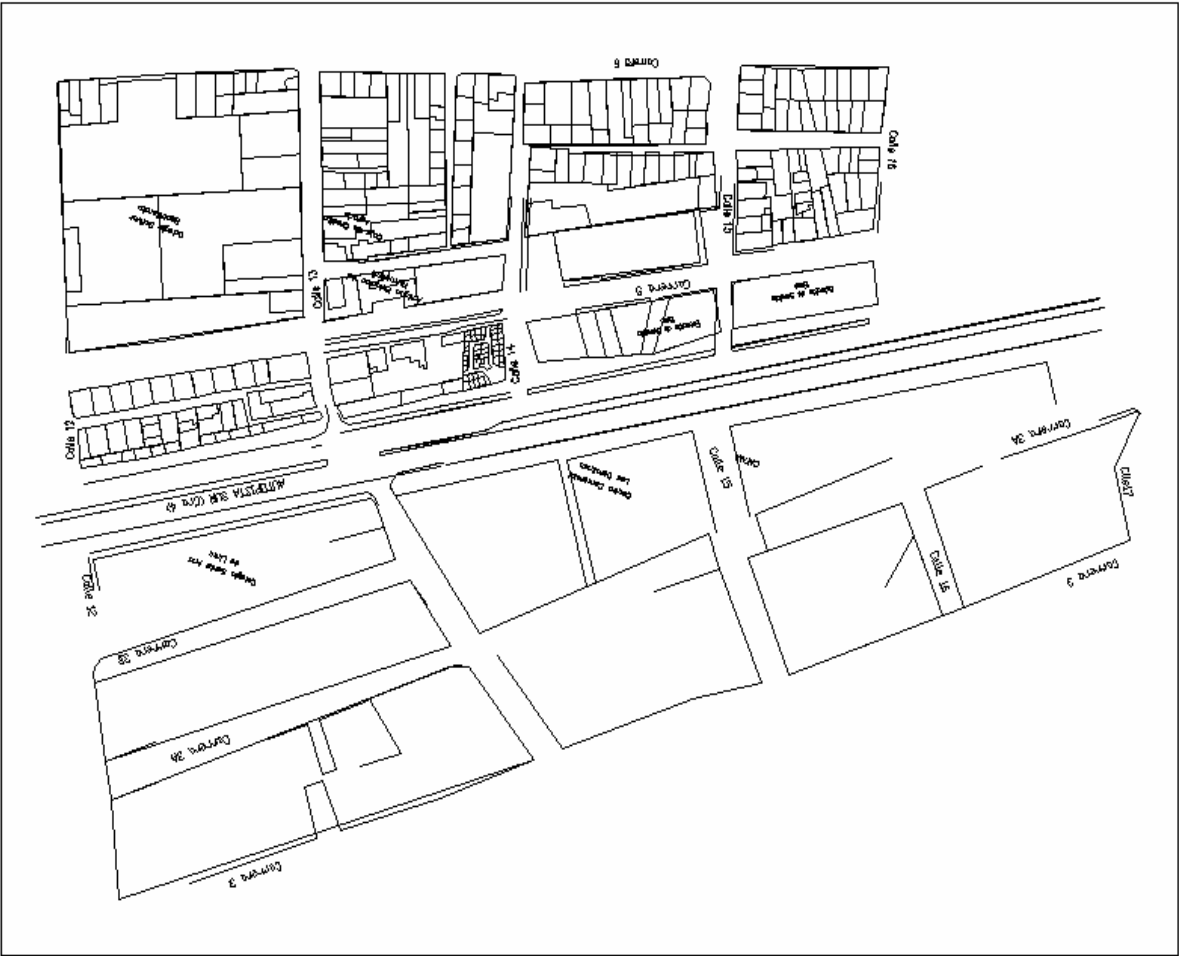
PUNTO	3ra MEDICION	PUNTO	4ta MEDICION
4	81,2	4	81,7
11	81,5	11	81
13	82,1	13	82,1
17	81,4	17	79,2

Fuente: Elaboración Propia

Con los datos obtenidos de la segunda ronda de mediciones en la cual únicamente se tuvieron en cuenta los puntos con mayor nivel de ruido a lo largo de la Autopista Sur, que se presenta anteriormente se identifico al punto N° 13 como el mas critico, este punto se ubica en la Cr 4 N° 13 – 33 debido a su nivel y a la

densidad de población que en él se encuentra y por esta razón se determino que este será el punto en el cual se desarrollara todo el análisis de este proyecto.

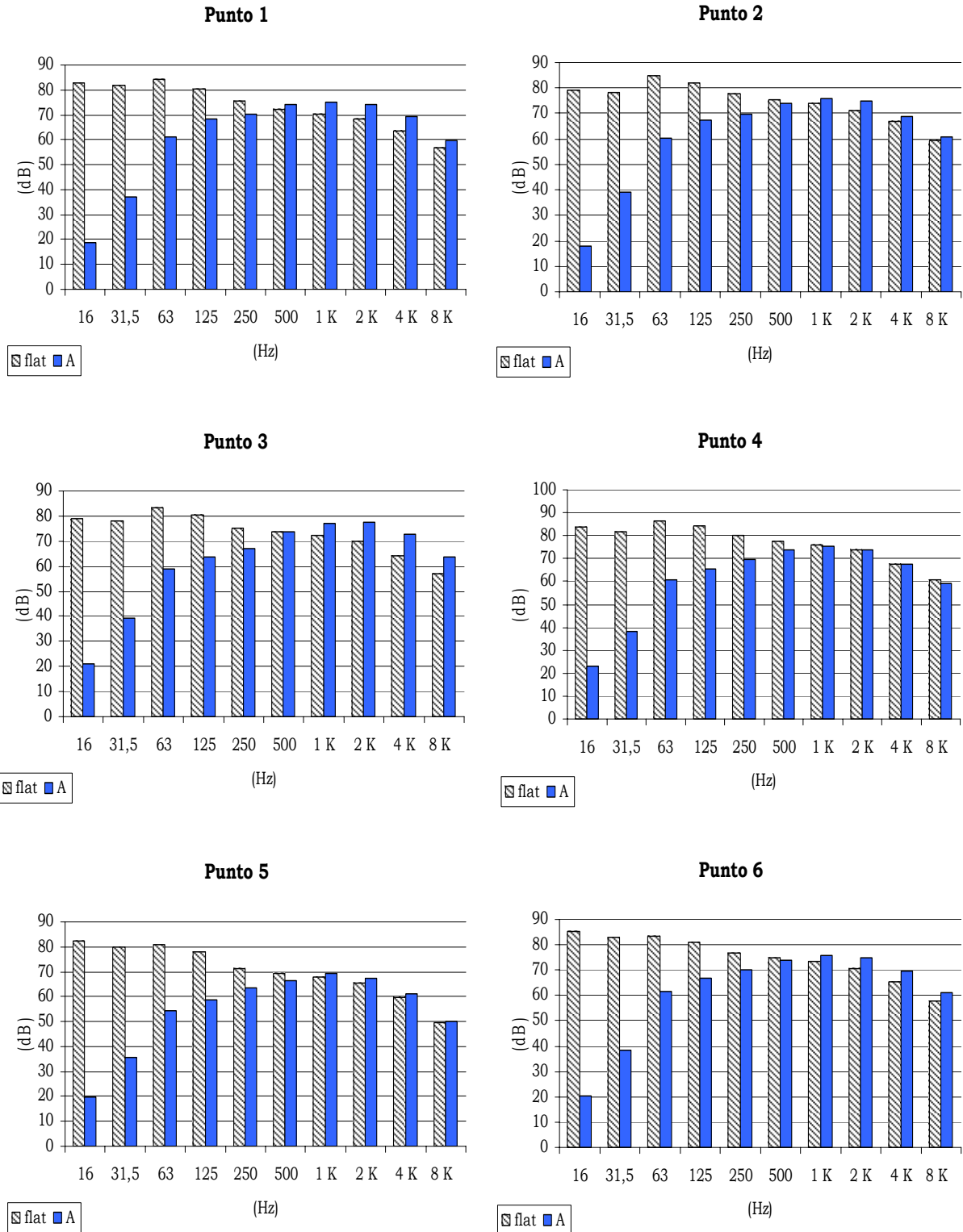
Grafica N° 4.7
Zona De Trabajo Soacha



Fuente: Elaboración Propia

4.1.8 Análisis espectral de los puntos de medición con ponderación A y FLAT.

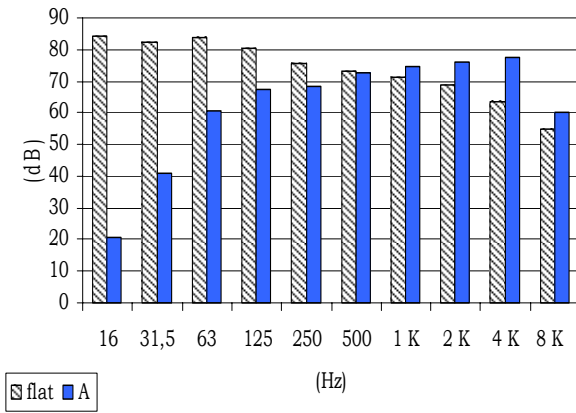
Grafica N° 4.8



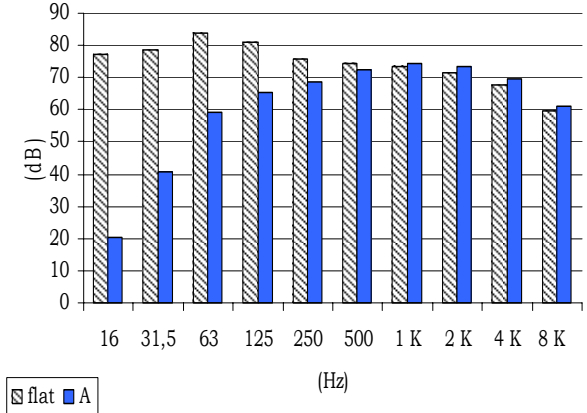
Fuente: Elaboración Propia

Grafica N° 4.9

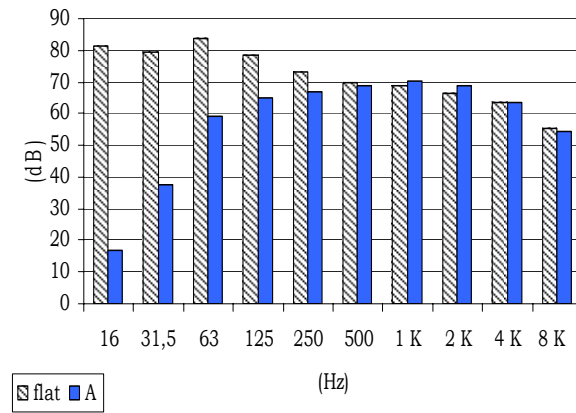
Punto 7



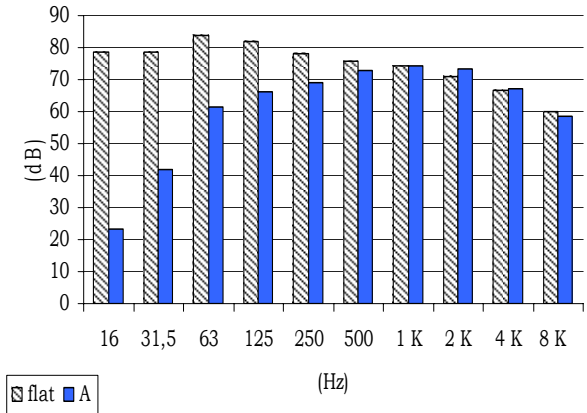
Punto 8



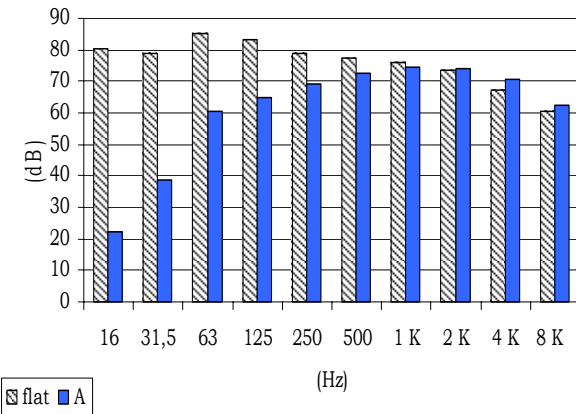
Punto 9



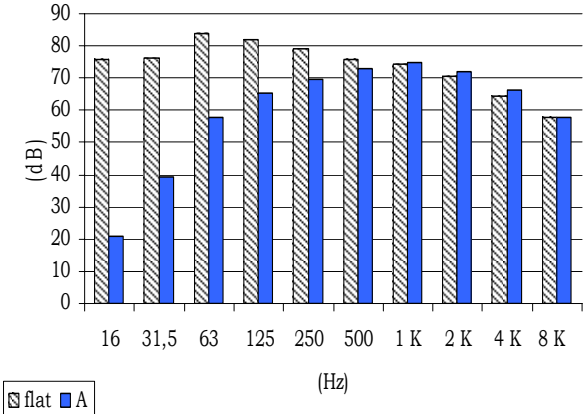
Punto 10



Punto 11



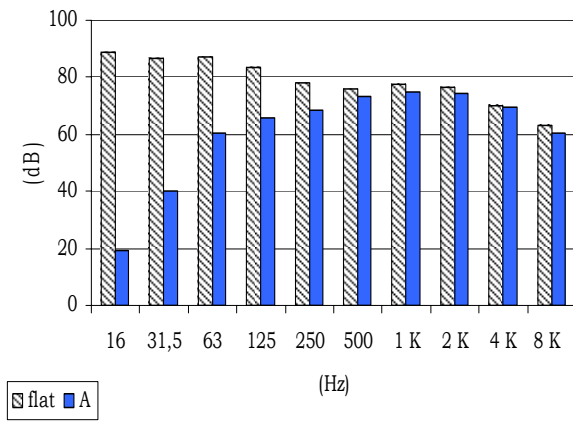
Punto 12



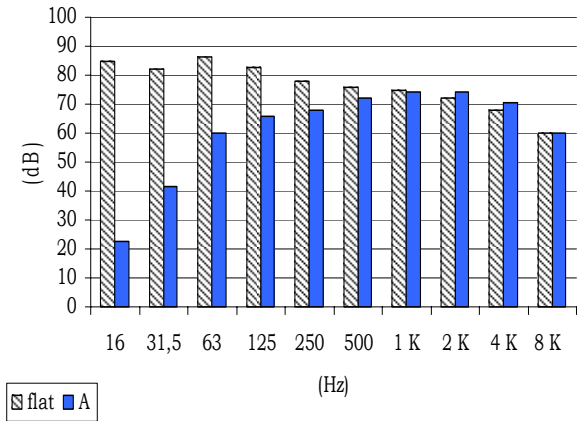
Fuente: Elaboración Propia

Grafica N° 4.10

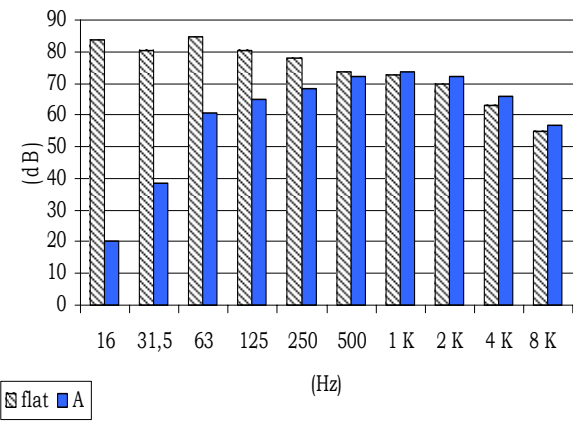
Punto 13



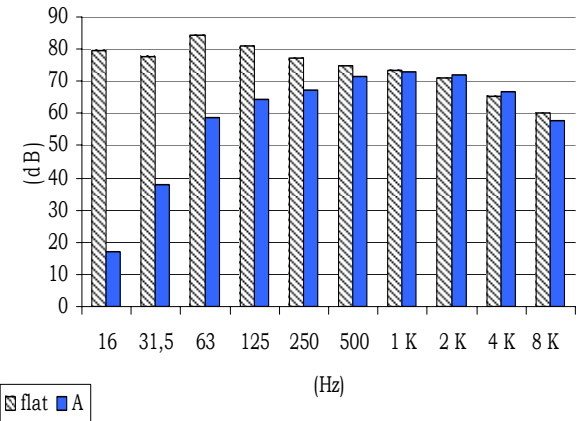
Punto 14



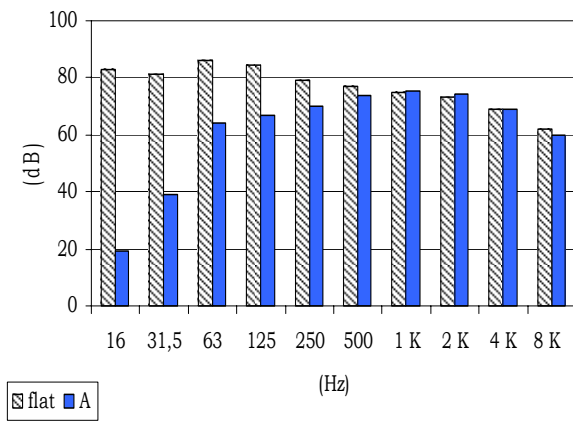
Punto 15



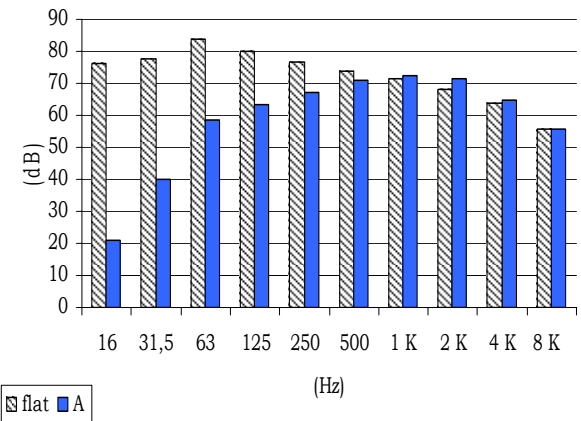
Punto 16



Punto 17

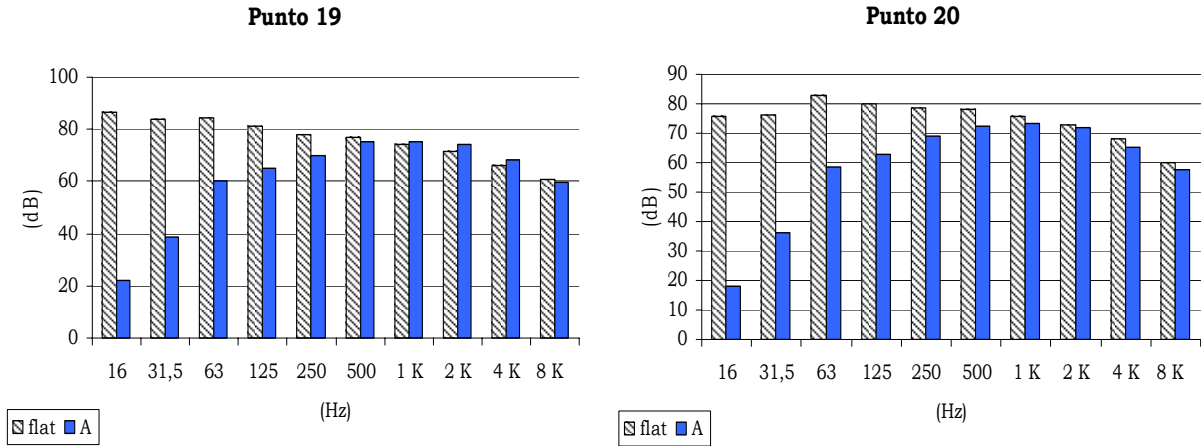


Punto 18



Fuente: Elaboración Propia

Grafica N° 4.11



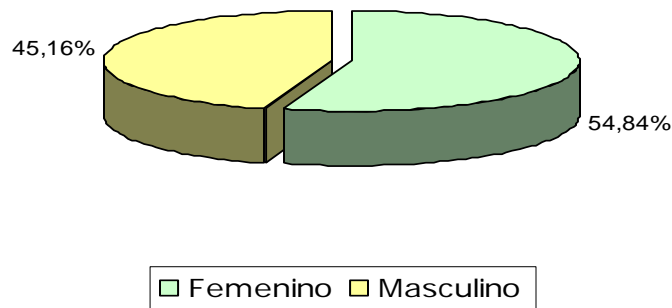
Fuente: Elaboración Propia

4.2 RESULTADOS ENCUESTAS

Una vez determinado el punto en el cual se desarrollara todo el análisis se llevo a cabo la encuesta a una muestra de la población que habita el sector, que en total fueron 310 personas, y los resultados arrojados son los siguientes.

Grafica N° 4.12

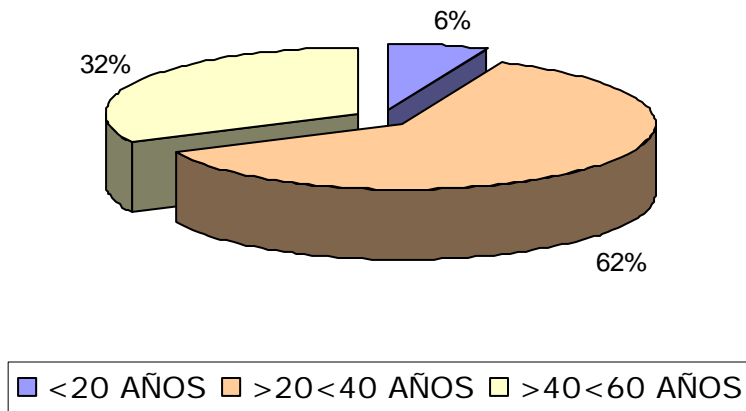
POBLACION ENCUESTADA



Fuente: Elaboración Propia

Grafica N° 4.13

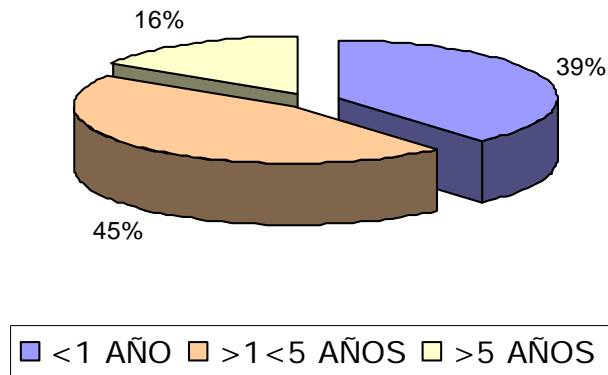
EDADES DE POBLACION ENCUESTADA



Fuente: Elaboración Propia

Grafica N° 4.14

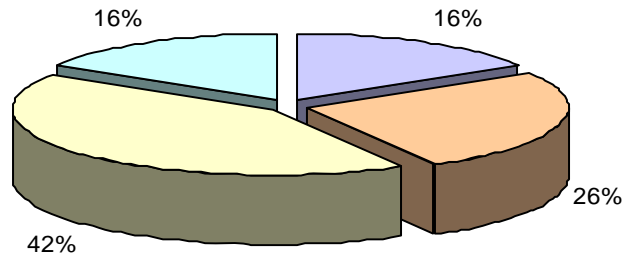
TIEMPO DE RESIDENCIA EN ZONA AFECTADA



Fuente: Elaboración Propia

Grafica N° 4.15

SENSIBILIDAD AL RUIDO

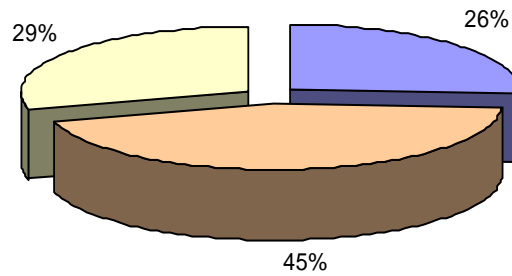


Insensible Poco Sensible Sensible Muy Sensible

Fuente: Elaboración Propia

Grafica N° 4.16

CALIDAD SONORA DEL ENTORNO

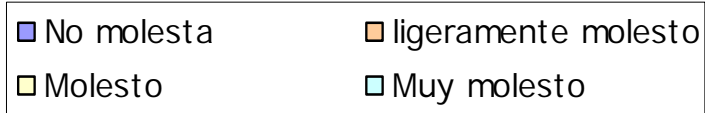
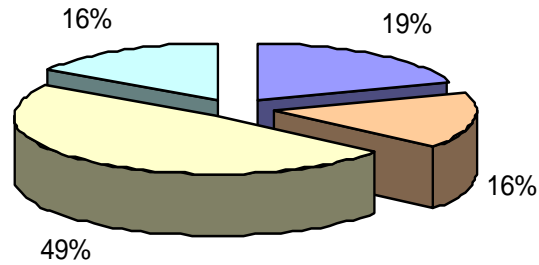


Bueno Regular Mala

Fuente: Elaboración Propia

Grafica N° 4.17

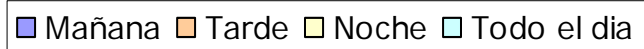
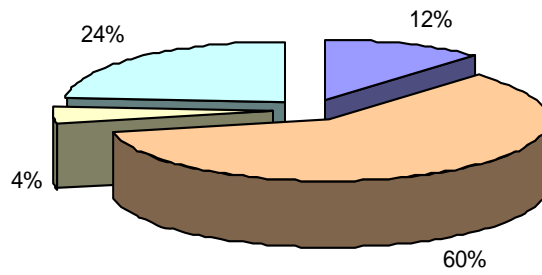
RUIDO AL QUE SE ENCUENTRA SOMETIDO



Fuente: Elaboración Propia

Grafica N° 4.18

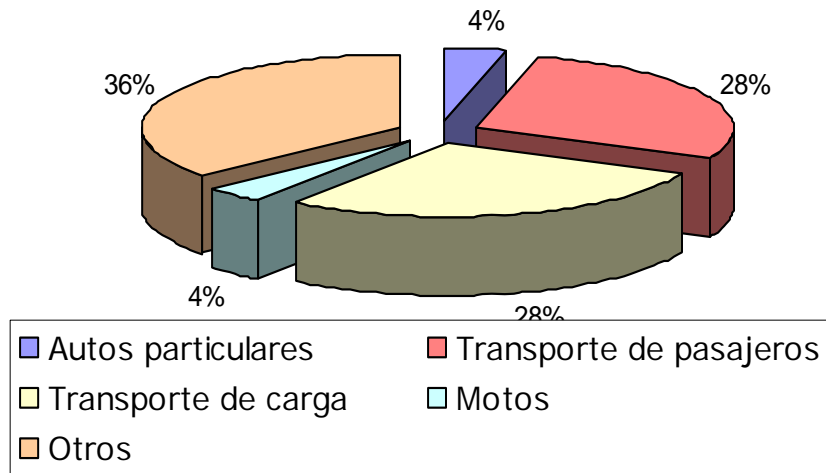
HORARIOS DE MAYOR MOLESTIA



Fuente: Elaboración Propia

Grafica N° 4.19

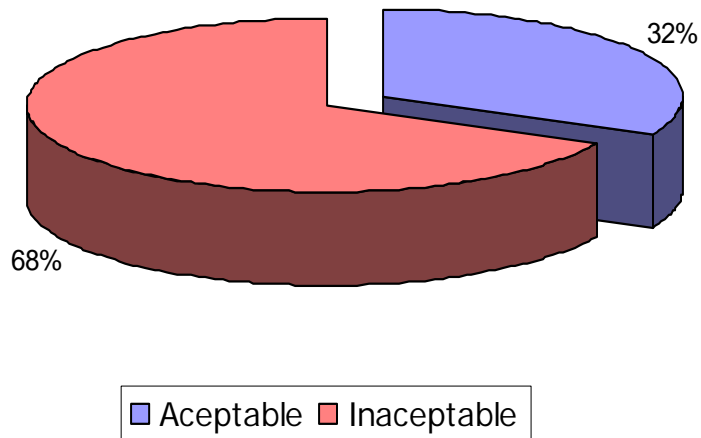
PRINCIPAL CAUSA DE GENERACION DEL RUIDO



Fuente: Elaboración Propia

Grafica N° 4.20

SITUACION ACTUAL DE LA ZONA



Fuente: Elaboración Propia

4.2.1 Análisis de resultados encuestas.

De las encuestas realizadas en la zona de Soacha se pueden resaltar las siguientes conclusiones:

- El 55% de la población encuestada es de sexo masculino.
- El 62% de la población encuestada se encuentra en un rango de edad entre 20 y 40 años, el 32% es mayor de 40 años y el 6% menor de 20 años, lo cual indica que en la mayoría de la población cuenta con un rango de audición normal, sin los efectos de la presbiacucia que es lo que normalmente se establece para este rango de edades.
- El 45% de la población encuestada habita en la zona estudiada en un rango de 1 a 5 años, lo cual indica que dicha población no se encuentra del todo habituada al ruido producido por la autopista.
- El 58% de la población se considera entre sensible y muy sensible a los efectos del ruido producido por la autopista sur.
- El 45% de la población encuestada considera que la situación de la zona estudiada es regular, y el 29% que la situación es mala.
- El 65% de la población estudiada considera que el ruido al que se encuentra sometido diariamente es molesto.
- El 72% de la población considera que los mayores niveles de ruido se generan en las horas diurnas, por otra parte solo el 4% piensa que los mayores niveles de ruido se producen en horas de la noche, razón por la cual el proyecto se enfoca en realizar mediciones en las horas del día.
- El 60% de la población encuestada indica que la mayor fuente de ruido de esta zona es el transporte, en el cual se encuentran involucrados los vehículos de transporte público, de carga y el particular, por su parte el 36% de la población expresa que las fuentes de ruido son otras diferentes, siendo estas personas las que mas tiempo llevan viviendo en el lugar.
- El 68% de la población dice que el nivel de ruido es inaceptable y afecta su calidad de vida.

4.3 MEDICIONES PARA EFECTO DE COMPARACION.

El desarrollo de esta parte del proyecto se enfoca a realizar mediciones en tramos con características similares a la zona estudiada y en las cuales se encuentre en funcionamiento el sistema TRANSMILENIO, esto con el fin de comparar los niveles de ruido que genera el mismo y de esta manera dar un diagnostico lo mas acertado posible de la situación que pueda llegar a generarse en el futuro en la zona que se encuentra en estudio.

Con el fin de encontrar un tramo de TRANSMILENIO el cual tenga características similares a las de la zona de estudio (Soacha), se tuvo en cuenta las diferentes variables que se encuentran en dicha zona como son: Flujo vehicular, zonas comerciales y residenciales, presencia de transporte de carga, presencia de transporte público, dimensiones del área (numero de carriles), altura de las viviendas y densidad de población de la zona.

Después de evaluar todas las variables mencionadas en tramos donde el sistema de TRANSMILENIO se encuentra en funcionamiento se llego a la conclusión de realizar mediciones en 2 trayectos, que están situados: el primero en la Av. ciudad de Cali en el sector de Patio bonito a la altura de la estación Biblioteca el tinal.

El segundo esta ubicado en la Av. Caracas en el sector de Restrepo a la altura de la estación Restrepo.

4.3.1 Puntos De Medición

Para decidir los puntos en los cuales se realizara la medición en los nuevos tramos de TRANSMILENIO se tuvo en cuenta la distribución de los puntos en los que se realizo la medición en la zona de estudio (Soacha), de esta manera se puede dar un diagnostico mas acertado acerca de la situación acústica futura de la

zona de estudio con los datos obtenidos en las nuevas zonas donde se realizaran mediciones.

4.3.2 Estabilización.

El proceso de estabilización de las mediciones tanto en Patio Bonito como en El Restrepo se realizo con los mismos parámetros a la estabilización realizada en Soacha.

Tabla N° 4.8

Patio Bonito				
	30 min	15 min	10 min	5 min
Leq "A"	80,8	80,2	82,3	83,2
Leq "Flat"	91,2	90,9	93,1	93,5

Tabla N° 4.9

Restrepo				
	30 min	15 min	10 min	5 min
Leq "A"	74,9	74,7	75,7	77
Leq "Flat"	88,6	88	89,1	90,5

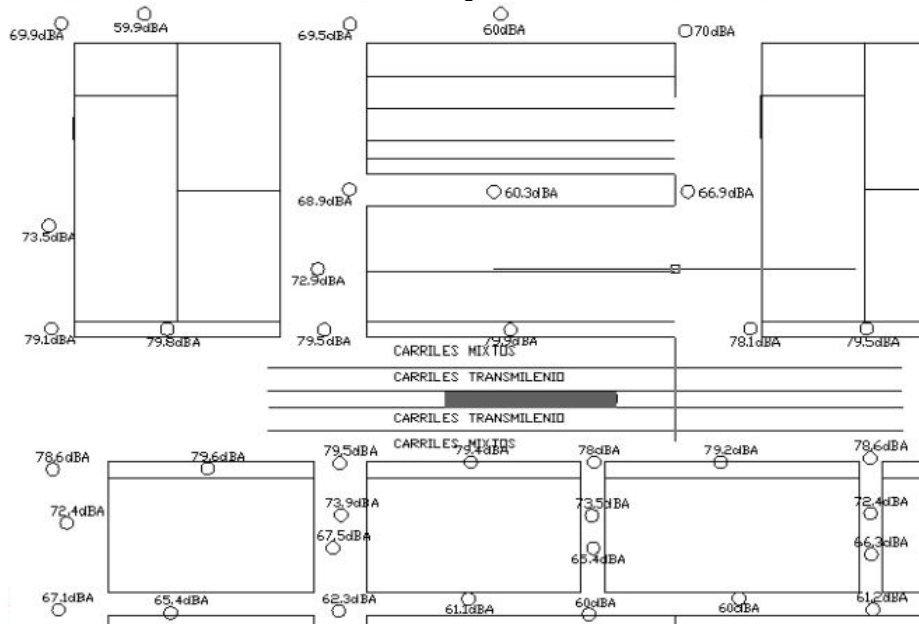
Con los datos obtenidos en las anteriores tablas y teniendo en cuenta que la diferencia de tolerancia no debe ser mayor de 2 dB, se pudo establecer que el tiempo en el cual se toma la medición como estabilizada es en los 15 minutos para Patio Bonito y 10 minutos para el Restrepo, es decir que midiendo durante estos intervalos de tiempo se pueden obtener valores significativos, sin necesidad de medir mayor cantidad de tiempo.

4.3.3 Medición en ponderación "A"

A continuación se presentan graficamente los puntos de medicion y los datos obtenidos de las mediciones realizadas en los tramos con características similares al trazado de estudio, las cuales se encuentran con ponderación "A".

Patio Bonito.

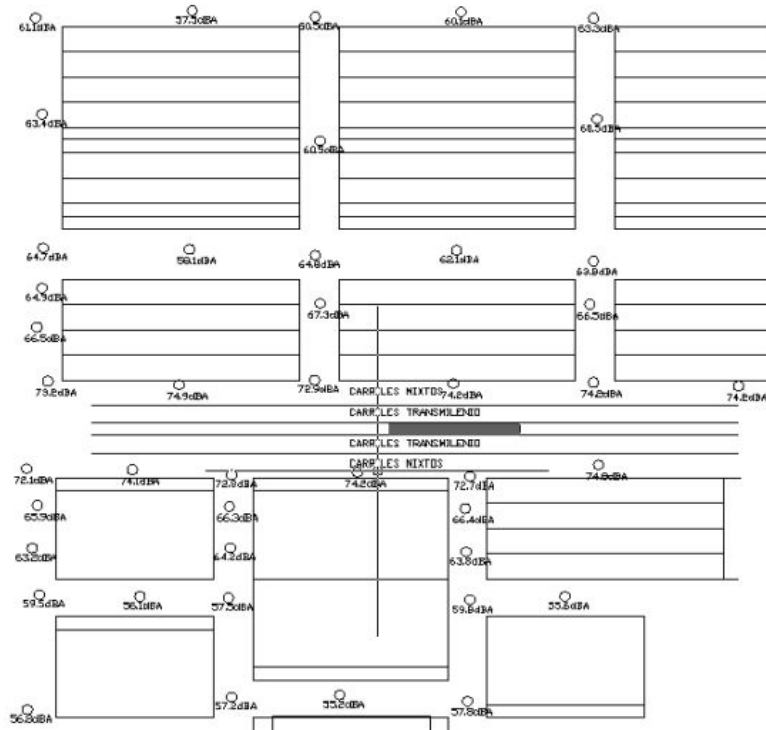
Grafica N° 4.21
Zona De Trabajo Patio Bonito



Fuente: Elaboración Propia

Restrepo.

Grafica N° 4.22
Zona De Trabajo Restrepo

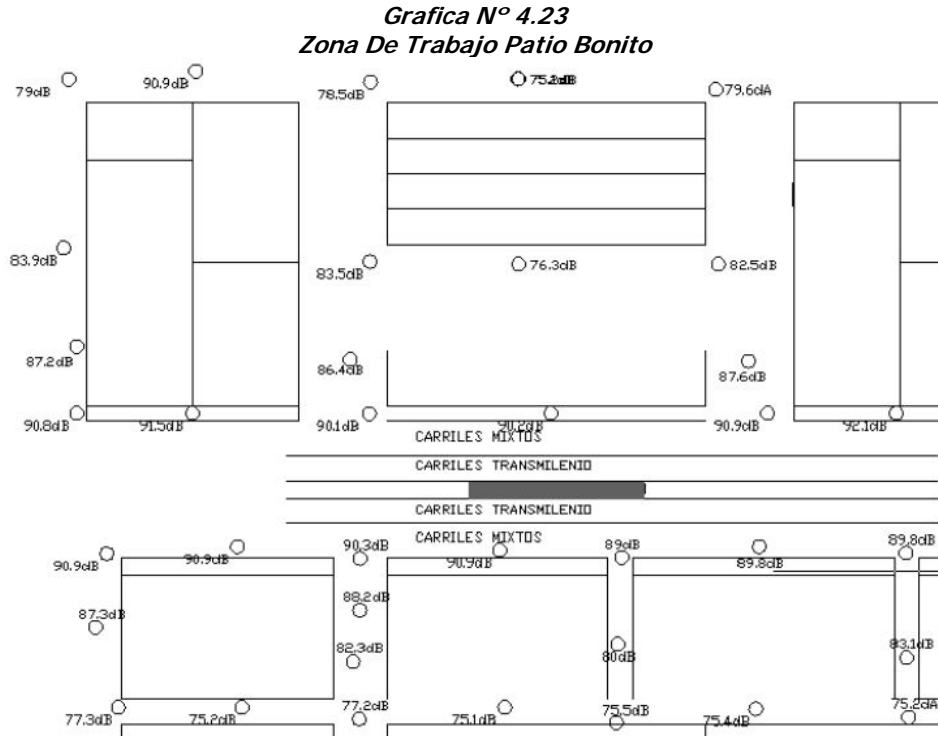


Fuente: Elaboración Propia

4.3.4 Medición en “FLAT”

Las graficas que se presentan a continuación indican los puntos de medición y los datos obtenidos en los tramos con características similares al trazado de estudio, las cuales se encuentran en “FLAT”.

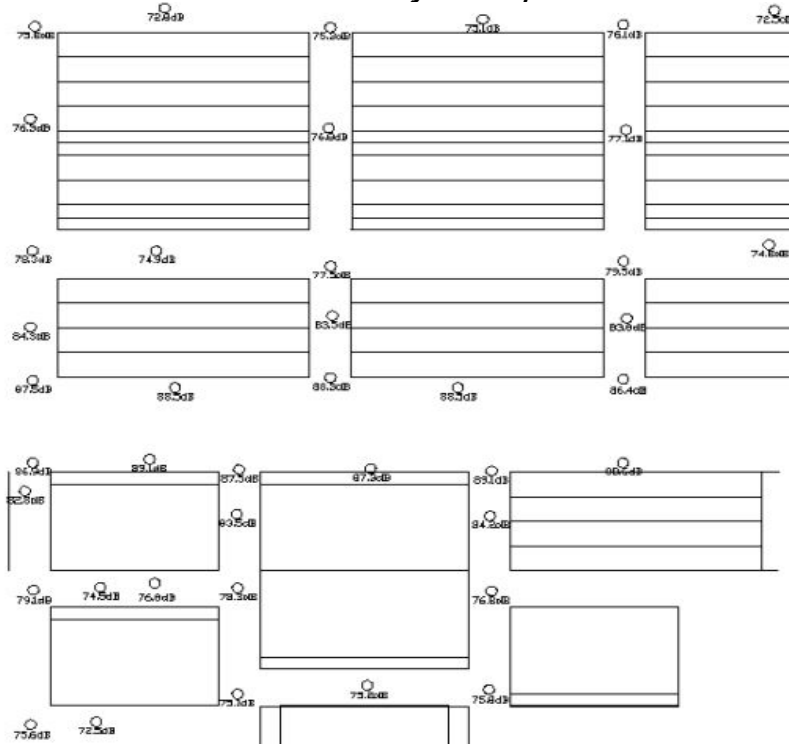
Patio Bonito.



Fuente: Elaboración Propia

Restrepo.

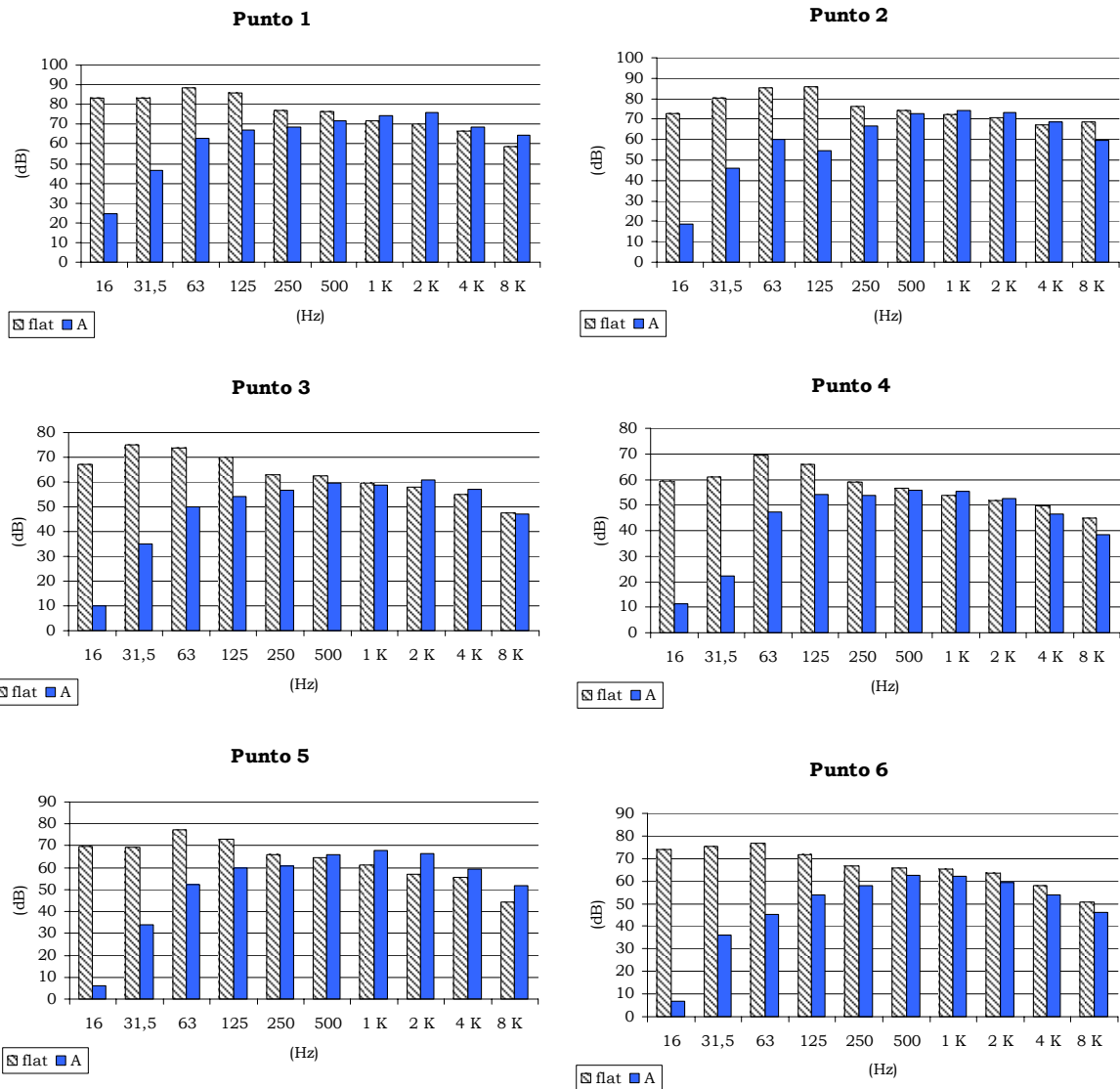
Grafica N° 4.24
Zona De Trabajo Restrepo



Fuente: Elaboración Propia

4.3.5 Análisis espectral de los puntos de medición de Patio Bonito.

Grafica N° 4.25



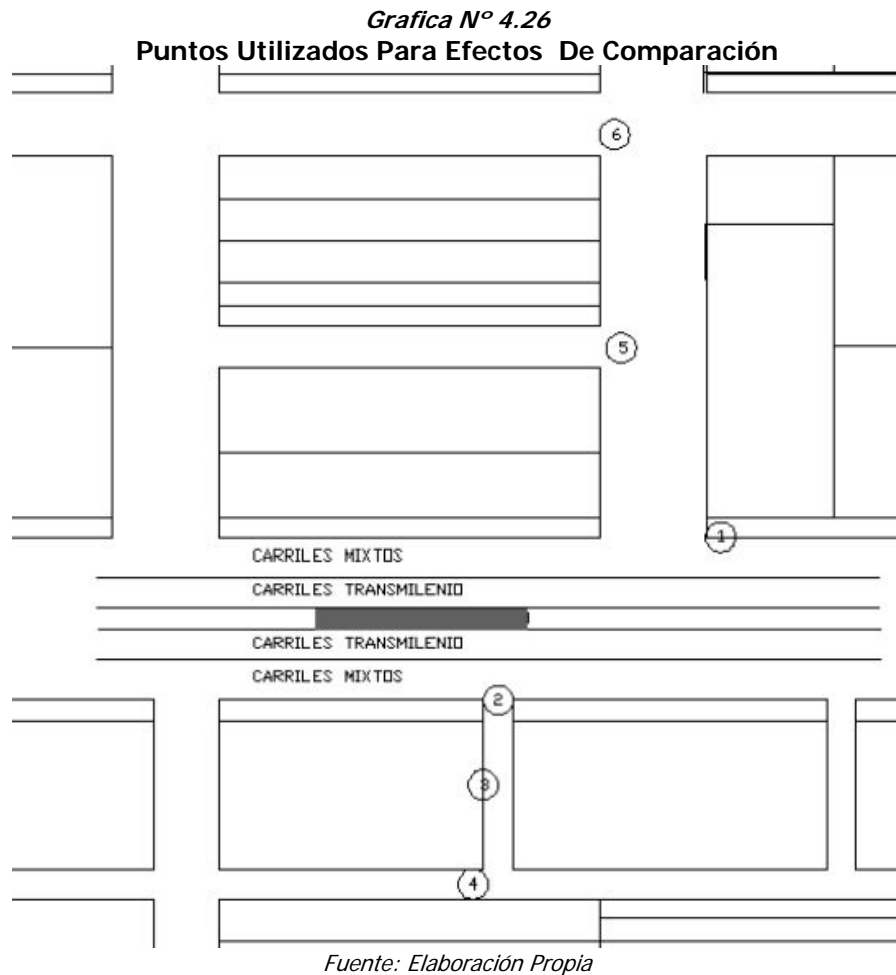
Fuente: Elaboración Propia

4.3.6 Análisis mediciones patio bonito.

La distribución de estos 6 puntos de medición es la siguiente:

- Puntos 1 y 2 a los costados de la vía.
- Puntos 3 y 5 a una cuadra de distancia de la avenida por calles perpendiculares.

- Puntos 4 y 6 a 2 cuadras de distancia de la avenida por calles perpendiculares.



Nota: Para efectos de este análisis son empleados 6 puntos de medición, ubicados sobre las calles más semejantes a la zona de Soacha y perpendiculares a la avenida de interés los demás se pueden analizar en el respectivo mapa de ruido.

La zona de Patio Bonito es el sector que más se asemeja a las características del municipio de Soacha por el flujo de transporte público, transporte de carga, zona comercial y en las dimensiones de las calles en general, por esta razón se escogió el sector. Además de esto se encuentra en funcionamiento el sistema de

transporte TRANSMILENIO, que es el objetivo primordial del desarrollo de este proyecto.

En los puntos ubicados sobre los costados de la avenida por donde transita TRANSMILENIO (Av. Ciudad de Cali), es decir 1 y 2, las mediciones con respuesta plana FLAT arrojaron los siguientes resultados para bajas frecuencias: se encuentran en un rango entre 70dB y 90dB observándose un cambio brusco para cada una de las bandas de octava de 16Hz-31.5Hz-63Hz y 125Hz, para las frecuencias medias ubicadas en las bandas de 250Hz-500Hz y 1KHz, el comportamiento del ruido se encuentra entre 70dB y 75dB y no presentan grandes variaciones en las tres bandas mencionadas anteriormente. De la misma forma para frecuencias altas, agrupadas en las bandas de 2KHz-4KHz y 8KHz, se encuentran en un rango entre 60dB y 70dB y al igual que las frecuencias medias no presentan grandes variaciones en las tres bandas mencionadas, lo cual quiere decir que para medias y altas frecuencias el comportamiento del ruido es constante en sus niveles de presión sonora.

Realizando mediciones en los puntos de medición 1 y 2 pero usando el filtro de ponderación A, los resultados que arrojaron las mediciones fueron los siguientes para frecuencias Bajas: se encuentran en un rango de 20dB y 60dB observándose un cambio brusco para cada una de las bandas de octava de 16Hz-31.5Hz-63Hz y 125Hz, siendo las dos primeras las de menor SPL aproximándose mas a 20dB y las dos ultimas con valores mas próximos a 60dB. Para las frecuencias medias ubicadas en las bandas de 250Hz-500Hz y 1KHz, el comportamiento del ruido se encuentra entre 65dB y 75dB y no presentan grandes variaciones en las tres bandas mencionadas anteriormente lo que indica que el comportamiento en estas bandas es más homogéneo. De la misma forma para frecuencias altas, agrupadas en las bandas de 2KHz-4KHz y 8KHz, se encuentran en un rango entre 65dB y 70dB y al igual que las frecuencias medias no presentan grandes variaciones en las tres bandas mencionadas teniendo una variación de 5dB lo que las hace mas

uniformes, esto indica que para medias y altas frecuencias el comportamiento del ruido es constante en sus niveles de presión sonora.

Para los puntos 3 y 5 los cuales se encuentran a una cuadra de distancia a partir de los costados de la vía, las mediciones que se realizaron con respuesta plana FLAT para frecuencias bajas, dieron como resultado: los valores medidos oscilan entre 65dB y 75dB para cada una de las bandas de octava, observándose que a diferencia de los puntos 1 y 2 su comportamiento es más uniforme. Para las frecuencias medias, las variaciones en las mediciones de ruido se encuentran entre 60dB y 65dB y no presentan grandes variaciones en las bandas mencionadas, comparándolos con los puntos 1 y 2 en estas mismas bandas de frecuencia existe una reducción de 10 dB. De la misma forma para frecuencias altas, se encuentran en un rango entre 45dB y 70dB y a diferencia de los puntos 1 y 2 existe una diferencia considerable, específicamente en la banda de 8 KHz.

En estos mismos puntos de medición pero usando el filtro de ponderación A, los resultados de las mediciones fueron los siguientes, en el rango de frecuencias bajas: varían entre los valores de 5dB y 60dB observándose un cambio brusco para cada una de las bandas de octava entre 16Hz y 125Hz, siendo notable la diferencia que existe en la banda de 16 Hz con relación a los puntos 1 y 2 producida por la distancia. Para las frecuencias medias, las variaciones de los niveles de ruido se encuentran entre 60dB y 70dB, la cual no presenta grandes variaciones, solo que el nivel se reduce en la misma proporción (5dB) con relación a los puntos 1 y 2 lo que indica que el comportamiento en estas bandas de frecuencia es más homogéneo. De la misma forma para frecuencias altas, los cambios en nivel de ruido se encuentran en un rango entre 45dB y 60dB y a diferencia de los puntos 1 y 2 existe una diferencia considerable, específicamente en la banda de 8 KHz.

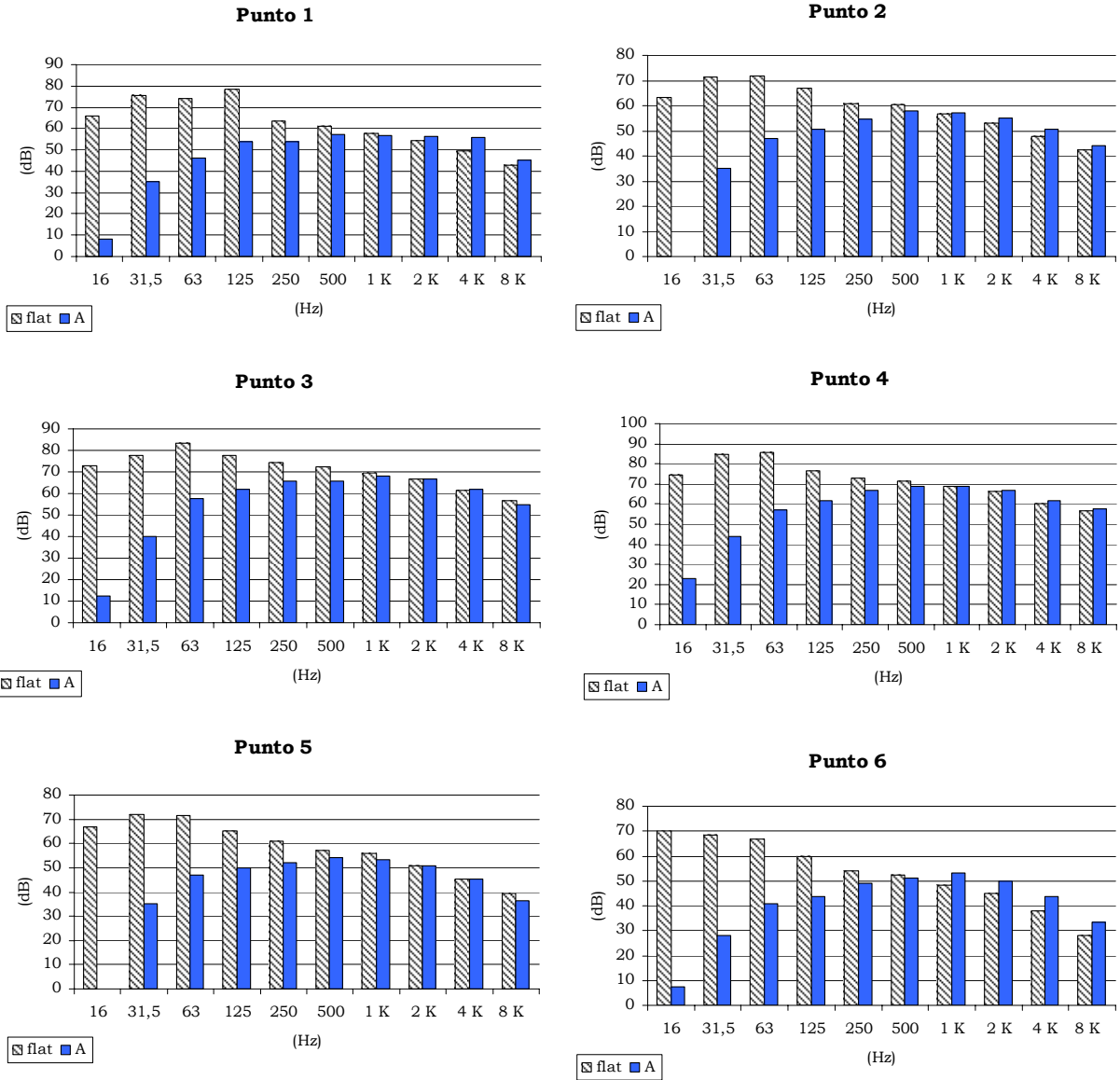
Para los puntos 4 y 6 ubicados dos cuerdas de distancia a partir de los costados la vía, en las mediciones realizadas con respuesta plana FLAT se puede observar en bajas frecuencias: los datos se encuentran en un rango entre 60dB y 75dB para cada una de las bandas de octava, observándose una disminución de SPL con respecto a los puntos 1, 2, 3 y 5, las variaciones son de 15dB en las bandas de 16Hz y 31.5Hz. Para las frecuencias medias, el comportamiento del ruido se encuentra entre 60dB y 65dB y no presentan grandes variaciones, comparándolos con los puntos 1, 2, 3 y 5, existe una disminución entre 5dB y 10dB originada por la distancia y las barreras que representan las viviendas. De la misma forma para frecuencias altas, los datos se encuentran en un rango entre 45dB y 60dB y se observa una diferencia con respecto a los puntos 3 y 5 pero considerables comparados con los puntos 1 y 2.

En los mismos puntos de medición pero usando el filtro de ponderación A, los resultados que arrojaron las mediciones fueron los siguientes para frecuencias Bajas: se encuentran en un rango de 5dB y 55dB observándose un cambio brusco para cada una de las bandas de octava, siendo 16Hz y 31,5Hz las de menor SPL aproximándose mas a 5dB, y presentando variaciones de 15dB, por su parte las bandas de 63Hz y 125Hz son las que presentan valores mas próximos a 55dB. Para las frecuencias medias, el comportamiento del ruido se encuentra entre 55dB y 60dB y no presentan grandes variaciones, comparándolos con los puntos 1, 2, 3 y 5 existe una disminución entre 5dB y 10dB originada por la distancia y las barreras que representan las viviendas. De la misma forma para frecuencias altas, se encuentran en un rango entre 40dB y 55dB y se observa una diferencia de 5dB con respecto a los puntos 3 y 5 pero 15dB comparados con los puntos 1 y 2.

Los anteriores análisis fueron extraídos de la *gráfica N° 4.25*.

4.3.7 Análisis espectral de los puntos de medición del Restrepo.

Grafica N° 4.27

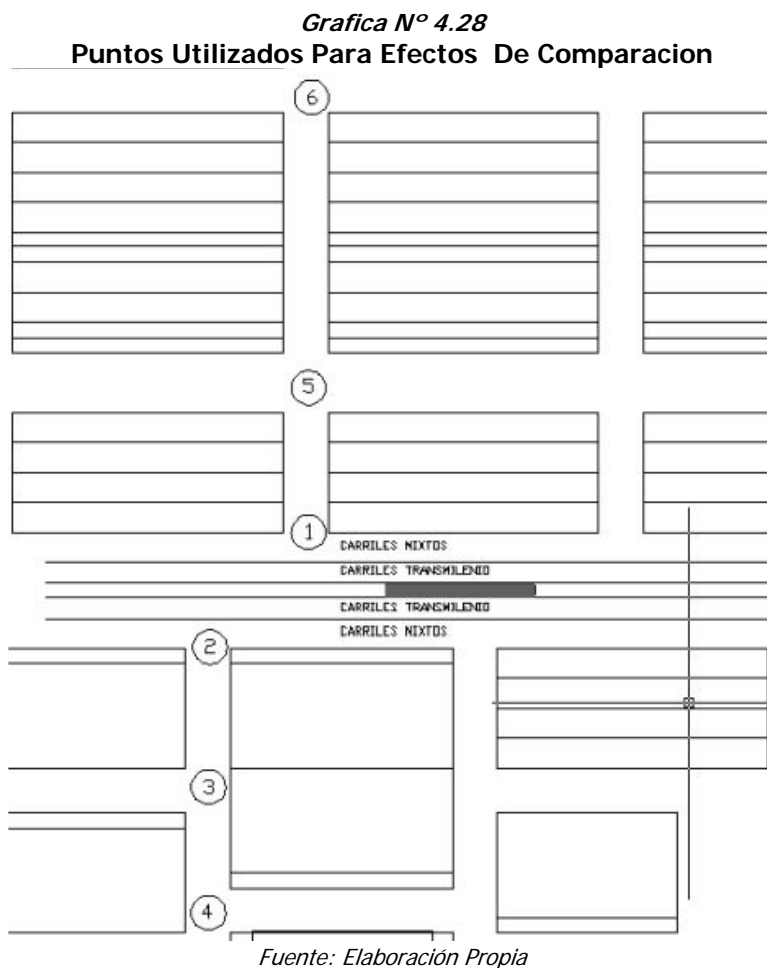


Fuente: Elaboración Propia

4.3.8 Análisis mediciones Restrepo.

La distribución de estos 6 puntos de medición es la siguiente:

- Puntos 1 y 2 a los costados de la vía.
- Puntos 3 y 5 a una cuadra de distancia de la avenida por calles perpendiculares.
- Puntos 4 y 6 a 2 cuadras de distancia de la avenida por calles perpendiculares.



Nota: Para efectos de este análisis son empleados 6 puntos de medición, ubicados sobre las calles más semejantes a la zona de Soacha y perpendiculares a la avenida de interés los demás se pueden analizar en el respectivo mapa de ruido.

La zona de Restrepo también se asemeja a las características del municipio de Soacha por la distribución de sus casas y por el tipo de construcciones que se encuentran en el lugar, la zona comercial y en las dimensiones de las calles en general. Por otra parte el flujo de transporte público de buses no existe en esta zona solo los buses de Transmilenio prestan este servicio, el transporte de carga no circula por esta zona y al no ser estas características las que se presentan en Soacha, para el desarrollo de este proyecto sirve ya que se tiene una situación en la que solo el Transmilenio y los vehículos particulares son la fuente de ruido principal por esta razón se escogió el sector. Además de esto al estar en funcionamiento el sistema de transporte TRANSMILENIO, ayuda a cumplir el objetivo primordial del desarrollo de este proyecto.

En los puntos ubicados sobre los costados de la avenida es decir 1 y 2, las mediciones con respuesta plana FLAT arrojaron los siguientes resultados para bajas frecuencias: se encuentran en un rango entre 60dB y 75dB observándose un comportamiento uniforme para cada una de las bandas de octava de 16Hz-31.5Hz-63Hz y 125Hz, para las frecuencias medias ubicadas en las bandas de 250Hz-500Hz y 1KHz, el comportamiento del ruido se encuentra entre 55dB y 60dB y no presentan grandes variaciones en las tres bandas mencionadas anteriormente. De la misma forma para frecuencias altas, agrupadas en las bandas de 2KHz-4KHz y 8KHz, se encuentran en un rango entre 60dB y 70dB y al igual que las frecuencias medias no presentan grandes variaciones en las tres bandas mencionadas, lo cual quiere decir que para medias y altas frecuencias el comportamiento del ruido es constante en sus niveles de presión sonora.

En los mismos puntos de medición pero usando el filtro de ponderación A, los resultados que arrojaron las mediciones fueron los siguientes para frecuencias Bajas: se encuentran en un rango de 5dB y 50dB observándose un cambio brusco para cada una de las bandas de octava, siendo la de 63Hz la de menor SPL aproximándose a 5dB y 31,5Hz, 63Hz y 125Hz presentando valores mas próximos a 50dB. Para las frecuencias medias, el comportamiento del ruido se encuentra

entre 50dB y 55dB y no presentan grandes variaciones en las bandas, con lo cual se puede ver que el comportamiento en estas bandas de frecuencia es más homogéneo. De la misma forma para frecuencias altas, se encuentran en un rango entre 40dB y 55dB y al igual que las frecuencias medias no presentan variaciones lo que las hace mas uniformes.

Para los puntos 3 y 5 los cuales se encuentran a una cuadra de distancia a partir de los costado la vía, las mediciones con respuesta plana FLAT arrojaron los siguientes resultados para bajas frecuencias: se encuentran en un rango entre 65dB y 80dB para las bandas de octava, observándose que a diferencia de los puntos 1 y 2 su comportamiento es mas uniforme. Para las frecuencias medias, el comportamiento del ruido se encuentra entre 55dB y 70dB y no presentan grandes variaciones, comparándolos con los puntos 1 y 2 en estas mismas bandas de frecuencia existe una reducción de 10 dB. De la misma forma para frecuencias altas, se encuentran en un rango entre 50dB y 70dB y a diferencia de los puntos 1 y 2 existe una diferencia considerable.

Realizandomediciones en los puntos de medición 3 y 5 pero usando el filtro de ponderación A, los resultados que arrojaron las mediciones fueron los siguientes para frecuencias Bajas: se encuentran en un rango de 5dB y 55dB observándose un cambio brusco, siendo notable la diferencia que existe en la banda de 16 Hz, con relación a los puntos 1 y 2 el nivel aumenta debido a que existe una vía de circulación. Para las frecuencias medias, el comportamiento del ruido se encuentra entre 50dB y 65dB y no presentan grandes variaciones, solo que el nivel aumenta en la misma proporción (5dB) con relación a los puntos 1 y 2, pero en general el comportamiento en estas bandas de frecuencia es más homogéneo. De la misma forma para frecuencias altas, se encuentran en un rango entre 50dB y 65dB y a diferencia de los puntos 1 y 2 existe una diferencia considerable, de alrededor de 10dB.

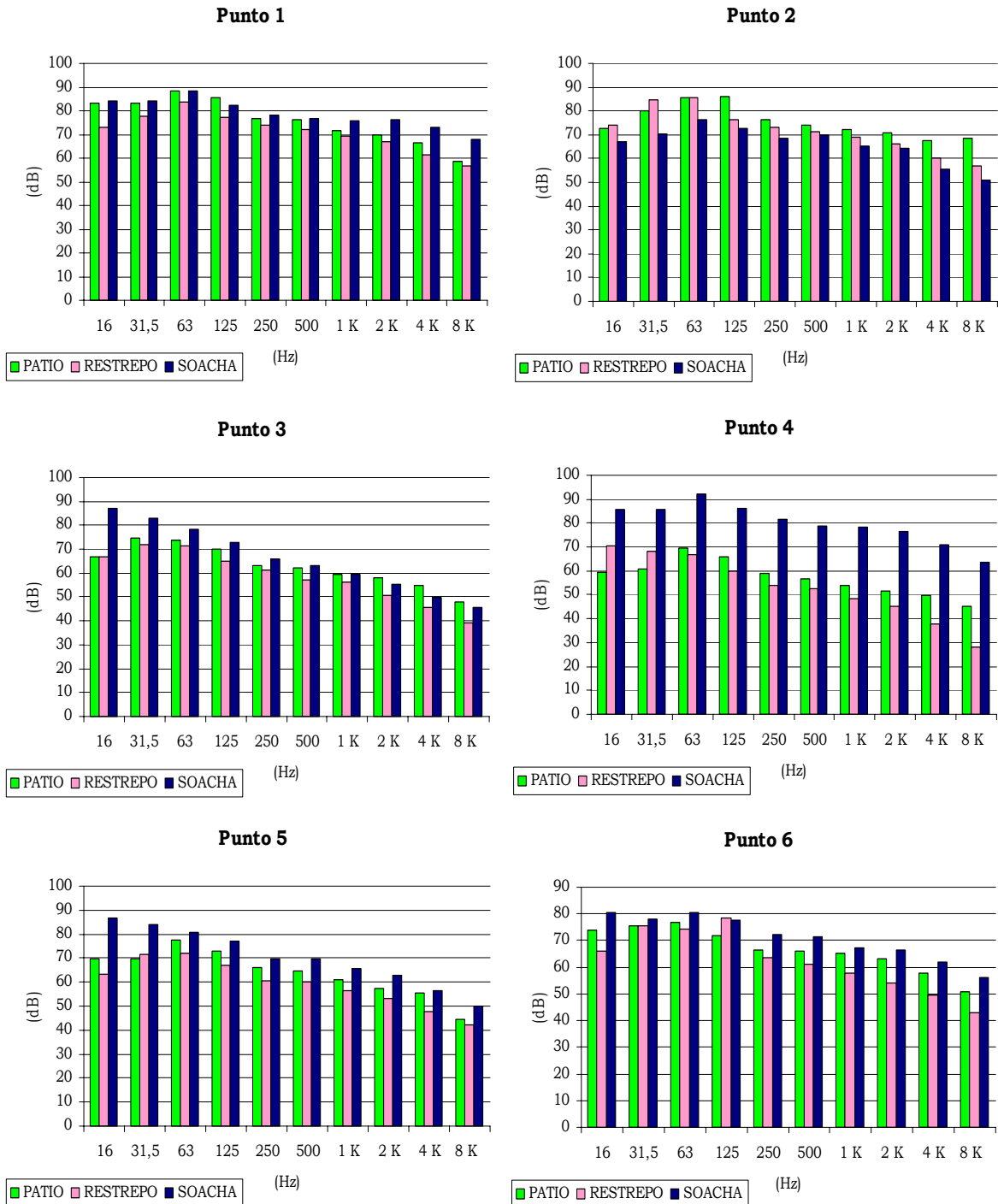
Para los puntos 4 y 6 los cuales se encuentran a dos cuadras de distancia, las mediciones con respuesta plana FLAT arrojaron los siguientes resultados para bajas frecuencias: se encuentran en un rango entre 65dB y 70dB, observándose un disminución de SPL con respecto a los puntos 1, 2, 3 y 5 las variaciones son de 5dB a 10dB en general. Para las frecuencias medias, el comportamiento del ruido se encuentra entre 55dB y 60dB, comparándolos con los puntos 1, 2, 3 y 5 existe una disminución entre 5dB y 10dB originada por la distancia y las barreras que representan las viviendas. De la misma forma para frecuencias altas, se encuentran en un rango entre 40dB y 50dB y se observa una diferencia con respecto a los puntos 3 y 5 pero considerables comparados con los puntos 1 y 2.

Después de realizadas las mediciones en los mismos puntos de medición pero usando el filtro de ponderación A, los resultados que arrojaron las mediciones fueron los siguientes para frecuencias Bajas: se encuentran en un rango de 5dB y 50dB, siendo 16Hz y 31,5Hz las de menor SPL aproximándose a 5dB con variaciones de 5 dB con respecto a los otros puntos de medición, por su lado 63Hz y 125Hz con valores más próximos a 50dB. Para las frecuencias medias, el comportamiento del ruido se encuentra entre 50dB y 55dB y no presentan grandes variaciones, comparándolos con los puntos 1, 2, 3 y 5 existe una disminución de 5dB - 10dB originada por la distancia y las barreras que representan las viviendas. De la misma forma para frecuencias altas, se encuentran en un rango entre 35dB y 50dB y se observa una diferencia respecto a los puntos 1, 2, 3 y 5 de alrededor de 5dB – 15dB.

Los anteriores análisis fueron extraídos de la *gráfica N° 4.27*.

4.3.9 Comparación espectral de los puntos de medición en los 3 sitios de estudio en FLAT por bandas de octava.

Grafica N° 4.29



Fuente: Elaboración Propia

4.3.10 Análisis mediciones de los tres sitios de estudio

De esta forma tenemos para los puntos 1 y 2 en la banda de 16Hz, se encuentran en un rango de 70dB – 80dB, para las tres zonas. En la banda de 31,5Hz, esta en un rango de 75dB – 80dB, con un comportamiento uniforme en las tres zonas. En 63Hz, el rango es de 80dB – 90dB, siendo esta la banda que presenta el mayor nivel con relación a las demás y en las tres zonas de estudio, en esta banda el nivel de Soacha es menor en 5dB aproximadamente. Para la banda de 125Hz, el rango es de 75dB – 85dB, en donde Patio Bonito tiene un nivel constante de 85dB, mientras que Restrepo y Soacha se encuentra entre 75dB y 80dB. En la banda de 250Hz, los niveles están entre 68dB y 75dB, siendo el nivel mas bajo para la zona de Soacha y para Patio bonito y Restrepo los valores más altos. Para 500Hz el rango se encuentra en valores entre 70dB y 75dB, en las tres zonas con comportamiento uniforme, en 1KHz los valores se encuentran ente 65dB y 75dB, siendo Soacha la zona que presenta las variaciones mas notorias en tanto que las otras dos zonas están con valores mas estables. Para 2KHz los valores oscilan entra 65dB y 75dB y de nuevo Soacha varia mas que las otras dos zonas de estudio. En 4KHz y 8KHz los valores tienen un comportamiento uniforme, con una diferencia entre bandas de 60dB y 75dB para la primera y 55dB y 65dB para la segunda.

Ahora para los puntos 3 y 5 en la banda de 16Hz, los valores varían entre 65dB – 85dB, donde Soacha presenta los mayores valores, las otras dos zonas están próximas al límite inferior del rango. Para 31,5Hz, el nivel fluctúa entre 70dB – 85dB, con un comportamiento uniforme para Patio Bonito y Restrepo hacia el límite inferior del rango y para Soacha el nivel también es constante pero mayor que el de las otras dos zonas. En la banda de 63Hz, el rango se encuentra entre 70dB y 80dB, además el comportamiento de las tres zonas empieza a ser mas uniforme ya que las diferencias entre si no superan los 5dB, pero Soacha sigue presentando mayores niveles. El comportamiento en la banda de 125Hz, el rango

es de 65dB – 75dB, en donde Restrepo tiene el nivel mas bajo con 65dB, mientras que Patio Bonito y Soacha se encuentra entre 70dB y 75dB. Para 250Hz y 500Hz, los niveles están entre 60dB y 70dB, siendo para Patio bonito y Soacha los valores más altos. En 1KHz los valores se encuentran ente 55dB y 65dB, siendo Soacha la zona que presenta las variaciones más notorias. Para 2KHz se presentan variaciones entre 50dB y 60dB, en la cual Soacha es la que presenta mayores variaciones. Para la banda de 4KHz los valores tienen un comportamiento uniforme alrededor de 45dB y 55dB, donde Patio Bonito y Soacha poseen los valores más altos. Para 8KHz el rango de valores esta en 40dB y 50dB y al igual que en la banda anterior Patio Bonito y Soacha poseen los valores más altos.

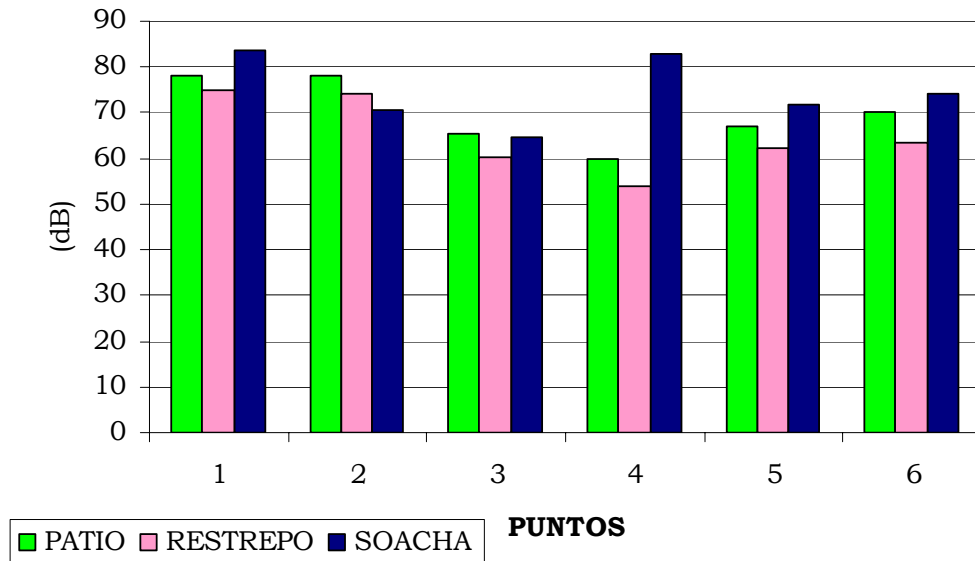
Por ultimo tenemos los puntos 4 y 6 en la banda de 16Hz, se encuentran en un rango de 60dB – 85dB, en donde Soacha presenta los mayores valores, en tanto que Patio Bonito es la de mayor variación. En la banda de 31,5Hz, esta en un rango de 60dB – 85dB, con variaciones muy similares para Patio Bonito y Restrepo. En 63Hz, el rango es de 70dB – 90dB, el comportamiento de las zonas Patio Bonito y Restrepo es más estable de modo que sus diferencias entre si no superan los 5dB, pero Soacha sigue siendo de mayor nivel. Para la banda de 125Hz, el rango es de 65dB – 85dB, Patio Bonito y Restrepo presentan un mayor cambio en sus niveles, Soacha es la de mayor nivel entre las tres. En las bandas de 250Hz y 500Hz, los niveles están entre 60dB y 75dB, siendo el nivel mas bajo para la zona de Restrepo y Patio bonito. En 1KHz los valores se encuentran ente 55dB y 75dB, siendo Patio Bonito y Restrepo las zonas que presentan las variaciones más notorias. Para 2KHz los valores oscilan entre 50dB y 75dB, de nuevo Soacha varia mas que las otras dos zonas de estudio. En 4KHz los valores tienen un comportamiento uniforme alrededor de 50dB y 70dB, donde Patio Bonito y Soacha poseen los valores más altos. En la banda de 8KHz el rango de valores esta en 35dB y 60dB y al igual que en la banda anterior Patio Bonito y Soacha poseen los valores más altos.

Los anteriores análisis fueron extraídos de la *grafica N° 4.29*.

4.3.11 Comparación de los puntos de medición en los 3 sitios de estudio con Leq A en 6 puntos de medición.

Grafica N° 4.30

Leq A



Fuente: Elaboración Propia

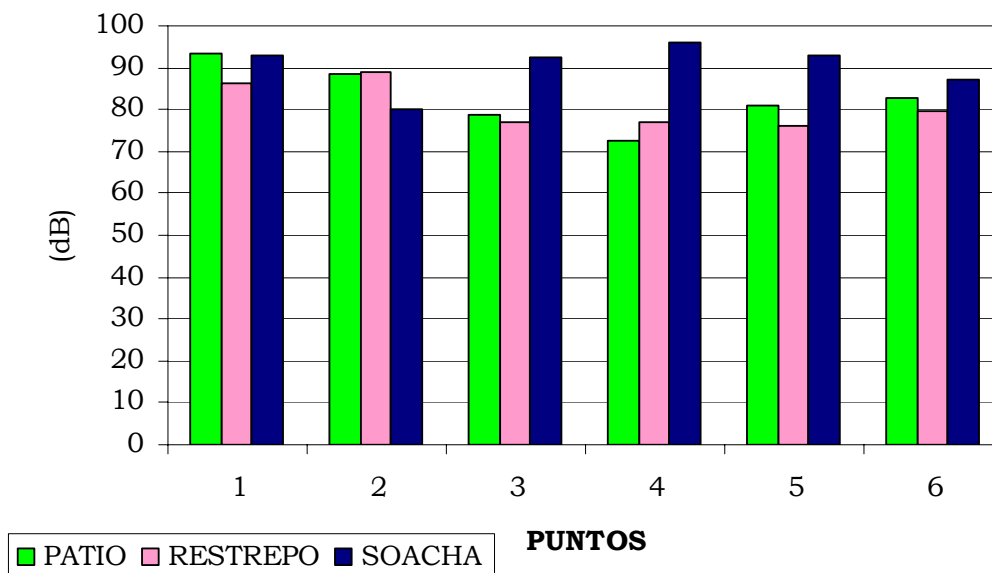
4.3.12 Análisis mediciones en los 3 sitios de estudio con Leq A.

En los resultados de las mediciones hechas en los puntos 1 y 2 con Leq A. se observa que para las zonas de Patio Bonito y el Restrepo los niveles permanecen estables entre 75dBA y 77dBA en cambio para Soacha el nivel varia de 70dBA a 82dBA según el costado de la vía. Para los puntos 3 y 4, los niveles para Patio Bonito fluctúan entre 60dBA y 65dBA dependiendo del costado en el cual se este midiendo, para Restrepo los valores cambian en la misma proporción pero 10dBA por debajo de los medidos en Patio Bonito, en Soacha la variación es de 65 dBA a 82dBA. Para los puntos 5 y 6, en Patio Bonito la variación no es superior a 5 dBA por lo que se puede decir que el nivel es de 70dBA, lo mismo sucede en Restrepo y Soacha, luego entonces se puede decir que los niveles son de 63dBA y 74dBA, respectivamente.

4.3.13 Comparación de los puntos de medición en los 3 sitios de estudio con Leq FLAT en 6 puntos de medición.

Grafica N° 4.31

Leq FLAT



Fuente: Elaboración Propia

4.3.14 Análisis mediciones en los 3 sitios de estudio con Leq FLAT.

Con las mediciones realizadas en los puntos 1 y 2 con Leq FLAT. Se observa que para las zonas de Patio Bonito y el Restrepo, los niveles permanecen estables en 93dB y 90dB respectivamente y para Soacha el nivel varía de 92dB a 80dB según el costado de la vía. Para los puntos 3 y 4, los niveles se encuentran distribuidos así, para Patio Bonito los niveles fluctúan entre 70dB y 79dB dependiendo del costado en el cual se está midiendo, para Restrepo los valores no cambian es decir que están en 77dB, en Soacha en nivel está en 92dB. Para los puntos 5 y 6, en Patio Bonito la variación no es superior a 5 dB por lo que se puede decir que el nivel es de 83dB, lo mismo sucede en Restrepo con 80dB, Soacha presenta los niveles de 88dB y 93dB.

En las graficas de las mediciones se puede observar claramente el efecto del filtro de ponderación A con respecto a FLAT, sobre todo en las bajas frecuencias esto se debe a que el filtro de compensación A hace un filtro que simula el comportamiento del oído humano que para poder percibir bajas frecuencias necesita niveles elevados de presión sonora y en cambio en medias frecuencias requiere de menor nivel de presión sonora, para altas frecuencias el efecto es similar a las bajas pero no con la misma intensidad.

Con los datos obtenidos de las mediciones por bandas de octava, anteriormente expuestas se puede concluir que la zona de Soacha presenta un gran contenido de bajas frecuencias, que es ocasionado por el constante trafico de vehículos de carga pesada, esto se evidencia con el análisis espectral hecho en la *grafica N° 4.29* en la cual para las bandas de octava centradas en 16Hz-31.5Hz-63Hz y 125Hz, tiene niveles de presión sonora elevados pues se encuentran en el orden de los 70dB y 90dB, es importante tener en cuenta que en esta zona el sistema de transporte TRANSMILENIO, todavía no se encuentra en funcionamiento y que los motores con los que los buses del sistema trabajan son muy similares a los de un camión de carga pesada, razón por la cual el nivel de ruido para estas frecuencias se incrementara. De la misma forma se analiza que la zona de Patio Bonito es la que le sigue con niveles de presión sonora de 70dB y 85dB, como ya se menciona anteriormente esta zona en la actualidad tiene presencia de transporte de carga y de buses de servicio publico pero no con el mismo trafico que tiene la Autopista Sur, además en esta zona existe una disminución de 5dB en el limite superior con relación a Soacha. Para Restrepo se observa como los niveles están en un rango de 65dB y 85dB, es decir que se encuentra 5dB por debajo de los rangos superior e inferior con relación a Soacha, hay que recordar que esta zona únicamente tiene presencia de Transmilenio y vehículos pequeños particulares y de taxis, el trafico de carros de carga pesada por esta vía de la ciudad es casi nula y se ve como el contenido en el rango de bajas frecuencia disminuye con relación a los obtenidos en Soacha.

De esta forma el análisis también se hace para las bandas de frecuencia centradas en 250Hz-500Hz y 1KHz, para las cuales en la zona de Soacha se obtuvo, un resultado en el cual se encuentran en un rango de 75dB y 88dB, quiere decir que con relación a las mediciones de bajas frecuencias la variación es de 2dB para el límite superior del rango y de 5dB por encima del límite inferior del rango visto para las bajas frecuencias que está entre 70dB y 90dB, esto indica que el comportamiento en medias frecuencias es más constante dependiendo de la distancia con que se mida en relación a la Autopista Sur. En la zona de Patio Bonito se obtuvieron los siguientes resultados, para estas mismas bandas de frecuencia, los niveles de presión sonora se encuentran en un rango de 60dB y 75dB, en este caso también influye la distancia a la que se está midiendo con relación a la Av. Ciudad de Cali, el comportamiento en estas bandas de frecuencia es uniforme, como se observó en Soacha, pero con un nivel más bajo de 15dB, producido por el bajo flujo de vehículos al no ser una vía de comunicación Nacional. Para el Restrepo el nivel de presión sonora se encuentra en un rango de 50dB y 65dB, es decir que la diferencia con relación a Soacha, para este caso es más notoria ya que su variación es de 15dB, efecto que se da debido al poco flujo vehicular con relación a Soacha y a la no circulación de buses de transporte público de igual forma en este caso también influye la distancia a la que se está midiendo con relación a la Av. Caracas.

En frecuencias altas centradas en las bandas de 2KHz-4KHz y 8KHz, para la zona de Soacha se obtuvo que el rango de frecuencias se encuentra entre 50dB y 70dB, al igual que en los casos anteriores influye la distancia a la que se está midiendo con relación a la Autopista Sur, en cada uno de los puntos de medición el comportamiento es uniforme, para estas frecuencias la atenuación es grande debida a las construcciones que se encuentran en el sector. En la zona de Patio Bonito, para este mismo rango de frecuencias los niveles fluctúan entre 45dB y 70dB, el comportamiento por cada punto es estable dependiendo de la distancia de medición con relación a la Av. Ciudad de Cali, también se observa que la

diferencia con relación a Soacha es de 5dB para el límite inferior del rango. Para el Restrepo el comportamiento del nivel de presión sonora esta en un rango de 30dB y 60dB, el comportamiento para cada punto de medición es constante dependiendo de la distancia a la Av. Caracas, con relación a las mediciones de Soacha la diferencia es de 20dB para el límite inferior del rango y de 10dB para el superior.

De las mediciones hechas en Leq A de las tres zonas de estudio se puede concluir que entre los tres sectores analizados (Soacha, Patio Bonito y Restrepo) con ponderación A, el nivel equivalente es mayor en la zona de Soacha, debido a que la Autopista Sur, como único eje vial de acceso a la ciudad por el sur occidente, se caracteriza por tener un volumen homogéneo de vehículos, en especial este es un sector en donde la congestión por ascenso y descenso de pasajeros es grande lo que hace que el nivel de presión sonora se incremente notoriamente. En las otras dos zonas de estudio el sistema de transporte TRANSMILENIO hace que el descenso y ascenso de pasajeros sea mas ordenado, razón por la cual los niveles que allí se presentan son menores a los registrados en Soacha, además el hecho de que por las avenidas donde circula Transmilenio no se permita el paso de otros buses de pasajeros, como en el caso de la avenida Caracas ó una disminución como es el caso de Patio Bonito, son factores que determinan la disminución del nivel del ruido de los mismos en comparación a los obtenidos en Soacha.

De la misma forma se puede ver en la *grafica N° 4.30* que aunque en el sector de Patio Bonito el nivel no es mayor a Soacha si es mayor que el del Restrepo, porque en este lugar no existe actualmente una restricción del tráfico de buses de servicio urbano, así mismo en Restrepo, los nivel que son los mas bajos de los tres, se puede concluir que el ruido producido por vehículos particulares, taxis y Transmilenio es alto sobre la avenida, al retirase de ella a una distancia de una cuadra ó dos el nivel disminuye en 10dB.

De la *grafica N° 4.31.* que son las mediciones realizadas en Leq FLAT, se concluye en general que para las tres zonas el nivel aumenta considerablemente, el comportamiento es análogo a los obtenidos en las mediciones de Leq A, pero con niveles mayores debido a que en estas no actúa el filtro de ponderación.

5. DESARROLLO INGENIERIL.

Teniendo en cuenta que los mapas de ruido que se realizan en su mayoría son desarrollados con el fin de demostrar una situación acústica existente, el desarrollo de este proyecto busca pronosticar una posible situación, realizando comparaciones con lugares similares, y donde las condiciones futuras de la zona de estudio ya se encuentran presentes, en este caso para la población de Soacha, a causa de la extensión del sistema de transporte público Transmilenio, de la misma forma se plantea un método con el cual se pueden desarrollar nuevos proyectos de este tipo que consta de las siguientes etapas:

- a. Reconocimiento y análisis de la zona.
 - b. Delimitación de la zona.
 - c. Encuesta a la población de la zona.
 - d. Levantamiento Arquitectónico de la zona
 - e. Ubicación de puntos de medición.
 - f. Elección del instrumental de medición.
 - g. Ubicación de zona (s) para efectos de comparación.
 - h. Efectuar las mediciones.
 - i. Extracción y organización total de datos.
 - j. Análisis y depuración de datos.
 - k. Realización de planos gráficos (mapas de ruido).
-
- a. Reconocimiento y análisis de la zona.

Es necesario un conocimiento físico y topográfico de la zona, de la misma forma hay que identificar correctamente los tipos de edificaciones de la zona, para poder

realizar una comparación eficaz y saber el uso del sector, si es residencial, comercial, industrial, o de tranquilidad y sobre todo tener conocimiento de aquellos sitios más sensibles al ruido como son escuelas, universidades, hospitales etc. Es necesario identificar las variaciones del terreno de la zona a evaluar, ya que grandes cambios de la topografía incurren en variaciones de la propagación del ruido, en algunos casos estas variaciones pueden ser útiles, o en algunos casos o pueden ser nocivas para la propagación del ruido, por lo general en la zonas urbanas no existen grandes variaciones topográficas, estas se presentan más a las afueras de las ciudades.

b. Delimitación de la zona.

Es necesario establecer desde un principio los límites de la zona a estudiar, en seguida se procede a evaluar la situación y determinar unos límites, en los cuales es necesario tener en cuenta la seguridad, las normas y los datos que se necesiten tomar, de tal manera que se efectúen mediciones en sitios donde realmente sea necesario, en los cuales el equipo de medición no corra peligro, y los datos registrados sean lo más verídicos posibles.

c. Encuesta a la población de la zona.

Una de las etapas más importantes en el desarrollo del proyecto es conocer la opinión de la población afectada, ya que no existiría ninguna razón para llevar a cabo las mediciones o análisis del nivel de ruido, si para la sociedad a nivel subjetivo no existe tal. La forma más práctica de conocer esto, es mediante la aplicación de una encuesta subjetiva, donde se elaboren preguntas específicas del ruido de la zona, las cuales nos darán a conocer si la sociedad percibe una gran molestia o no, de igual forma saber cuáles son las posibles causas del ruido que perciben, qué horarios son los más críticos. Estas preguntas deben estar bien elaboradas, se debe buscar alta colaboración por parte de la población, hacer la encuesta

sencilla y en unos términos claros para identificar los problemas que tiene la zona a nivel subjetivo.

d. Levantamiento Arquitectónico de la zona

Es importante para la ubicación de los puntos de medición y para la presentación de resultados realizar un levantamiento de la zona, este en muchos casos no es fácil de adquirir, pero es de suma importancia tener una referencia gráfica de la zona que se va a tratar tanto física como digitalmente. En lo posible este levantamiento se debe conseguir con las entidades gubernamentales, las cuales tienen la labor de realizar estos planos.

e. Ubicación de puntos de medición.

Para la elección y ubicación de los puntos de medición se debe tener en cuenta el tipo de análisis que se quiere realizar y el objetivo de la investigación, algunas sugerencias para la elección de los puntos pueden ser las siguientes:

- Ubicar algunos puntos cerca de la avenida ya que el ruido dominante es el que proviene de la circulación vehicular.
- Ubicar puntos por una grilla de tal manera que exista una referencia.
- Ubicar puntos dirigidos a fuentes de ruido específicas y a receptores específicos.
- Ubicar el sonómetro procurando incidencia normal de las ondas acústicas en el micrófono.
- Ubicar puntos adelante y atrás de barreras.

Es importante tener en cuenta que la ubicación de los puntos varía según la situación de cada zona, las fuentes de ruido y los receptores.

f. Elección del instrumental de medición.

En el momento de la elección del medidor sonoro lo más importante que se debe tener en cuenta es que sea de tipo 2 como mínimo requerimiento técnico, ya que un sonómetro de estas características cumple con las mínimas especificaciones técnicas de micrófono, filtros de octavas y tercios necesarios para estas mediciones.

g. Ubicación de zona (s) para efectos de comparación.

En esta etapa del proceso es necesario encontrar una zona de comparación que presente cualidades semejantes a las encontradas en la zona de estudio, dentro de estas cualidades se debe tener en cuenta la distribución de las calles y las dimensiones de las mismas, las viviendas y su tamaño, la presencia de vehículos de carga, de servicio urbano, intermunicipal y vehículos particulares.

h. Efectuar las mediciones.

Las mediciones de ruido de tráfico no se deben hacer cuando haya presencia de lluvia ya que las alteraciones de este fenómeno son altas. Para ruido de tráfico de vehículos se debe trazar un eje transversal a la vía sobre las calles o carreras que lo permitan. La altura del instrumento debe ser mayor de 1,2 metros, para esto el sonómetro debe ser ubicado sobre un trípode estándar, el observador o los observadores del instrumento deben estar a una distancia prudente a este. El instrumento de medición nunca debe estar cerca de ninguna superficie reflejante al menos en 2 metros, salvo que sea imposible. Antes de cada medición y después de ellas hay que realizar una calibración, de este modo se preservará la seguridad de los datos obtenidos.

i. Extracción y organización total de datos.

En lo posible es de gran ayuda para el desarrollo del proyecto que el medidor de nivel sonoro tenga incluido software para descargar los datos, estos deben ser extraídos en su totalidad al finalizar cada medición procurando así de no saturar la memoria del instrumento. La organización es importante porque según los parámetros medidos, los datos que se obtienen serán muchos y puede complicarse su manipulación, esta organización de datos en el computador puede realizarse en hojas de cálculo, las cuales ayudan a la manipulación y calculo de parámetros importantes para el análisis.

j. Análisis y depuración de datos.

El análisis de las mediciones depende únicamente del objetivo para el cual se realizaron y al tipo de mapa de ruido que se quiere desarrollar. Por lo general se utilizan los niveles Leq FLAT y Leq A para la graficación de algunos puntos de importancia para la zona, así mismo el análisis del comportamiento espectral por bandas de octavas, ya que estos son importantes para efectos de desarrollo del proyecto.

k. Realización de planos gráficos (mapas de ruido).

Mediante los conocimientos de dibujo técnico para modelar en planos la información obtenida, se pueden utilizar diferentes software de dibujo como por ejemplo Auto CAD y VectorWorks, entre otros, que ayudan a que la información de los niveles medidos sea mas clara y concisa.

Con la aplicación del método anteriormente descrito, se evaluaron las condiciones encontradas en las zonas de comparación, teniendo en cuenta las semejanzas y diferencias que estas presentan con relación a la zona de estudio y a la luz de los

análisis efectuados de las mediciones realizadas, se encontró que entre los factores que generan la mayor cantidad de ruido están el volumen de vehículos de todo tipo, esto es originado a que la Autopista Sur es el único eje vial de acceso a la ciudad de Bogota por el sur occidente y por ende se caracteriza por tener un flujo constante, pero primordialmente los buses de servicio urbano sumado a los de servicio intermunicipal y de carga pesada afectan de forma radical la calidad de vida de las personas del sector.

Teniendo en cuenta que la meta es encontrar una solución ingenieril al problema planteado, la solución que se propone para disminuir el nivel de ruido y mejorar la calidad de vida de los habitantes del sector, consiste en Restringir la circulación de buses de servicio Urbano. Dejando la vía para el sistema de transporte masivo de pasajeros Transmilenio, de la misma forma buscar vías alternas para el transporte de carga, reduciendo así el flujo de vehículos pesados en gran medida y para el transporte intermunicipal crear un terminal o portal que funcione de igual forma al de la Autopista Norte para destinos que tengan salida por esta vía.

En las siguientes graficas se puede ver los mapas de ruido de cada una de las zonas en las que se trabajo, y con la siguiente convención de colores:

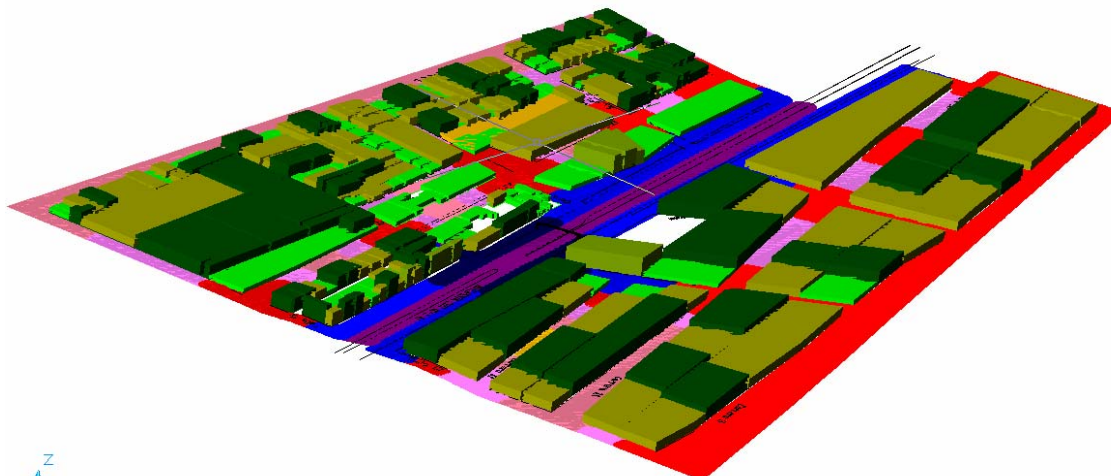
	95dB-100dB
	90dB-95dB
	85dB-90dB
	80dB-85dB
	75dB-80dB
	70dB-75dB
	65dB-70dB
	60dB-65dB
	55dB-60dB

Fuente: Elaboración Propia

5.1 MAPAS DE RUIDO

5.1.1 Mapa de ruido de Soacha con Leq A

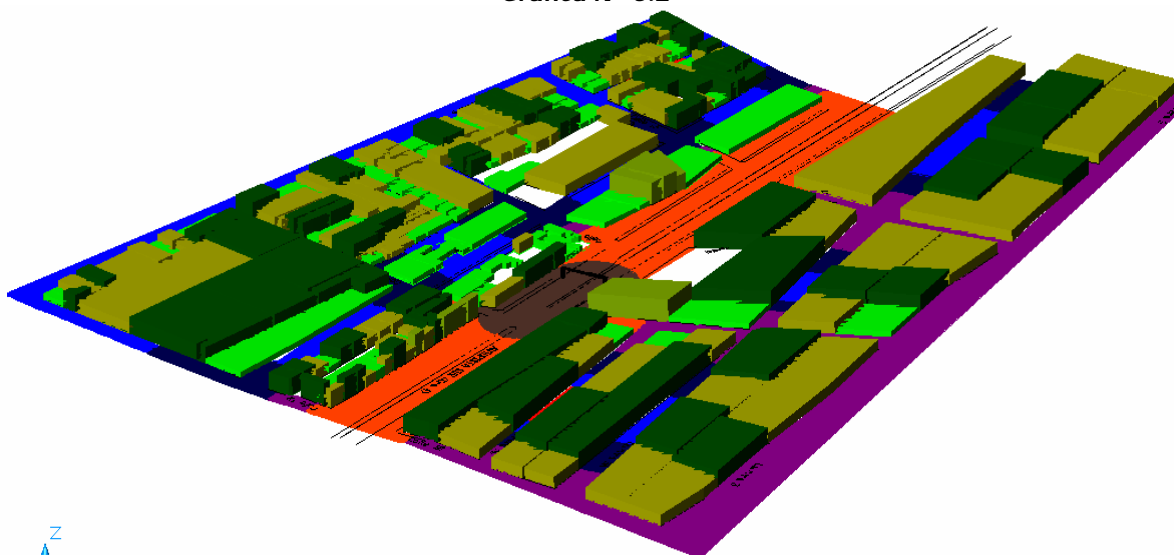
Grafica N° 5.1



Fuente: Elaboración Propia

5.1.2 Mapa de ruido de Soacha con Leq FLAT

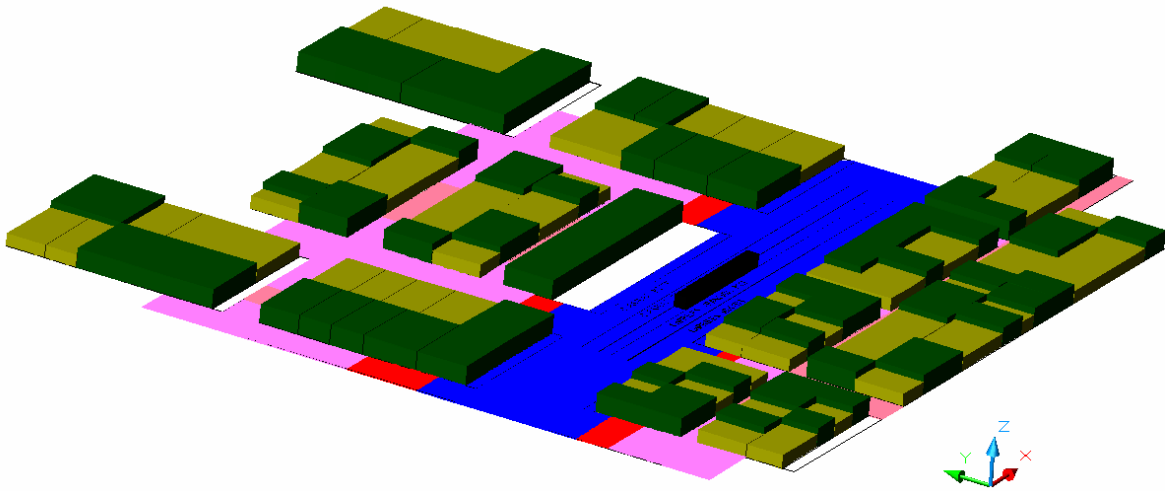
Grafica N° 5.2



Fuente: Elaboración Propia

5.1.3 Mapa de ruido de Patio Bonito con Leq A

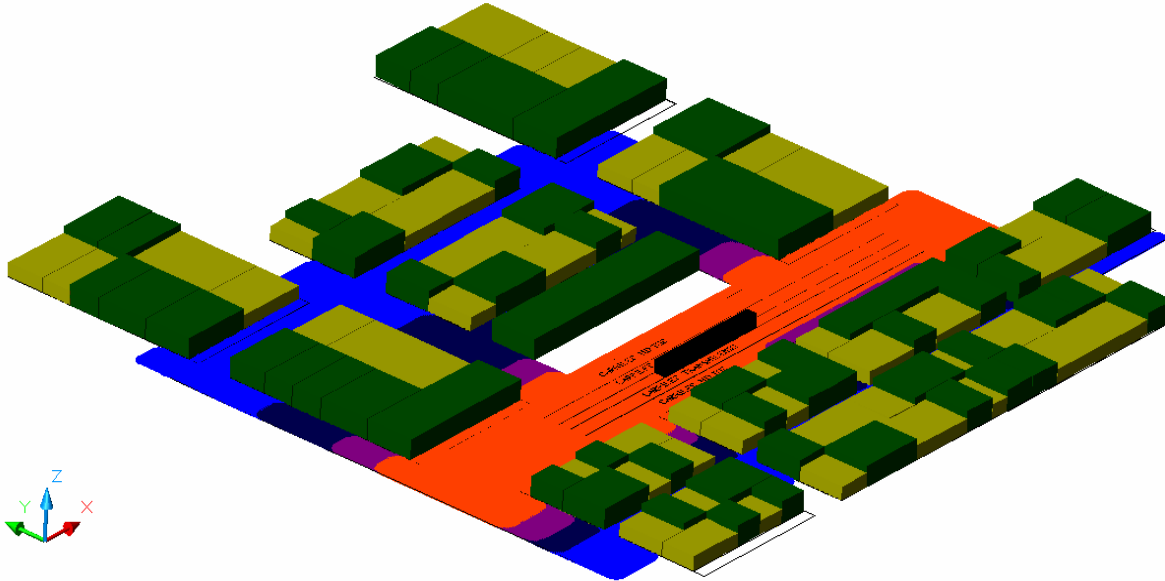
Grafica N° 5.3



Fuente: Elaboración Propia

5.1.4 Mapa de ruido de Patio Bonito con Leq FLAT

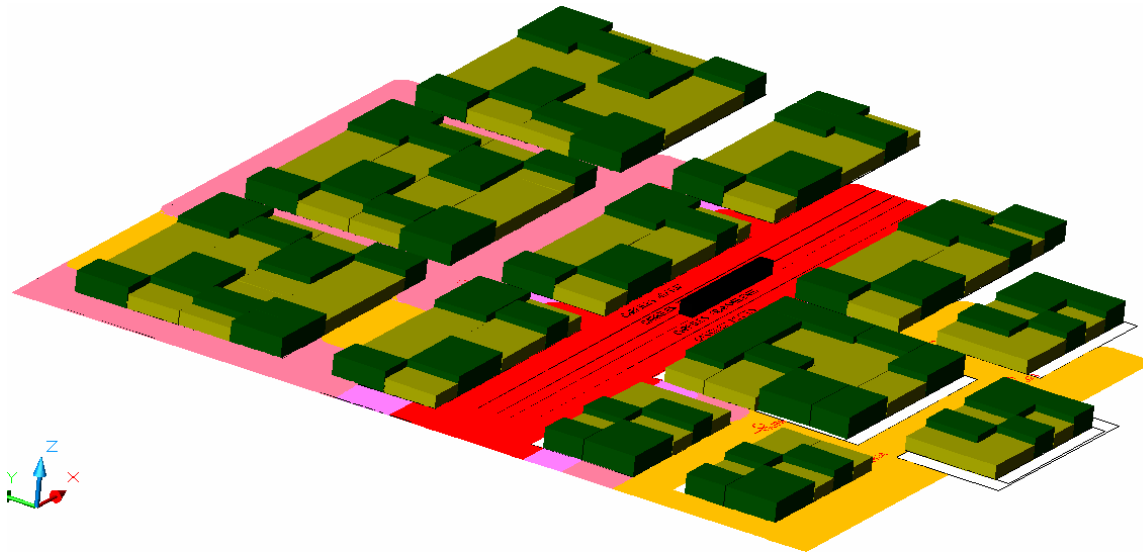
Grafica N° 5.4



Fuente: Elaboración Propia

5.1.5 Mapa de ruido de Restrepo con Leq A

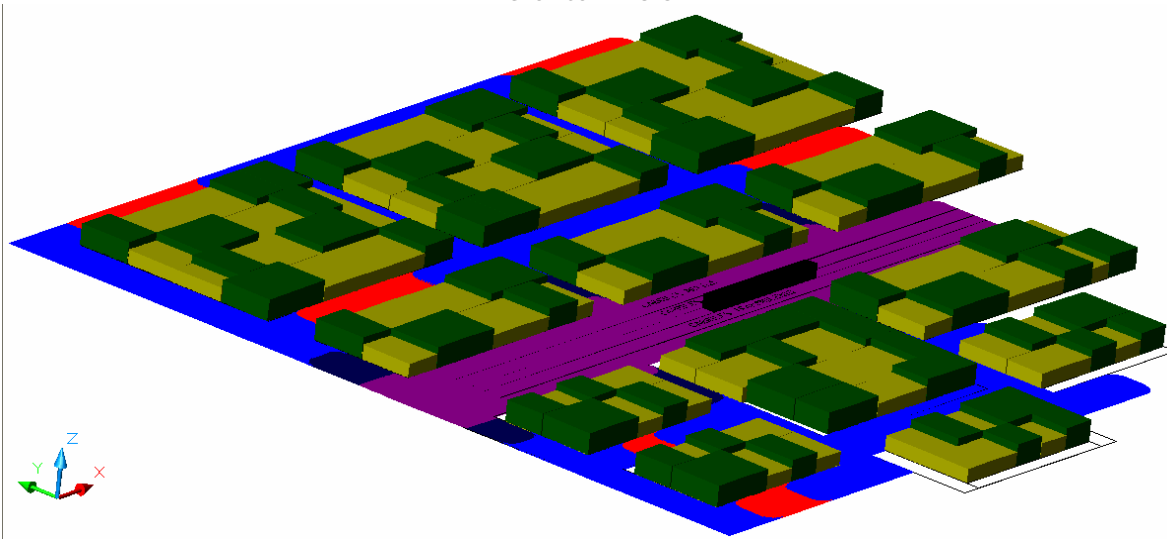
Grafica N° 5.5



Fuente: Elaboración Propia

5.1.6 Mapa de ruido de Restrepo con Leq FLAT

Grafica N° 5.6



Fuente: Elaboración Propia

6. CONCLUSIONES.

- Según los análisis de las mediciones realizadas, es de esperar que con la puesta en marcha del sistema Transmilenio en el sector de Soacha, los habitantes se verán beneficiados al presentarse una reducción del nivel sonoro.
- En el municipio de Soacha el lugar que mayor nivel de ruido presento después de realizar las mediciones sobre toda la autopista sur, es el que se encuentra ubicado en la Cra 4 (Autopista Sur) N° 13-33, donde se ubica el ultimo puente peatonal sobre la vía, saliendo hacia Sibate, Fusagasuga, entre otros. El nivel de presión sonora medido en dBA, esta por encima, entre 5dB y 15dB, del nivel permitido por la Resolución 8321 del 4 de agosto de 1983, que es de 70dBA diurno para zonas comerciales.
- De toda la red que actualmente tiene el sistema Transmilenio en funcionamiento, las zonas que presentan características similares a las del sector de Soacha son Restrepo y Patio Bonito, siendo este ultimo el que mas se asemeja al de Soacha, de cualquier modo Restrepo es tenido en cuenta por su composición arquitectónica y porque seria la situación ideal para la zona de Soacha si solo circulara Transmilenio y vehículos particulares pequeños.
- Para el sector de Soacha, con la puesta en marcha de Transmilenio se espera una reduccion no superior a 5dB, del nivel sonoro, en comparacion a el nivel sonoro de Patio Bonito y no mayor a 10dB en relacion a los niveles presentados en el Restrepo, en cualquiera de los dos casos la disminución no

estará completamente dentro de los límites permitidos por la Resolución 8321 del 4 de agosto de 1983, que es de 70dBA diurno para zonas comerciales.

- Una vez realizadas las mediciones en el sector de Patio Bonito se encontró que el nivel de presión sonora medido en dBA, al igual que en Soacha sobrepasa el nivel permitido por la Resolución 8321 del 4 de agosto de 1983, que es de 70dBA diurno para zonas comerciales, el sobrepaso es inferior a 10dBA, teniendo en cuenta que existe tráfico de Transmilenio, carga pesada, buses urbanos y automóviles.
- Con las mediciones realizadas para Restrepo, el nivel de ruido medido en dBA, al igual que en Soacha y Patio Bonito, sobrepasa en menos de 5dBA el nivel permitido por la Resolución 8321 del 4 de agosto de 1983, que es de 70dBA, teniendo en cuenta la presencia de tráfico de Transmilenio y automóviles únicamente.
- Las zonas donde funciona el Sistema Transmilenio, presentan un nivel de presión sonora menor con relación a los medidos en Soacha, debido a que el ruido producido por los vehículos de carga pesada, buses de transporte público e intermunicipal, aumentan el nivel de presión sonora de forma decisiva en esta zona.
- Según los datos arrojados por la encuesta, la población considera que la mayor fuente de ruido es el tráfico automotor en general, provocando un deterioro en su calidad de vida.
- Con el desarrollo de este proyecto se evidencia la ausencia de entes que controlen e inspeccionen los niveles permitidos sobre ruido por las normas en Colombia. Específicamente las concernientes con ruido ambiental y sus métodos de medición.

7. RECOMENDACIONES.

- Para disminuir el nivel de ruido y mejorar la calidad de vida de los habitantes del sector de Soacha, se propone restringir la circulación de buses de servicio urbano. Dejando la vía para el sistema de transporte masivo de pasajeros Transmilenio, de la misma forma buscar vías alternas para el transporte de carga, reduciendo así el flujo de vehículos pesados en gran medida y para el transporte intermunicipal crear un terminal o portal que funcione de igual forma al de la Autopista Norte para destinos que tengan salida por esta vía.
- Se recomienda emplear una zona de control ambiental entre 5m y 10m desde el borde de la calzada hasta el comienzo de la fachada, para disminuir así el nivel de ruido percibido por parte de los habitantes del sector.
- Se considera que se deben crear estaciones de monitoreo con personal calificado, que supervise y controle los niveles de ruido presentes en zonas próximas a avenidas, de la misma forma se hace necesario el cumplimiento de los niveles que las normas establecen para cada una de las zonas receptoras.
- Basados en los análisis hechos en el comportamiento de espectro de cada una de las zonas en estudio, es necesario redireccionar el comportamiento que presenta el filtro de Compensación A respecto a bajas frecuencias, debido a las diferencias existente a las mediciones hechas sin este filtro de ponderación en las cuales prácticamente son ignoradas, omitiendo así los efectos que se puedan producir sobre las personas.

- Para futuros análisis de este tipo existen ciertos parámetros que no se han tenido en cuenta a la hora de realizar mediciones y estudios de tráfico como son el labrado de las llantas la composición del material utilizado en la construcción de las vías, que son determinantes e influyentes en los mismos.

BIBLIOGRAFIA

- ❖ MIYARA, Federico. Articulo niveles sonoros. [http:// www.eie.fceia.unr.edu.ar/](http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/). 2004
- ❖ RUFFA, Francisco. Seminario ruido y contaminación sonora. U. de San Buenaventura. 2003. Bogotá Colombia.
- ❖ GUIAS PARA EL RUIDO URBANO. Organización Mundial de la Salud (OMS). Ginebra.1999. P 1-6.
- ❖ MINISTERIO DE SALUD. Resolución 8321 del 4 de Agosto de 1.982.
- ❖ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Norma técnica colombiana NTC 3520. 1993
- ❖ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Norma técnica colombiana NTC 3521. 1993
- ❖ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Norma técnica colombiana NTC 3522. 1993
- ❖ Encuesta organizada por la asociación vecinos por Barracas (R.O.A.C.Nº:1852) y el laboratorio de acústica y electroacústica de la facultad de ingeniería de la universidad de Buenos Aires.

- ❖ PIÑEROS H. Camilo, CASTRO P. Michael. Medición Y Evaluación De Ruido De La Zona Residencial Aledaña A La Carrera 68 Entre Calles 68 Y 80. Bogota D.C 2005.
- ❖ RUFFA, Francisco. Protocolo de mediciones para trazado de mapas de ruido normalizados. Febrero 2002.
- ❖ NIVELES SONOROS Y RESPUESTA HUMANA. Noise Pollution Clearinghouse.
- ❖ MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Decreto 948 del 5 de Junio de 1.995.
- ❖ Documento Mapa De Ruido De Las Palmas De Gran Canaria. Mayo de 2002. España.
- ❖ Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.