



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

ANÁLISIS DEL RUIDO DE TRÁFICO EN LA PARROQUIA RURAL DE  
CONOCOTO

AUTOR

ALEXIS ANDRÉ MORALES ARTEAGA

AÑO

2020



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

ANÁLISIS DEL RUIDO DE TRÁFICO EN LA PARROQUIA RURAL DE  
CONOCOTO

Trabajo de Titulación en conformidad con los requisitos establecidos para optar  
por el título de ingeniero de Sonido y Acústica

Profesor Guía

Ph.D. Luis Alberto Bravo Moncayo

Autor

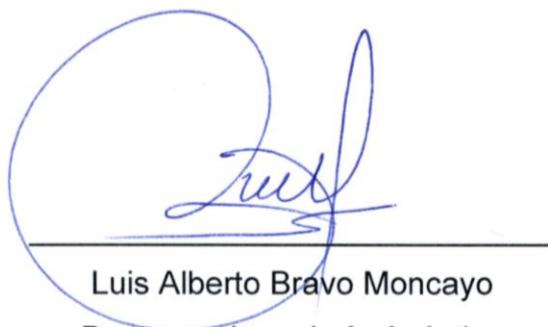
Alexis André Morales Arteaga

Año

2020

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido el trabajo, Análisis del ruido de tráfico en la parroquia rural de Conocoto, a través de reuniones periódicas con el estudiante Alexis André Morales Arteaga, en el semestre 202010, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".



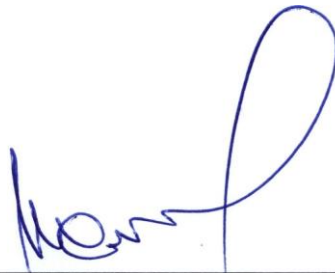
---

Luis Alberto Bravo Moncayo  
Doctor en Ingeniería Acústica

CI: 171171060-6

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Análisis del ruido de tráfico en la parroquia rural de Conocoto, del estudiante Alexis André Morales Arteaga, en el semestre 202010, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".



---

Miguel Ángel Chávez Avilés

Master of Science in Sustainable Building Engineering

CI: 171072484-8

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke extending to the right.

---

Alexis André Morales Arteaga

CI: 1723037923

## AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por permitirme subir un peldaño más en mi vida, a mi familia que creyó en mí, a mis amigos con sus consejos, y a mis maestros por sus enseñanzas.

## DEDICATORIA

Dedico el trabajo de titulación fruto de mi esfuerzo, constancia y sacrificio: a Dios, por darme salud, inteligencia y guiarme en el camino del bien. A todas las personas que estuvieron conmigo en todos los momentos difíciles de mi vida. A mis padres (Jaime y Martha) y mis hermanos (Juan, Jaime) quienes me ayudan a crecer cada día.

## **RESUMEN**

La presente investigación contempla un estudio basado en la parroquia rural de Conocoto (Quito-Ecuador), donde se muestran los niveles de contaminación sonora generados por el tráfico vehicular.

Mediante el sistema de información: "Open Street Maps" y "Google Maps", se obtiene la información cartográfica necesaria para delimitar la zona rural y obtener las calles que pertenecen a la parroquia que se va analizar.

Para ello se clasifican las calles según su estructura y el material de superficie de la calzada, y se realiza un conteo vehicular en las principales vías del mapa. Se agregan parámetros que determinarán los niveles de ruido en la zona de evaluación como son: las curvas de niveles (CN) y edificaciones, que influyen en la propagación del ruido. Posteriormente, se realiza una simulación en el software de predicción sonora CadnaA (Computer Aided Noise Abatement) utilizando el modelo alemán RLS-90. A estos resultados se los compara con las mediciones través de un sonómetro en los puntos donde exista una mayor concentración de polución sonora, y se realizan encuestas a personas que moran en dicho sector para poder analizar su percepción sonora.

## **PALABRAS CLAVES**

RUIDO / PERJUICIO / CONTAMINACIÓN / MAPA



## **ABSTRACT**

The present investigation contemplates a study based on the rural parish of Conocoto (Quito-Ecuador) where the levels of noise pollution generated by traffic are shown.

Through the information systems "Open Street Maps" and "Google Maps", the necessary cartographic information is obtained to define a specific rural area and its streets that are to be analyzed.

For this, a classification of various streets is carried out according to its structure, the material from which it is built and a vehicle count is made on the main roads of the map. Parameters are added that will determine noise levels such as: contours (CN), buildings, etc. A simulation is performed in the CadnaA (Computer Aided Noise Abatement) sound prediction software using the RLS-90 model. These results are compared with the measurements through a sound level meter at the points where there is a greater concentration of noise pollution, and surveys are carried out on people who live in that sector in order to analyze their sound perception.

## **KEYWORDS**

NOISE / INJURY / CONTAMINATION / MAP

# ÍNDICE

1. Introducción:	1
1.1. Antecedentes:	1
1.2. Marco referencial:	5
1.3. Alcance:	6
1.4. Justificación:	7
1.5. Objetivos:	7
1.5.1. Objetivo general:	7
1.5.2. Objetivos específicos:	7
2. Marco Teórico:	8
2.1 Ponderaciones en frecuencia:	8
2.2 Ruido:	10
2.2.1 Tipos de Ruido:	11
2.2.2 Inmisión y emisión de ruido:	12
2.2.3. Indicadores del ruido:	12
2.2.4. Niveles máximos permisibles de ruido:	13
2.4.5. Efectos del ruido	15
2.5. Contaminación sonora generada por el tráfico vehicular:	21
2.6. Mapa de ruido:	21
2.7. Software de apoyo para la elaboración de mapas de ruido:	22
2.7.1. Open Street Map:	22
2.7.2. Google Maps:	22
2.7.3. QGIS:	23
2.7.4. CadnaA:	23
2.8. Modelo de predicción sonora RLS-90:	23
2.8.1 Modelo de transmisión por fuentes	24
2.8.2. Modelo de propagación	25
2.9. Condiciones Mecánicas	25
2.9.1. Ruido generado por el motor de un vehículo:	26

2.9.2. Superficie de una vía: .....	27
2.9.3. Impacto térmico: .....	31
2.10. Categorización vial .....	32
2.10.1. Niveles de Servicio: .....	32
2.10.2. Clasificación de vías en entorno a la circulación vehicular: .....	35
<b>3. Metodología .....</b>	<b>39</b>
3.1. Área geográfica de investigación: .....	39
3.2. Aspectos Físicos:.....	41
3.3. Límites:.....	43
3.4. Buffer y Curvas de Nivel: .....	44
3.5. Tipo de carretera: .....	44
3.5.1. Vías de ingreso y salida: .....	45
3.5.2. Transporte: .....	45
3.5.3. Material de la carretera: .....	45
3.5.4. Flujo vehicular:.....	47
3.6. Simulación en el software de predicción acústica CadnaA: ..	49
3.7. Valoración de datos:.....	49
3.7.1. Equipos de medición:.....	49
3.7.2. Puntos de medición .....	51
3.8. Encuesta:.....	51
<b>4. Resultados: .....</b>	<b>52</b>
4.1. Mapas de ruido:.....	52
4.1.1. Validación de datos .....	52
4.1.2. Mapa de ruido Diurno .....	56
4.1.3. Mapa de ruido Nocturno .....	58
4.2. Encuestas: .....	60
4.2.1. Aspectos demográficos:.....	63
4.2.2. Formación Académica: .....	64
4.2.3. Contaminación Sonora: .....	65
4.2.4. Fuentes Emisoras de Ruido Día/Noche: .....	65

4.2.5. Percepción Sonora: .....	67
4.2.6. Receptores: .....	68
5. Conclusiones y Recomendaciones: .....	70
5.1. Conclusiones .....	70
5.2. Recomendaciones.....	72
REFERENCIAS .....	74
ANEXOS .....	80

# **1. Introducción:**

## **1.1. Antecedentes:**

La movilidad es una de las necesidades fundamentales de los seres humanos. A medida que ha ido transcurriendo el tiempo, las personas han desarrollado medios de transporte (aéreos, terrestres, acuáticos y actualmente interestelares), los cuales le han facilitado desarrollar sus actividades en el diario vivir. Sin embargo, en la actualidad el uso de estos medios de transporte, específicamente terrestres (vehículos), han generado problemas en la salud debido a la contaminación que generan, convirtiéndose el ruido como un factor desencadenante de enfermedades.

Las consecuencias que presenta una persona por la exposición a elevados niveles de contaminación acústica, vienen asociadas con: irritabilidad, estrés, depresión, angustia, insomnio, falta de concentración, enfermedades cardiovasculares como la hipertensión y la cardiopatía isquémica, etc. Esta problemática se presenta especialmente en ciudades modernas cuyo índice de habitantes superen los 250.000 individuos (MAE, 2015). En la actualidad el índice de personas que habitan el planeta tierra tiene un crecimiento exponencial muy elevado, lo cual incrementa la cantidad de vehículos que circulan diariamente en las carreteras, generando altos niveles de presión sonora (Singh et al., 2016).

En 1972 la Organización Mundial de la salud (OMS) mencionó que se considera ruido a todo sonido indeseado y por ende contaminante. La contaminación acústica cada día va creciendo desmesuradamente, siendo el tráfico vehicular una de las fuentes de ruido más influyentes en la actualidad. Según los estudios estadísticos de la OMS, las cifras muestran que una de cada tres personas es afectada por el ruido vehicular en el día, y una de cada cinco personas es

afectada en la noche. La variación de polución sonora del día respecto a la noche, se produce porque la mayor parte de la población en la noche tiende a descansar y permanecer en sus residencias (Morel et al., 2016).

En Europa se han establecido límites sonoros para sectores residenciales donde el ruido durante el día (LAeq) no debe superar entre los 50 y 55 dBA y en la noche el nivel de ruido al aire libre no debe superar los 40 dBA (Marouf et al., 2018).

La OMS en el año 2011 plantea un indicador llamado Disability adjusted Life years (DALY), como el índice de personas afectadas por enfermedades relacionadas con la contaminación acústica. Este parámetro DALY se encarga de sumar el número de años perdidos que son producto de una muerte temprana y también los años de vida perdidos por deficiencia de salud o discapacidad. Mediante el parámetro DALY se ha determinado que al año se pierden más de 1 millón de años de vida saludable debido a la contaminación sonora que es generada por el ruido del tráfico en Europa occidental. Es por este motivo que se propone dar soluciones inmediatas para combatir este tipo de contaminación, así lo decretó la Directiva de Ruido Ambiental en el año 2002. Según la directiva se impuso una regulación en los Estados, donde tienen la obligación de elaborar mapas de ruido y planes de acción donde se puedan dar soluciones a corto, mediano y largo plazo en las ciudades más afectadas y plantear planes de prevención en las ciudades que a futuro podrían tener este tipo de complicaciones (Paschalidou et al., 2018).

El ruido vehicular genera daños en la salud debido a los efectos del estrés. Donde los adultos y jóvenes tienden a tener un mayor impacto en la salud que los niños (Begou et al., 2019). Para poder determinar cómo el ruido genera daños en la salud, se tomaron varias muestras de saliva en la mañana para medir el

nivel de cortisol, la cual es una hormona esteroidea, o glucocorticoide. Como resultados se obtuvo que las mujeres tienden a ser más propensas a este tipo de contaminación que los hombres, con una media geométrica del 42.4 y 35.0 nmol/l respectivamente. Esta hormona aparece en la saliva cuando las personas tienden a sentirse molestas o enfadadas por la exposición sonora. Los niveles de cortisol nocivos en el ser humano, generados por la contaminación sonora, se producen cuando el nivel de ruido equivalente ponderado A (L den) es superior a 55 dB (Wallas et al., 2018).

En las zonas urbanas y rurales, se ha visto la necesidad de crear un medio para detectar los sectores más vulnerables a la contaminación sonora. En el continente Europeo se empezó a desarrollar mapas de ruido, en conjunto con organizaciones vinculadas con el control ambiental. Actualmente Reino Unido posee el mapa de ruido más grande del mundo publicado en el año 2005, acerca del tráfico existente. España, Noruega, Alemania, Países bajos y Turquía también han publicado mapas de ruido de sus ciudades más conflictivas, dando soluciones y previniendo zonas donde el Nivel de Presión Sonora (NPS) en los próximos años tienda a aumentar.

Actualmente existen sistemas de información geográfica (SIG), que permiten obtener la cartografía del nivel del suelo, vías urbanas y edificaciones para la elaboración de mapas de ruido. Existen otras variables que afectarán los NPS en el mapa de ruido como: el material de la calzada, la velocidad del flujo vehicular, factores térmicos, tamaño y peso vehicular, etc. Se puede elaborar un mapa de ruido, mediante el uso de un modelo predictivo de contaminación sonora o mediciones in situ (Bravo-Moncayo et al., 2019).

Para la elaboración de mapas de ruido y la recolección de datos, es necesario

realizar un análisis previo del comportamiento del flujo vehicular, en función del tipo de calzada en las carreteras pertenecientes al sector a evaluar. En dónde se realizan mediciones del NPS mediante el uso de un instrumento de medición de ruido (sonómetro) en días laborables. Teniendo en cuenta que las mediciones con sonómetro, pueden variar debido a la presencia de factores como: ruidos externos a los del tráfico vehicular (alarmas, bocinas, pitos, etc.) y horas pico o punta que son franjas horarias, donde existe mayor circulación vehicular, debido al ingreso y salida del personal al trabajo y estudiantil. La hora pico dependerá del país y región en donde se vayan a realizar las mediciones (Di et al., 2018).

En Europa se han establecido fuertes leyes que rigen el control ambiental, debido a la presencia de altos niveles de contaminación en el medio, las cuales buscan precautelar la salud de las personas y animales que habitan en dicho entorno. En la Constitución de la república del Ecuador se plantean 2 artículos (Art. 66 – 27 y Art. 397 – 2) que van relacionados al control ambiental.

Art. 66 – 27. “El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza” (Const., 2008, art. 66).

Art. 397 – 2. “Establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales” (Const., 2008, art. 397).

Existe un artículo publicado en el Código Orgánico del Ambiente, el cual se enfoca en precautelar la salud de los ciudadanos por altos niveles de exposición sonora.



Art. 194.- Del ruido y vibraciones. La Autoridad Ambiental Nacional, en coordinación con la Autoridad Nacional de Salud, expedirá normas técnicas para el control de la contaminación por ruido, de conformidad con la ley y las reglas establecidas en este Código (Código Orgánico del Ambiente., 2008, art. 194).

Sin embargo, el país tiene que ver formas de hacer énfasis en el control de ruido vehicular, que día a día está creciendo radicalmente. Los daños en la salud de las personas pueden ser irremediables en los sectores con índices de contaminación sonora elevados. El ruido es un enemigo invisible, peligroso y las personas pueden adaptarse a vivir en medio de este, sin tener en cuenta el daño físico y mental que están recibiendo. Los mapas de ruido deberán elaborarse en sectores donde la contaminación sonora pueda generar perjuicios, considerando puntos críticos en presencia de asentamientos humanos. Estos estudios se realizarán mediante la representación de curvas isofónicas que oscilan aproximadamente entre los 50 y 80 dBA, para el período diurno y nocturno (TULSMA, 2017).

## **1.2. Marco referencial:**

El mapa de ruido es la representación cartográfica del NPS en una zona a estudiar en un período de tiempo, donde se puede evaluar el índice de polución sonora. En los últimos años se ha presenciado un crecimiento exorbitante de la población, razón por la cual el número de vehículos se ha incrementado, y la ausencia del manejo de las normas que rigen el control de ruido vehicular, generan mayor contaminación sonora. Otro factor muy importante a tomar en cuenta es que las ciudades pequeñas, especialmente de países en desarrollo no tienen un buen diseño o no se estructuraron adecuadamente, para que en el futuro se pueda prever este tipo de inconvenientes. Es por este motivo que se plantea realizar un estudio del ruido de tráfico en parroquias rurales de Quito-Ecuador, siendo el caso de estudio: Conocoto. El mapa de ruido servirá para detectar los puntos críticos de mayor contaminación acústica, donde se verificará

mediante la percepción sonora de las personas que habitan en dicho lugar, los niveles de ruido que presenta el área a estudiar. Con estos resultados se puede realizar proyectos a futuro, donde se puedan añadir estrategias basadas en la reducción de polución sonora, y el aislamiento de ruido para la población. Evitando que este tipo de contaminación conlleve a las personas a usar medicamentos psicotrópicos y desarrollar enfermedades como el estrés. Mediante este mapa de ruido se pueden realizar estudios a priori, en donde se puede planear los sectores: urbanísticos, tipos de suelos y carreteras, e incluso se puede predecir el impacto que va a generar alguna obra a futuro a través de su infraestructura.

El nivel de presión sonora dentro del sector va a depender de varias variables, las cuales se relacionan con el tipo de carretera, la velocidad de los vehículos que circulan en la calzada, el tipo de suelo, la cantidad de población que exista por metro cuadrado, etc. Entre mayor sea el número de personas que habiten en un determinado sector, este tiende a generar más ruido, debido a la necesidad de medios de transporte público y privado para realizar sus actividades. Al ruido se lo considera como un enemigo invisible y que por cuestiones de salud debe ser tratado especialmente en lugares que poseen mayor vulnerabilidad tales como: hospitales, clínicas, centros de salud, escuelas, colegios, espacios recreacionales, centros de estudio, viviendas, etc. La representación de un mapa de ruido tiene que ser graficada cada 4 años según la normativa ISO 1996-2:1987 "Medición acústica y atenuación del ruido en general". Ya que, al transcurrir este lapso de tiempo, la demografía de un determinado sector tiende a variar, así como también las viviendas y el número de vehículos que circulan dentro de la zona. Según las normativas que rigen el estudio de mapa de ruido se sugiere que se realice un estudio a poblaciones que tengan al menos 250 000 habitantes (MAE, 2015).

### **1.3. Alcance:**

El proyecto muestra la elaboración del mapa de ruido vehicular de la parroquia rural de Conocoto en Quito-Ecuador. Se propone realizar el mapa de ruido para analizar los niveles de contaminación acústica durante el día (Ld) y la noche (Ln). Se utilizará el modelo de predicción sonora RLS-90 (Richtlinien für den Lärmschutz an Straben) a través del software “CadnaA” y mediciones in situ, en las vías con mayor afluencia vehicular. Se evaluará mediante encuestas a las personas que moran en dicha parroquia, la percepción del ruido en los lugares de permanencia día/noche.

#### **1.4. Justificación:**

Actualmente el nivel de ruido dentro de las ciudades rurales y urbanas va incrementándose debido a la afluencia vehicular. La contaminación sonora genera perjuicios a la salud de las personas que moran en dicho sector, generando problemas a corto, mediano y largo plazo. El ruido es un factor desencadenante del estrés, enfermedad que genera tensiones físicas y emocionales. Esta enfermedad puede generar problemas de insomnio, falta de concentración, arritmias cardiacas, cambios de ánimo, etc. Por este motivo, el localizar las zonas que tengan un mayor impacto sonoro, ayudará que en el futuro se pueda establecer posibles tratamientos acústicos que reduzcan el nivel de ruido.

#### **1.5. Objetivos:**

##### **1.5.1. Objetivo general:**

Analizar el ruido del tráfico en la parroquia rural de Conocoto, mediante la elaboración de un mapa de ruido, mediciones in situ y encuestas realizadas a personas que moran en dicho sector.

##### **1.5.2. Objetivos específicos:**

Elaborar un mapa de ruido de tráfico vehicular, utilizando el modelo predictivo RLS-90 (Richtlinien für den Lärmschutz an Straben) a través del software CadnaA.

Analizar la percepción sonora de las personas que moran en la parroquia rural de Conocoto, mediante encuestas.

Analizar la diferencia de niveles de presión sonora, que presenta el modelo predictivo RLS-90, con mediciones in situ.

## **2. Marco Teórico:**

### **2.1 Ponderaciones en frecuencia:**

El ser humano normalmente tiene la capacidad de percibir un rango de frecuencias que oscila entre los 20 Hz y los 20 KHz este rango de frecuencias es variable según el cuidado auditivo que las personas tengan en sus actividades.

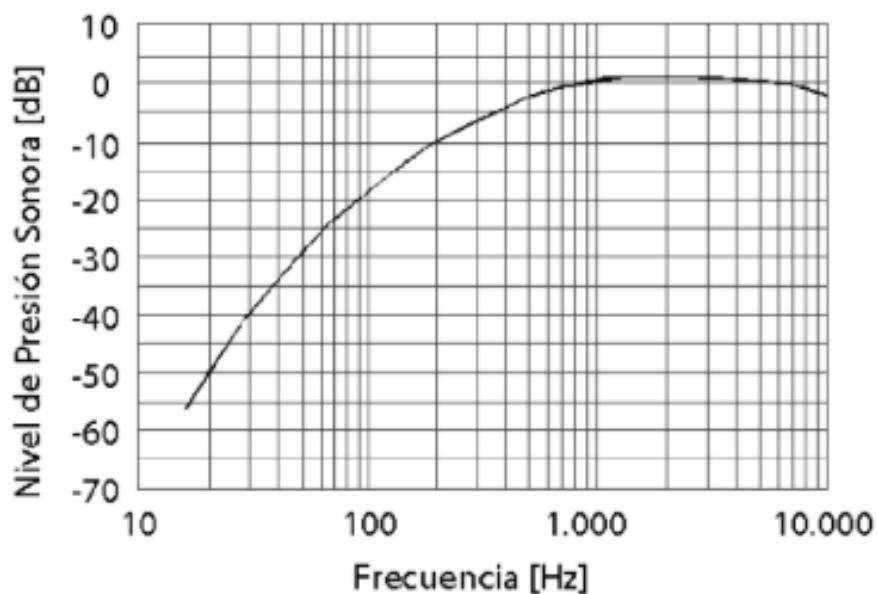
El nivel de sensibilidad respecto a cada frecuencia es diferente donde el punto con mayor intensidad es entorno a los 2 KHz, y a medida que las frecuencias se van expandiendo a sus extremos (frecuencias bajas o agudas), la sensibilidad va disminuyendo. Es por este motivo que se establece una escala de ponderación A, la cual sirve para corregir los niveles de presión sonora (dB) y llevarlos a una escala tal y como percibe el oído humano (dBA). Existen otro tipo de correcciones o ponderaciones que se relacionan a la frecuencia e intensidad que se va a medir, entre ellas las más comunes son: ponderación A, B, C, D y E (Parrondo et al., 2006). A continuación, se muestra un ejemplo que detalla la adición de niveles por bandas en dBA.

Tabla1.

*Ejemplo de ponderación de frecuencia A*

<b>FREC. (Hz)</b>	<b>SPL</b>	<b>Pond. A</b>	<b>SPL(A)</b>
25	96.8	-44.7	52.1
31.5	89.2	-39.4	49.8
40	90.6	-34.6	56
50	87.9	-30.2	57.7
63	90.3	-26.2	64.1
80	86.8	-22.5	64.3
100	89	-19.1	69.9
125	89	-16.1	72.9
160	88	-13.4	74.6
200	88.1	-10.9	77.2
250	87	-8.6	78.4
315	84.6	-6.6	78
400	83.3	-4.8	78.5
500	81	-3.2	77.8
630	78.7	-1.9	76.8
800	81.1	-0.8	80.3
1000	81.8	0	81.8
1250	81.8	0.6	82.4
1600	87.1	1	88.1
2000	75.5	1.2	76.7
2500	72.8	1.3	74.1
3150	74.3	1.2	75.5
4000	68.4	1	69.4
TOTAL	101.5		92.1

Tomado de (Parrondo et al., 2006)



*Figura 1.* Red de Ponderación A

Tomado de (Jaramillo, 2007)

## 2.2 Ruido:

Conjunto de vibraciones que viajan a través de un medio elástico, (agua, aceite, aire, etc.), que al ser recibidos por el receptor generan molestias y en la actualidad es el causante de muchas de las enfermedades relacionadas con el estrés y la falta de concentración (Amores, 2010).

El ruido a diferencia de otros factores contaminantes:

- Es complejo en su estudio y tratamiento, debido a que es un fenómeno que varía según el horario, lugar, factores térmicos y la fuente generadora de ruido.
- No deja sedimentos.
- No se puede cuantificar, sólo se puede medir los niveles de contaminación.

- Solo puede ser percibido por el oído, a diferencia de otros factores contaminantes, por ejemplo, la contaminación del aire (smog), se puede percibir por la vista, olfato, etc.
- Genera un impacto ambiental con una distancia relativamente corta en comparación con otros factores contaminantes.
- Necesita de una cantidad mínima de energía para que exista.

### **2.2.1 Tipos de Ruido:**

En el medio ambiente, existen diferentes tipos de ruidos que mantienen una característica propia dependiendo del impulso que lo generó, entre ellos existe:

- **Ruido Continuo:** Es todo aquel que presenta un nivel de presión sonora constante en el tiempo y no presenta fluctuaciones. Este tipo de ruidos es muy común encontrarlo en empresas, donde las máquinas son las fuentes generadoras de ruido, otro ejemplo es la emisión de un tono puro a través de un generador de frecuencias.
- **Ruido Transitorio:** Se trata de un ruido generado por una fuente temporal en un lapso de tiempo y luego regresa a su estado original. Un ejemplo de este ruido es cuando pasa algún vehículo, avión, etc.
- **Ruido Continuo Intermitente:** Este ruido se caracteriza por emitir un nivel de presión sonora en un tiempo  $x$ , regresar a su estado normal y volver a generar ruido. Este proceso se repite varias veces y se conoce como ciclos. Un ejemplo de este ruido es la circulación vehicular en alguna carretera, máquinas que estén programadas para que ejecuten una actividad en un lapso de tiempo.
- **Ruido Fluctuante:** Es aquel que presenta todo el tiempo fluctuaciones de intensidad sonora.
- **Ruido Impulsivo simple:** Es un ruido generado repentinamente en el tiempo, que posee una duración relativamente corta llegando a su valor máximo (nivel pico) en un instante y vuelve a disminuir, por este motivo

se toma en consideración el nivel continuo equivalente ponderado y el nivel pico. Ejemplo una explosión.

- Ruido Impulsivo repetitivo: De forma similar que el ruido impulsivo simple, este ruido varía en que se repite varias veces en el tiempo, un ejemplo de esto es repetir varias veces un golpe de un martillo o aplaudir varias veces.

## **2.2.2 Inmisión y emisión de ruido:**

### **2.2.2.1 Fuente emisora de ruido:**

Se considera como fuente emisora o generadora de ruido a todo cuerpo que genera sonidos al vibrar, cuyos orígenes pueden ser de forma natural u originada por el ser humano. Las fuentes de ruido tienen una característica peculiar en el comportamiento del sonido dependiendo de la forma geométrica que el cuerpo posea, del material del que se encuentra elaborado y del entorno acústico que los rodea (Martínez et al., 2017).

Las fuentes de ruido poseen su propia intensidad que tiene por unidades los decibelios (dB) en función del tiempo.

### **2.2.2.2 Receptor:**

Es el destinatario de un mensaje (oral, escrito, mímico, etc.) que atraviesa por un proceso de envío, transmisión y finalmente de recepción.

### **2.2.3. Indicadores del ruido:**

Son magnitudes físicas que representan la variabilidad del tipo de ruido y magnitud en función del tiempo, estableciendo promedios energéticos máximos y mínimos (Martínez, 2017).



### 2.2.3.1. Nivel de presión sonora continuo equivalente (Leq):

Es un nivel de presión sonora constante en función del tiempo, que mantiene una misma dosis de energía o ruido en un área determinada.

$$L_{Aeq} = 10 * \log \left[ \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left( \frac{P_A^{2(t)}}{Pref^2} \right) * dt \right] (dBA)$$

Donde:

PA= Presión sonora

Pref= Presión sonora de referencia

### 2.2.3.2. Nivel diurno (Ld):

La normativa ISO 1996-2: 1987, considera a Ld como el nivel de presión sonora medio en un horario diurno (7:00 h a 21:00 h).

### 2.2.3.3. Nivel nocturno (Ln):

La normativa ISO 1996-2: 1987, considera a Ln como el Nivel presión sonora medio en un horario nocturno (21:00 h a 7:00 h).

### 2.2.3.4. Nivel día-noche (Ldn):

Nivel presión sonora medio, abarca las 24 horas del día dividido en dos períodos: diurno y nocturno con una penalización (incrementado) de +10 dB, para considerar los límites legales más bajos en la noche.

$$L_{dn} = 10 * \log \frac{1}{24} \left( 15 * 10^{\frac{Ld}{10}} + 9 * 10^{\frac{Ln+10}{10}} \right) [dBA]$$

### 2.2.4. Niveles máximos permisibles de ruido:

Según la resolución colombiana, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, se establece los estándares máximos permisibles para ruido ambiental.

Tabla 2.

*Estándares máximos de ruido Ambiental expresados en dB(A)*

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	45
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	50
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.		
Sector C. Ruído Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	70

	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	55
	Zonas con usos permitidos de oficinas.		
	Zonas con usos institucionales.	65	50
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales.	80	70
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.		
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.	55	45

Tomado de (Colombia, 2006)

#### 2.4.5. Efectos del ruido

##### 2.4.5.1. Efectos del ruido en la salud humana:

La contaminación acústica genera daños a corto, mediano y largo plazo en la salud de las personas y genera problemas que afectan los factores económicos dentro de una ciudad. A continuación, se muestra una imagen que detalla el NPS con respecto a la percepción auditiva de una persona.

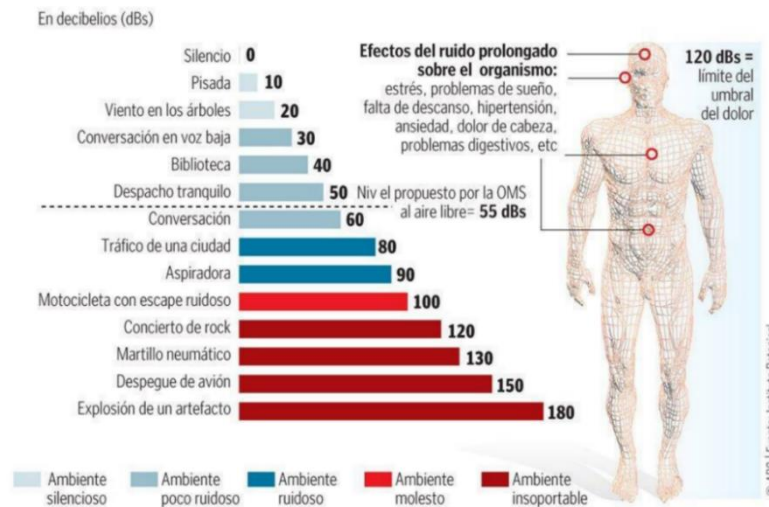


Figura 2. Salud y percepción sonora  
Tomado de (ABC | Instituto Botánico, 2009)

Existen muchos factores negativos consecuentes por los altos niveles de exposición sonora, los más comunes son:



Figura 3. Efectos del ruido  
Tomado de (Miranda, 2006)

### 2.4.5.2. Malestar:

Es uno de los síntomas más pronunciados y fácil de detectar que se manifiesta a través de la inquietud, intranquilidad, ansiedad, enfado, desesperación, angustia, desasosiego, etc.

El malestar se encuentra asociado a la intensidad del ruido, miedos, tipo de ruido y prolongación del mismo (Pereira et al. 2002).

### 2.4.5.3. Interferencia en la Comunicación:

Uno de los problemas de la comunicación oral es una baja inteligibilidad entre dos personas (emisor-receptor) debido a los altos niveles de presión sonora. Normalmente una conversación a 1 m de distancia entre 2 personas varía entre los 50 dBA u 80 dBA. Para que exista un buen nivel de recepción del mensaje oral debe existir al menos una diferencia de 12 dBA que supere al ruido de fondo (Lacaste 2005).

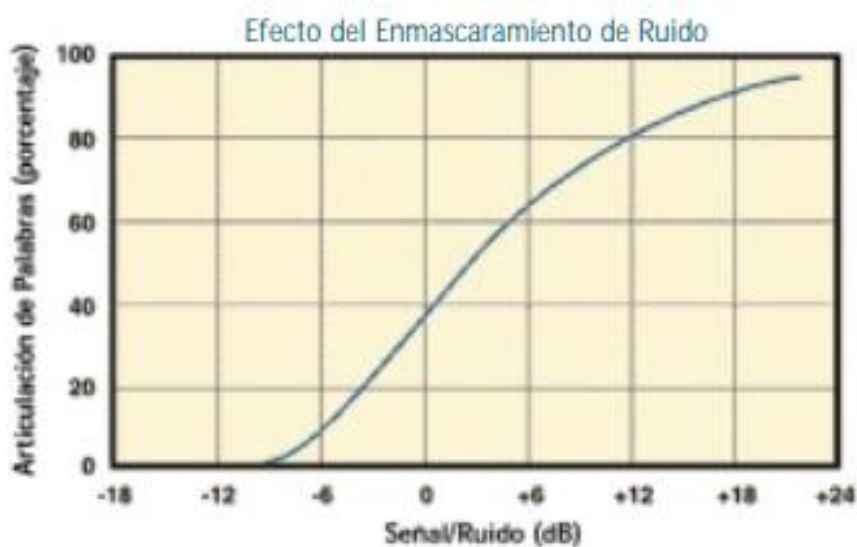


Figura 4. Efecto del Enmascaramiento de Ruido

Tomado de (Miranda, 2006)

#### **2.4.5.4. Problemas de concentración:**

El ruido enmascara señales de audio e interfiere con la percepción de las personas que se encuentran expuestos a este tipo de contaminación. Esto genera consecuencias para el desarrollo de las actividades de una persona aumentando el número de errores laborales, falta de atención, distracción constante y bajo rendimiento.

#### **2.4.5.5. Trastornos del sueño:**

El ser humano tiene la capacidad de sensibilizar sus sentidos de forma involuntaria frente a posibles situaciones de riesgo o conflicto donde se vea involucrado. Sin embargo, no siempre esta capacidad es de uso beneficiario ya que, en la actualidad por los altos niveles de contaminación sonora, no pueden tener un descanso óptimo reduciendo sus horas de sueño y aumentando los niveles de estrés y a su vez liberando la hormona esteroidea del cortisol. Los efectos del ruido en torno al sueño se clasifican en 3 grupos:

- Alteraciones primarias del sueño: El ruido genera dificultad para conciliar el sueño y también puede producir durante la siesta varias interrupciones dependiendo de la intensidad sonora y la propagación del ruido. Durante estas alteraciones el centro nervioso del ser humano genera arritmias cardíacas, variaciones de la frecuencia respiratoria e incluso movimientos corporales involuntarios.
- Alteraciones secundarias del sueño: Durante el día una persona que se encuentra expuesta a altos niveles de contaminación sonora desarrolla problemas a corto, mediano y largo plazo. Estos problemas vienen asociados al cambio de carácter, comportamiento, fatiga, y reducción de la calidad de vida.
- Alteraciones terciarias del sueño: Se ha comprobado que los niveles de ruido a tiempos prolongados, genera problemas en la salud de las personas provocando la aparición de enfermedades orgánicas

progresivas e irreversibles. Se recomienda que en la noche el nivel de presión sonora equivalente ( $L_{eq}$ ), no exceda los 45dBA (García, 2003).

#### **2.4.5.6. Pérdida auditiva:**

Uno de los efectos más peligrosos generado por la exposición a la polución sonora es la pérdida del sentido auditivo. Todas las personas han experimentado sintomatologías como taponamientos o sorderas por algún impacto sonoro. Por ejemplo: cuando una persona se encuentra dentro de una discoteca o de un concierto, al salir presenta un pequeño zumbido o sonido dentro de su cavidad auditiva y cuando deja de estar expuesto a estos niveles de contaminación sonora, este efecto comienza a disminuir hasta desaparecer. El problema radica cuando una persona se encuentra expuesta a niveles de presión sonora por periodos de tiempo prolongados. El organismo comienza a tener un desplazamiento permanente en el umbral auditivo, a lo que se lo conoce como hipoacusia, donde el daño auditivo comienza a partir de los 75 dBA para exposiciones largas de ruido y 110 dBA para exposiciones cortas de ruido (Tolosa, 2003). Cuando una persona presenta daño en el conducto auditivo debido a este tipo de alteraciones es de forma irremediable y viene acompañado de trastorno del equilibrio y acúfenos.

#### **2.4.5.7. Estrés:**

En la actualidad el estrés es una de las enfermedades más alarmantes relacionadas con factores agresivos en un entorno social, físico y psíquico. El estrés es una reacción de uso involuntario que le sirve a la persona para precautelar posibles accidentes o agresiones donde se liberan varias hormonas que le permiten tener mayor velocidad, fuerza y sensibilidad en sus cinco sentidos. Sin embargo, el uso excesivo de esta capacidad genera problemas y enfermedades en el cuerpo de la persona, desarrollando la enfermedad del estrés.

El ruido es un desencadenante de esta enfermedad ya que genera problemas en el sistema digestivo, cardiovasculares y psicológicos, Las personas que normalmente se encuentran expuesto a niveles altos de contaminación sonora (>85 dBA) tienden a padecer de estas enfermedades (García, 1990).

#### **2.4.5.8. Sensibilidad:**

Las personas tienen la capacidad de desarrollar un mecanismo que les permita adaptarse al medio donde viven, independientemente si este presenta altos niveles de contaminación sonora. El cuerpo manifiesta 2 formas para poder asimilar el nivel de ruido con consecuencias a largo plazo.

El primer mecanismo que presenta el cuerpo es el de la disminución del rango auditivo, una persona normalmente posee la capacidad de oír entre los 20 Hz hasta los 20 KHz, pero al estar expuesta al ruido, este rango de frecuencias disminuye en torno a la intensidad y al tiempo de exposición sonora.

El segundo mecanismo es el de adaptación, haciendo que las personas puedan realizar sus actividades de forma normal, pero con consecuencias fisiológicas como: variaciones de la actividad eléctrica cerebral, frecuencia cardíaca y el flujo sanguíneo.

#### **2.4.5.9. Sociales y Económicos:**

El nivel de ruido trae consigo problemas sociales y económicos a partir de todos los factores que se mencionaron anteriormente. Las personas tienden a buscar vivienda en lugares más apartados, donde el nivel de presión sonora no sea tan elevado como en la ciudad y en las horas de trabajo o estudio tienden a pasar en el centro exponiéndose a este tipo de contaminación.



Según la Unión Europea señala que el ruido ambiental genera un impacto económico que va entre los 13.000 hasta los 38.000 millones de euros (Tolosa, 2003). Estas cifras se asocian a los costes sanitarios, devaluación del precio de la vivienda o locales comerciales, reducción de la explotación de un terreno, reducción de horas de trabajo, reducción de la productividad laboral, daños en construcciones por emisión y recepción de vibraciones acústicas, reducción de fuentes de ingreso en lugares turísticos.

## **2.5. Contaminación sonora generada por el tráfico vehicular:**

Cada día las empresas fabrican grandes cantidades de vehículos y estos medios de transporte cada vez tienden a ser más necesarios en el diario vivir. Sin embargo, el número de personas que poseen este medio de transporte crece desmesuradamente, de forma que existe un impacto ambiental generado por la polución sonora, accidentes, consumo de energía, contaminación visual, etc. Siendo el ruido vehicular una de las principales fuentes de ruido y que su análisis es complejo ya que es la superposición de diferentes ruidos que son:

- Ruido de propulsión: Se produce por la interacción del motor, transmisión, admisión y escape.
- Ruido de rodadura: Producido por el rozamiento entre los neumáticos y el suelo
- Ruido aerodinámico: Generado por las turbulencias que se producen alrededor del vehículo.

## **2.6. Mapa de ruido:**

El ruido al ser un enemigo invisible que aparentemente no genera daños a la población, puede ser representado mediante un mapa de ruido, que se basa en la representación cartográfica de los niveles de contaminación sonora en un área determinada. Esta área se puede modelar mediante un software de predicción sonora, en función de sus calles, estructura, vehículos y flujo vehicular. Uno de

los principales objetivos de realizar el mapa es poder analizar los niveles de presión sonora y evaluar la población expuesta. En el caso de que el nivel de ruido sea muy alto, se busca dar soluciones para disminuir la contaminación sonora generada por fuentes. Las fuentes generadoras de ruido más comunes son:

- Ruido generado por el tráfico vehicular
- Ruido generado por la circulación de aviones, aeropuertos, helicópteros, etc.
- Ruido generado por las industrias
- Ruido urbano

También se puede modelar zonas que van a ser urbanas para tener un mejor diseño en la ubicación de carreteras, fábricas y cualquier tipo de fuentes que a futuro puedan generar molestias a las personas que habiente en esos lugares.

## **2.7. Software de apoyo para la elaboración de mapas de ruido:**

### **2.7.1. Open Street Map:**

Es una plataforma online que permite a los usuarios de forma interactiva crear y editar mapas, según sean sus necesidades. La información que proporciona dicha plataforma es captada por GPS móviles, fuentes de acceso libre y ortofotografías ("OpenStreetMap," n.d.). Mediante el uso de esta plataforma, se puede extraer los límites del área que se va a estudiar.

### **2.7.2. Google Maps:**

Es una aplicación desarrollada por Google, la cual brinda a los usuarios mapas y servicios de ubicación por medio de GPS, dichos servicios se pueden utilizar con un smartphone, tablet, o cualquier dispositivo inteligente. Uno de los principales objetivos que tiene la aplicación es mostrar al cibernauta ubicaciones,

lugares, restaurantes, carreteras, iglesias, y mapas en general. Esta aplicación brinda facilidades para la obtención de información sobre el tipo de vía y el material de la cual se encuentra elaborada la calzada.

### **2.7.3. QGIS:**

Software de información geográfica y de código abierto SIG (Sistema de información geográfica), que posee una interacción con el usuario de forma libre y de código abierto (FOSS). "QGIS" tiene la capacidad de divisar, publicar, gestionar y analizar información relacionados con mapas, los cuales pueden ser impresos para un mejor uso ("QGIS", n.d.). Este software maneja formatos ráster y vectoriales a través de la librería GDAL (Biblioteca de abstracción de datos geoespaciales). Las principales características del software son:

- Edición de elementos vectoriales como: MapInfo, ArcInfo, Grass Gis, DXF, Shapefile, DWG, etc.
- Extensiones espaciales: PostGis, PostgreSQL.
- Archivos raster: (TIFF, Grass Gis, GeoTIFF, JPG, etc.)

Este software es utilizado para la representación cartográfica de los niveles de presión sonora de un mapa de ruido.

### **2.7.4. CadnaA:**

Software de predicción de ruido ambiental que es empleado para investigaciones científicas o estudios que poseen un alto grado de complejidad. Este software posee la capacidad de realizar modelados en 3D en un entorno natural optimizando los métodos de cálculo que normalmente se suele usar.

## **2.8. Modelo de predicción sonora RLS-90:**

El modelo alemán de predicción sonora RLS-90 (Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen), se usa para estudiar y analizar carreteras en función de la contaminación acústica provocada por el ruido vehicular. Existen dos modelos que son:

### 2.8.1 Modelo de transmisión por fuentes

Este modelo estudia la circulación vehicular para obtener los niveles de ruido provocados por el peso del vehículo, velocidad máxima y tipo de carretera basadas en el LmE (Source level emission) (Mishra et al, 2019). Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$L_{ME} = (L_m 25 \text{ basic}) + C_{speed} + C_{gradient} + C_{road \text{ surface}} + C_{reflection}$$

Donde:

$$L_m = 37.3 + 10 * \log \{m * (1 + .082 p)\}$$

M = Volumen medio del tráfico vehicular en un tiempo estimado de 1 hora

P= Porcentaje de vehículos que superen las 2.8 toneladas.

Corrección por cambios de velocidad:

$$C_{speed} = L_{car} - 37.3 + 10 * \log[100 + \{ (10^{.1*c}) * P/(100 + 8.23 * P)\}]$$

$$L_{car} = 27.8 + 10 * \log\{1 + (.002 * V_{car})^3\}$$

$$L_{truck} = 23.1 + 12.5 \log * (V_{car})$$

$$c = L_{truck} - L_{car}$$

Donde:

$V_{car}$  = Velocidad para transporte liviano

$V_{Truck}$  = Velocidad para transporte pesado

### 2.8.2. Modelo de propagación

En este modelo se mide el nivel de ruido en diferentes puntos del sector a analizar, en los cuales la energía se distribuye conforme a las fuentes generadoras de contaminación acústica. Este modelo estudia el ancho que tienen las carreteras, los factores meteorológicos, distancias e intensidad sonora.

$$L_m = L_m E + C_{\text{section}} + C_{\text{spreading}} + C_{\text{ground absorbent}} + C_{\text{screening}} + C_{\text{met}}$$

Donde:

$C_{\text{spreading}}$  = Factor de corrección de dispersión

$C_{\text{ground absorbent}}$  = Factor de corrección absorbente

$C_{\text{screening}}$  = Factor de corrección de rastreo

$C_{\text{met}}$  = Factor de corrección meteorológica

### 2.9. Condiciones Mecánicas

Existen varios mecanismos generadores y amplificadores de ruido de un vehículo a motor, entre ellos se destacan:

- Ruido del tren de potencia: Se genera por el motor (proceso de admisión, ignición y fuga de elementos químicos), enfriamiento y sistema de emisión.
- Ruido Aerodinámico: Se genera por el flujo de aire que roza el vehículo y que se encuentra dentro de este.
- Ruido de rodadura: Se genera por el rozamiento de las ruedas del vehículo con el suelo en un determinado tiempo.

Además, existen otras fuentes generadoras de ruido tales como, el ruido que generan las puertas al momento de su apertura o cierre de los buses por el

mecanismo de neumáticos que este posee. Los vehículos que manifiesten el uso de equipos de reproducción sonora.

El ruido aerodinámico no genera conflicto con la parte externa del vehículo dentro de las velocidades permitidas, esto quiere decir que posee un límite de hasta los 120 Km/h.

A continuación, se muestra un gráfico detallado de los tipos de ruidos y su estimación en niveles de presión sonora:

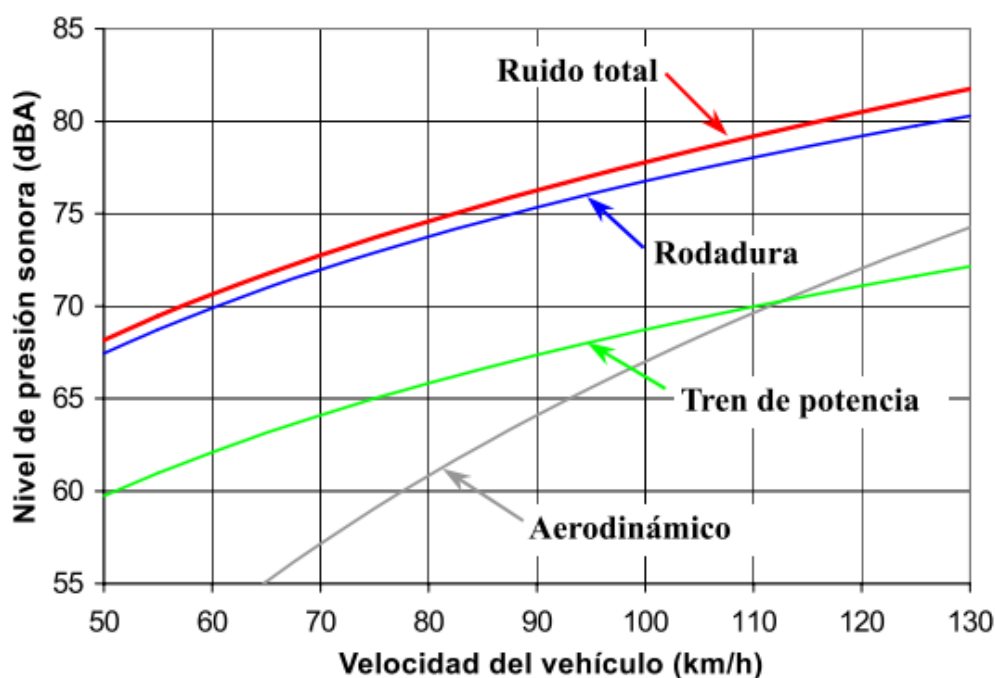


Figura 5. Fuentes generadoras de ruido vehicular

Tomado de (Alonso, 2014)

### 2.9.1. Ruido generado por el motor de un vehículo:

Los vehículos poseen una fuente generadora de ruido, el cual es el motor, un sistema mecánico que permite obtener energía a través de un proceso de transformación química. Este elemento posee un conjunto de cilindros que dan funcionamiento al motor mediante el proceso de admisión, compresión, explosión y escape. Este proceso es indispensable para que el vehículo pueda funcionar y circular, sin embargo, el impacto que provoca esta fuente de ruido frente a la sociedad tiene consecuencias a corto, mediano y largo plazo disminuyendo la calidad y los años de vida de una persona (Alonso et al, 2014).

### **2.9.2. Superficie de una vía:**

La superficie de las calzadas con el rozamiento de los neumáticos de los carros, genera el ruido de rodadura, el cual varía según el material del que se encuentra elaborada la calzada de acuerdo a su densidad, textura y porosidad.

Las vías que se encuentren elaboradas de asfalto poseen dos clasificaciones que son:

- Densos: Su esqueleto interno está diseñado para ser impermeable cuando el agua caiga verticalmente hacia este.
- Porosos: Poseen cavidades que permiten el paso o flujo de agua y también sirven como como absorbentes de ruido para reducir los niveles de contaminación sonora.

Existen diferentes tipos de texturas que se especifican en la normativa ISO13473-1: 2019 “Determinación de la profundidad media del perfil” e ISO13473-2: 2002 “Terminología y requisitos básicos relacionados con el análisis del perfil de textura del pavimento”, pero las más conocidas son:

- Micro textura:

Tiende a ser un material abrupto como piedras, tierra y pequeñas partículas, que al rozar con las ruedas de un vehículo su longitud de onda ( $\lambda$ ) tiende a ser menor que 0,5 milímetros.

- Macro textura:

Se realiza un estudio previo mediante la colocación del mortero o usando un acabado de asfalto específico, para facilitar el drenaje de los materiales líquidos. La longitud de onda ( $\lambda$ ) tiende a mantener la misma disposición que los componentes de la huella del neumático, en un rango que va desde los 0,5mm hasta los 50mm.

- Mega textura:

Esta textura, se basa en el principio de interfaz rueda/carretera, siendo una de las más molestas y es generada por corrosiones en las vías o imperfecciones que se produjeron al momento de la construcción de la vía.

La longitud de onda ( $\lambda$ ) oscila entre los 50mm y los 500 mm.



*Figura 6. Asfalto denso*

Tomado de (Alonso, 2014)



*Figura 7. Asfalto poroso*

Tomado de (Alonso, 2014)



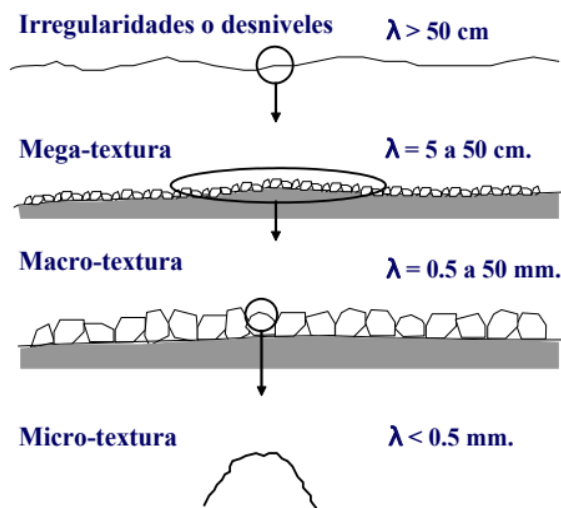


Figura 8. Longitud de onda en función de la textura de la carretera  
Tomado de (Alonso, 2014)

La razón por la que se estudia la longitud de onda de la textura de una carretera determinada, se debe a que se identifica la frecuencia de picos presentes dentro de una superficie.

Para determinar la longitud de onda  $x$ , se realiza un examen de las frecuencias en bandas de octava y con estos resultados se aplica la siguiente expresión:

$$L_x = 20 * \log \left( \frac{a_x}{a_{ref}} \right)$$

Donde:

$L_x$ = Nivel de perfil en la longitud de onda  $x$  (medido en dB y citado a 10  $\mu\text{m}$ ).

$a_x$ = Valor cuadrático medio de la fracción de octava de longitud de onda  $x$  (m)

$a_{ref}$ = Valor cuadrático medio de referencia ( $a_{ref} = 10\mu\text{m}$ ).

$L_4$ = Una buena predicción sonora generado por ruido de rodadura se obtiene mediante valores de una banda de octava de 4 mm para frecuencias que sean igual o mayor a 1 KHz.

$L_{63}$ = Una buena predicción de ruido a baja frecuencia (frecuencias menores a 1 KHz), se ubica en la banda de octava correspondiente a los 63mm.

El comportamiento de la longitud de onda según su textura  $L_4$  y  $L_{63}$ , se puede apreciar en las siguientes figuras:

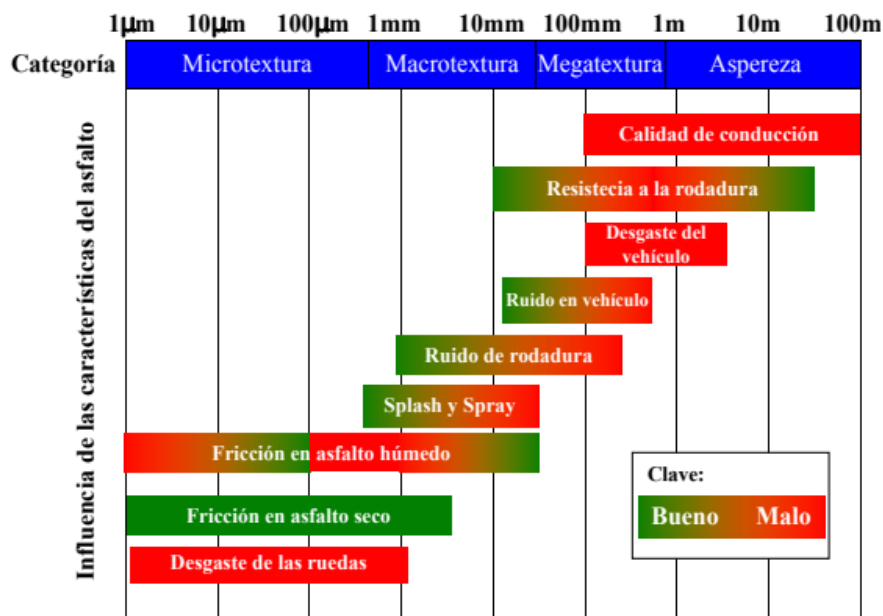


Figura 9. Influencia de la textura de la carretera en función de variables generadoras de ruido.

Tomado de (Alonso, 2014)

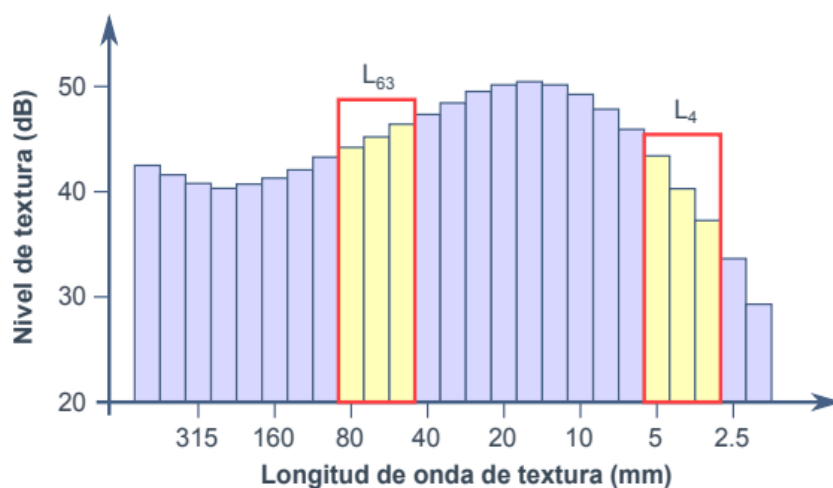


Figura 10. Espectro de nivel vs longitud de onda de textura en función de  $L_4$  y  $L_{63}$ .

Tomado de (Alonso, 2014)

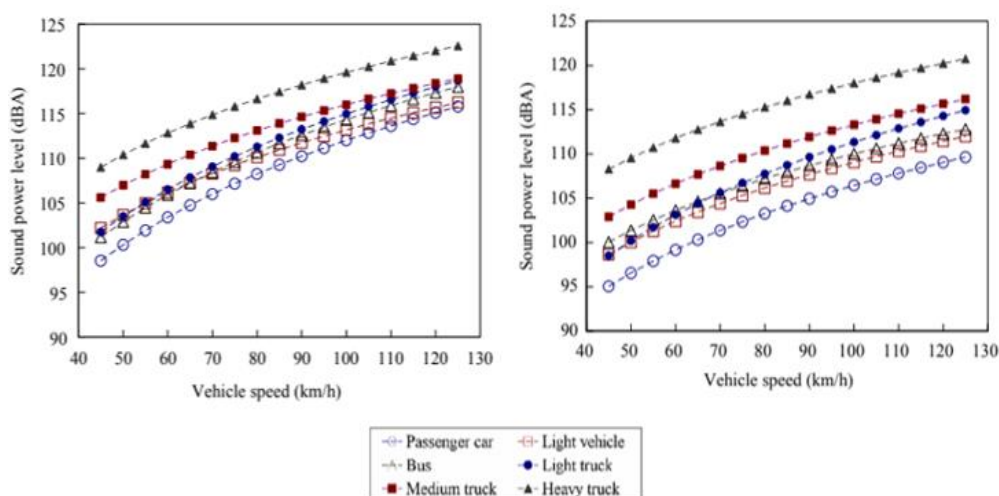
### 2.9.3. Impacto térmico:

El ruido de rodadura tiende a variar según las condiciones climáticas que el ambiente presente. Se han registrado estudios publicados donde el aumento de la temperatura reduce en forma lineal los niveles de contaminación sonora.

Para determinar el efecto que tiene la temperatura sobre el nivel de ruido, se procede a medir la temperatura del aire y se relaciona a las frecuencias en forma de espectro, teniendo como resultado que las frecuencias medias son las que menos impacto tienen con la temperatura, a diferencia de las frecuencias altas y bajas que sí representan una alteración en su comportamiento (Mioduszewski et al, 2014).

Según el tipo de pavimento tenemos:

- $-0.1\text{dB(A)}/C^0$  Para materiales no porosos.
- $-0.06\text{dB(A)}/C^0$  Para materiales materiales porosos.
- $-0.03\text{dB(A)}/C^0$  Para asfaltos hechos a base de hormigón.



*Figura 11.* Ruido de rodadura en función del tipo de asfalto con diferentes vehículos y para superficie tipo TPCC (izquierda) y DGA (derecha).

Adaptado de (Alonso, 2014)

## 2.10. Categorización vial

Las carreteras pasan por un proceso de planificación, análisis, y estudios, que determinan la cantidad de carros que pueden circular, en un período de tiempo.

### 2.10.1. Niveles de Servicio:

Para analizar el flujo vehicular se toma en cuenta una variable que determina la cantidad de carros en un intervalo temporal. Esta variable está representada por el número de carros que circulan en un tiempo aproximado de 15 minutos, analizando las condiciones de control, tránsito y de infraestructura vial. La Asociación Técnica de Carreteras de España, clasifica los niveles de servicio en:

- Nivel A: Representa a vías libres que permiten el flujo vehicular, donde los conductores de vehículos livianos pueden alcanzar libremente velocidades de hasta 110 Km/h.

Una vía expresa puede alcanzar a tener en un carril una demanda de hasta 2000 veh/h, siendo la cantidad de carros que circulan por hora (volumen de servicio) inferior a los 700 veh/h.

Una vía colectora puede alcanzar una velocidad progresiva mediante el índice de servicio ( $i/c=0.60$ ), donde la velocidad media oscila entre los 45 y 50 Km/h. El índice de congestión vehicular (IC) es mínimo y el factor de hora punta alcanza los 0,70 alcanzando una capacidad máxima de 400 veh/h por carril.

En vías locales el margen de autos está limitado por la velocidad permitida, generalmente de 35 Km/h con una circulación máxima de 200 veh/h.

- Nivel B: Representa a vías con una cantidad de vehículos estable, donde no existe congestionamiento vehicular. Sin embargo, la posibilidad de realizar maniobras dentro de la carretera, se ve reducida por el incremento de carros en comparación al nivel de servicio A.

Una vía expresa tiene una velocidad igual o superior a los 80 Km/h y el tráfico radica del 50 por 100 de la capacidad ( $i/c=0.50$ ), por lo que cada carril tiene una circulación máxima de 1000 vehículos.

En una vía arterial circulan 1000 veh/h a una velocidad igual o mayor a 85 Km/h.

En vías colectoras el  $i/c$  es de 0.45 a una velocidad mayor o igual a los 40 Km/h.

- Nivel C: Representa a vías con un flujo vehicular moderado, donde la comodidad se ve reducida por la presencia de un número mayoritario de vehículos.

En vías expresas la velocidad máxima es de 80 Km/h y su flujo vehicular no supera los 1500 veh/h.

En vías arteriales la velocidad máxima es de 70Km/h y su flujo vehicular no supera los 1400 veh/h.

En vías colectoras el  $i/c$  se encuentra entre 0.70 y 0.80 y la velocidad media es de 35 Km/h. En intersecciones el índice de congestión es de 0.30.

- Nivel D: Es un servicio restringido para los conductores y para los peatones que se ve afectado por la hora punta. La velocidad de circulación alcanza los 65 Km/h con índice de servicio máximo de 0.90.

En vías expresas existe una circulación máxima de 1800 veh/h, en condiciones ideales y con hora punta.

- Nivel E: Representa a un servicio incómodo para los usuarios, donde la velocidad máxima varía entre los 45 a 60 Km/h. Se caracteriza por tener un  $i/c$  cercano a 1 con volúmenes de hasta 2000 veh/h en condiciones ideales y hora punta.
- Nivel F: Flujo forzado o embotellamiento, donde la velocidad de circulación varía de las condiciones que provocaron la congestión vehicular. La velocidad varía entre los 0 a 45 Km/h.

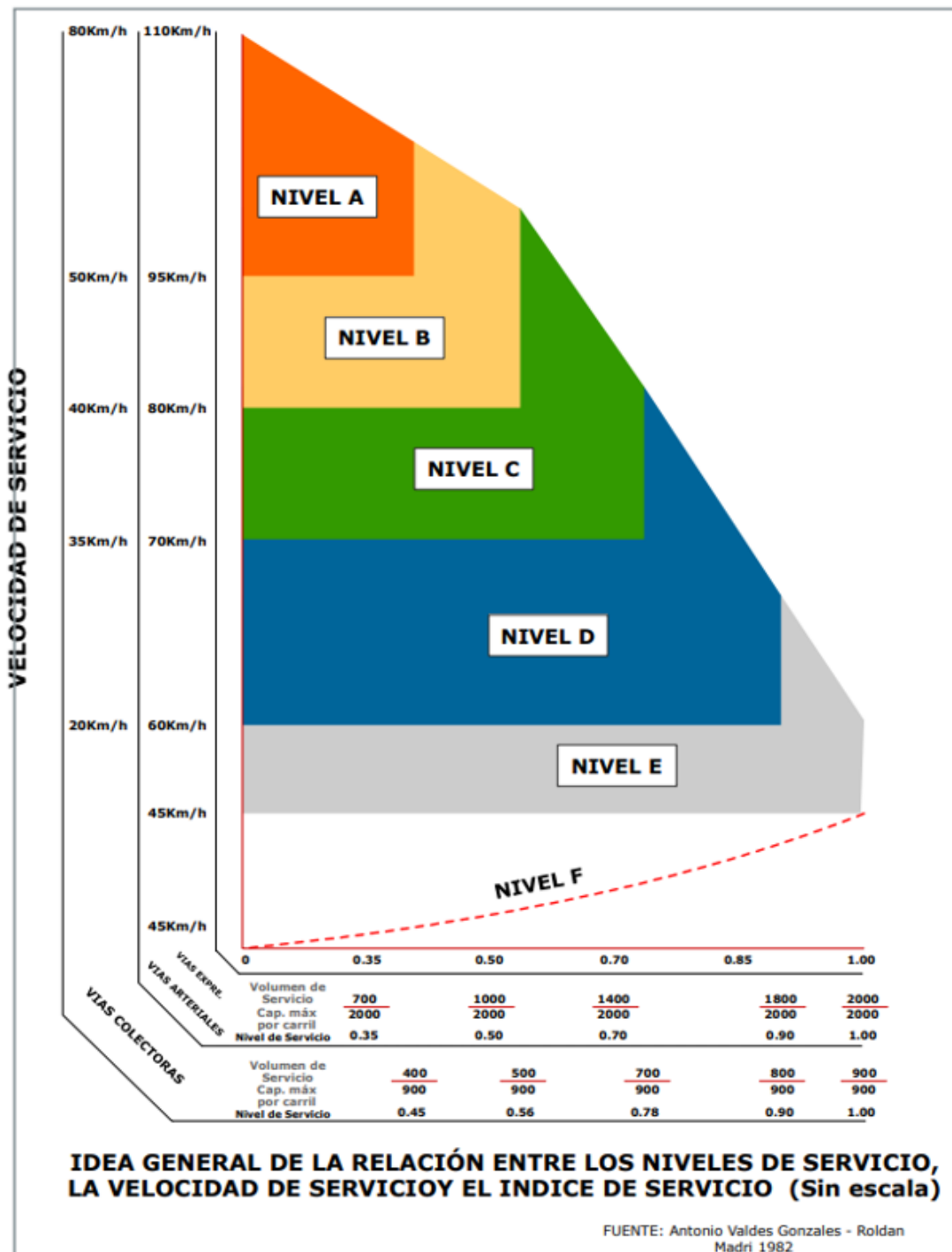


Figura 12. Niveles de servicio  
Tomado de (MDGVU, 2005)



Figura 13. Carreteras en función del flujo vehicular  
Tomado de (MDGVU, 2005)

### 2.10.2. Clasificación de vías en entorno a la circulación vehicular:

Una de las partes fundamentales para la elaboración del mapa de ruido, es el análisis y estudio de las vías que se encuentran dentro de la parroquia rural de Conocoto, donde se procedió a clasificar según el tipo de vía utilizando diferentes variables como son:

- Longitud de la carretera
- Velocidad permitida
- Cantidad de vehículos que circulan en un determinado tiempo (1h)
- Material de la carretera con la que fue construida

- Cruce de Peatones
- Tipo de vehículos
- Espaciamiento horizontal (número de carriles)
- Capacidad de estacionamiento

Partiendo de este criterio se clasificó a las calles en:

#### **2.10.2.1. Vías Expresas:**

Es una vía de alta velocidad que conecta varias vías arteriales con las colectoras. Se caracterizan por poseer un volumen mayoritario de circulación vehicular, donde no se puede realizar el cruce de peatones y se encargan de conectar largas distancias. A estas vías se las conoce también como autopistas.

En este tipo de vías circulan todo tipo de carros independientemente de su peso y su estructura.

#### **2.10.2.2. Vías Semi Expresas:**

Son vías de alta velocidad, donde el conductor no puede estacionar su vehículo debido al flujo y la gran velocidad de los autos que circulan en esta vía, A diferencia de la vía Expresa esta tiende a tener un número menor de carros.

#### **2.10.2.3. Vías Arteriales:**

Las vías arteriales se encargan de distribuir el flujo vehicular que presentan las vías colectoras y locales. Generalmente poseen una cantidad de carros moderada, en este tipo de vías está prohibido el estacionamiento vehicular.



En estas vías existe la presencia de semáforos que facilitan el cruce peatonal y también existen paradas para el transporte público.

Todos los vehículos circulan por estas vías, sin embargo, el número de carros es reducido, especialmente el del transporte extra pesado (trailers y volquetas).

#### **2.10.2.4. Vías Colectoras:**

Son aquellas que tiene como función enlazar las vías locales con las vías arteriales. Se clasifican en: colectoras distritales (principales) y colectoras interdistritales (secundarias).

El flujo vehicular en estas vías no es constante debido a la presencia de semáforos que interceptan vías arteriales, además de su señalización cuando se unen a vías locales. La distancia entre estas vías tiene que ser de al menos 800 m.

#### **2.10.2.5. Vías Locales (alta demanda, media demanda y baja demanda):**

Son vías que poseen una cantidad mínima de carros, se caracterizan porque pueden tener 1 o más carriles por sentido y cada carril posee una distancia 1,50 m en posición horizontal.

- Alta demanda: Son carreteras que poseen una alta cantidad de carros, pero la velocidad límite es de 50 Km/h, debido a que se encuentra en zonas urbanas.
- Media demanda: Son carreteras que poseen una cantidad moderada de carros.

- Bajada demanda: Son carreteras que se caracterizan por poseer una baja circulación de vehículos, generalmente este tipo de carreteras son hechas a base de tierra.

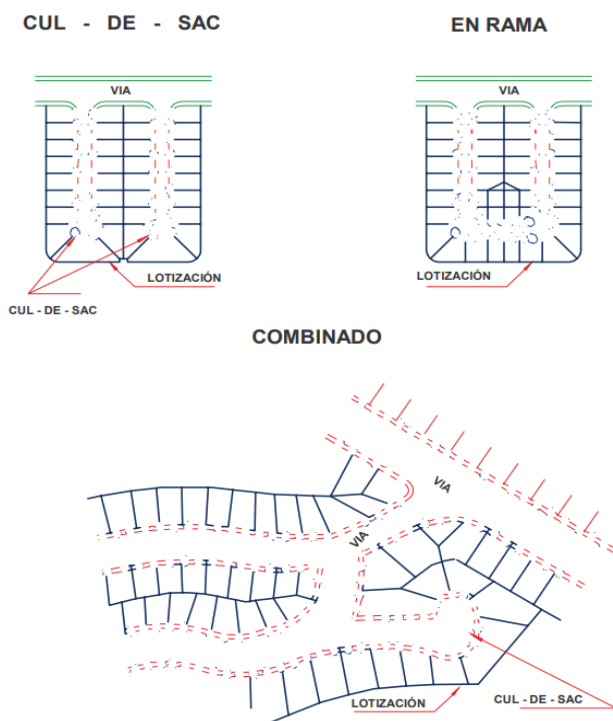


Figura 14. Características del flujo

Tomado de (MDGVU, 2005)

En la figura 14, se muestra diferentes tipos de vías locales, ya sean pasajes (sin salida), en rama (nace de una vía principal para ser secundaria y vuelve a conectarse a la vía de origen) y combinado (las vías pueden ser en rama con terminación en pasaje).

#### 2.10.2.6. Pasajes:

Los pasajes son vías que no permiten la conexión con otras carreteras, por lo que el flujo vehicular dentro de estas vías es casi nulo, Generalmente en estas vías solo circulan: vehículos livianos y motos.

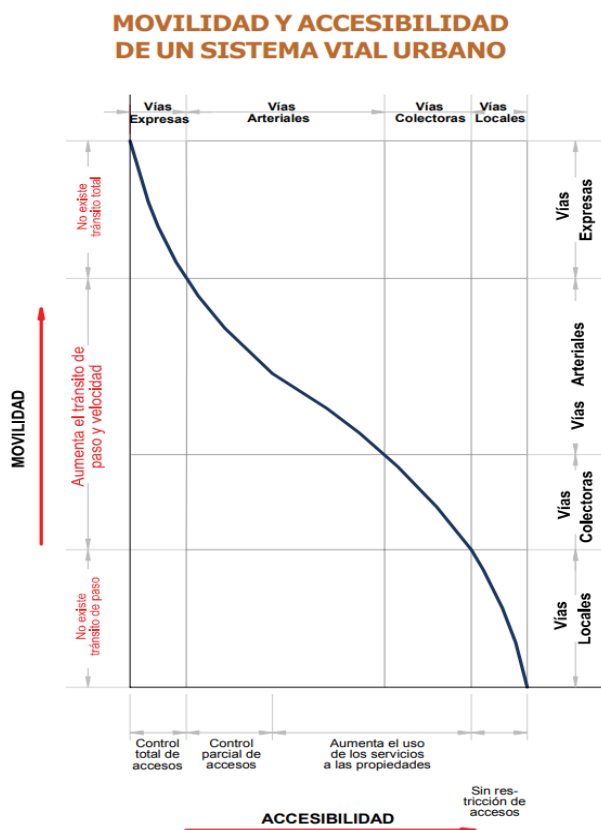


Figura 15. Tipos de vías

Tomado de (MDGVU, 2005)

En la figura 15, se muestra una imagen que detalla el comportamiento de las vías con alta circulación vehicular las cuales muestran un acceso muy bajo hacia las propiedades laterales, a diferencia de las vías locales que tienen accesos libres pero su flujo vehicular es más limitado. Las vías expresas no presentan un índice alto en congestión vehicular.

### 3. Metodología

#### 3.1. Área geográfica de investigación:

El Distrito Metropolitano de Quito posee 33 parroquias rurales, una de ellas es Conocoto que pertenece al valle de los Chillos. Conocoto proviene de la palabra Quichua Cunugcutu, que comprende 2 vocablos Cunug y Cutu, los cuales tienen

por significado en Castellano: abrigada y loma respectivamente. Conocoto posee una superficie territorial de 51,46 Km<sup>2</sup>, sin embargo, se han presentado diversas problemáticas en cuanto a la administración de territorio, debido a la pluralidad de zonas urbanas (GAD Parroquial de Conocoto-DMQ, 2015).

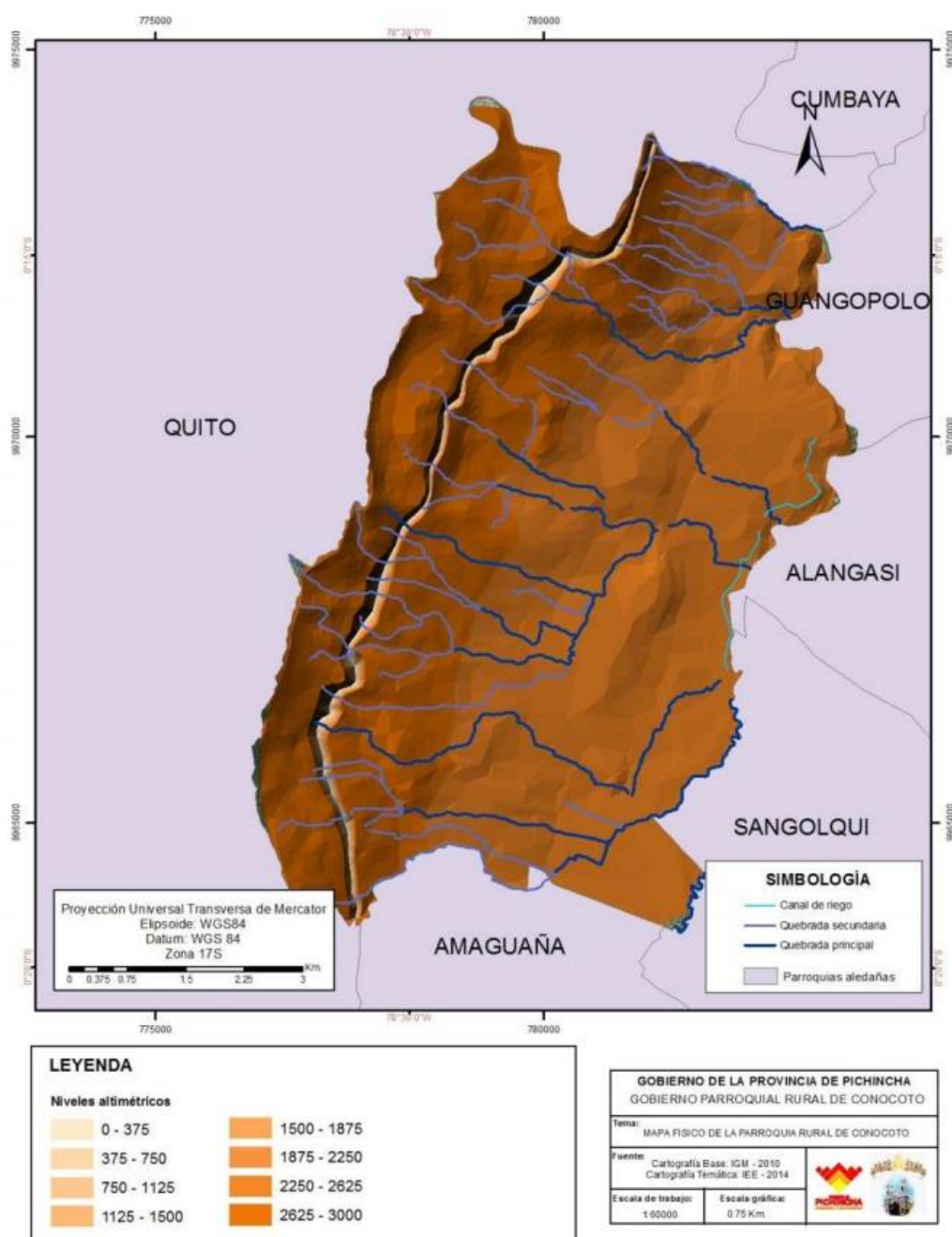


Figura 16. Mapa físico de la parroquia de Conocoto  
Tomado de (GAD Parroquial de Conocoto-DMQ, 2015)

### **3.2. Aspectos Físicos:**

#### **Altitud:**

Se encuentra a una altura que va desde los 2390 a 3175 metros sobre el nivel del mar, siendo su punto más alto la Loma de Puengasí.

#### **Clima:**

Posee un clima variable dependiendo de la estación del año en la que se encuentre (invierno o verano), con una temperatura que varía entre los  $8C^{\circ}$  hasta los  $26C^{\circ}$ .

#### **Demografía:**

En la figura 17, puede apreciar cómo la población en la parroquia rural de Conocoto ha ido creciendo en función del tiempo. Según los registros de 1974 Conocoto poseía una población de 11.960 habitantes y en el último registro en el 2010 la población llegó a una cantidad de 82.072 habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010). Esto quiere decir que, en los últimos 36 años la población creció casi 7 veces en relación a la cantidad de habitantes registrados en 1974.

Según los censos muestran que la parroquia rural de Conocoto a diferencia de las demás parroquias tiene un crecimiento poblacional desmesurado, razón por la cual el flujo vehicular en los últimos 46 años ha ido incrementándose y va a tener graves consecuencias si no se plantean modelos de acción para el control de contaminación sonora.

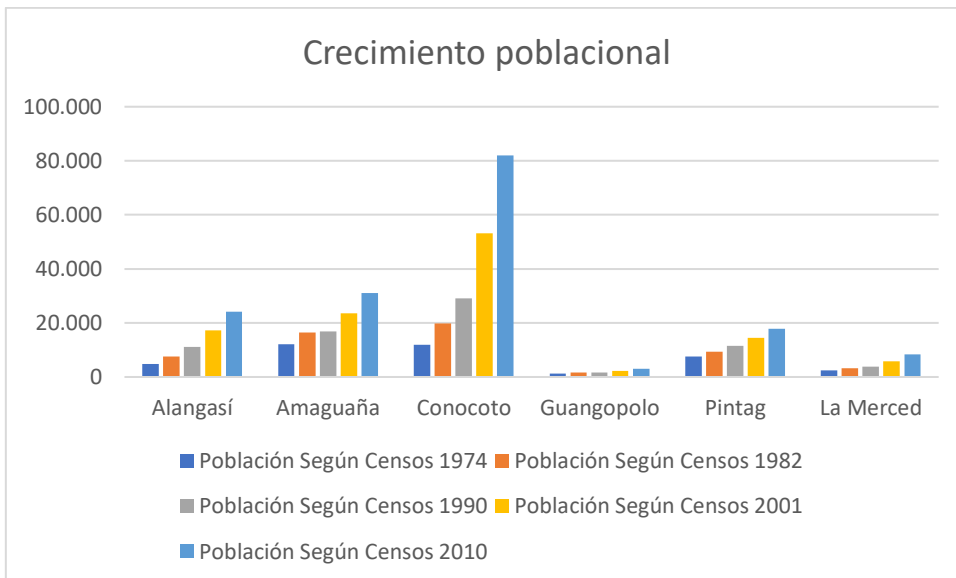


Figura 17. Índice de crecimiento demográfico  
 Tomado de (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010)

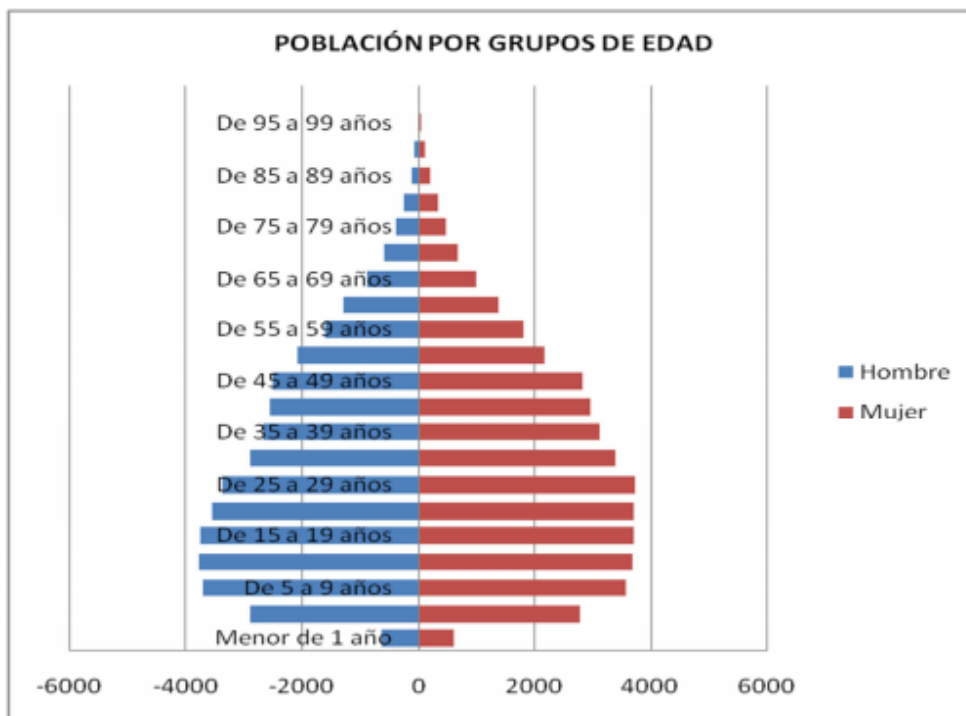
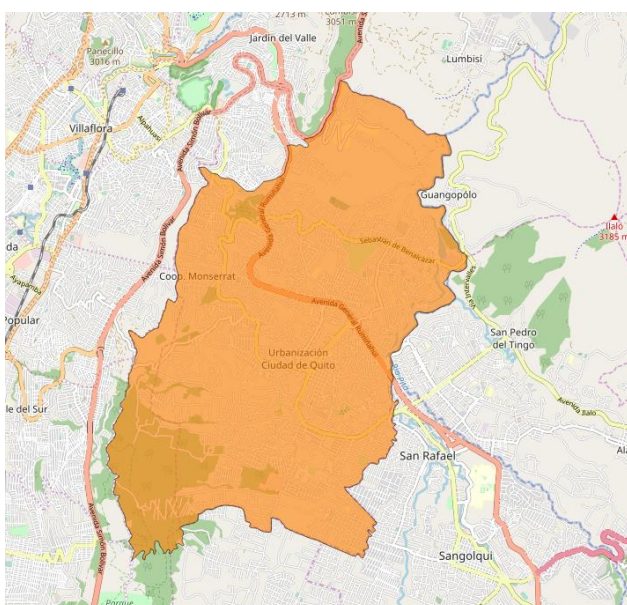


Figura 18. Población por grupos de edad  
 Tomado de (GAD Parroquial de Conocoto-DMQ, 2015)

### 3.3. Límites:

Para la elaboración del mapa de ruido de la parroquia rural de Conocoto, fue necesario obtener información sobre el comportamiento del ruido vehicular, para ello mediante el software “QGis” se obtuvo la ubicación geográfica en “Google Street Maps” del sector a estudiar y posteriormente se procedió a delimitar la zona, para que se pueda extraer y analizar la información relacionada con:

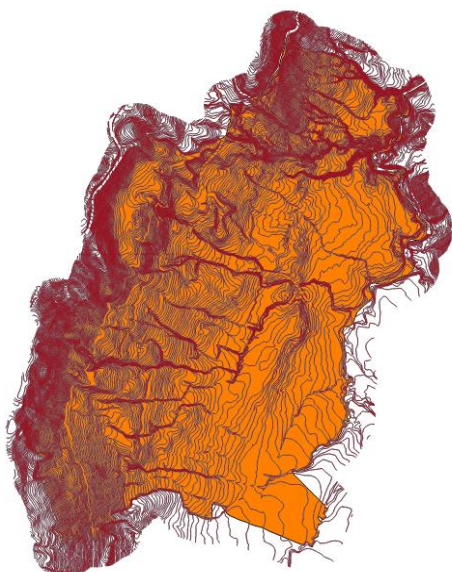
- Tipo carreteras (expresa, semi Expresa, arterial, colectora (principal y secundaria) y local (alta, media y baja demanda)).
- Material del que fueron construidas las vías (adoquín, asfalto, piedra, tierra, etc).
- Número de vehículos en un determinado tiempo (60 min).
- Tipo de vehículos que circulan en las carreteras (motos, livianos, pesados, extrapesados).
- Edificaciones.
- Curvas de nivel (CN).
- Áreas verdes.



*Figura 19.* Límites de la parroquia rural de Conocoto  
Tomado de (Open Street maps, 2019)

### 3.4. Buffer y Curvas de Nivel:

Al mapa delimitado se procede a realizar un Buffer con una extensión territorial de 500 metros a la redonda, esto servirá para que las curvas de nivel (CN) que se van a implementar en el Software “CadnaA” cubran una superficie mayor a la evaluada y asegurar que todos los elementos estén dentro del área a evaluar. Posteriormente con el buffer de 500 metros procede a realizar un recorte de la misma área y ubicación, pero de las Curvas de nivel (CN).



*Figura 20.* Curvas de nivel (CN) montadas sobre la parroquia de Conocoto

### 3.5. Tipo de carretera:

Las carreteras de la parroquia rural se clasifican según el flujo vehicular, distancia de la carretera y material de la calzada en:

- Expresa
- Semi expresa
- Arterial
- Colectora Principal
- Colectora Secundaria



- Local alta demanda
- Local media demanda
- Local baja demanda
- Pasaje

### **3.5.1. Vías de ingreso y salida:**

Las principales vías que conectan Conocoto con las demás parroquias son la Autopista General Rumiñahui y la antigua vía Quito-Conocoto-Amaguaña; las cuales se encuentran en buen estado para el flujo vehicular. Sin embargo, la antigua vía Quito-Conocoto-Amaguaña carece de señalización vertical, horizontal y alumbrado público.

### **3.5.2. Transporte:**

El transporte público que posee la parroquia de Conocoto cuenta con la cooperativa “Azblan” con 25 unidades y la cooperativa “Libertadores del Valle” con 27 unidades (GAD Parroquial de Conocoto-DMQ, 2015).

El transporte escolar posee 300 unidades entre buses, busetas y 5 cooperativas de taxis con 130 unidades y 5 cooperativas de camionetas con 150 unidades, las cuales integran el sector de Chachas, Hospitalaria, Mercado Central y Corazón de Jesús de (GAD Parroquial de Conocoto-DMQ, 2015). Cabe mencionar que las zonas más apartadas del Centro de Conocoto y los límites se ven afectados en la movilidad por no contar con este tipo de transporte.

### **3.5.3. Material de la carretera:**

A cada carretera se le clasificó según el material que del cual se encuentra elaborada (adoquín, asfalto, piedra, tierra, etc.), debido a las variaciones del nivel de ruido provocadas por el rozamiento de las ruedas del vehículo con respecto

a la vía en la que circula. Además, el material del que se encuentra elaborada una carretera permitirá a los conductores determinar una velocidad para un flujo responsable. Por ejemplo: en carreteras de asfalto, es posible que los vehículos tengan una velocidad moderada o alta, mientras que en carreteras de tierra los vehículos se verán obligados a circular a baja velocidad. Lo mismo sucede en el tipo de vehículo que circula por dichas carreteras, por ejemplo: en carreteras de asfalto o adoquín puede circular cualquier vehículo sin ningún problema, mientras que en calles elaboradas de tierra es difícil la circulación de transporte extrapesados. A continuación, se muestra un mapa de las redes viales de Conocoto:

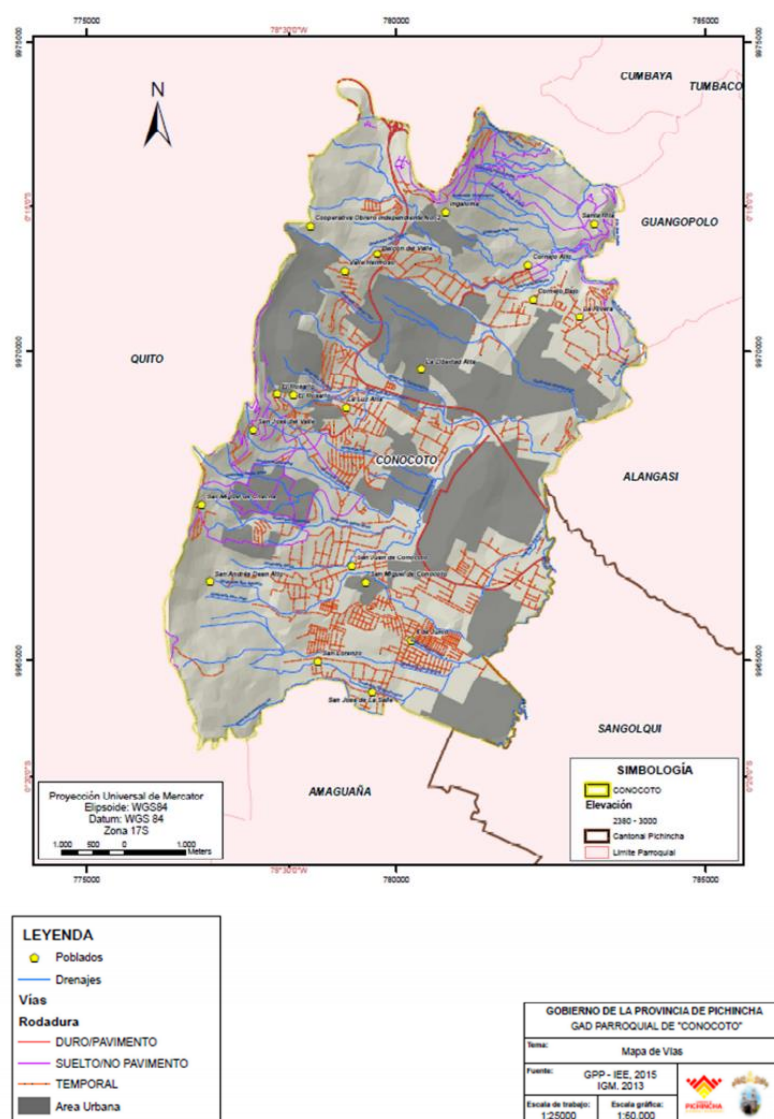
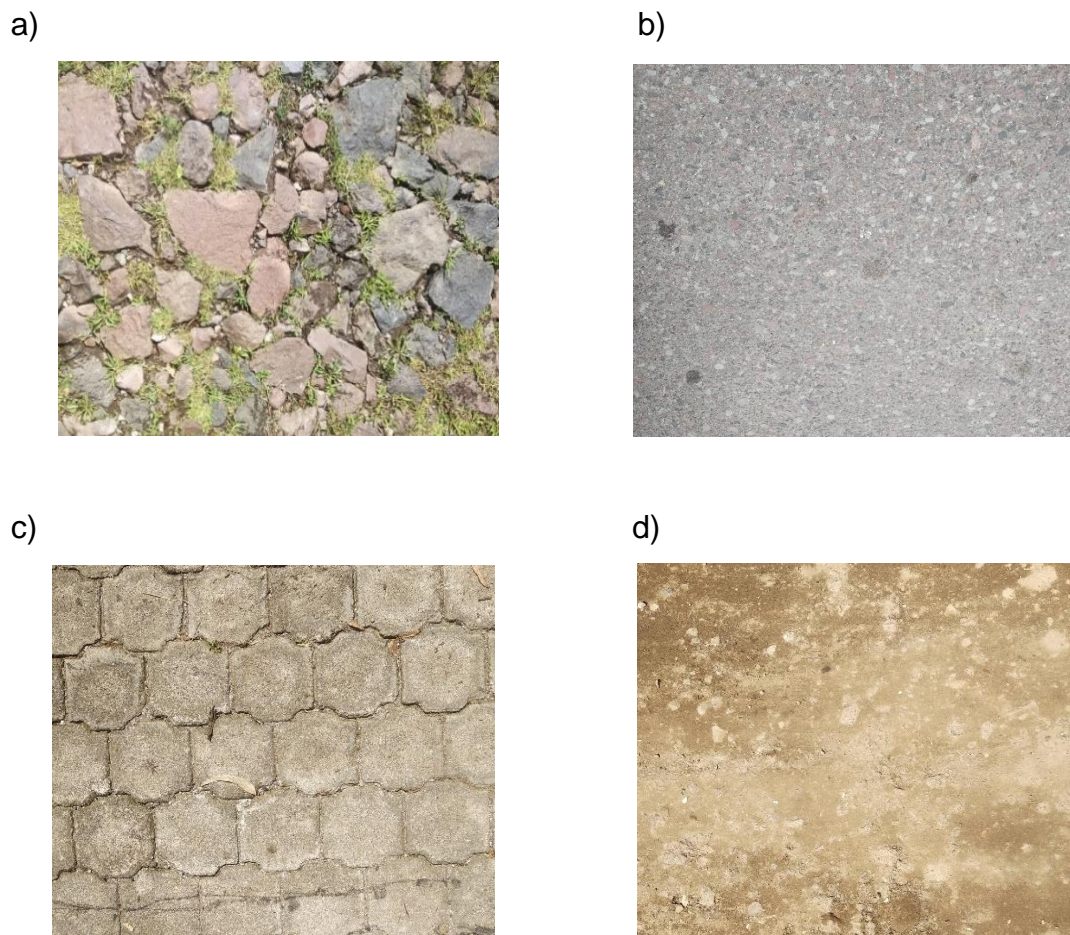


Figura 21. Tipos de carreteras

Tomado de (GAD Parroquial de Conocoto-DMQ, 2015)



*Figura 22.* Tipos de Calzada

- a) Vías de Piedra
- b) Vías de Asfalto
- c) Vías de Adoquín
- d) Vías de Tierra

#### **3.5.4. Flujo vehicular:**

Se realizó un conteo vehicular en las vías pertenecientes a la parroquia rural, donde se realizó un promedio del total de calles en función de la cantidad de vehículos que circulan en una hora. Estos vehículos se clasificaron según su tamaño, peso y tipo: motos, livianos (automóvil), pesados (busetas, camiones) y

extrapesados (tráiler). Teniendo en cuenta que una motocicleta puede emanar la misma contaminación acústica que un vehículo extrapesado.

La tabla 3 muestra el número de vehículos que circulan durante una hora en función de la carretera.

Tabla 3.

*Número de vehículos que circulan en función de la carretera y del tipo de vehículo*

<b>Carreteras</b>	<b>Vehículos livianos día/h</b>	<b>Vehículos livianos noche /h</b>	<b>Vehículos pesados día/h</b>	<b>Vehículos pesados noche /h</b>	<b>Velocidad Livianos</b>	<b>Velocidad Pesados</b>
<b>Expresa</b>	1334	450	10	5	90	70
<b>Semi expresa</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Arterial</b>	1736	380	4	1,5	50	30
<b>Colectora principal</b>	1481	250	5	1	50	30
<b>Colectora secundaria</b>	1223	150	4	1	50	30
<b>Local alta demanda</b>	805	80	3	1	50	30
<b>Local media demanda</b>	440	50	4	0	50	30
<b>Local baja demanda</b>	145	20	3	0	50	30
<b>Pasaje</b>	14	6	5	0	50	30

### **3.6. Simulación en el software de predicción acústica CadnaA:**

En software “CadnaA”, se procede a insertar los siguientes datos:

- Mapa delimitado
- Curvas de nivel
- Registro de número de carros que circulan durante una hora
- Tipos de Carreteras
- Material del que se encuentra construida una vía
- Edificaciones
- Receptores

Mediante la recopilación de esta información, se utiliza el método de predicción sonora RLS-90, con el cual se procede a calcular la malla y ver los niveles de presión sonora en la parroquia rural de Conocoto.

### **3.7. Valoración de datos:**

En las vías de mayor afluencia vehicular, se realizaron mediciones del nivel de presión sonora, utilizando los equipos de mediciones que se encuentran en la tabla 4.

#### **3.7.1. Equipos de medición:**

- El Sonómetro CESVA SC310: midió el NPS con una duración de 20 minutos, cuyas unidades de medida se expresaron en dBA.
- El Calibrador CESVA CB006: sirvió para verificar el NPS al cual el sonómetro debía trabajar (94dB).

Tabla 4.

*Equipos de medición*

Equipo	Imagen	Descripción
Sonómetro CESVA SC310		<p>Dispositivo de medición que posee funciones de sonómetro y de analizador de espectro. Puede entregar los resultados en bandas de octavas o tercios de octavas, mide los parámetros con ponderaciones A, C y Z. Se comunica a través de un puerto USB y RS-232, cumpliendo con metrología legal.</p>
Calibrador CESVA CB006		<p>Verifica la fidelidad con la que trabaja el sonómetro y realiza una calibración para que no den datos erróneos, generalmente se calibra a una frecuencia de 1 KHz a 94 dB.</p>

### 3.7.2. Puntos de medición

Se realizó una medición de ruido en las principales avenidas de la parroquia rural de Conocoto. Se estudió el comportamiento en el día para analizar cuánto puede variar el modelo de predicción sonora RLS-90 con respecto a la medición in situ del nivel de ruido.

Para medir el nivel de ruido se escogieron las calles que presentaban un mayor flujo vehicular, entre ellas están:

- La Autopista General Rumiñahui
- Abdón Calderón
- Lola Quintana
- Polit Lasso
- Princesa Toa
- Camilo Ponce Enríquez
- Avenida Ilaló
- Gribaldo Miño

El proceso de medición consistió en ubicar puntos críticos en las principales avenidas de la parroquia. Se realizó una medición del nivel de presión sonora expresado en dBA con una duración de 20 minutos evitando que interfirieran sonidos que no son parte del ruido vehicular (ventas ambulantes, sonido de altavoces, industria, alarmas, etc.).

### 3.8. Encuesta:

La valoración de la percepción sonora frente al ruido, se realiza mediante encuestas socio acústicas desde el año 2003, las cuales se encuentran en la norma internacional ISO / TS 15666: 2003 “Evaluación de la molestia acústica mediante encuestas sociales y socio acústicas”. Dichas encuestas poseen 25

preguntas enfocadas en: aspectos demográficos, percepción de molestia al ruido y lugares de permanencia (día/noche) (Bravo-Moncayo, 2019).

Se realizó 254 encuestas a personas que moran en la parroquia rural de Conocoto, para poder evaluar la percepción sonora en los lugares de permanencia. Posteriormente se colocó dichos receptores en el software “CadnaA” y se calculó el nivel de presión sonora que reciben las personas en el día y en la noche mediante el modelo predictivo.

## **4. Resultados:**

### **4.1. Mapas de ruido:**

Mediante el software de predicción sonora “CadnaA” a través del modelo alemán RLS-90, Se realizaron 2 mapas de ruido que muestran diferentes resultados debido a las condiciones y variables utilizadas para la elaboración de cada mapa. Estas variables vienen dadas por:

- La cantidad de automóviles: Muestra que en el día el número de carros es mayoritario debido a que en esas horas el ser humano tiende a realizar sus actividades diarias (trabajo, estudio, etc.).
- La temperatura y humedad.
- La velocidad: Según las leyes de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) no presenta cambios, pero al tener las vías con menor congestión vehicular la velocidad de los vehículos tiende a aumentar.

#### **4.1.1. Validación de datos**

Los resultados que muestran la comparación del modelo de predicción sonora RLS-90, coinciden en su gran mayoría con las mediciones realizadas con el sonómetro en puntos estratégicos. Sin embargo, las calles que tienen una diferencia de aproximadamente 7 dBA son: Camilo Ponce Enríquez, Abdón Calderón y Lola Quintana.



Estas calles presentan diferencia de niveles posiblemente por sonidos externos a los del tráfico vehicular y por qué la muestra de medición in situ se realizó en diferentes días y horas a las del conteo vehicular.

Tabla 5.

*Vías con mayor contaminación acústica analizadas por el método de predicción sonora y sonómetro.*

Nombre	CadnaA		Sonómetro	Diferencia	Altura
	Nivel Lr		Valor límite		
	Noche	Día	Día		
	(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)	(m)
Princesa Toa	70.6	74,9	70,9	4.0	0,98
Camilo Ponce	73.9	78,3	71,9	6,4	1,25
Autopista General Rumiñahui	82.3	83,3	78,9	4,4	1,25
Lola Quintana	67.7	73,1	73,7	0,6	1,06
Abdón Calderón	75.3	79,7	70,0	9,7	1,31
Polit Laso	71.3	77,3	66,9	10,4	1,14
Gribaldo Miño	70.3	75,8	74,3	1,5	1,13
Avenida Ilaló	76.6	79,3	72,2	7,1	1,02

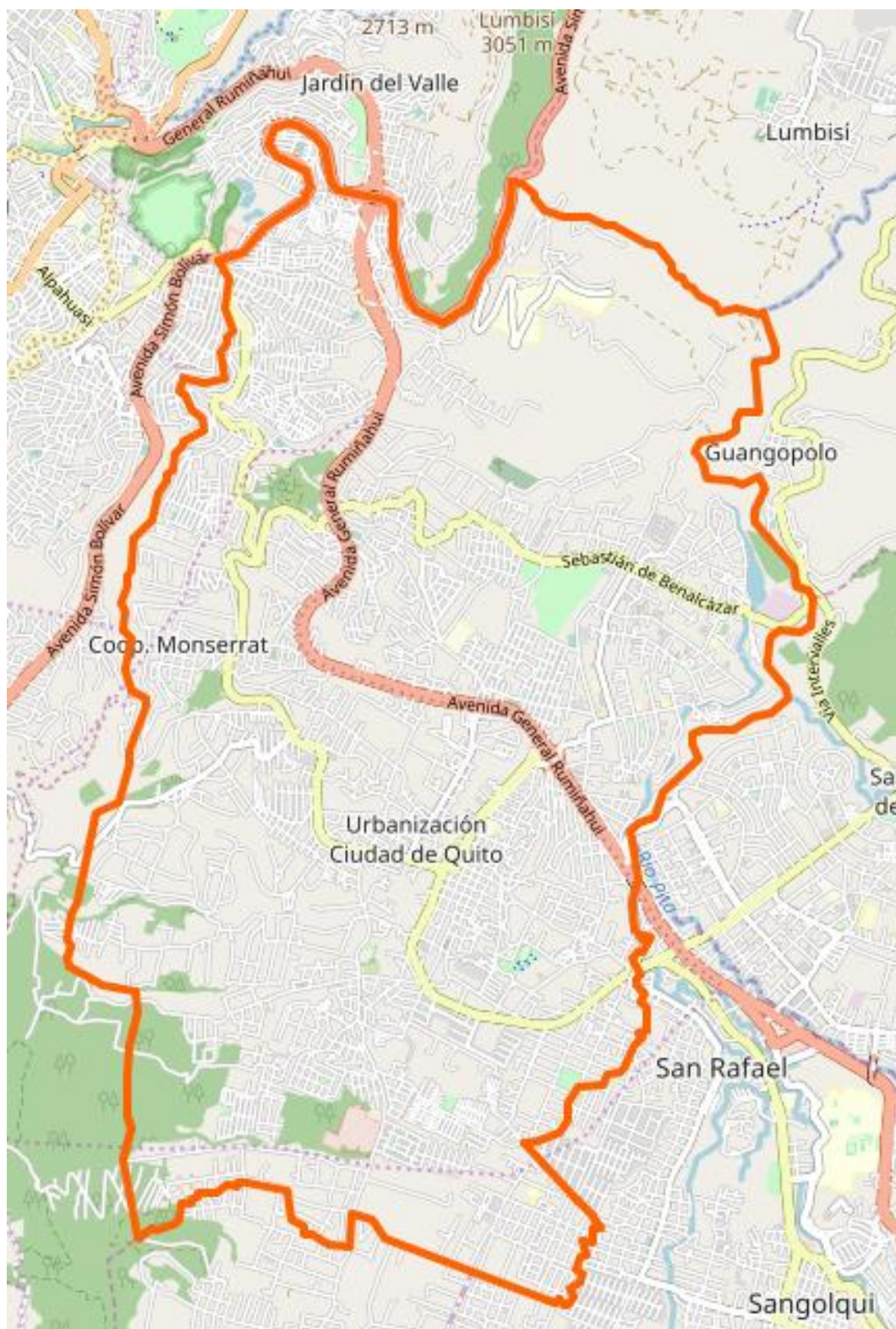


Figura 23. Mapa de Conocoto  
Tomado de (OpenStreetMap, 2020)



**Figura 24.** Carreteras con mayor afluencia vehicular  
Adaptado de (OpenStreetMap, 2020)

- a) Autopista General Rumiñahui
- b) Princesa Toa
- c) Avenida Camilo Ponce Enríquez
- d) Lola Quintana
- e) Avenida Abdón Calderón
- f) Gribaldo Miño
- g) Avenida Ilaló

#### **4.1.2. Mapa de ruido Diurno**

Se puede ver que las carreteras que mayor contaminación acústica presentan son: la autopista General Rumiñahui, La Princesa Toa, Avenida Camilo Ponce Enríquez, Lola Quintana, La Avenida Abdón Calderón, Gribaldo Miño y Avenida Ilaló debido al número de carriles que posee cada calle, la cantidad de carros que circulan, tipos de vehículos (trailers y motos que generan un mayor nivel de ruido), el material del que se encuentra elaborada y velocidad a la que circulan. Estos factores facilitan que el nivel de presión sonora en este sitio aumente. Otro punto interesante para analizar es el centro de Conocoto, ya que la concentración de ruido en este sector también es alta, pero en esta zona se agregan otros factores que influyen en los niveles de presión sonora como ruidos externos que alteran los resultados de las mediciones in situ.

Las zonas que menor contaminación sonora se encuentran en los límites del norte y del sur de la parroquia rural de Conocoto, esto quiere decir el sector de la Armenia y la Loma de Puengasí respectivamente. Gran parte de este sector se encuentra ocupada por bosques y parques, disminuyendo la presencia de senderos para el flujo vehicular. Los pocos caminos que existen generalmente se encuentran elaborados de tierra, con una congestión vehicular mínima.



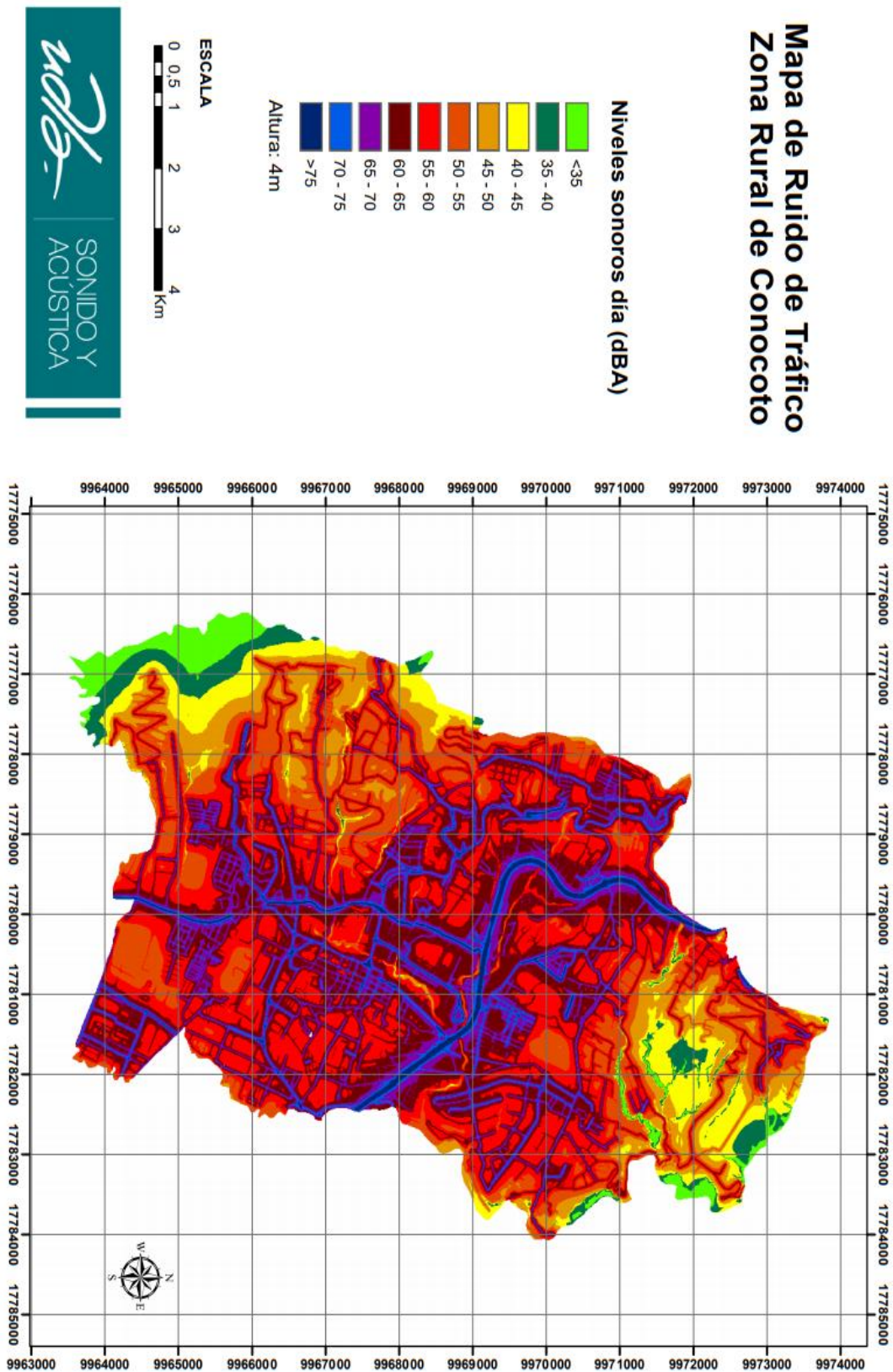


Figura 25. Mapa de ruido diurno de Conocoto

### 4.1.3. Mapa de ruido Nocturno

En este mapa se aprecia la variación de contaminación acústica del día con respecto a la noche. Los niveles de presión sonora en la noche tienden a disminuir en un gran porcentaje porque los habitantes suelen descansar reduciendo las actividades en esta franja horaria. Sin embargo, hay dos puntos críticos que sobresalen. El primero es la Autopista General Rumiñahui, que al ser una vía expresa con una distribución de 7 carriles que circulan por el Valle de los Chillos, tal y como se muestra en la figura 26, facilita el flujo vehicular. El segundo es el Centro de Conocoto, que posee altos niveles de contaminación sonora ambiental debido a que este sector tiene como tradición la venta y comercio en la noche de restaurantes y locales comerciales. Este comercio oscila entre las 19:00 pm y las 22:00 pm.

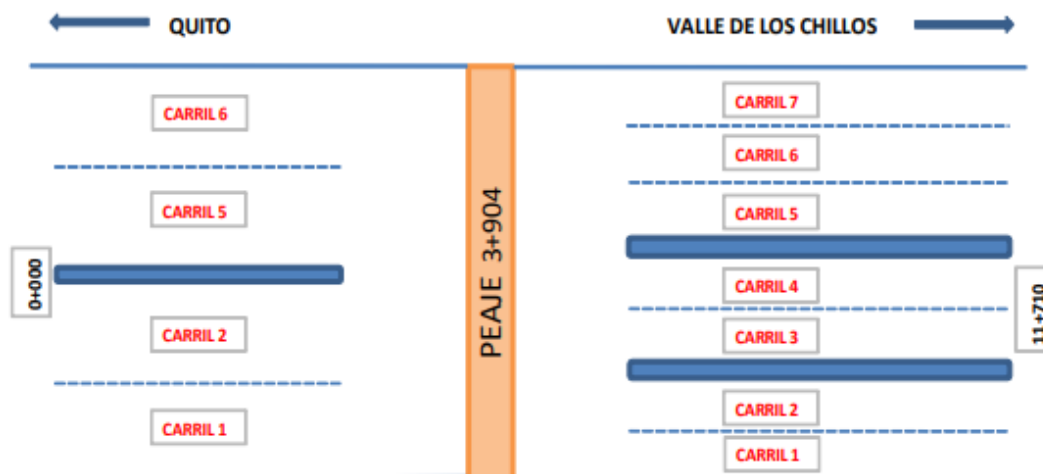


Figura 26. Número de carreteras Autopista General Rumiñahui

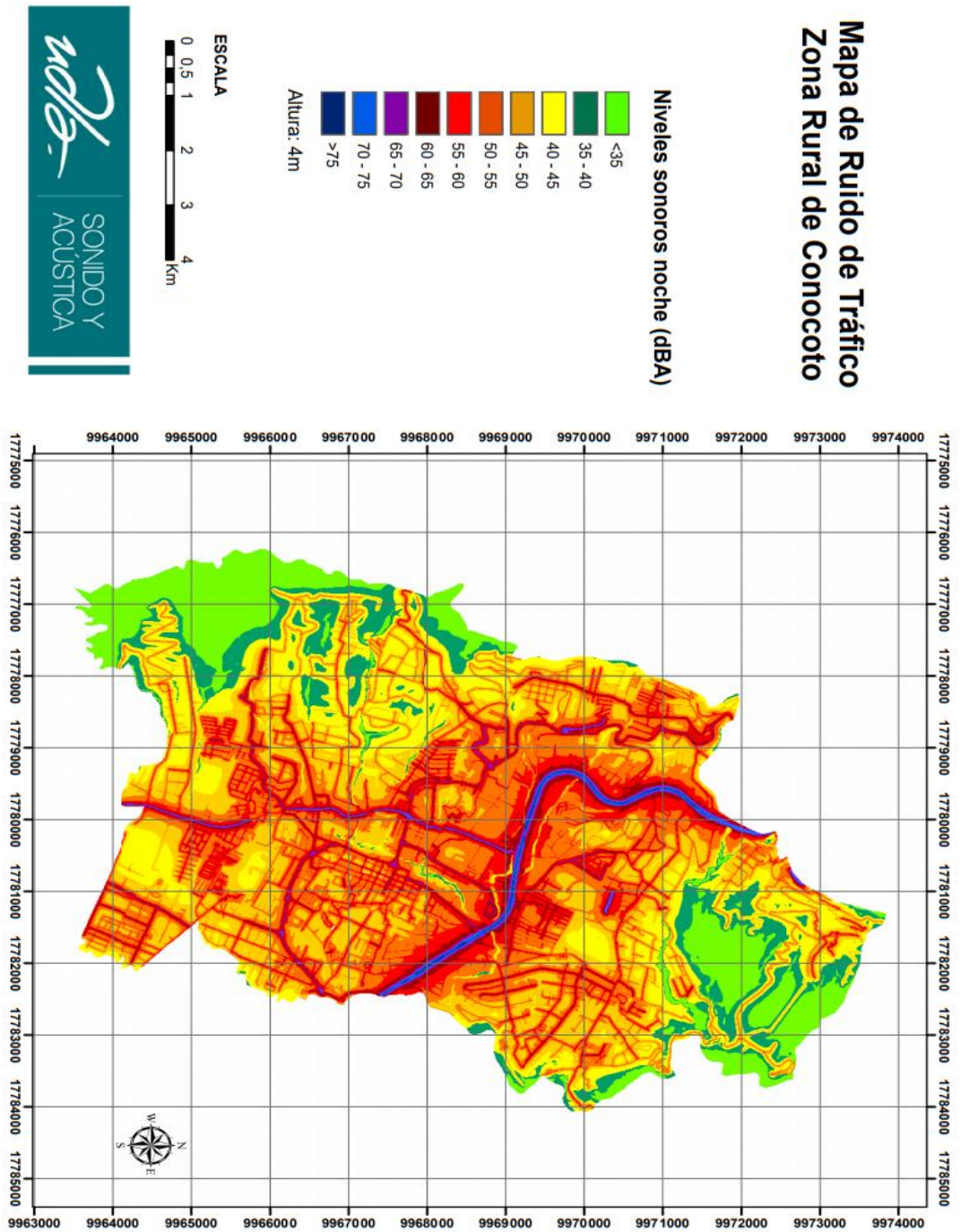


Figura 27. Mapa de ruido nocturno de Conocoto

## 4.2. Encuestas:

Se realizaron 254 encuestas a los habitantes de Conocoto con respecto a la exposición de ruido generado por el tráfico vehicular con el objetivo de poder comparar los resultados que muestra el mapa de ruido con la percepción sonora de las personas en el lugar y el tiempo de exposición frente a la contaminación sonora.

Estos estudios que van enfocados a:

- Aspectos demográficos
- Lugares de permanencia (día y noche)
- Aspectos Ambientales
- Percepción sonora

A través de las encuestas realizadas a las personas que moran en Conocoto, se ubicó en el mapa de ruido puntos receptores, donde las personas tienden a pasar el día y la noche. Con esta información se procedió a calcular mediante el software "CadnaA", los niveles de presión sonora que están recibiendo.

Tabla 6.

*Niveles de presión sonora en los receptores a través del software "CadnaA".*

NIVELES DE PRESIÓN SONORA PARA LOS RECEPTORES								
N	Día	Noche	N	Día	Noche	N	Día	Noche
	(dBA)	(dBA)		(dBA)	(dBA)		(dBA)	(dBA)
1	60,6	53,4	86	71,6	65,6	171	70,5	59,6
2	66,9	57,2	87	62,7	56,2	172	71,1	60,2
3	70,6	61,4	88	67,9	58,7	173	73,9	62,9
4	71,1	60,9	89	69,4	58,4	174	73,1	62
5	66,4	55,8	90	70,5	59,6	175	66,4	55,4



6	68,9	58,1	91	60,7	50	176	67,3	56,2
7	68,9	60,2	92	62,1	55,6	177	74,5	63,6
8	77,4	68,2	93	62,7	52,9	178	67,7	56,7
9	64,1	56,3	94	61,9	52,1	179	69,5	58,4
10	68,7	57,9	95	67,3	56,5	180	73,2	62,1
11	68,8	58	96	60,1	50,1	181	61,5	54
12	68,8	58,2	97	67,1	57,6	182	73,8	62,9
13	67,8	58,8	98	68,9	62,6	183	70,6	59,6
14	74,6	64,5	99	76,6	67,4	184	71,4	60,3
15	65,5	55	100	69,3	56,8	185	72	60,9
16	62	56,1	101	74	63	186	65,9	55
17	74,6	63,8	102	65	55,6	187	75,2	64,2
18	70,4	60,4	103	64,4	54	188	72,7	61,7
19	73,7	62,6	104	69,5	58,7	189	69,2	58,4
20	67,3	58	105	64	55,1	190	67,2	56,4
21	71,8	61,6	106	63,8	53,9	191	62,4	53,8
22	69,1	58,9	107	70,8	61,7	192	64,3	54,5
23	68,9	57,9	108	66,6	56,9	193	72	61,1
24	67,1	56,5	109	69,3	59,8	194	62,2	52,5
25	66,4	56,6	110	70,9	61,7	195	65,2	55,5
26	62,7	52,9	111	62,9	53,1	196	72,2	61,2
27	77	67,8	112	64,9	55,1	197	74,2	63,1
28	61,2	52,5	113	76,2	66,9	198	65,2	54,2
29	73,4	62,4	114	61,5	52,7	199	65,3	54,8
30	59,2	51,1	115	68,3	57,3	200	69,5	58,4
31	63,2	53,7	116	68,3	57,3	201	68,7	57,7
32	63	53,1	117	68	56,9	202	68	57
33	62,5	51,6	118	68,5	57,5	203	68,2	57,6
34	70,3	59,5	119	67,4	56,6	204	69,1	58,3
35	60,4	51	120	68,8	57,8	205	68,6	58

36	65,1	55,2	121	68,6	57,6	206	64	54,5
37	68,1	57,5	122	67,4	56,6	207	67,2	57,4
38	64,8	54,4	123	64,9	54,9	208	66,4	56,6
39	76,9	67,7	124	62,6	52,1	209	68,1	57,2
40	66,6	57	125	63,7	53,2	210	64,9	55
41	65,4	55,5	126	63,5	55,2	211	67,4	56,4
42	64,3	54,5	127	61,2	54	212	62,7	53,3
43	69,3	58,4	128	65	54	213	69,4	51,7
44	62,4	51,6	129	67,2	56,5	214	71,8	61,6
45	65,2	54,5	130	66,2	55,2	215	69,5	58,5
46	61,8	54,3	131	64,9	53,9	216	68	55,9
47	64	53,4	132	66,7	55,7	217	72,6	59,1
48	68,9	58,1	133	63,8	52,8	218	73,1	55,8
49	71	60,2	134	64,9	54,2	219	68,2	50,2
50	59,9	49,2	135	65,1	54,3	220	71,8	60,8
51	51,3	40,8	136	63,8	54,8	221	68,1	57,2
52	66,1	55,1	137	66,3	55,5	222	69,3	59
53	67,2	56,2	138	64,5	54,9	223	71,5	51,6
54	65,1	54,3	139	70,4	59,4	224	66,8	56,6
55	66,2	55,4	140	63,7	54,3	225	67,3	61,3
56	73,5	62,5	141	64	54,7	226	68,6	57,6
57	67,4	58	142	65,2	54,5	227	71,1	60,9
58	63,2	53,9	143	67,3	56,3	228	63,8	53,8
59	72	61	144	65,2	54,5	229	59,2	49,8
60	63,5	53,8	145	67,3	56,6	230	62,9	52,3
61	64,1	54,4	146	61,1	50,4	231	71,8	54,4
62	69,4	59	147	67,4	57	232	70,9	63,2
63	69,5	60,3	148	68,3	57,4	233	68,2	51,8
64	78	68,8	149	66,2	55,8	234	68,5	57,6
65	69,2	59,2	150	65,5	54,9	235	64,8	55

66	68,7	57,9	151	66,8	56,2	236	66,6	55,7
67	73,7	64,4	152	67	56,2	237	65,6	54,7
68	66,2	56	153	69,1	58,3	238	64,8	55,5
69	68,3	57,5	154	68,1	57,3	239	65	55,6
70	66,2	56,1	155	66,2	55,5	240	73,8	62,8
71	62,6	52,8	156	62,9	53,1	241	66,6	55,8
72	67,8	57	157	63,5	54,7	242	67,1	57,2
73	63,1	53,3	158	70,3	59,3	243	68,2	57,2
74	65,4	55,8	159	71,7	60,7	244	62,6	51,7
75	72,1	61	160	65,2	54,2	245	66,1	55,2
76	70	59	161	69,1	58,1	246	71,9	60,8
77	62,8	56,9	162	65,8	55,4	247	68,9	57,9
78	70,2	55,9	163	67	56,7	248	70	58,9
79	65	54,2	164	70,7	59,7	249	67,9	57
80	64,2	53,7	165	65,5	55,2	250	67,3	56,3
81	74,1	65,8	166	71,3	60,3	251	67,2	56,1
82	73,2	62,2	167	73,7	63,1	252	75,5	64,5
83	65,2	55,4	168	62,7	53,3	253	66,5	56,2
84	73,4	67,3	169	66,7	55,7			
85	71,5	65,4	170	66,2	55,2	254	62,4	51,8

#### 4.2.1. Aspectos demográficos:

Las personas que mayor cantidad de encuestas realizaron son de género masculino con una edad relativamente joven (25-35 años). En la figura 28, se muestra el número de personas en función de su sexo y edad.

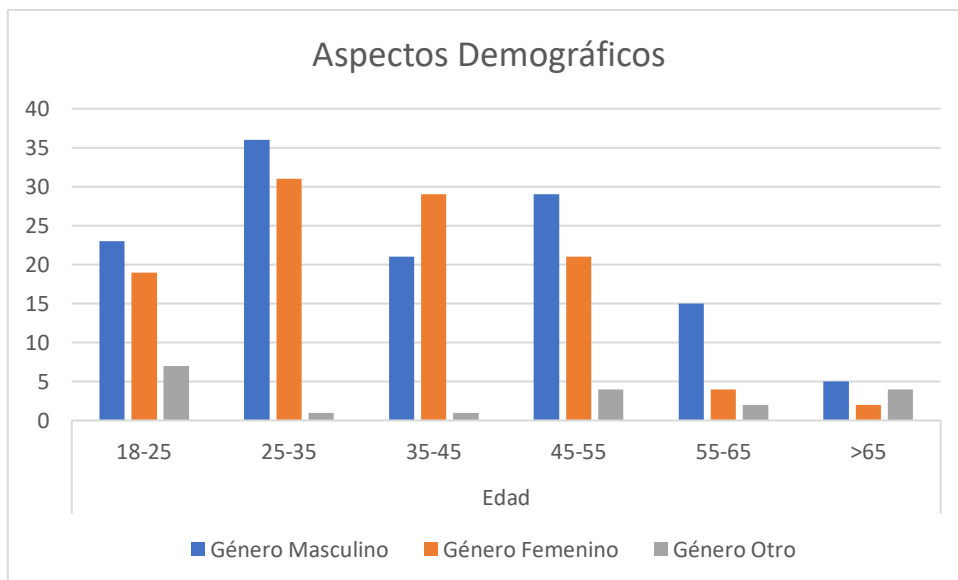


Figura 28. Género vs edad

#### 4.2.2. Formación Académica:

La mayor cantidad de personas que resolvieron la encuesta poseen un nivel académico de haber culminado su bachillerato y existe un porcentaje muy pequeño de personas que no han recibido ningún tipo de formación académica.

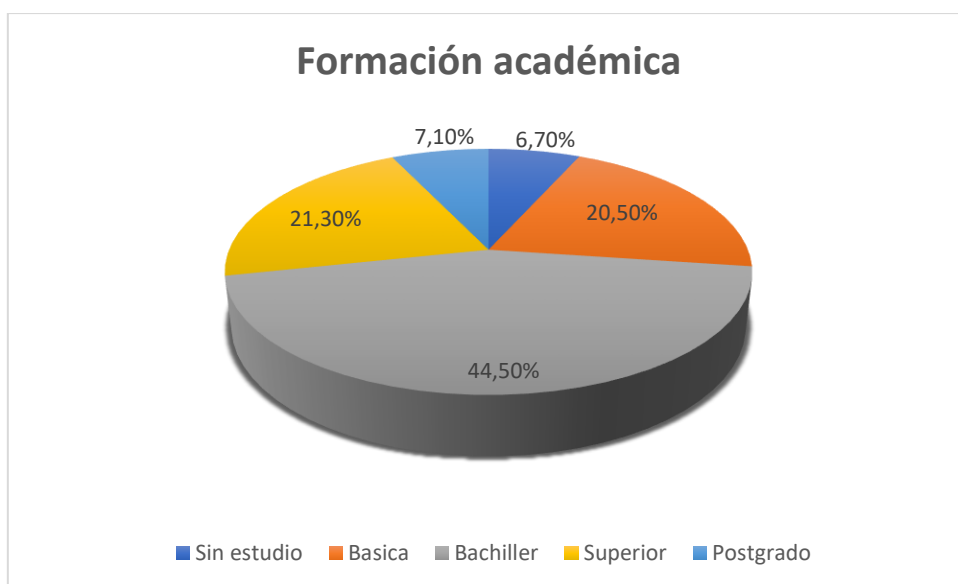


Figura 29. Nivel de estudios

### 4.2.3. Contaminación Sonora:

La percepción de las personas frente al ruido viene dada por: sensibilidad auditiva, ubicación de permanencia durante el día, tarde y noche y la distancia que existe entre la fuente emisora de ruido y la persona. El 57.09% de las personas afirman tener inconvenientes con el ruido ambiental en la parroquia de Conocoto.

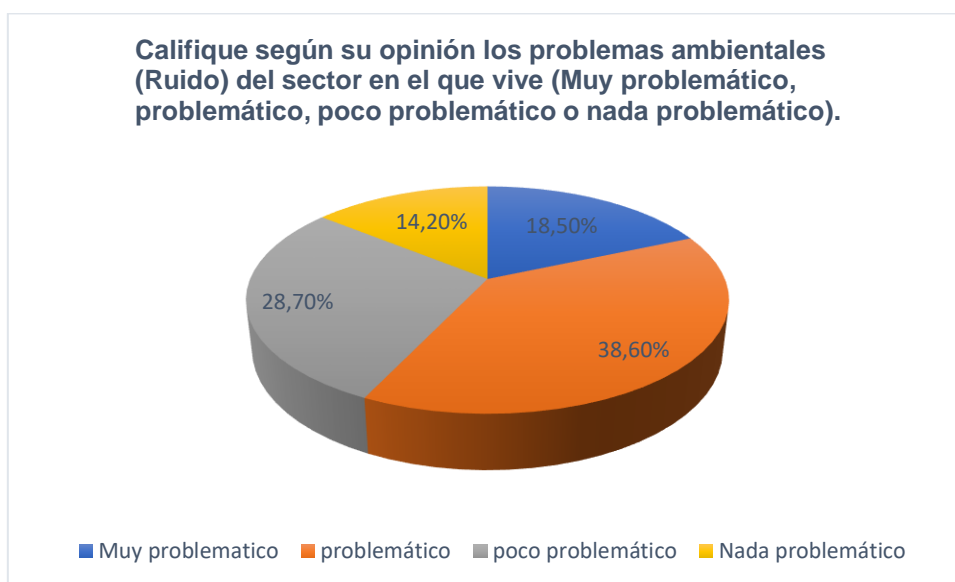


Figura 29. Contaminación sonora

### 4.2.4. Fuentes Emisoras de Ruido Día/Noche:

Durante el día y la noche las personas tienden a estar expuestas al ruido generado por fuentes en un espacio urbano o rural. En la figura 30, se muestra la percepción de las personas que moran en dicho sector en el día.

- **Período Diurno:**

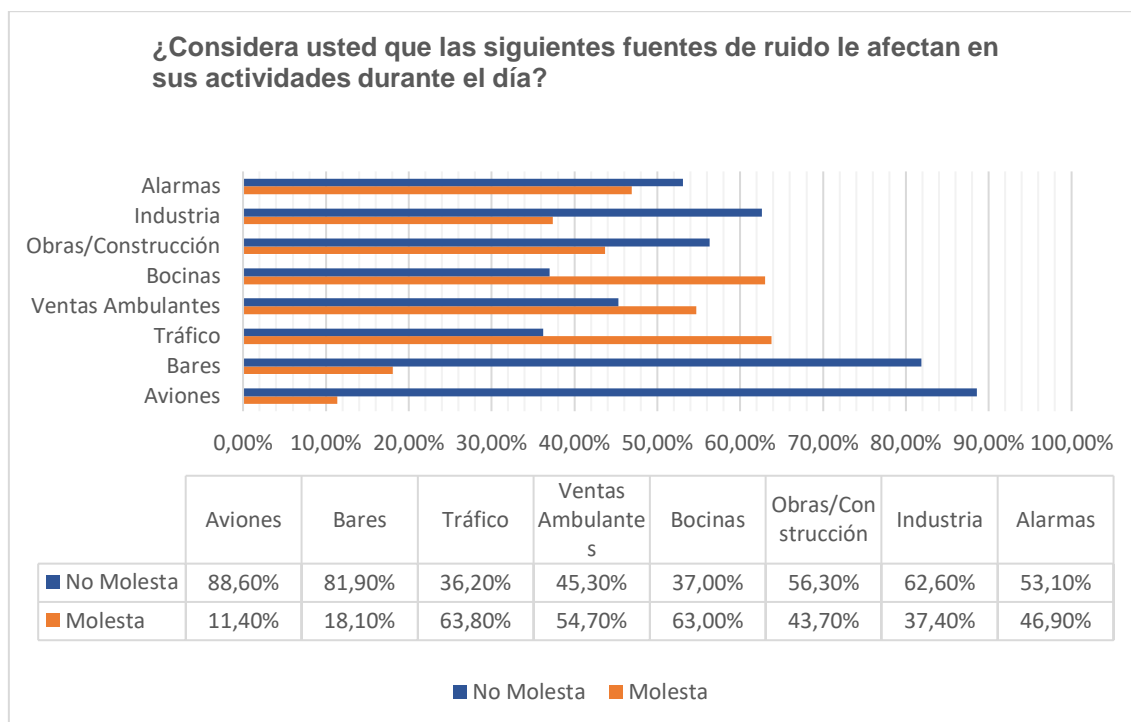


Figura 30. Polución sonora percibida por residentes en el día

- **Período Nocturno:**

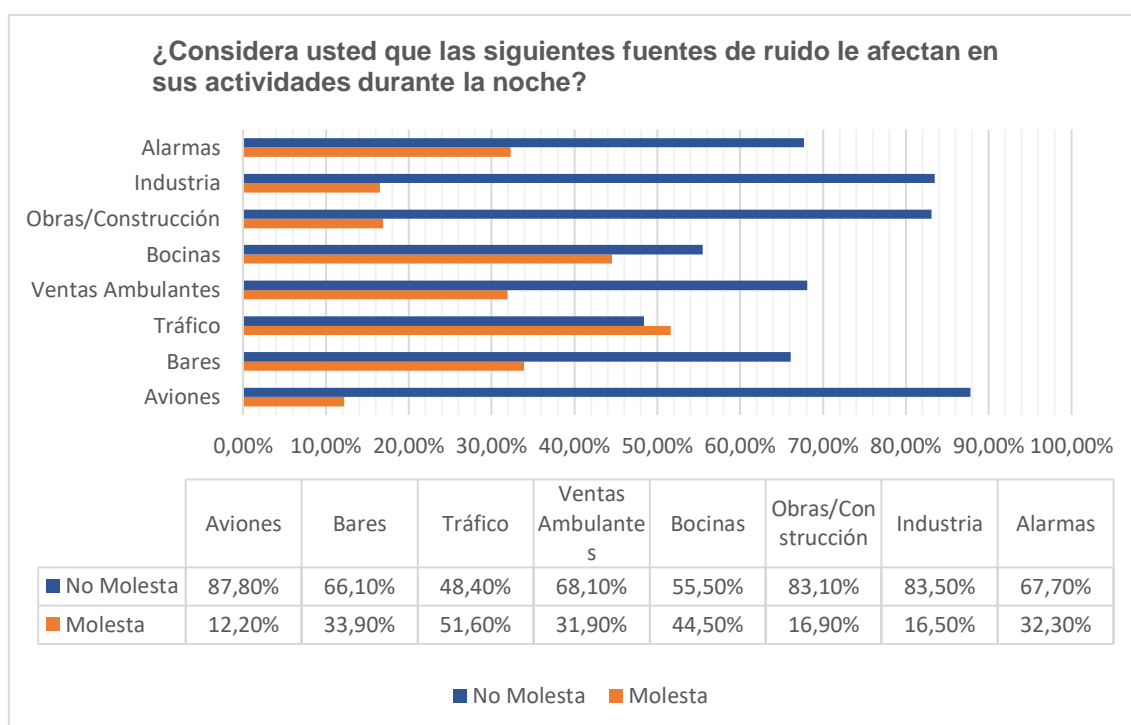


Figura 31. Polución sonora percibida por residentes en el día

Los resultados que se obtienen de las encuestas muestran que existe una gran diferencia en la percepción sonora respecto al día con la noche. Se puede apreciar que en la noche los niveles de ruido no generan un ambiente problemático para la sociedad y durante el día, existen pocas fuentes generadoras de ruido como: bocinas, ventas ambulantes y tráfico vehicular. La percepción de las personas no es igual, ya que algunas tienden a ser más sensibles que otras.

#### 4.2.5. Percepción Sonora:

La valoración de las personas sobre los niveles de ruido durante el día y la noche indican ser ligeramente molestas, lo cual puede desencadenar dos posibles resultados que son:

1. Que las personas se hayan acoplado a los niveles de ruido.
2. Que las personas realmente no perciben niveles de contaminación sonora excesivos, razón por la cual pueden desarrollar sus actividades normalmente.

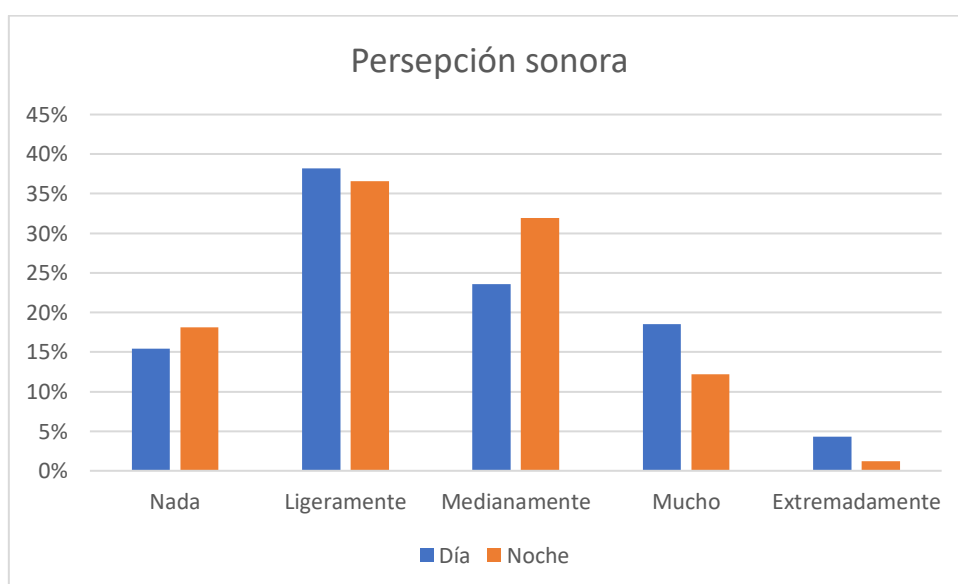
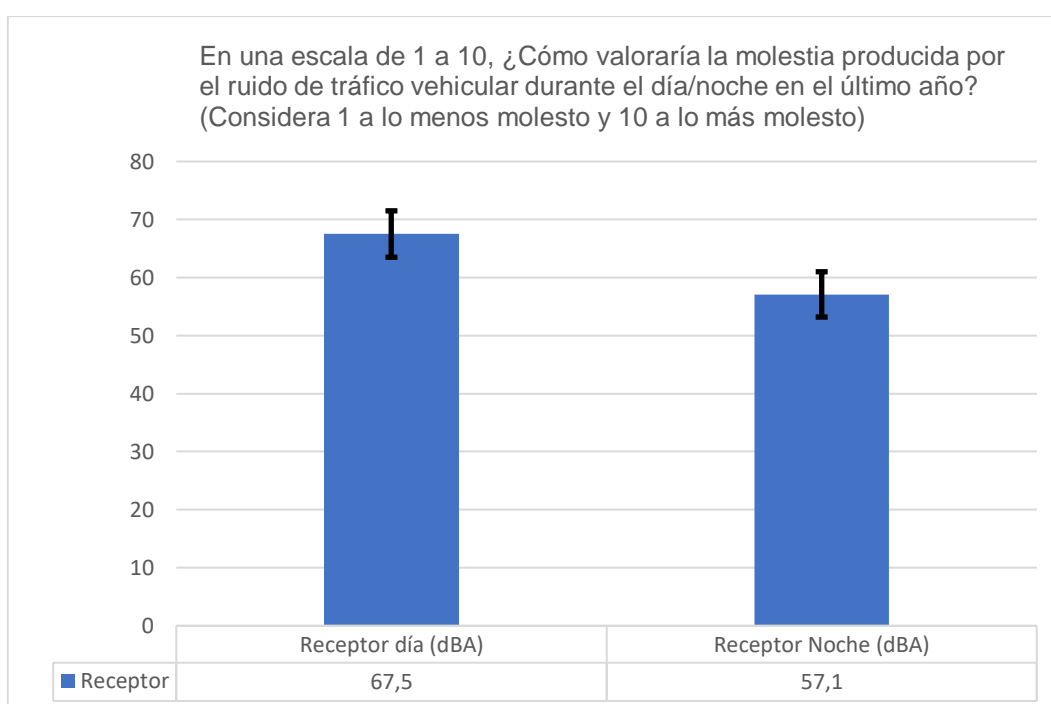


Figura 32. Sensibilidad de las personas día vs noche

#### 4.2.6. Receptores:

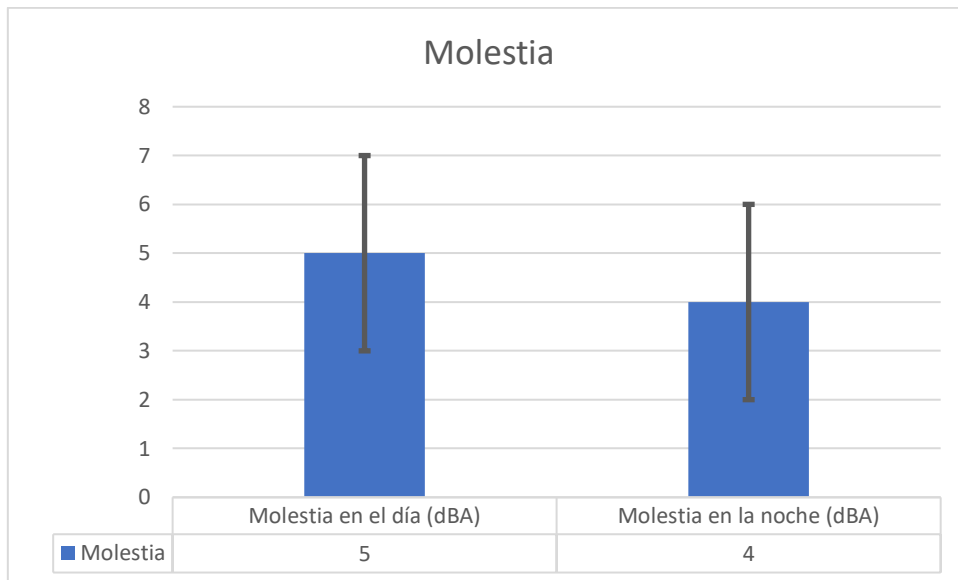
Los resultados de las encuestas que se realizaron a las personas que moran en la parroquia rural de Conocoto, indican que reciben un NPS global de 67,5 dBA en el día y en la noche 57,1 dBA. Con una desviación estándar en el día de 4 y en la noche de 3,9. Teniendo en cuenta que el nivel de ruido va a variar de acuerdo a la ubicación en el mapa.



*Figura 33.* Desviación estándar frente a la exposición de ruido

En una escala del 1 a 10, se analizó el nivel de polución sonora que estaba afectando a las personas, donde la molestia en el ruido tiene un resultado medio de 5 con una desviación estándar de 2 y en la noche la molestia baja a 4 con una desviación estándar de 2.





*Figura 34.* Molestia media y desviación estándar generada por el ruido vehicular en una escala de 1-10, siendo 1 el valor más bajo y 10 el valor más ruidoso.

## 5. Conclusiones y Recomendaciones:

### 5.1. Conclusiones

Se realizó el mapa de ruido de la parroquia rural de Conocoto (Quito-Ecuador), donde se muestra el impacto acústico en el día y en la noche que genera la irradiación sonora provocada por el tráfico vehicular.

En dicho estudio se tomaron en cuenta variables como: el tipo de carretera, el material de la carretera, el número de vehículos que circulan en una hora, la percepción sonora de las personas que moran en dicho lugar, edificaciones, curvas de nivel y tipo de vehículos según su peso y generación de ruido.

Mediante la recopilación de estos datos se elaboró el mapa de ruido utilizando el modelo alemán de predicción sonora RLS-90 en la plataforma "CadnaA", donde se puede observar que el mapa de ruido diurno de Conocoto posee niveles de contaminación más elevados que el mapa de ruido nocturno de Conocoto.

Los niveles que presenta el mapa de ruido diurno son problemáticos principalmente en las siguientes vías: Autopista General Rumiñahui, Abdón Calderón, Lola Quintana, Polit Lasso, Princesa Toa, Camilo Ponce Enríquez, Avenida Ilaló y Gribaldo Miño. La autopista general Rumiñahui posee mayor nivel de polución acústica sobre las demás, debido a la cantidad de carriles que posee y porque es una vía expresa, lo cual facilita el ingreso y salida del flujo vehicular. Las personas que moran alrededor de la Autopista General Rumiñahui llegan a recibir alrededor de 83,3 dBA ruido ambiental en el día (Ld) según el modelo de predicción sonora y 78,9 dBA mediante mediciones in situ. En la noche el nivel de ruido alcanza los 82,3 dBA según los resultados que muestra "CadnaA", colocando un receptor en la autopista General Rumiñahui, donde se realizó la medición in situ. Lo cual indica que es una cifra alarmante y que las personas podrían tener algún daño cognitivo, financiero o de salud; por lo que es necesario

que las viviendas se encuentren aisladas acústicamente, reduciendo el impacto ambiental generado por el tráfico vehicular.

En la noche el nivel de ruido de Conocoto disminuye entre unos 50 a 55 dBA, teniendo en cuenta que el nivel de ruido exterior en la noche no debe superar los 45 dBA (García, 2003).

. Se realizó una comparación entre los resultados otorgados por el software "CadnaA", a través del método de predicción sonora RLS-90 con mediciones prácticas con sonómetro, en donde muestran una diferencia de 2,625 dBA, a excepción de la Avenida Ilaló, Abdón Calderón, Polit Lasso y Camilo Ponce Enríquez. Estas vías presentan una diferencia aproximada de 8,4 dBA debido a la intervención de varios factores: La medición se realizó en diferentes horas y días, la temperatura, humedad y ruidos externos a los del tráfico vehicular (pitos, bocinas, ventas ambulantes, personas, etc.) lo cual provoca una alteración en los resultados.

Se realizaron encuestas para determinar el nivel de presión sonora que están recibiendo las personas que habitan en dicho lugar. El 38,60% de los resultados muestran la presencia de contaminación sonora y el 61,4% indican que la parroquia posee contaminación generada por el ruido vehicular, pero es habitable. La percepción acústica de las personas frente la polución sonora indica que el 38,20% de las personas en el día genera una molestia ligera y en la noche el 36,20%, siendo este porcentaje mayoritario sobre los demás niveles de molestia del ruido. Entre las fuentes más problemáticas dentro de la parroquia se destacan: el tráfico vehicular, ventas ambulantes y las bocinas.

En la tabla 6, se muestran los NPS en el día y en la noche en puntos donde se encuentran los moradores de la parroquia rural (receptores). Los resultados

muestran un nivel máximo en el día que alcanza los 78 dBA y un nivel mínimo de 51,3 dBA. Durante la noche el nivel máximo alcanza los 68,8 dBA y un mínimo 40,8 dBA.

Por lo que se puede analizar la percepción de las personas con los resultados predictivos que muestra "CadnaA". Durante el día existen zonas dentro de la parroquia que alcanzan elevados niveles de ruido y por ende algunas personas aseguran en las encuestas que Conocoto posee un nivel moderado de ruido, mientras que en la noche las personas se encuentran más tranquilas frente al ruido.

A través de las encuestas, se pudo verificar que las personas que residen cerca de las vías con mayor flujo vehicular, presentan mayor molestia frente a la polución sonora.

## **5.2. Recomendaciones**

Se recomienda actualizar cada 4 años el mapa de ruido de la parroquia rural de Conocoto, analizando la variación del NPS que puede existir en los próximos años, debido al incremento poblacional y por ende vehicular.

Se debe identificar y evaluar las principales fuentes emisoras de ruido para poder realizar posibles tratamientos acústicos.

Promover un programa de educación vial, donde se tome en consideración los espacios verdes en zonas urbanas y la planificación de ciclovías que conllevan a tener un tipo de movilidad con menos contaminación acústica.

Es indispensable utilizar normas como: UNE EN ISO 1996-2:1987 "Description and measurement of environmental noise", que rigen el nivel de ruido permisible para fuentes fijas y móviles.

## Referencias

- Alonso, J. (2014). Discriminación del estado de la carretera mediante procesado acústico en vehículo. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid.
- Amores, J. (2010). Elaboración de un mapa de ruido del Distrito Metropolitano de Quito–zona sur. (Tesis doctoral). Universidad Internacional SEK.
- Begou, P., Kassomenos, P., & Kelessis, A. (2020). *Effects of road traffic noise on the prevalence of cardiovascular diseases: The case of Thessaloniki, Greece. Science of The Total Environment, 703, 134477. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134477*
- Bravo-Moncayo, L., Chávez, M., Puyana, V., Lucio-Naranjo, J., Garzón, C., & Pavón-García, I. (2019). *A cost-effective approach to the evaluation of traffic noise exposure in the city of Quito, Ecuador. Case Studies on Transport Policy, 7(1), 128-137.* Recuperado el 28 de noviembre de 2019 de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213624X1830302X>.
- Bravo-Moncayo, L., Lucio-Naranjo, J., Chávez, M., Pavón-García, I., & Garzón, C. (2019). *A machine learning approach for traffic-noise annoyance assessment. Applied Acoustics, 156, 262-270.* Recuperado el 20 de noviembre de 2019 de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003682X1830882X>
- Carrión, A. (1998). *Diseño Acustico de Espacios Arquitectonicos. (1.ªed).* [versión electrónica]. Recuperado el 25 de diciembre de 2019 de [https://books.google.com.ec/books?id=YvpoBQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Carri%C3%B3n,+A.+\(1998\).++Dise%C3%B1o+Acustico+de+Espacios+Arquitectonicos.&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiVp-SDu5boAhXoct8KHa1HCewQ6AEIKDAA#v=onepage&q=Carri%C3%B3n%20\(1998\).%20Dise%C3%B1o%20Acustico%20de%20Espacios%20Arquitectonicos.&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=YvpoBQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Carri%C3%B3n,+A.+(1998).++Dise%C3%B1o+Acustico+de+Espacios+Arquitectonicos.&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiVp-SDu5boAhXoct8KHa1HCewQ6AEIKDAA#v=onepage&q=Carri%C3%B3n%20(1998).%20Dise%C3%B1o%20Acustico%20de%20Espacios%20Arquitectonicos.&f=false).

- Código Orgánico del Ambiente. (2017). Calidad de los Componentes abióticos y estado de los componentes bióticos. Recuperado el 23 de septiembre de 2019 de [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO\\_ORGANICO\\_AMBIENTE.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf).
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Derechos de libertad. Recuperado el 09 de diciembre de 2019 de <http://www.estade.org/legislacion/normativa/leyes/constitucion2008.pdf>.
- Di, H., Liu, X., Zhang, J., Tong, Z., Ji, M., Li, F., Feng, T., Ma, Q. (2018). *Estimation of the quality of an urban acoustic environment based on traffic noise evaluation models. Applied Acoustics, 141, 115-124.* Recuperado el 12 de septiembre de 2019 de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003682X18303608>.
- GAD Parroquial de Conocoto-DMQ. (2015). Actualización plan de desarrollo y ordenamiento territorial. Recuperado el 13 de octubre de 2019 de [http://sitp.pichincha.gob.ec/repositorio/disenio\\_paginas/archivos/PDOT%20CONOCOTO%202015.pdf](http://sitp.pichincha.gob.ec/repositorio/disenio_paginas/archivos/PDOT%20CONOCOTO%202015.pdf).
- García, A. (1990). Estudio de los efectos del ruido ambiental sobre la salud en medios urbanos y laborales. (Tesis Doctoral). Universidad de Valencia.
- García, B., & Garrido, F. (2003). La contaminación acústica en nuestras ciudades. Fundación "La Caixa". (1.ªed). [versión electrónica]. Recuperado el 20 de noviembre de 2019 de <https://books.google.com.ec/books?id=PK76NAAACAAJ&dq=La+contaminaci%C3%B3n+ac%C3%BAstica+en+nuestras+ciudades&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiBtKCVvpboAhXpY98KHcfDCWcQ6AEIKDAA>.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). Población y Demografía. Recuperado el 02 de noviembre de 2019 de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>.

- Parrondo, J. Velarde, S. Ballesteros, L. Gonzales, J. Santolaria, C. (2006). Acústica ambiental. (1.ªed). [versión electrónica]. Recuperado el 23 de septiembre de 2019 de [https://books.google.com.ec/books?id=s7r-6NMTe2AC&printsec=frontcover&dq=acustica+ambiental+parrondo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi9op2\\_vpboAhXIRt8KHQu7A9wQ6AEIKDAA#v=onepage&q=acustica%20ambiental%20parrondo&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=s7r-6NMTe2AC&printsec=frontcover&dq=acustica+ambiental+parrondo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi9op2_vpboAhXIRt8KHQu7A9wQ6AEIKDAA#v=onepage&q=acustica%20ambiental%20parrondo&f=false).
- Jaramillo, A. (2007). Acústica: La ciencia del sonido. (1.ªed). [versión electrónica]. Recuperado el 09 de diciembre de 2019 de <https://books.google.com.ec/books?id=HMWtf1RTo4kC&printsec=frontcover&dq=La+ciencia+del+sonido+jaramillo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiSpqWQv5boAhVhkuAKHe-LDXAQ6AEIKDAA#v=onepage&q=La%20ciencia%20del%20sonido%20jaramillo&f=false>.
- Lacaste, G. (2005). Desafío ambiental: Estudiar sin contaminación acústica. El Mercurio Ediciones Especiales. Recuperado el 06 de septiembre de 2019 de <http://www.edicionesespeciales.elmercurio.com/destacadas/detalle/index.asp>.
- Marouf, S., Bell, M. C., Goodman, P., Namdeo, A., & Neasham, J. (2018). *Pervasive wireless sensors: A new monitoring tool for road traffic noise evaluation. Applied Acoustics, 135, 48–59*. Recuperado el 19 de septiembre de 2019 de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003682X17302888>.



- Martínez, D. (2017). *Prevención de la contaminación acústica*. Editorial CEP. (1.<sup>a</sup>ed). [versión electrónica]. Recuperado el 19 de septiembre de 2019 de [https://books.google.com.ec/books?id=CsxFDwAAQBAJ&pg=PA37&dq=Mart%C3%ADnez,+D.+\(2017\).+Prevenci%C3%B3n+de+la+contaminaci%C3%B3n+ac%C3%BAstica.&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiCicjFxpboAhWKdd8KHYa8Cv4Q6AEIKDAA#v=onepage&q=Mart%C3%ADnez%2C%20D.%20\(2017\).%20Prevenci%C3%B3n%20de%20la%20contaminaci%C3%B3n%20ac%C3%BAstica.&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=CsxFDwAAQBAJ&pg=PA37&dq=Mart%C3%ADnez,+D.+(2017).+Prevenci%C3%B3n+de+la+contaminaci%C3%B3n+ac%C3%BAstica.&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiCicjFxpboAhWKdd8KHYa8Cv4Q6AEIKDAA#v=onepage&q=Mart%C3%ADnez%2C%20D.%20(2017).%20Prevenci%C3%B3n%20de%20la%20contaminaci%C3%B3n%20ac%C3%BAstica.&f=false).
- Mioduszewski, P., Taryma, S., & Wozniak, R. (2014, October). *Temperature influence on tyre/road noise of selected tyres*. In *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings (Vol. 249, No. 1, pp. 6092-6100)*. Institute of Noise Control Engineering. Recuperado el 01 de noviembre de 2019 de <https://pdfs.semanticscholar.org/b0e2/df774f76d287b6c23a69f91401f6fe3bc5f0.pdf>.
- Miranda, J. (2006). Ruido: Efectos sobre la salud y criterio de su evaluación al interior de recintos. *Revista ciencia y trabajo*, 8(20), 42-6. Recuperado el 10 de octubre de 2019 de <http://142.44.210.7/bitstream/123456789/912/1/Ram%C3%ADrez%2C%20Carrasco%2C%20Mariani%2C%20Palacios.%20La%20Desaparici%C3%B3n%20del%20Luchecillo%20%28Egeria%20densa%29%20del%20Santuario%20del%20R%C3%ADo%20Cruces%20%28Valdivia%2C%20Chile%29%2C%20Una%20Hip%C3%B3tesis%20Plausible.pdf#page=28>.
- Mishra, R., Mishra, A. R., & Kumar, A. S. (2019). *Traffic noise analysis using rls-90 model in urban city*. In *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings (Vol. 259, No. 3, pp. 6490-6502)*. Institute of Noise Control Engineering. Recuperado el 18 de diciembre de 2019 de <https://www.ingentaconnect.com/contentone/ince/incecp/2019/00000259/00000003/art00056#Refs>.

- Morel, J., Marquis-Favre, C., & Gille, L. A. (2016). *Noise annoyance assessment of various urban road vehicle pass-by noises in isolation and combined with industrial noise: A laboratory study*. *Applied Acoustics*, 101, 47-57. Recuperado el 23 de septiembre de 2019 de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003682X15002108>.
- Norma, U.N.E. EN ISO 1996-2. (1987). *Description and measurement of environmental noise - Part 2: Acquisition of data pertinent to land use*. Recuperado el 27 de septiembre de 2019 de <https://www.iso.org/standard/59766.html>.
- Norma, U.N.E. EN ISO 13473-1. (2002). *Characterization of pavement texture by use of surface profiles - Part 2: Terminology and basic requirements related to pavement texture profile analysis*. Recuperado el 12 de septiembre de 2019 de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:13473:-2:ed-1:v1:en>.
- Norma, U.N.E. EN ISO/TS 15666. (2003). *Acoustic – Assessment of Noise Annoyance by means of social and Socio-Acoustic Surveys*. Recuperado el 22 de septiembre de 2019 de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:ts:15666:ed-1:v1:en>.
- Norma, U.N.E. EN ISO 13473-1. (2019). *Characterization of pavement texture by use of surface profiles - Part 1: Determination of mean profile depth*. Recuperado el 22 de septiembre de 2019 de <https://www.iso.org/standard/45111.html>.
- OpenStreetMap. (s.f.). Mapa de Conocoto. Recuperado el 18 de diciembre de 2019 de <https://www.openstreetmap.org/relation/2673275>.
- Paschalidou, A. K., Kassomenos, P., & Chonianaki, F. (2018). *Strategic Noise Maps and Action Plans for the reduction of population exposure in a Mediterranean port city*. *Science of the Total Environment*, 654, 144–153. Recuperado el 15 de diciembre de 2019 de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971834395X>.

- Pereira, J., Cervantes, O., Abrahão, M., Settanni, F. A. P., & de Angelis, E. C. (2002). *Noise-to-harmonics ratio as an acoustic measure of voice disorders in boys*. *Journal of voice*, *16*(1), 28-31. doi: 10.1016/s0892-1997(02)00068-1
- Régimen Legal de Bogotá D.C. (2006). Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial Resolución 0627. Recuperado el 10 de noviembre de 2019 de <http://corponarino.gov.co/expedientes/juridica/2006resolucion627.pdf>.
- Singh, D., Nigam, S. P., Agrawal, V. P., & Kumar, M. (2016). *Vehicular traffic noise prediction using soft computing approach*. *Journal of Environmental Management*, *183*, 59–66. doi: 10.1016/j.jenvman.2016.08.053.
- Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente. (2017). Niveles máximos de emisión de ruido y metodología para fuentes fijas y fuentes móviles y niveles. Recuperado el 23 de octubre de 2019 de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>
- Tolosa F. (2003). Efectos del ruido sobre la salud. Discurso inaugural del Curso Académico 2003 en la Real Academia de Medicina de las Islas Baleares. Recuperado el 22 de septiembre de 2019 de [http://www.ruidos.org/Documentos/Efectos\\_ruido\\_salud.html](http://www.ruidos.org/Documentos/Efectos_ruido_salud.html) (Accesado el 09/05/2006).
- Wallas, A., Eriksson, C., Gruzieva, O., Lind, T., Pyko, A., Sjöström, M., ... & Pershagen, G. (2018). *Road traffic noise and determinants of saliva cortisol levels among adolescents*. *International journal of hygiene and environmental health*, *221*(2), 276-282. doi: 10.1016/j.ijheh.2017.11.003

## **ANEXOS**

## Medición de niveles de presión sonora:



### Calles con mayor contaminación acústica

Autopista general Rumiñahui:



Camilo Ponce Enríquez:






Avenida Ilaló:



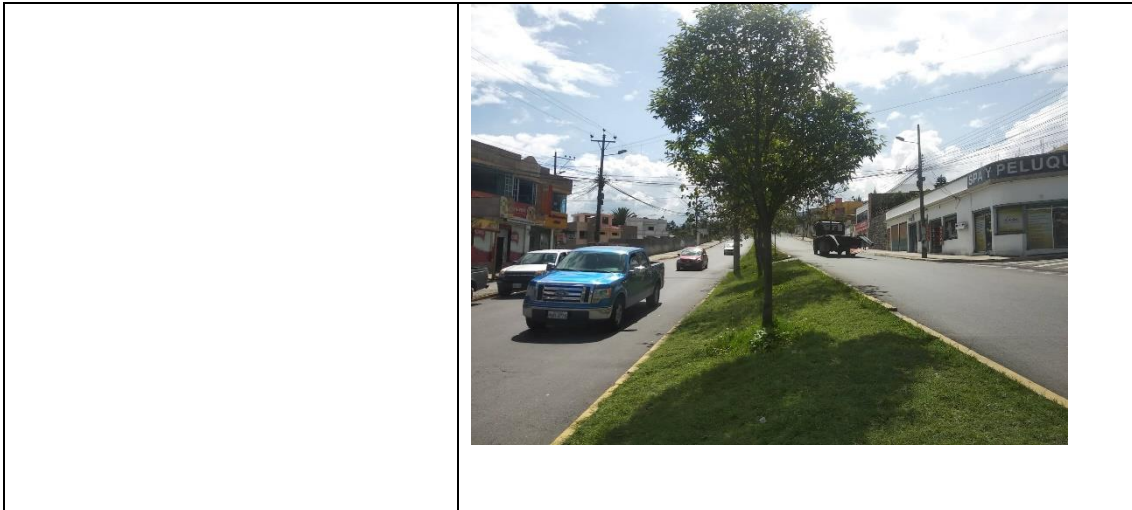
Gribaldo Miño:



Abdón Calderón:

	
<p>Polit Lasso:</p>	
<p>Lola Quintana:</p>	
<p>Princesa Toa:</p>	





**Encuesta:**

<p><b>Exposición a ruido de tráfico en Quito</b></p> <p>La Universidad de Las Américas está desarrollando un proyecto de investigación sobre contaminación acústica. La información obtenida en este cuestionario es estrictamente confidencial y será utilizada exclusivamente para fines de investigación.</p>		
<p><b>Dirección de correo electrónico:</b></p>		
<p><b>1. Aspectos demográficos</b></p>		
<p><b>Indique su género</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Masculino</li> <li><input type="radio"/> Femenino</li> <li><input type="radio"/> Otro</li> </ul>	<p><b>Indique su edad</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> entre 18 y 25 años</li> <li><input type="radio"/> entre 25 y 35 años</li> <li><input type="radio"/> entre 35 y 45 años</li> <li><input type="radio"/> entre 45 y 55 años</li> <li><input type="radio"/> entre 55 y 65 años</li> <li><input type="radio"/> mayor de 65 años</li> </ul>	<p><b>Indique el nivel de su formación académica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Sin estudios formales</li> <li><input type="radio"/> Educación básica</li> <li><input type="radio"/> Bachillerato</li> <li><input type="radio"/> Educación superior</li> <li><input type="radio"/> Posgrado (Especialización, Maestría, Doctorado)</li> </ul>

<p><b>2. Dirección de permanencia durante el día (Sector Conocoto)</b></p>	
<p>Calle principal:</p>	
<p>Calle secundaria:</p>	
<p>Número (Tiempo de permanencia/horas):</p>	
<p>Sector/Referencia:</p>	



<b>3. Dirección de permanencia durante la noche (Sector Conocoto)</b>	
Calle principal:	
Calle secundaria:	
Número (Tiempo de permanencia/horas):	
Sector/Referencia:	

<b>4. Aspectos Ambientales</b>				
<b>¿Qué importancia tiene para Ud. la calidad ambiental de la ciudad en la que vive?</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Muy importante</li> <li><input type="radio"/> Importante</li> <li><input type="radio"/> Poco importante</li> <li><input type="radio"/> Nada importante</li> </ul>				
<b>De las siguientes opciones, califique según su opinión los problemas ambientales del sector en el que vive (Marque con una x)</b>				
	Muy problemático	Problemático	Poco problemático	Nada problemático
<b>Calidad del aire (Smog)</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Ruido</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Basura</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Incendios Forestales</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Desperdicio de Agua y energía</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Cómo considera al ruido ambiental que percibe durante el día (7 am - 8 pm).</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Silencioso</li> <li><input type="radio"/> Normal</li> <li><input type="radio"/> Ruidoso</li> <li><input type="radio"/> Muy Ruidoso</li> </ul>				
<b>Cómo considera al ruido ambiental que percibe durante la noche (8 pm - 7 am)</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Silencioso</li> <li><input type="radio"/> Normal</li> <li><input type="radio"/> Ruidoso</li> <li><input type="radio"/> Muy Ruidoso</li> </ul>				

**¿Considera Ud. que las siguientes fuentes de ruido le afectan en sus actividades durante el día?**

	Si le afecta	No le afecta
Aviones	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bares y discotecas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tráfico vehicular	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ventas ambulantes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bocinas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Obras/construcción	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Industria	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Alarmas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**¿Considera Ud. que las siguientes fuentes de ruido le afectan en sus actividades durante la noche?**

	Si le afecta	No le afecta
Aviones	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bares y discotecas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tráfico vehicular	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ventas ambulantes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bocinas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Obras/construcción	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Industria	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Alarmas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**¿Tomando en consideración el último año, indique cuánto le ha molestado el ruido producido por el tráfico vehicular durante el día?**

- Nada
- Ligeramente
- Medianamente
- Mucho
- Extremadamente



