



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACION DEL MEDIO AMBIENTE

TEMA

**CONTAMINACIÓN ACUSTICA DERIVADA DEL PARQUE AUTOMOTOR DE LA
CIUDAD DE SARAGURO**

Tesis de Grado previa a la obtención
del Título de Ingeniería en Manejo y
Conservación del Medio Ambiente

AUTOR: Edwin Luis Sarango Cartuche

DIRECTOR: Ing. Guillermo Chuncho. Mg. Sc

Loja – Ecuador

CERTIFICACION

Los que al pie firmamos, Miembros del Tribunal de Grado, CERTIFICAMOS que el señor EDWIN LUIS SARANGO CARTUCHE, Egresado de la Carrera Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, ha incorporado, todas las correcciones y recomendaciones en su tesis titulada “CONTAMINACIÓN ACUSTICA DERIVADA DEL PARQUE AUTOMOTOR DE LA CIUDAD DE SARAGURO”, por lo tanto autorizamos su publicación, difusión y puede continuar con los trámites de graduación.

Loja, Noviembre del 2010

Ing. Luis Sinche. Mg. Sc

PRESIDENTE

Ing. Aníbal González. Mg. Sc

VOCAL

Ing. Raquel Hernández

VOCAL

ING. GUILLERMO CHUNCHO, MG. SC. DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACION DEL MEDIO AMBIENTE DEL AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Y DIRECTORA DE TESIS:

CERTIFICA:

Que la tesis titulada “**CONTAMINACIÓN ACUSTICA DERIVADA DEL PARQUE AUTOMOTOR DE LA CIUDAD DE SARAGURO**”, de autoría del señor **EDWIN LUIS SARANGO CARTUCHE**, ha sido dirigida, revisada y aprobada en su integridad; por lo tanto autorizo su publicación y defensa.

Loja, Noviembre del 2010

Ing. Guillermo Chuncho. Mg. Sc.
DIRECTOR

AUTORIA

Los conceptos que tiene este informe de investigación, son de exclusiva responsabilidad del autor, por lo que se prohíbe la reproducción total o parcial de esta tesis, sin permiso previo del titular de los derechos de la propiedad intelectual.

.....
Edwin Luis Sarango Cartuche

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico a Dios, por darme la vida, salud y inteligencia para culminar mis estudios, a mi Padre Luis por guiarme por el camino del bien y darme el apoyo incondicional, a su esposa Silvia por la confianza depositada en mi, a mis hermanos; a mis tíos José y su esposa, Guadalupe y esposo, quienes me motivaron durante mi formación universitaria y finalmente a mi madre quienes fueron el pilar fundamental para culminar mis estudios universitarios.

EDWIN

AGRADECIMIENTO

Mis sinceros agradecimientos a la carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, a los docentes por los conocimientos impartidos en mi formación universitaria, al personal administrativo; al Ing. Manuel E. González, Mg. Sc. Coordinador de tan prestigiosa carrera; al Centro Integrado de Geomántica Ambiental (CINFA), acertadamente dirigida por el Ing. Aníbal González, a sus técnicos, en especial al Ing. José Merino; por el asesoramiento permanente en la ejecución del proyecto.

Al Ing. Guillermo Chuncho, Mg. Sc. Por su incansable asesoramiento y ayuda intelectual, en la elaboración, ejecución y culminación del presente trabajo investigativo; así como a los señores miembros del tribunal Ing. Luis Sinche, Mg. Sc, Ing. Aníbal González, Mg. Sc, Ing. Raquel Hernández por su asesoramiento en las respectivas correcciones a la parte final de la misma.

Al Ing. Jairo Montaña, Alcalde del Gobierno Municipal del cantón Saraguro, Dr. Roque Berrú, Director del departamento de Medio Ambiente y al Sr. Polivio Morocho; por la cooperación brindada, para la ejecución del presente proyecto.

A mis familiares por su apoyo incansable brindado durante cada día de mi vida, a mis compañeros, amigos y a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron en la ejecución de este proyecto.

EL AUTOR

ÍNDICE

	Pág.
CARATULA	i
CERTIFICACION	ii
AUTORIA	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	xiii
SUMMARY	xv
1 INTRODUCCION	1
.	
2 REVISIÓN DE LITERATURA	4
.	
2.1 EL RUIDO	3
2.1.1 Definición del Ruido	4
2.1.2 Propiedades de las ondas sonoras	4
2.1.2.1 Velocidad.....	4
2.1.2.2 Periodo	5
2.1.2.3 Frecuencia.....	5
2.1.2.4 Longitud de onda.....	5
2.1.3 Clases de ruido	6
2.1.3.1 Por su carácter temporal	6
2.1.3.2 Por sus características espectrales	7
2.1.3.3 Por su naturaleza, fuente o ámbito del que proviene u otra característica peculiar	9
2.1.3.4 Por su contenido semántico, es decir por el significado asociado	9
2.2 FUENTES DE GENERACIÓN	9
2.2.1 Fuentes Naturales.....	9
2.2.2 Fuentes Antropogénicas	12
2.2.2.1. Fuentes Antropogénicas Fijas	12

2.2.2.2.	Fuentes Antropogénicas móviles	12
2.2.2.2.1.	Automóviles	12
2.2.2.2.2.	Aviones	13
2.2.2.2.3.	Ferrocarril	14
2.3	NIVELES DE RUIDO	14
2.3.1	Nivel de potencia sonora	14
2.3.2	Nivel de presión sonora	17
2.3.3	Nivel de intensidad sonora	18
2.4	PROPAGACIÓN Y ATENUACIÓN DEL RUIDO	19
2.4.1	Propagación del ruido	19
2.4.2	Atenuación del ruido por efectos del viento y la temperatura	20
2.4.3	Atenuaciones del sonido a través de la atmósfera	20
2.4.4	Atenuación por divergencia geométrica (Adiv)	21
2.4.5	Atenuación por la absorción del aire (Aaire)	22
2.4.6	Atenuación por el efecto del suelo (Asuelo)	22
2.4.7	Atenuación por misceláneos (Amisc.)	24
2.5	CONTAMINACIÓN POR RUIDO	24
2.5.1	Efectos de la Contaminación	25
2.5.1.1	Efectos en el ambiente	25
2.5.1.2	Efectos en la salud	26
2.5.1.2.1	Efectos fisiológicos	27
2.5.1.2.2	Efectos psicológicos.....	33
2.6	MEDICIÓN DEL RUIDO	35
2.6.1	Medida de la Exposición sonora y Dosis de Ruido.....	36
2.6.1.1	Exposición Sonora	36
2.6.1.2	Dosis de Ruido	36
2.6.2	Instrumentos de Medición	37
2.6.3	Medición del ruido	39

2.6.4	Condiciones Climáticas Para la Medición de la Presión Sonora	41
2.7	LEGISLACIÓN DE LOS LÍMITES PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO AMBIENTE PARA FUENTES MÓVILES	42
2.7.1	Constitución Política de la República del Ecuador	42
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	46
3.1	UBICACIÓN DE LA CIUDAD DE SARAGURO	46
3.1.1	Limites	46
3.1.2	Condiciones Climáticas.....	46
3.2	UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	47
3.3	MATERIALES	49
3.3.1	Materiales de campo	49
3.3.2	Materiales de oficina	49
3.4	MÉTODOS	50
3.4.1	Procedimiento para determinar los niveles de presión sonora generados por el parque automotor en los sectores de mayor circulación vehicular	50
3.4.2	Procedimiento para Conocer los impactos en la salud de la población que habita en la ciudad provocados por la contaminación acústica del tránsito vehicular....	55
3.4.3	Procedimiento para estructurar una propuesta de ordenanza municipal para prevenir, mitigar y controlar la contaminación acústica derivada del parque automotor	56
4.	RESULTADOS	57
4.1	DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE PRESIÓN SONORA	57
4.1.1	Análisis Estadístico de los Niveles de Presión Sonora	62
4.1.2	Mapas de Ruido	69
4.2	IMPACTOS EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN QUE HABITA EN LA CIUDAD PROVOCADOS POR LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA DEL TRÁNSITO VEHICULAR .	77

4.2.1	Criterio de las Personas que Habitan en el Área de Estudio de la Ciudad de Saraguro	73
4.3	ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA DE ORDENANZA MUNICIPAL PARA PREVENIR, MITIGAR Y CONTROLAR LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA DERIVADA DEL PARQUE AUTOMOTOR	84
5.	DISCUSIÓN	110
6.	CONCLUSIONES	116
7.	RECOMENDACIONES	118
8.	BIBLIOGRAFIA	120
9.	ANEXOS	123

LISTA DE CUADROS Y TABLAS

Cuadro 1.	Nivel de potencia sonora media para varias fuentes acústicas	16
Cuadro 2.	Niveles de presión sonora máximos para vehículos automotores estacionados	44
Cuadro 3.	Nivel sonoro promedio en el tiempo, generado en tres horarios por el parque automotor en las calles principales de la ciudad de Saraguro.....	58
Cuadro 4.	Nivel sonoro promedio en el tiempo, generado en tres horarios por el parque automotor en las calles secundarias de la ciudad de Saraguro.....	61
Cuadro 5.	Genero de las personas encuestadas del área de estudio	77
Cuadro 6.	Edad de las personas encuestadas del área de estudio....	78
Cuadro 7.	Ocupación de las personas encuestadas del área de estudio.....	79
Cuadro 8.	Criterio de las personas encuestadas del área de estudio, concerniente a la contaminación acústica afecta o no afecta a la salud.....	80
Cuadro 9.	Criterio de las personas encuestadas sobre las posibles enfermedades que ocasiona la contaminación acústica a la salud.....	81
Cuadro 10.	Opinión de las Personas sobre las medidas que se deben tomar para disminuir la contaminación acústica en el área de estudio.....	83
Cuadro 11	Nivele máximos permisibles de ruido según el uso del suelo	95
Cuadro 12.	Niveles máximos permitidos de ruido para vehículos automotores	100
Cuadro 13.	Registro de Niveles de Presión Sonora en Horas Pico de Las Calles Primarias y Secundarias.....	115
Cuadro 14.	Riesgo Potencial de Interferencia con el Sueño	115
Cuadro 15.	Cálculo de promedio, varianza y coeficiente de variación de los niveles de presión sonora, generado por el parque automotor en las calles principales de la ciudad de Saraguro, en el horario de 07H00-09H00	125

Cuadro 16.	Cálculo de promedio, varianza y coeficiente de variación de los niveles de presión sonora, generado por el parque automotor en las calles principales de la ciudad de Saraguro, en el horario de 12H00-14H00	126
Cuadro 17.	Cálculo de promedio, varianza y coeficiente de variación de los niveles de presión sonora, generado por el parque automotor en las calles principales de la ciudad de Saraguro, en el horario de 16H00-18H00	127
Cuadro 18.	Cálculo de promedio, varianza y coeficiente de variación de los niveles de presión sonora, generado por el parque automotor en las calles principales de la ciudad de Saraguro, en el horario de 16H00-18H00	128
Cuadro 19.	Cálculo de promedio, varianza y coeficiente de variación de los niveles de presión sonora, generado por el parque automotor en las calles secundarias de la ciudad de Saraguro, en el horario de 12H00-14H00	129
Cuadro 20.	Cálculo de promedio, varianza y coeficiente de variación de los niveles de presión sonora, generado por el parque automotor en las calles secundarias de la ciudad de Saraguro, en el horario de 16H00-18H00	130

LISTA DE GRAFICOS

Figura 1.	Fenómenos naturales generadoras de ruido.....	11
Figura 2.	Fuentes antropogénicas productoras de ruido.....	11
Figura 3.	Ondas esféricas radiadas a partir de una fuente puntual ...	21
Figura 4.	Vías de propagación entre la fuente S y el receptor R. El rayo directo es r_d y el rayo reflejado por el plano P (que efectivamente surge de la imagen de la fuente I) es r_r	23
Figura 5.	Limites del área de estudio y puntos de monitoreo del ruido en las calles principales y secundarias de la ciudad de Saraguro.....	48
Figura 6.	Sonómetro. (Brüel y Kjaer, 1997).....	52
Figura 7.	Frecuencia de los niveles de ruido en las calles principales, en la hora pico de 07H00 a 09H00	63
Figura 8.	Frecuencia de los niveles de ruido en las calles principales, en la hora pico de 12H00-14H00.....	64
Figura 9.	Frecuencia de los niveles de ruido de las calles principales, en la hora pico de 16H00-18H00.....	65
Figura 10.	Frecuencia de los niveles de ruido de las calles secundarias, en la hora pico de 07H00-09H00.....	66
Figura 11.	Frecuencia de los niveles de ruido de las calles secundarias, en la hora pico de 12H00-14H00.....	67
Figura 12.	Frecuencia de los niveles de ruido de las calles	

	secundarias, en la hora pico de 16H00 - 18H00	68
Figura 13.	Mapa de niveles de presión sonora de las calles principales de la ciudad de Saraguro en el horario pico de 07H00-09H00.....	70
Figura 14.	Mapa de niveles de presión sonora de las calles principales de la ciudad de Saraguro en el horario pico de 12H00-14H00.....	71
Figura 15.	Mapa de niveles de presión sonora de las calles principales de la ciudad de Saraguro en el horario pico de 16H00-18H00.....	72
Figura 16.	Mapa de niveles de presión sonora de las calles secundarias de la ciudad de Saraguro en el horario pico de 07H00-09H00.....	74
Figura 17.	Mapa de niveles de presión sonora de las calles secundarias de la ciudad de Saraguro en el horario pico de 12H00-14H00.....	75
Figura 18.	Mapa de niveles de presión sonora de las calles secundarias de la ciudad de Saraguro en el horario pico de 16H00-18H00.....	76
Figura 19.	Género de las personas encuestadas de la ciudad de Saraguro.....	131
Figura 20.	Rango de edades de las personas encuetadas de la	

	ciudad de Saraguro	132
Figura 21.	Ocupación de las personas encuestadas de la ciudad de Saraguro.....	132
Figura 22.	Criterio de las personas con relación de la contaminación acústica y sus afecciones a la salud.	133
Figura 23.	Alternativas para controlar la contaminación acústica en la ciudad de Saraguro	134
Figura 24.	Afecciones a las personas ocasionas por la contaminación acústica	135

RESUMEN

La investigación consistió en determinar la contaminación acústica derivada del parque automotor en la ciudad de Saraguro, en las calles de mayor circulación vehicular, estableciendo puntos de monitoreo en las calles principales y secundarias del área de estudio. Así como los impactos ocasionados en la salud de los pobladores. Por esta razón fue necesario medir los niveles de presión sonora, conocer las afecciones que estos producen y luego plantear alternativas para prevenir, mitigar y controlar los impactos negativos en la salud de los habitantes de la ciudad de Saraguro.

Los niveles de presión sonora, fueron monitoreados con el sonómetro de presión en puntos previamente establecidos, se tomaron datos en tres horarios pico: 07H00-09H00, 12H00-14H00 y 16H00-18H00; tomando en cuenta que la velocidad del viento no sea superior a los 5 m/s y no exista precipitaciones, se realizaron tres repeticiones por cada punto de monitoreo para un determinado horario y la contabilización de los vehículos.

La toma de información sobre las afecciones de la salud, se realizó a los pobladores del área de estudio, a través de los cuestionarios elaborados con anterioridad, la selección de las personas a ser encuestadas se las hizo mediante el muestreo aleatorio sistemático.

El mayor de nivel de presión sonora corresponde al valor de (85.97dB), dato que se registro en la calle Loja, ubicada entre la 10 de Marzo y la 18 de Noviembre y el valor más bajo se registrado es (49.08 dB), correspondiente a la calle Azuay, ubicado entre la Fray Cristóbal Zambrano y Guayaquil. Se realizaron mapas acústicos del área de estudio, donde se representan en las calles los niveles de contaminación de acuerdo a los datos obtenidos.

En la ciudad de Saraguro los altos niveles de presión sonora es producto de la alteración del sistema de escape de los vehículos, el mal estado de la

calzada de las calles, la pendiente y el exceso de velocidad de los automotores; originando mayores niveles de ruido, que genera contaminación acústica.

Según los criterios de los habitantes encuestados sobre las afecciones que puede causar la contaminación acústica, manifiestan que puede causar las siguientes afecciones como: estrés y dolor de cabeza, dificultades de comunicación, insomnio y fatiga. Es así que para disminuir el ruido provocado por la circulación de los vehículos automotores en la ciudad de Saraguro, se consideran las siguientes alternativas, establecer nuevas rutas de circulación para los vehículos pesados y buses, efectuar operativos policiales para controlar el exceso de velocidad de los vehículos automotores, mejorar la señalización visual de las calles implementado las señales de tránsito.

SUMMARY

The investigation consisted of determining the acoustic contamination derived from the vehicle park in the city of Saraguro, in the streets of greater circulation to carry, establishing points of monitoring in secondary the main streets and of the study area. As well as the impacts caused in the health of the settlers. Therefore it was necessary to measure the levels of sonorous pressure, to soon know the affections that these produce and to raise alternatives to prevent, to mitigate and to control the negative impacts in the health of the inhabitants of the city of Saraguro.

The levels of sonorous pressure, were monitored with the sound level meter of pressure in points previously established, took hour data in three tip: 07H00-09H00, 12H00-14H00 and 16H00-18H00; taking into account that the wind speed is not superior to the 5 m/s and does not exist precipitations, three repetitions by each point of determined monitoring for hour and an accounting of the vehicles were realised.

The taking of information on the affections of the health, was realised the settlers of the study area, through made questionnaires previously, the selection of the be survey people was done them by means of the systematic random sampling.

The major of level of sonorous pressure corresponds to the value of (85.97dB), data that registry in the Loja street, located between the 10 of March and the 18 of November and the registered lowest value is (49,08 dB), corresponding to the Azuay street, located between the Fray Cristóbal Zambrano and Guayaquil. Acoustic maps of the study area were realised, where the pollution levels according to the collected data imagine in the streets.

According to the criteria of the inhabitants survey on the affections that can cause the acoustic contamination, they show that it can cause the following affections like: stress and headache, difficulties of communication, insomnia and fatigue. It is so to diminish the noise brought about by the circulation of the automotive vehicles in the city of Saraguro, consider the following alternatives, to establish new routes of circulation for the heavy vehicles and bus, to carry out operative police officers to control the excess of speed of the automotive vehicles, to improve the visual signaling of the streets implemented the transit signals.

In the city of Saraguro the high levels of sonorous pressure are product of the evil been of the vehicles, the evil been of the road of the streets, the slope and the excess of the speed of the automotive ones; they originate majors noise levels, that generate contamination acoustic.

1. INTRODUCCIÓN

El ruido, considerado como una sensación desagradable y molesta, es causa de preocupación, por sus efectos sobre la salud y el comportamiento humano.

El ruido ambiental producido por las actividades humanas ha aumentado considerablemente en los últimos decenios, especialmente en los grandes centros urbanos, debido a factores tales como el aumento de la densidad de población, mecanización y automatización de las actividades laborales y utilización de vehículos a motor para todo tipo de actividades.

Por sus consecuencias negativas, en el año 1972, el ruido fue reconocido oficialmente como agente contaminante por Naciones Unidas (Muscar, 2000).

La contaminación acústica en el Ecuador se ha convertido en uno de los problemas medioambientales más relevantes, provocados por el parque automotor, disminuyendo la calidad ambiental y por ende disminuyendo la calidad de vida de la población.

En la ciudad de Saraguro en los últimos años se ha incrementado de una manera acelerada el parque automotor, debido al ingreso de remesas de los migrantes, en 674 vehículos aproximadamente en el año

2010, sin tomar en cuenta el número de vehículos flotantes que circulan por la ciudad como son: las cooperativas de transporte interprovincial (Viajeros, Loja, Cariamanga, Sur Oriente, Santa, San Luis), la facilidad de crédito que presentan las concesionarias de vehículos, además la oferta de motocicletas de fabricación china en los almacenes de la ciudad han permitido adquirir sin ningún problema un vehículo de este tipo.

Por los antecedentes detallados anteriormente se ejecutó el presente proyecto de investigación con la finalidad de determinar si los niveles de ruido en horas pico producidos por el parque automotor en la ciudad se encuentran dentro de los límites permisibles para el oído humano, ya que los mismos producen afecciones fisiológicas y psicológicas perjudiciales para los conductores, transeúntes y el resto de la población; así como proponer alternativas de solución con el propósito de ofrecer un ambiente saludable y mejorar la calidad de vida de los habitantes.

Los objetivos propuestos para la realización de este trabajo fueron:

Objetivo General

- Contribuir a mejorar la calidad del aire a través del conocimiento de la contaminación acústica y propuesta

para la prevención, mitigación y control en la ciudad de Saraguro.

Objetivos Específicos

- Determinar los niveles de presión sonora generados por el parque automotor en los sectores de mayor circulación vehicular.
- Conocer los impactos en la salud de la población que habita en la ciudad provocados por la contaminación acústica del tránsito vehicular.
- Estructurar una propuesta de ordenanza municipal para prevenir, mitigar y controlar la contaminación acústica derivada del parque automotor.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. EL RUIDO

2.1.1. Definición del Ruido

El ruido se define como cualquier sonido no deseado o aquel calificado como desagradable o molesto por quien lo percibe. Puede establecerse, también, que "todo sonido inoportuno es un ruido". El ruido tiene un carácter indeseado y molesto, cualidades que hacen a las personas particularmente receptivas a él (Collados, 1995).

Según el Profesor Raes, el ruido se puede definir como *un sonido no deseado o un sonido molesto e intempestivo que puede producir efectos fisiológicos y psicológicos, no deseados en una persona o en un grupo*, en su aspecto físico, el ruido es un sonido, y son las circunstancias subjetivas de los receptores las que determinan la calificación de ruido (Alonso, 2003).

El ruido es una sensación o percepción que tenemos cuando una onda sonora, de suficiente magnitud y de frecuencia de onda adecuada, llega a nuestro oído. Los seres humanos no somos capaces de percibir todas las frecuencias posibles, estando limitados a aquellas comprendidas entre los 16 y 20.000 Hz (el llamado espectro auditivo, por similitud al visual) (Taboada, 2007).

2.1.2. Propiedades de las Ondas Sonoras

Las propiedades de las ondas sonoras se describen a continuación:

2.1.2.1. Velocidad

Se define como la velocidad de desplazamiento de las ondas sonoras. El valor de la velocidad a la que se propaga el sonido en un medio elástico depende de las propiedades del medio y se puede calcular mediante formulas características (Harris, 1995).

2.1.2.2. Período

El período se define como el tiempo en segundos que tarda en producirse un ciclo completo de oscilación de la onda sonora (Harris, 1995).

2.1.2.3. Frecuencia

La frecuencia se define como el número de ciclos completos que se producen en un segundo. Es el inverso del período y se mide en hercios, Hz (ciclos por segundo) (Harris, 1995).

El oído capta frecuencias entre 20 y 20 000 Hz. Dentro de esta escala, se entiende como sonidos graves los que poseen una frecuencia

inferior a los 250 Hz; entre 500 y 1000 Hz los sonidos son medianos y, más allá de 1000 Hz, los sonidos son agudos (Harris, 1995).

2.1.2.4. Longitud de onda

La longitud de onda es la distancia recorrida por un frente de onda durante un tiempo completo de tiempo. Este parámetro se expresa en metros o centímetros y está relacionada con la frecuencia y la velocidad del sonido (Harris, 1995).

2.1.3. Clases de Ruido

Las clases de ruidos son muy variados, ya que se puede decir que cada fuente emite un sonido diferente, sin embargo se puede clasificar los ruidos en cuatro clases.

2.1.3.1. Por su carácter temporal

- **Ruido de impacto:** es un ruido de muy corta duración, por tanto el nivel de presión sonora aumenta rápidamente, están producidos por el choque de superficies sólidas. En el caso de muchas máquinas empleadas en la industria (Brüel; Kjaer, 1997).

- **Ruido impulsivo:** también como el anterior, es de corta duración y produce un nivel de presión sonora muy elevado. La diferencia es que éste se produce por cambios bruscos en la presión, son las explosiones, cañonazos, etc.

El ruido de impactos o explosiones, por ejemplo de un martinete, troqueladora o pistola, es llamado ruido impulsivo. Es breve y abrupto, y su efecto sorprendente causa mayor molestia que la esperada a partir de una simple medida del nivel de presión sonora. Para cuantificar el impulso del ruido, se puede utilizar la diferencia entre un parámetro con respuesta rápida y uno de respuesta lenta (como se ve en la base del gráfico). También deberá documentarse la tasa de repetición de los impulsos (número de impulsos por segundo, minuto, hora o día) (Brüel; Kjaer, 1997).

- **Ruido continuo:** es el ruido cuyo espectro de frecuencia no varía con el tiempo, ni tampoco varían los niveles de presión acústica, y se produce por maquinaria que opera del mismo modo sin interrupción por ejemplo, ventiladores, bombas y equipos de procesos industriales (Brüel; Kjaer, 1997).

- **Ruido intermitente:** son aquellos ruidos cuyos niveles de presión y espectro de frecuencia varían entre unos límites muy estrechos y

además ésta variación es constante, por ejemplo, una maquinaria que opera en ciclos, vehículos aislados o aviones. Es el tipo de ruido más común en las industrias y en general se puede descomponer en un ruido de fondo con variación del nivel de presión sonora (Brüel; Kjaer, 1997).

- **Ruido Tonal:** Es aquél que manifiesta la presencia de componentes tonales, es decir, que mediante un análisis espectral de la señal en 1/3 (un tercio) de octava, si al menos uno de los tonos es mayor en 5 dBA que los adyacentes, o es claramente audible, la fuente emisora tiene características tonales. Frecuentemente las máquinas con partes rotativas tales como motores, cajas de cambios, ventiladores y bombas, crean tonos. Los desequilibrios o impactos repetidos causan vibraciones que, transmitidas a través de las superficies al aire, pueden ser oídos como tonos.

- **Ruido de Baja Frecuencia:** El ruido de baja frecuencia tiene una energía acústica significativa en el margen de frecuencias de 8 a 100 Hz. Este tipo de ruido es típico en grandes motores diesel de trenes, barcos y plantas de energía y, puesto que este ruido es difícil de amortiguar y se extiende fácilmente en todas direcciones, puede ser oído a muchos kilómetros. El ruido de baja frecuencia es más molesto que lo que se cabría esperar con una medida del nivel de presión sonora ponderado A. La diferencia entre el nivel sonoro ponderado A y el ponderado C puede indicar la existencia o no de un problema de ruido de baja frecuencia (Brüel; Kjaer, 1997).

Por sus características espectrales

- **Tono puro:** Es emitido a una sola frecuencia.
- **Ruido de banda estrecha:** Es un ruido que se emite en un intervalo de frecuencias.
- **Ruido de banda ancha:** Se emite en todo el espectro frecuencial.
- **Ruido blanco:** Es aquel ruido cuyo nivel de presión sonora permanece constante para todas las frecuencias en un amplio ancho de banda de frecuencias. Por lo tanto, se trata de un sonido en el que todas las frecuencias tienen la misma intensidad (disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Ruido_blanco).
- **Ruido rosa:** Es una señal o un proceso con un espectro de frecuencias tal que su densidad espectral de potencia es proporcional al recíproco de su frecuencia. Su contenido de energía por frecuencia disminuye en 3dB por octava. Esto hace que cada banda de frecuencias de igual anchura (en octavas) contenga la misma energía total. Así pues, el ruido rosa es ruido blanco coloreado de manera que es más pobre en

frecuencias altas, esto es: en agudos (disponible en http://www.wikipedia.org/wiki/Ruido_rosa).

2.1.3.2. Por su naturaleza, fuente o ámbito del que proviene u otra característica peculiar

Dentro de esta clasificación están: ruidos originados por industrias y obras públicas, ruidos originados por el tráfico rodado, ruidos originados por la aviación, ruidos originados por locales públicos ruidos originados por las residencial y otros ruidos (Alonso, 2003).

2.1.3.3. Por su contenido semántico, es decir por el significado asociado

Por el contenido semántico comprende: ruido alto, medio y bajo.

2.2. FUENTES DE GENERACIÓN

2.2.1. Fuentes Naturales

En la actualidad lo que se consideraba como “ruido natural” sin sentido y significado se ha transformado en señales asociadas a fenómenos naturales, de animales, etc., que revelan hechos que hasta ahora estaban vedados. Tener oídos especializados en las frecuencias infrasónicas ha

abierto posibilidades hasta ahora desconocidas, muchas veces tratando de buscar fuentes difíciles de localizar y complejas a la hora de analizar (disponible en <http://www.ruidogeneradoporlanaturaleza/>).

A este tipo de fuentes se les une otras, como por ejemplo las originadas por ciertos animales: ballenas, elefantes, cocodrilos, pájaros, etc. pueden emitir, comunicarse y recibir señales acústicas infrasónicas. Incluso se cree que por su constitución craneal que algunos grandes reptiles prehistóricos podrían usar los infrasonidos para comunicarse, cazar, etc. Esta capacidad sensorial podría explicar la sensibilidad que tienen algunos animales a la hora de detectar ciertos eventos catastróficos que a su vez emiten ondas infrasónicas como terremotos, avalanchas, erupciones volcánicas, etc. Algunos de los animales citados pueden detectar la intensidad, localización y cercanía de estos eventos naturales y alterar su conducta para ponerse a salvo. Los cambios de temperatura, condiciones meteorológicas en general, les activa sus instintos migratorios y buscan posiblemente, referencias geográficas de fuentes infrasónicas naturales (disponible en <http://www.ruidogeneradoporlanaturaleza/>).

La generación de sonidos audibles por el ser humano en la naturaleza es un hecho innegable. Quien no ha oído la onda sonora de una descarga eléctrica: el trueno. Quizás es el más y mejor conocido, pero no el único. El propio viento cuando sopla intensamente sobre objetos, valles y montañas genera sonidos perceptibles e imperceptibles. En menor escala se

han oído y medido ruidos sonoros asociados a tornados en las cercanías del observado por otras redes convencionales (Figura 1). En esta línea se han escuchado ondas correspondientes a los rangos de ultra e infrasonidos (disponible en <http://www.ruidogeneradoporlanaturaleza/>).

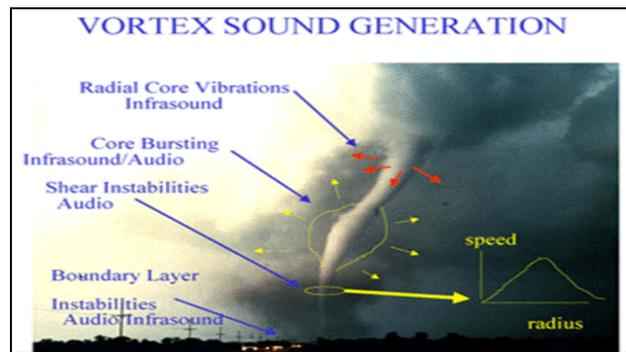


Figura 1. Fenómenos naturales generadoras del ruido (disponible en <http://www.ruidogeneradoporlanaturaleza/>)

2.2.2. Fuentes Antropogénicas

Son aquellas que son causadas por las distintas actividades cotidianas que realiza el hombre para su subsistencia (Figura 2), se divide en las siguientes partes:



Figura 2. Fuentes antropogénicas productoras de ruido (disponible en <http://www.um.es/gtiweb/allmetadata/ruido.htm>)

2.2.2.1. Fuentes Antropogénicas Fijas

La principal fuente generadora de ruido es por el parque industrial, ya sean estas textiles, de inyección de plásticos, metalúrgicas entre otras. La contaminación acústica generada por estas instalaciones industriales tiene su origen en la maquinaria existente en los procesos de producción, las características del ruido dependen en gran medida del tipo de industria que se esté considerando.

En general, los límites tolerables de exposición al ruido en naves industriales suelen fijarse entorno a los 90 dBA para la mayoría de países (disponible en <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/acustica/comite/queesrui.htm>).

2.2.2.2. Fuentes antropogénicas móviles

2.2.2.2.1. Automóviles

Actualmente, la insonoridad del motor de un coche es uno de los condicionantes en su venta, junto con otros factores medio ambientales como el control de la contaminación de los gases de escape.

El ruido procedente de un automóvil proviene principalmente de tres orígenes determinados: motor y transmisiones, claxon y neumáticos.

En las operaciones de aceleración o reducción de la velocidad, el nivel de presión sonora llega a incrementarse unos 20 dBA, y si se considera que la medida del ruido generado por el paso de un vehículo a 100 km/hora, a 15 metros de distancia es de 75 dBA aproximadamente, se alcanzan niveles cercanos a los 100 dBA en algunos puntos (Brüel y Kjaer, 1997).

También existen otros elementos de incremento del ruido en el tráfico privado de vehículos de motor, como es la mala educación cívica de los conductores, que conduce al uso incontrolado de bocinas o a la instalación, propiciada por su libre venta, de cláxons con sonoridades incrementadas o estridentes, aparatos para eliminar los silenciadores de las motocicletas o incrementar el sonido del escape, etc.

Por otra parte, en el ruido que produce un vehículo influyen cuestiones como su estado de conservación, mantenimiento y obsolescencia.

Tiene una importancia decisiva también en el ruido de la circulación, el estado de la conservación de la calzada y el tipo de material de ésta. Por ejemplo, una calle adoquinada produce más ruido, semáforos, cruces de calles, nivel de pendiente, etc., son factores que incrementan las molestias del tráfico y que pueden ser agravadas hasta en 10 ó 15 decibelios en el

caso de que la calzada se encuentre mojada o mal conservada (Alonso, 2003).

A partir de los 70 a 80 km/h, el ruido provocado por los neumáticos al rodar por el firme de la carretera se hace superior al del motor del automóvil. En este caso adquiere especial relevancia el tipo de pavimento por el cual se circula. En efecto, cuando la calzada está en mal estado o el pavimento está mojado, la sonoridad del tráfico se hace mayor, llegándose a incrementar el ruido hasta 15 dBA más de potencia (Brüel y Kjaer, 1997).

2.2.2.2. Aviones

Uno de los ruidos más molestos es el proveniente de los aviones, avionetas o helicópteros. Su máxima intensidad se produce en las operaciones de despegue y aterrizaje, por lo que en las inmediaciones de los aeropuertos es donde los niveles de contaminación acústica suelen ser más elevados. En la actualidad, el crecimiento demográfico ha supuesto la proliferación de poblaciones suburbanas en las cercanías de los aeropuertos, en clara contraposición a los cánones de calidad de vida aconsejables (Brüel y Kjaer, 1997).

El ruido producido por los aviones está considerado entre los más molestos. Su impacto y variedad no se limita a las proximidades de los grandes aeropuertos, sino que afecta también en mayor o menor medida, a un gran número de zonas urbanas y rurales en todos los países del mundo (Alonso, 2003).

2.2.2.2.3. Ferrocarril

El rozamiento de las ruedas de un tren sobre los rieles de la vía produce ruidos de frecuencias bajas molestos para la población. Generalmente, donde se producen los máximos niveles de intensidad sonora es en las estaciones. Estos emplazamientos se suelen situar fuera de las poblaciones, sin embargo, el crecimiento de las ciudades o la necesidad de estar cerca del usuario llega a incorporarlas dentro de los núcleos urbanos

El paso de un tren produce un nivel sonoro medido a unos 30 m de distancia que puede oscilar entre los 80 y 100 dBA (Brüel y Kjaer, 1997).

2.3. NIVEL DE RUIDO

Por definición, el nivel es el logaritmo de la razón de una cantidad dada respecto de una cantidad de referencia del mismo tiempo (Harris, 1995).

2.3.1. Nivel de Potencia Sonora.

La potencia sonora de una fuente se expresa en vatios o en alguna fracción de un vatio. A menudo, resulta más cómodo expresar la potencia sonora sobre una escala logarítmica. Entonces, se emplea el nivel de potencia sonora. El nivel de potencia sonora, L_w de una fuente, en decibelios, se obtiene mediante la expresión.

$$L_w = 10 \log_{10}(W/W_o) \text{dB}$$

Donde W = potencia de la fuente en vatios y W_o = potencia de referencia en vatios. La referencia habitual de potencia sonora es 1 picovatio (1 micro – microvatio o 10^{-12} vatios); el símbolo de la unidad es pW. Sustituyendo este valor en la ecuación se obtiene.

$$L_w = 10 \log_{10}(W/10^{-12}) = (10 \log_{10}W + 120) \text{ dB}$$

Donde W es la potencia sonora de la fuente en vatios.

En el (Cuadro 1) se muestra los valores típicos de potencia sonora emitidos por distintas fuentes sonoras. Se muestran los valores medios a largo plazo.

Cuadro 1. Nivel de potencia sonora medida para varias fuentes acústicas

Potencia, vatios (W)	Nivel de potencia sonora, dB re 1 pW	Fuente
100000 000	200	Motor de un cohete
10 000	160	Motor de un avión
1 000	150	
100	140	Aeroplano ligero en crucero
10	130	
1	120	
0.1	110	Tractor oruga 150 hp
0.01	100	Motor eléctrico 100hp, 2600 rpm
0.001	90	
0.0001	80	Aspiradora
0.00001	70	Gaita escocesa
0.000001	60	
0.0000001	50	
0.00000001	40	Hablar susurrada
0.000000001	30	
0.0000000001	20	Salida de aire 80,1 m ²), velocidad de aire 1 m/s; registro abierto, rejillas paralelas

(Tomado de Harris, C. M. 1995. Manual de medidas acústicas y control del ruido. p. 1.11).

El termino **nivel de potencia sonora** no debe confundirse con el **nivel de presión sonora**. El primero es una medida de potencia acústica irradiada por una fuente; el segundo depende no sólo de la potencia de la fuente, sino también de la distancia a ésta y de las características acústicas del espacio que lo rodea. Para evitar esta confusión, el nivel de potencia sonora se expresa a menudo en belios (1 belio=10 decibelios)(Harris, 1995).

2.3.2. Nivel de Presión Sonora

El nivel de presión sonora, L_p , en decibelios, correspondiente a una presión sonora p , se define por.

$$L_p = 10 \text{ LOG}_{10}(p/p_0)^2 = 20 \log_{10}(p/p_0) \text{ dB}$$

Donde p_0 es la presión sonora de referencia.

Al expresar la presión sonora sobre una escala logarítmica, es costumbre comparar la presión sonora de todos los sonidos en el aire con un valor de referencias de 20 micropascales (μPa).

Por definición, el nivel de presión sonora de las ondas sonoras con una presión sonora igual a p es igual a:

$$\text{Nivel de presión sonora} = 20 \log_{10}(p/20)\text{dB}$$

Donde la presión sonora p se expresa en micro pascales. Por ejemplo, la presión de un sonido de 20 μPa corresponde a un nivel de presión sonora de 0 dB, una presión sonora de 40 μPa corresponde a un nivel de presión sonora de 6 dB y una presión sonora de 200 μPa corresponde a un nivel de presión sonora de 20 dB. Así, doblar cualquier

valor de presión sonora corresponde a un aumento de 6 dB en el nivel de presión sonora; la multiplicación por 10 de la presión sonora corresponde a un aumento de 20 dB en el nivel de presión sonora (Harris, 1995).

2.3.3. Nivel de Intensidad Sonora

El nivel de intensidad del sonido (L_i), en decibelios, es igual a 10 veces la razón entre la intensidad de un sonido I y la intensidad sonora de referencia I_0 de 10^{-12}W/m^2 (1 picovatio/ m^2).

$$L_i = 10 \log_{10}(I/I_0) \text{ dB}$$

De acuerdo con la ecuación, en un campo libre, una intensidad de 10^{-12}W/m^2 (la intensidad sonora de referencia) es igual a una presión sonora de 20 micropascales (la presión sonora de referencia). Por esta razón, para ondas planas o esféricas en un campo libre, el nivel de presión sonora obtenido mediante la ecuación tiene el mismo valor numérico (Harris, 1995).

2.4. PROPAGACIÓN Y ATENUACIÓN DEL RUIDO

2.4.1 Propagación del Ruido.

El ruido, sin transportar materia, se propaga mediante ondas sonoras a través de un medio elástico, que puede ser un gas, líquido o sólido. En el vacío el sonido no se propaga. La velocidad de propagación depende de las características de ese medio: en el aire, a nivel del mar a 20 °C, es aproximadamente de 340 m/s; en el agua, de 1435 m/s; en el acero de 5 000 m/s (Kiely, 1999: 531).

Viaja mucho más de prisa en los sólidos que en el aire, por ejemplo se considera que la velocidad del sonido en ladrillo es aproximadamente 11 veces mayor que en el aire (Harris, 1995). En el aire, la velocidad es afectada por la temperatura, pues aumenta en aproximadamente 0.61 m/s por cada aumento de 1° C. La propagación del sonido cerca del suelo para distancias horizontales inferiores a 100 m es independiente a las condiciones atmosféricas, pues, a la atmósfera, en este caso, se la considera homogénea y a los rayos sonoros aproximadamente como líneas rectas. Sin embargo, las condiciones atmosféricas, viento y temperatura principalmente, tienen efectos importantes sobre la propagación del sonido a distancias por encima de 100 metros (Piercy; Daigle, citados por Harris, 1995).

2.4.2 Atenuación del Ruido por Efectos del Viento y la Temperatura

Como se señala anteriormente, a distancias mayores de 100 m, las condiciones atmosféricas se constituyen en factores fundamentales. Pues la humedad relativa y la temperatura ambiental tienen un efecto sustancial sobre la atenuación de frecuencias altas a grandes distancias debido a la absorción del aire; pero el efecto principal es el de la refracción (cambio en la dirección de las ondas sonoras) producida por los gradientes verticales del viento y la temperatura (Embleton, 1982, citado por Piercy; Daigle, 1995).

Durante el día, la temperatura del aire desciende al aumentar la altura por encima del suelo, una condición denominada gradiente de temperatura. En cambio, durante la noche, la temperatura suele descender al descender la altura (debido a la radiación fría de la superficie del suelo), una condición conocida como inversión térmica, que puede extenderse 100 metros o más por el encima del suelo durante la noche (Embleton, 1982, citado por Piercy; Daigle, 1995).

2.4.3 Atenuaciones del Sonido a Través de la Atmósfera

La propagación a través de la atmósfera disminuye de nivel al aumentar la distancia entre la fuente y receptor. La atenuación se debe a varias causas:

- Divergencia geométrica desde la fuente de sonido;
- Absorción de la energía acústica por el aire;
- Efecto de propagación cerca de las distintas superficies del suelo;
- Reflexión en los edificios;
- La vegetación;
- Condiciones atmosféricas, como el viento y la temperatura, que tienen efectos importantes sobre la propagación a distancias mayores de 100 metros (Piercy y Daigle, citados por Harris, 1995).

2.4.4 Atenuación por Divergencia Geométrica (Adiv)

La divergencia geométrica es la expansión esférica de la energía acústica en campo libre a partir de una fuente puntual. Pues muchas fuentes sonoras emiten ondas en que los puntos de máxima compresión forman esféricas concéntricas. Estas ondas esféricas se ilustran en la (Figura 3).

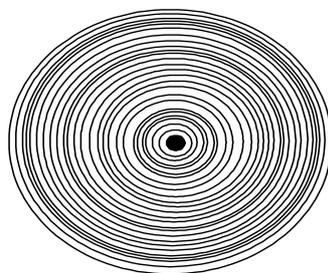


Figura 3. Ondas esféricas radiadas a partir de una fuente puntual (Tomado de Harris, C. M. 1995. Manual de medidas acústicas y control del ruido. p. 1.3).

2.4.5 Atenuación por la Absorción del Aire (Aaire)

Conforme el sonido se propaga a través de la atmósfera, su energía gradualmente se convierte en calor, pues el sonido es absorbido, mediante procesos molecular es denominados absorción del aire.

2.4.6 Atenuación por el Efecto del Suelo (Asuelo)

Por encima de un suelo plano reflectante, el sonido llega a un receptor R desde una fuente S a través de dos vías (Figura 4): directamente a través de una trayectoria r_d y mediante la reflexión desde el suelo, a través de la trayectoria r_r . La atenuación A_{suelo} es el resultado de la interferencia entre el sonido directo y el reflejado por el suelo y depende en gran medida del tipo de superficie de este último, el ángulo de rozamiento ψ , la diferencia de longitud de los recorridos ($r_r - r_d$) y la frecuencia del sonido (Piercy y Daigle, citados por Harris 1995).

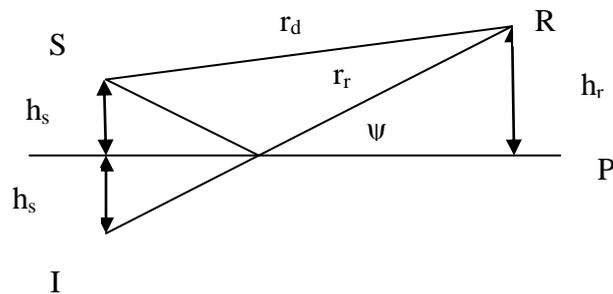


Figura 4. Vías de propagación entre la fuente S y el receptor R. El rayo directo es r_d y el rayo reflejado por el plano P (que efectivamente surge de la imagen de la fuente I) es r_r (Tomado de Harris, C. M. 1995. Manual de medidas acústicas y control del ruido. p. 3.5).

Ahora bien la superficie del suelo puede clasificarse, para el caso de ángulos de rozamiento inferiores a 20° , de acuerdo con sus propiedades acústicas, así: suelos duros, blandos, muy blandos y mixtos, cuyas características son las siguientes:

- Suelos duros se consideran a: pavimentos de asfalta u hormigón, agua y todas la superficies con poca porosidad.
- Suelos blandos, son aquellos que están cubiertos con hierbas, árboles u otra vegetación y todos los suelos porosos, adecuados para el crecimiento de la vegetación, por ejemplo, los suelos cultivados.
- Suelos muy blandos, corresponden a superficies muy porosas, como el suelo cubierto de nieve, agujas de pino o material suelto semejante.
- Suelo mixto, son aquellos que contienen superficies duras y blandas (Harris, 1995).

2.4.7 Atenuación por Misceláneos (Amisc.)

La atenuación por misceláneos tiene que ver cuando surgen casos específicos como: reflexión en edificios (Arefl.), propagación a través de la vegetación (Aveget) y propagación a través de áreas de casas (Acasa) (Harris, 1995).

2.5. CONTAMINACIÓN POR RUIDO

El ruido es en nuestros días un agente perturbador de la vida ciudadana y muy especialmente en las grandes ciudades y zonas turísticas españolas. Muchas de las actividades productivas y de ocio, comprenden procesos que en mayor o menor cantidad liberan energía de distintas formas. El ruido es una manifestación de esas energías liberadas, que puede dañar el oído humano y afectar el estado psicológico, así como rebajar el valor de las propiedades (Alonso, 2003).

La preocupación actual por la protección del medio ambiente se pone de manifiesto en la lucha contra el ruido, por la atención que prestan los gobiernos de los países desarrollados en la promulgación de normas que traten de limitar la contaminación sonora de las ciudades. Se estima que en los países de la U.E. cerca de 113 millones de personas están expuestas a niveles de ruido ambiental por encima del «LEQ» (nivel de presión acústica equivalente) de 65 decibelios, límite de tolerancia recomendado por la OMS, siendo España el país más ruidosos de Europa y el segundo de la OCDE después de Japón (Alonso, 2003).

2.5.1. Efectos de la Contaminación

2.5.1.1. Efectos en el ambiente

Cuando se habla de contaminación acústica se refiere al exceso de ruidos fuertes y continuos que logran sobrepasar el umbral de tolerancia de la mayoría de las especies, los seres humanos incluidos, lo que puede provocar trastornos físicos y psíquicos y repercusiones en el medio ambiente, Afectando drásticamente la calidad de vida de los seres vivos, en los seres humanos la contaminación acústica puede devenir en trastornos como estrés, insomnio, ansiedad o depresión, mientras que el común de los animales directamente se ven obligados a dejar su hábitat natural, lo que perjudica y modifica el ecosistema en el que se encuentren (disponible en <http://www.blogecologista.com/2010/09/08/contaminacion-acustica-y-su-impacto-en-el-medio-ambiente/>).

2.5.1.2. Efectos en la salud

El efecto del ruido en las emociones humanas va de insignificante, pasando por molestia y enojo, hasta psicológicamente perturbador. Fisiológicamente el ruido puede ser inocuo o hasta doloroso y físicamente

dañino. El ruido también puede tener efectos económicos al decrecer la eficiencia de un trabajador, afectando así los márgenes de ganancia.

Los efectos del ruido sobre el hombre son múltiples, debido principalmente a la variedad de espectros e historias temporales desplegados por el ruido y, la variabilidad de las respuestas fisiológicas y psicológicas no sólo entre las personas sino también para la misma persona a tiempos diferentes

Básicamente, los efectos del ruido sobre el hombre se suelen dividir en dos tipos, uno que involucra los aspectos fisiológicos y otro que involucra los de tipo psicológico.

A continuación se enuncian algunos efectos del ruido en el hombre, a modo de dimensionar lo perjudicial que puede llegar a ser este elemento contaminante. No obstante, se debe señalar que lo perjudicial de estos efectos depende entre otras cosas, de cuan elevados sean los niveles y del periodo de exposición del individuo en cuestión frente al ruido (Quezada, 2002)

2.5.1.2.1. Efectos fisiológicos

En el aspecto fisiológico, el ruido actúa sobre elementos del organismo tales como: audición, ritmo cardíaco, sistema circulatorio, tensión arterial, sistema respiratorio, sistema digestivo y sistema neurovegetativo,

entre otros. Se puede agregar, además, que afecta de manera más aguda a personas que padecen algún tipo de enfermedad.

Entre los efectos del ruido sobre el organismo, el más conocido y estudiado es el que se produce en la audición, por ser el más directo y haber sido detectado con mayor antelación (Quezada, 2002)

- **Alteración temporal del umbral auditivo.**

La alteración temporal del umbral auditivo, conocida como TTS (Temporary Threshold Shift), puede ser provocada por una exposición breve a sonidos intensos. Consiste en una disminución de la capacidad auditiva debido a la presencia de un ruido, existiendo recuperación total al cabo de un período de tiempo, siempre que no se repita la exposición. Suele producirse durante la primera hora de exposición al ruido y su amplitud depende del tipo de ruido. También se sabe que el oído puede recuperar parte de su audición en los intervalos de descanso que propicia dicha intermitencia, por lo tanto el corrimiento será mayor en el caso de la exposición a un ruido constante. Sin embargo, cuando se trata de ruidos impulsivos o de impactos es necesario tener en consideración otros factores que influyen en el TTS, los cuales son: el valor máximo del impacto, los tiempos de ataque y decaimiento de la señal, la periodicidad de repetición, el espectro de frecuencias, y cuando sea necesario, las características del recinto (Quezada, 2002).

- **Alteración permanente del umbral auditivo**

El desplazamiento temporal de la capacidad auditiva se va agravando con el paso del tiempo, y si la exposición al ruido continúa, la recuperación al cesar éste va siendo cada vez más lenta y parcial, llegándose al punto donde la alteración de la audición es permanente, conocida como PTS (Permanent Threshold Shift). En general los trastornos de la audición suelen alcanzar su grado máximo a los 10 años de exposición al ruido y luego se estabiliza durante treinta años. Se ha dicho que el coeficiente de la pérdida del oído debida al ruido es proporcional a la capacidad de audición que aún queda por perder.

En términos más simples, el experimentar frecuentemente cambios temporales de la audición, puede generar en el mediano plazo un desplazamiento permanente del umbral de audición. Asimismo, un ruido que no produce TTS, rara vez o quizá nunca, es causa de un PTS en la misma persona (Quezada, 2002).

- **Efectos en el sistema nervioso central**

El ruido provoca modificaciones del ritmo alfa de las corrientes cerebrales y una reducción, incluso supresión, al estímulo luminoso. Ruidos del orden de 130 dB modifican las corrientes cerebrales,

asemejándose a la curva encontrada en estado de shock. Los vasos sanguíneos centrales muestran tendencia a espasmos y los periféricos a dilatación. Una exposición de 20 minutos a un ruido entre 95 y 105 dB da lugar a alteraciones de algunos factores de irrigación cerebral (Quezada, 2002).

El ruido continuado o momentáneo es generador de una tensión muscular transmitida por la activación de la médula espinal denominada misotomía muscular. Este efecto se puede observar experimentalmente mediante la aplicación sobre los músculos de electrodos que responden a excitaciones sonoras, contrayéndose repetitivamente. Si el ruido es constante, la tensión del músculo una vez finalizado éste puede durar unas horas (García, 2000).

- **Efectos vestibulares**

Se han llevado a cabo muchas investigaciones cuantitativas de laboratorio, sobre los efectos del ruido de alta intensidad sobre el equilibrio. Se ha observado que las tareas de equilibrio se ven alteradas por el ruido de banda ancha con niveles de presión sonora por encima de 100 dB, pudiéndose apreciar vértigos, pérdida del equilibrio, marcha inestable y nauseas. A niveles de presión sonora por debajo de 100 dB, estos descensos se producen sólo para exposiciones con niveles desiguales en los dos oídos. Se ha sugerido que éstos son efectos directos del ruido de

intensidad elevada sobre el sistema vestibular. Experimentos similares, usando tonos puros llegaron a las mismas conclusiones (Quezada, 2002).

- **Efectos sobre el sistema cardiovascular**

El ruido produce alteraciones en el ritmo cardíaco debidas al efecto de alarma que experimenta el organismo. En mayores de 40 años, con una larga exposición al ruido, hay un aumento significativo de morbilidad cardiovascular por infarto de miocardio (Quezada, 2002).

- **Efectos sobre el aparato respiratorio**

El mecanismo respiratorio es un elevado sistema de control reflejo diseñado para regular el contenido gaseoso de la sangre, incluyendo las presiones gaseosas parciales de dióxido de carbono y oxígeno, y para estabilizar varios aspectos de la química sanguínea. La respiración puede verse influida por un corto estímulo sonoro repentino. Los experimentos con sujetos humanos muestran que después de pulsaciones cortas (2s) con una frecuencia de 1 KHz, a niveles de presión sonora de 70, 90 y 120 dB, se producen movimientos respiratorios mayores y más lentos, que en algunos casos, alcanzan el máximo entre 15 y 20s después del inicio del tono. La magnitud del efecto varía directamente con los niveles de presión sonora de los estímulos. Pueden producirse detalles, como la respuesta a los distintos niveles de los estímulos. La significación de estos efectos no está clara,

salvo quizá que mejorar la respiración puede contemplarse como una adaptación precautoria, que para parecer eficaz debe persistir el tiempo suficiente para permitir que el intercambio gaseoso tenga lugar (Quezada, 2002).

- **Efectos sobre el aparato digestivo**

Se pueden encontrar alteraciones en la secreción ácida del estómago, manifestándose en una mayor incidencia de úlceras duodenales, cólicos y otros trastornos gastrointestinales. También es posible encontrar alteraciones en la motilidad del estómago e intestinos, es decir, se han observado dolores gástricos en personas sometidas a ruido e incluso se han determinado radioscópicamente espasmos intensos de píloro en gran número de personas, que no los tenían en ausencia del ruido (Quezada, 2002).

- **Efectos sobre la visión**

En personas expuestas a 110 dB se observa un estrechamiento del campo visual y modificaciones en la percepción del color hacia la protanomalía (déficit para el color rojo alrededor de un 10%). En otras situaciones se ha apreciado dificultad y molestia para la visión nocturna. Los aumentos de niveles de ruido disminuyen la velocidad del movimiento para ciertos ángulos de cobertura visual (afección de músculos ciliares). También ocurre una disminución de la sensibilidad a la luz: el estímulo sonoro en un oído da lugar a la disminución a la sensibilidad a la luz y a un retraimiento del campo visual en el ojo contrario al oído estimulado (Quezada, 2002).

- **Los Acúfenos**

Se describen como ruidos que aparecen en el interior del oído por la alteración del nervio auditivo y hacen al enfermo escuchar un pitido interior constante causando ansiedad y cambio de carácter. Los acúfenos se estudian desde hace pocos años y su origen se atribuye al ruido urbano, si bien sus causas están por determinar de un modo concluyente y científico, tampoco aparece claro su tratamiento (Quezada, 2002).

- **Ruido y embarazo**

Entre los estímulos sensoriales a los que el feto está expuesto, el universo sonoro es uno de los más importantes (corazón, voz de la madre, sonidos del exterior). En una investigación realizada en zonas próximas a aeropuertos, se estudiaron las reacciones de los recién nacidos al ruido de los aviones y se estableció que cuando la madre ha pasado desde el principio el embarazo allí, no se presentan alteraciones, pero, cuando la madre se ha instalado después de cinco meses de gestación (que es cuando el oído del feto se hace funcional) los niños no soportan el ruido de un avión tras el parto, lloran cada vez que pasa uno y su tamaño en el nacimiento es inferior al normal (Quezada, 2002).

2.5.1.2.2. Efectos psicológicos

- **Molestia**

La molestia inducida por el ruido se escapa de una definición sucinta. Es una actitud: un proceso mental encubierto con determinantes tanto acústicos como no acústicos. La molestia inducida por el ruido no es una conducta, como podría serlo una queja (que puede o no estar motivada por la molestia); tampoco es una sensación simple e inmediata como la sonoridad, totalmente libre de influencias cognitivas y emocionales.

Dentro de los factores que influyen en la molestia inducida por el ruido, existen factores acústicos tales como el nivel absoluto, la duración y distribución espectral de la energía sonora, así como sus fluctuaciones. Los factores no acústicos incluyen la adaptación (habitación o sensibilización), grado de implicaciones en las actividades que se realizan en el momento de la exposición al ruido, actitudes hacia las fuentes de ruido y sus operadores entre otras cosas. En las décadas de los 60 y los 70, se realizaron una serie de estudios llevados a cabo en Estados Unidos y varios países de Europa, tendientes a correlacionar la respuesta de una comunidad frente a diversos niveles de ruido (Quezada, 2002).

El ruido produce alteraciones en la conducta, las cuales consisten en agresividad o mostrar un individuo con un mayor grado de desinterés o irritabilidad. Estas alteraciones, que generalmente son pasajeras se producen a consecuencia de un ruido que provoca inquietud, inseguridad o miedo en algunos casos (Flores, 2002).

- **Perturbación del sueño**

Los experimentos realizados sobre sujetos sometidos a diferentes condiciones de ruido durante el sueño muestran importantes cambios en los patrones normales de éste. En líneas generales, a partir de 45 dBA de ruido, se produce un aumento en la latencia del sueño (tiempo que tarda en

iniciarse el sueño normal). El tiempo dedicado a las fases más profundas disminuye, lo que implica que, al ser estas fases profundas las necesarias para un sueño reparador, el sujeto suele levantarse con sensación de cansancio; el tiempo de sueño REM disminuye y, lo más preocupante, se ha comprobado un aumento de la tasa de afectación cardiaca durante el sueño (Taboada, 2007).

Los ruidos sufridos durante la noche inciden en la calidad del sueño de una forma que ya ha sido ampliamente comprobada, a partir del registro de la actividad eléctrica cerebral. Algunos estudios han indicado que la perturbación del sueño se manifiesta cada vez más a medida que los niveles de ruido sobrepasan los 35 dB(A) de Leq. Está ampliamente demostrado que los efectos acumulativos producen disminución en el rendimiento, baja en el nivel de vigilancia del sujeto, cansancio, cambios de humor, irritabilidad, y pueden convertir en crónico, a largo plazo, un sueño irregular (Quezada, 2002).

- **Enmascaramiento e interferencia en la comunicación oral**

El enmascaramiento consiste en que un sonido impida por su presencia la percepción total o parcial de otros sonidos. Este efecto se convierte en nefasto cuando perturba la percepción de señales o mensajes y en especial la comunicación hablada, al margen de sus efectos sobre el

carácter y el humor de las personas, además de aumentar el riesgo de accidentes.

Se sabe que el ruido es un factor de riesgo para la salud de los niños y tiene repercusiones negativas para su aprendizaje. La hipótesis más comúnmente considerada es la que los niños criados en un ambiente ruidoso se transforman en niños menos atentos a las señales acústicas en general y se advierten perturbaciones en su capacidad de escuchar.

En los centros escolares más expuestos a los ruidos procedentes del exterior (tráfico, aeropuertos, etc.) los niños presentan un retraso en el aprendizaje de la lectura. Se cree también que el ruido que normalmente hace difícil la comunicación hablada puede favorecer un sentimiento de aislamiento, dificultar la sociabilidad de los niños y perturbar su forma de relacionarse con los demás (Quezada, 2002).

- **Estrés**

El ruido, como agente estresante que es, provoca diferentes reacciones conductuales que, aunque normalmente son pasajeras en tanto dura el estímulo adverso, pueden cronificarse y constituirse en enfermedad (depresión, conductas paranoides, etc) si el ruido como elemento agresor persiste en el tiempo. Las posibles reacciones ante el ruido incluyen: inquietud, inseguridad, impotencia, agresividad, desinterés, abulia o falta de

iniciativa, siendo variables en su número e intensidad según el tipo de personalidad. Tampoco es raro que aparezcan problemas en las relaciones interpersonales e intrafamiliares. En este sentido es esperable que las personas modifiquen su conducta y sus hábitos para defenderse del ruido, en un intento de conseguir su bienestar físico y psíquico; esto es, evitando zonas especialmente ruidosas, poniendo ventanas o cristales dobles, cambio del dormitorio hacia el interior, cambio de domicilio (el que puede), o recurriendo a fármacos hipnóticos y antidepresivos (Taboada, 2007).

Parece probado que el ruido se integra como un elemento estresante fundamental. Y no sólo los ruidos de alta intensidad son los nocivos, ruidos incluso débiles pero repetidos pueden entrañar perturbaciones neurofisiológicas aún más importantes que los ruidos intensos (Quezada, 2002).

El estrés es una serie de respuestas primitivas de defensa del organismo transmitidas por medio del sistema nervioso vegetativo debido a la exposición a ciertos estímulos, uno de ellos es el ruido; si la exposición es transitoria, generalmente el sistema vuelve a la normalidad en unos minutos (Flores, 2002).

2.6. MEDICIÓN DEL RUIDO

El estudio de las medidas sonoras en determinados puntos permite construir mapas que cubren toda una zona. La localización de la toma de muestras suele situarse en lugares conflictivos, donde la contaminación acústica pueda afectar a la población. Así, por ejemplo, para evaluar el impacto del paso de una carretera por una zona poco poblada, los puntos de medida se situarán en las proximidades de viviendas aisladas y de pequeños pueblos o aldeas, y si los índices de sonoridad superan los límites recomendados, deberán tomarse medidas correctoras al respecto (disponible en http://www.usaid.gov/di/docs/resources/normaruidomediciónfuente_fija.pdf).

2.6.1. Medida de la Exposición Sonora y Dosis de Ruido

Es necesario establecer la diferencia entre la exposición sonora y dosis de ruido a que puede estar expuesto un individuo o grupo de personas (Marsh y Richings 1995, citado por Chunchu 2006).

2.6.1.1. Exposición sonora

La exposición sonora es una cantidad proporcional a la energía acústica que está presente en un punto durante cierto periodo de tiempo. Es equivalente al producto de la potencia acústica incidente sobre un receptor,

que puede ser, por ejemplo, el oído, por la duración del tiempo de exposición (disponible <http://www.cepis.org.pe/bvsaia/e/fulltext/sonora/sonora.pdf>).

2.6.1.2. Dosis de ruido

La dosis de ruido es una medida, establecida en normativas legales, de la exposición al ruido a que está sometida una persona. A diferencia de la exposición sonora, que es proporcional a la energía acústica presente en un lugar, el concepto de dosis de ruido no tiene interpretación física. La dosis del ruido es una cantidad que se ha desarrollado para evaluar la exposición al ruido en los centros de trabajo como protección contra la pérdida de la audición. La dosis suele expresarse como un porcentaje de la exposición diaria máxima permisible al ruido; es una combinación de un nivel sonoro continuo equivalente estable con ponderación A y la duración de la exposición correspondiente.

La medida de las dosis de ruido implica consideraciones sobre: tasas de intercambio, nivel sonoro criterio, umbral del nivel sonoro y exposición diaria máxima permisible al ruido (Marsh y Richings, citado por Chuncho 2006).

2.6.2. Instrumentos de Medición

Los índices más comúnmente usados para la evaluación del ruido generado por los vehículos que circulan por una carretera son el nivel de presión sonora continuo equivalente (L_{eq}) y los índices estadísticos, expresados en decibelios Tipo A [dB(A)].

Existe una amplia gama de instrumentos sonoros diseñados para realizar mediciones largas y cortas, portátiles o fijas, que proporcionan un gran número de índices del ruido (L_{eq} , $L_{máx}$, L_{min} , LN, Histogramas y otros), estos instrumentos pueden ser útiles en el proceso de tratamiento de datos.

El ruido varía a lo largo del tiempo, por lo que los instrumentos de medición más útiles son aquellos sistemas preparados para una medición continua de L_{eq} .

Los sonómetros se clasifican, dependiendo de su grado de precisión, en dos clases diferentes: Sonómetros para usos generales y Sonómetros de precisión, los últimos se hallan compuestos por: micrófono, amplificador, redes de ponderación, atenuador, instrumento indicador.

Un micrófono es básicamente un sensor que puede medir pequeñas variaciones de la presión usando como referencia la presión atmosférica.

Un amplificador es un dispositivo electrónico que permite elevar la potencia de una señal electromagnética.

Las redes de ponderación son mallas electrónicas que permiten sopesar una señal electromagnética con valores fijos especificados, de acuerdo con la frecuencia de la señal.

Un atenuador es un dispositivo electrónico que permite reducir la potencia de una señal electromagnética.

El Instrumento indicador es un traductor que transforma una señal electromagnética en un giro mecánico de una aguja, que se desplaza angularmente con resistencia controlable sobre una carátula graduada (Brüel y Kjaer, 1997).

2.6.3. Medición del Ruido

Es difícil diseñar metodologías universales de medición del ruido en el exterior, ya que situaciones diferentes requieren diferentes metodologías;

como regla general, se acepta que la utilización de intervalos mínimos diseñados para situaciones estándar conocidas, puede no ser suficiente para lograr una adecuada evaluación cuando esos intervalos se aplican a otras situaciones, lo que constituye desafortunadamente la práctica más común.

- Durante la medición del ruido se deben observar las siguientes precauciones para garantizar la precisión y fiabilidad de las mediciones:

- Revisar regularmente los instrumentos (de ser posible una vez por año).

- Calibrar los instrumentos antes y después de su uso.

- Registrar las condiciones meteorológicas durante las mediciones (velocidad del viento, humedad, etc.), para aceptar o rechazar los resultados.

- Se recomienda un tiempo de medición no menor a 10 minutos.

- Evitar llevar a cabo mediciones bajo condiciones excepcionales, la lluvia y el viento pueden provocar diferencias de hasta 10 dB entre el ruido emitido y el medido.

- Se recomienda que las mediciones no se realicen si la velocidad del viento en el micrófono excede los 5 m/seg (18 km/h).

- La superficie del pavimento debe estar seca.

- Evitar la presencia en las cercanías del micrófono de personas que puedan obstaculizar las mediciones, la persona que lleva a cabo las mediciones deberá colocarse donde no influya en las lecturas (Flores, 2002).

2.7. LEGISLACIÓN DE LOS LÍMITES PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO AMBIENTE PARA FUENTES MÓVILES.

2.7.1 Constitución Política de la República del Ecuador

En la Nueva Constitución Política de la República del Ecuador del año 2008 en el título VII Régimen del buen vivir, Capítulo tercero Biodiversidad y recursos naturales, Sección primera Naturaleza y ambiente establece que el Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales. (Art. 397).

Además el Estado se compromete a establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación y de manejo sustentable de los recursos naturales, como también establecer un sistema nacional de prevención, gestión de riesgos y desastres naturales, basado en los principios de inmediatez, eficiencia, precaución, responsabilidad y solidaridad. (Art. 399).

En el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ecuador (TULAS), Libro VI del Anexo 5 se establece, los procedimientos necesarios para el control y verificación de los niveles de ruido producidos por vehículos automotores.

Se establecen los niveles máximos permisibles de nivel de presión sonora producido por vehículos estacionados, mismos que se especifican en el (Cuadro 2).

Cuadro 2. Niveles de presión sonora máximos para vehículos automotores estacionados.

CATEGORÍA DE VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN	NPS MAXIMO (dBA)
Motocicletas	De hasta 200 centímetros cúbicos.	80
	Entre 200 y 500 c. c.	85
	Mayores a 500 c. c.	86
Vehículos	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor.	80
	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, y peso no mayor a 3,5 toneladas.	81
	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, y peso mayor a 3,5 toneladas.	82
	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, peso mayor a 3,5 toneladas, y potencia de motor mayor a 200 HP.	85
	Peso máximo hasta 3,5 toneladas	81
Vehículos de Carga	Peso máximo de 3,5 toneladas hasta 12,0 toneladas	86
	Peso máximo mayor a 12,0 toneladas	88

Fuente: Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULAS, 2003).

La Entidad Ambiental de Control podrá señalar o designar, en ambientes urbanos, los tipos de vehículos que no deberán circular, o deberán hacerlo con restricciones en velocidad y horario, en calles, avenidas o caminos en que se determine que los niveles de ruido, debido a tráfico exclusivamente, superen los siguientes valores: nivel de presión sonora equivalente mayor a 65 dBA en horario diurno, y 55 dBA en horario nocturno. La definición de horarios se corresponde con la descrita en esta norma.

En lo que se refiere a la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, en el Capítulo II de los Vehículos Sección I Revisión Técnica Vehicular y Homologaciones, en el Art. 205 indica que “los importadores de vehículos, de repuestos, equipos, partes y piezas; carroceros y ensambladores, podrán comercializarlos si cumplen con todas las disposiciones de seguridad automotriz expedidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN”. De igual forma en el Capítulo IV del Ambiente Sección I de la Contaminación por fuentes móviles, en el Art. 211 señala que “todos los automotores que circulen dentro del territorio ecuatoriano deberán estar provistos de partes, componentes y equipos que aseguren que no rebasen los límites máximos permisibles de emisión de gases y ruidos contaminantes establecidos en el Reglamento”. Y en el Art. 212 revela que “los importadores y ensambladores de automotores son responsables de que los vehículos tengan dispositivos anticontaminantes”.

2.8. ESTUDIOS SIMILARES EN LA PROVINCIA DE LOJA.

En la ciudad la Loja se ejecutó la tesis titulada “Estudio de la Contaminación Acústica Producida por el Parque Automotor en la Zona Occidental de la Ciudad de Loja”, donde llegan a obtener las siguientes conclusiones: Algunos factores que influyen directamente en el incremento del ruido son: las pendientes pronunciadas, poca señalización, mal estado de conservación de vehículos y de las calles, los cuales originan alteración en el tráfico de vehículos; la escasa conciencia ambiental en la ciudadanía se transforma en un componente importante en la generación de ruido, ya que los conductores de vehículos principalmente públicos utilizan indebidamente la bocina y resonadores causando molestias a las personas e incrementan considerablemente los niveles de ruido; la población que está expuesta a la incidencia del ruido, en su mayoría sostiene que le afecta negativamente a la salud, provocando problemas de estrés, depresión, irritabilidad, pérdida de la audición, dolor de cabeza, histeria, entre otras afecciones (Salinas; Vicente, 2010).

También se ejecutó la tesis titulada “Contaminación Acústica Derivada del Parque Automotor en el Sector Norte de la Ciudad de Loja”, en la cual obtienen las siguientes conclusiones. El número de vehículos que circulan en una calle no determina el mayor nivel de ruido, sino la velocidad de los mismos, la superficie y pendiente de las calles, el estado de

conservación de los vehículos automotores y el comportamiento del conductor en manejo de los mismos manifestando en frenadas rápidas, uso innecesario del claxon o bocinas y aceleramientos fortuitos.

Las enfermedades psicológicas más comunes producidas por el ruido vehicular a criterio de los habitantes en el sector de estudio son: estrés, dificultad para entender las comunicaciones, irritabilidad y dolor de cabeza. (Bustamante; Ruilova, 2010).

Además también se ejecutó la tesis titulada “Estudio de la Contaminación Acústica Derivada del Parque Automotor en la Zona Sur-Oriente de la Ciudad de Loja”, obteniendo las siguientes conclusiones: El ruido del tráfico vehicular está determinada por el uso y inadecuado del claxon especialmente en determinadas horas de congestionamiento significativos de la ciudad de Loja, debido al elevado número de vehículos del parque automotor, al tipo de vehículos (pesados, livianos); a la pendiente de las calles y avenidas; y a la velocidad de los mismos. Los rangos de nivel de presión sonora van de 66,94 a 76,94 dB, en todos los casos excediendo el límite permisible por la legislación ecuatoriana, y lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), que son de 65 y 55 dB, en el horario diurno y nocturno respectivamente (Aguirre; Iñiguez, 2010).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA CIUDAD DE SARAGURO

La ciudad de Saraguro, capital del cantón Saraguro, perteneciente a la provincia de Loja, se sitúa a 64 km de la ciudad de Loja, cabecera provincial.

3.1.1. Límites

La ciudad de Saraguro está limitado por:

Norte: La Comunidad de la Matara;

Sur: Con la comunidad de San Vicente;

Este: Con la comunidad de Gunudel, y

Oeste: La comunidad de Quisquinchir.

3.1.2. Condiciones Climáticas

La ciudad de Saraguro se encuentra a una altura que va de 2497 msnm hasta los 2594 msnm.

La pluviosidad de la ciudad de Saraguro está entre los valores de 758 –1.250 mm. La época de lluvia va desde noviembre a mayo. La

época de fuertes vientos está entre los meses de junio a septiembre, y heladas en los meses de diciembre a enero; la humedad relativa oscila de 80 a 88 %, la temperatura entre los 8 y los 27 grados centígrados (disponible en http://www.jatari.org/?page_id=35).

3.2. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

El presente proyecto se ejecutó en la ciudad de Saraguro, cuyos límites considerados fueron los siguientes:

Norte:	La calle Quito
Sur:	La calle Fray Cristóbal Zambrano
Este:	La Panamericana
Oeste:	La calle Luis Antonio Ordoñez

La ubicación espacial por coordenadas planas del área de estudio de la ciudad de Saraguro se detalla a continuación.

Coordenadas N: 9599100 m y 9600000 m

Coordenadas E: 695600 m y 696200 m

Para mayor información del área de estudio se presenta la (Figura 5) mapa base de la ciudad de Saraguro y los puntos de monitoreo de ruido establecidos.

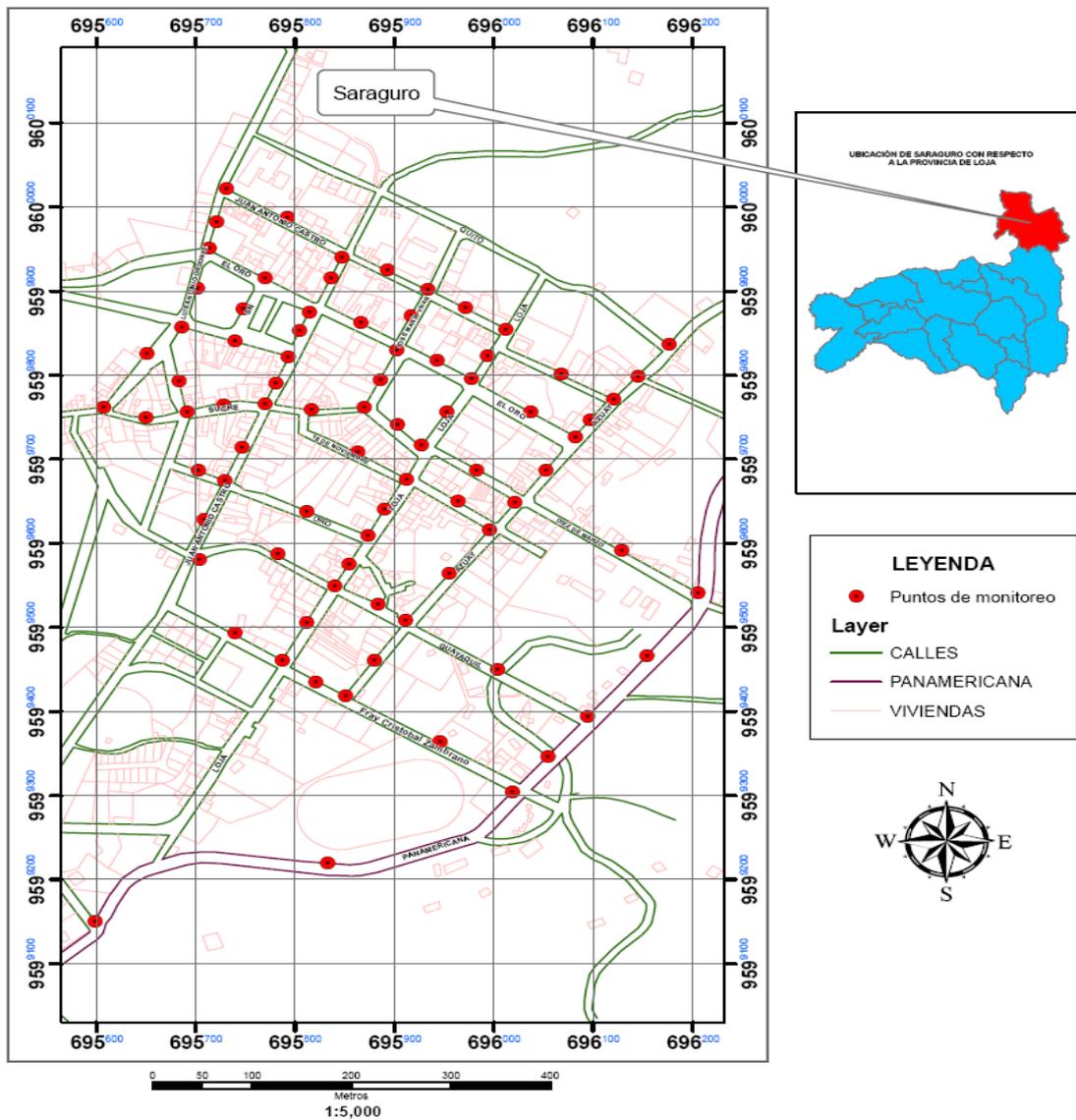


Figura 5. Límites del área de estudio y puntos de monitoreo del ruido en las calles primarias y secundarias de la ciudad de Saraguro.

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1. Materiales de Campo_

- Libreta de apuntes
- Cuestionarios
- Plano de la ciudad de Saraguro
- Pintura.
- Brocha.

3.3.2. Materiales de Oficina.

- Computadora.
- Software Arcgis 9.3
- Grapadora
- Perforadora
- Impresora
- Hojas de papel bond.

3.3.3. Equipos

- GPS.
- Sonómetro de precisión.
- Trípode.
- Cámara digital

- Calculadora.

3.4. MÉTODOS

Para el cumplimiento de los objetivos planteados en la presente investigación, se siguió la siguiente secuencia de procedimientos:

3.4.1. Procedimiento para Determinar los Niveles de Presión Sonora Generados por el Parque Automotor en los Sectores de Mayor Circulación Vehicular.

Para determinar los niveles de presión sonora, primeramente se realizó la delimitación del área de estudio en base al plano urbano de la ciudad de Saraguro, donde se fijaron los puntos de monitoreo, en cada esquina y centro de las calles primarias y secundarias utilizando el programa autocad 2008. Una vez fijados los puntos, se inspeccionó el área de estudio, procediendo a la señalización con pintura indeleble los puntos establecidos de monitoreo, precisando su ubicación mediante la georeferenciación que determinó la posición espacial de los puntos de monitoreo. Para la elaboración del mapa base de la ciudad de Saraguro se utilizó un sistema de información geográfica (SIG).

El procedimiento de monitoreo que se empleó para la toma de datos, consistió en el registro de datos del nivel de presión sonora en dB

Leq A. Las mediciones se realizó en las horas pico de (07H00-09H00; 12H00-14H00 y 16H00-18H00), con una frecuencia de tres repeticiones por punto y por un tiempo de 10 minutos.

El instrumento que se utilizó para efectuar las mediciones fue el sonómetro de precisión (Figura 6). Para llevar a cabo la toma de datos se verificó si las condiciones ambientales son favorables como la ausencia de precipitaciones, velocidad del viento (no mayor a 5 m/s), luego se realizó la calibración del sonómetro. Una vez verificado si las condiciones ambientales son favorables y calibrado el equipo se procedió a ubicar el equipo a una altura de 1,50 m del suelo y a una distancia de las paredes de 1 m luego se tomaron medidas del nivel de presión sonora con la siguiente configuración:

Ponderación frecuencial “A”

Ponderación temporal “fast”

Tiempo de muestreo 10 minutos

El mismo procedimiento se aplicó en las repeticiones correspondientes.



Figura 6. Sonómetro de medición OHM 2010

Para el registro de la información del monitoreo se utilizó la hoja de campo estructurada según la recomendación de Hernández y Quishpe (Anexo 2, Cuadro 13)

Una vez obtenidos los niveles de presión sonora, se procedió a obtener el promedio de las tres repeticiones en los diferentes horarios previamente fijados, aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Leq } \bar{X} = 10 \text{ Log } [1/N (10^{0,1 \text{ Leq}} + 10^{0,1 \text{ Leq}} + 10^{0,1 \text{ Leq}})]$$

Donde:

Leq \bar{X} = Promedio del nivel sonoro continuo equivalente con ponderación A.

N = Número de mediciones realizadas.

Concluido las mediciones de los puntos de monitoreo, se procedió a organizar la información, para realizar el análisis estadístico. Luego de los análisis se procedió a elaborar los mapas temáticos de ruido en el programa SIG (Arcgis 9.3), en los cuales se representa y se indica las curvas isofónicas y lugares con mayor ruido vehicular, para lo cual se efectuó el siguiente procedimiento que se detalla a continuación:

1. Ingreso de los datos de monitoreo de cada punto con sus respectivas coordenadas, a la hoja electrónica (excel).
2. Importación de los datos de la hoja electrónica (excel) a un SIG (arcgis 9.3) mediante la opción Tools, Add XY Data.
3. Interpolación de los datos de cada horario de monitoreo de las calles primarias y secundarias (dB de ruido) en el programa arcgis 9.3, mediante la opción 3D Analyst y luego Interpolate to Raster.
4. Reclasificación de los niveles de ruido mediante tres rangos, utilizando la opción 3D Analyst y luego Reclassify.
5. Conversión de la reclasificación en polígonos mediante la opción 3D Analyst, Convert, luego Raster to Features.
6. Se corta los polígonos con relación a las calles para obtener las curvas isofónicas dentro de las calles principales y secundarias.
7. Edición de colores para los cuatro rangos.
8. Finalmente edición de los mapas con sus respectivas leyendas.

Para determinar los colores a utilizarse en los mapas, luego de consultar algunas metodologías de representación de mapas, se utilizó la denominada “metodología del Semáforo Ambiental”, la misma que ha sido aplicada en algunas ciudades como en Bogotá y Cali, por el Observatorio de Impactos Ambientales Urbanos, de igual manera está siendo utilizada en la Comisión de Gestión Ambiental de la ciudad de Cuenca, para la cual establece el uso de los siguientes colores para la identificación del impacto: impacto alto color rojo, impacto medio color naranja y impacto bajo color verde (Aguirre; Iñiguez, 2010).

3.4.2. Procedimiento para Conocer los Impactos en la Salud de la Población que Habita en la Ciudad Provocados por la Contaminación Acústica del Tránsito Vehicular.

Para conocer los impactos en la salud se estructuró un cuestionario (Anexo 1), mismo que se aplicó a los habitantes expuestos al tráfico vehicular del área de estudio, mediante las cuales se identificaron las principales afectaciones psicológicas y fisiológicas que afectan a la salud de la población.

Para la aplicación del cuestionario, previamente se procedió a enumerar las viviendas de las manzanas del área de estudio, dando un total de 424 viviendas, del cual se tomó el 20% para obtener el tamaño

de la muestra. Para la aplicación del cuestionario se empleó el muestreo sistemático como se explica a continuación:

- Primero se calculó el intervalo de muestreo, dado por

$$K = \frac{N}{n}$$

- Segundo se obtuvo un número aleatorio entre 1 y el valor de k, en este caso r.

- El número aleatorio indica la posición del primer elemento que se seleccionó de la muestra sistemática.

- El segundo elemento de la muestra sistemática, se escogió al ubicar la posición (r + k)

- El tercer elemento, se eligió ubicando la posición (r + 2k), y así sucesivamente hasta completar la muestra de n elementos, donde el último elemento de la muestra, está en la posición (r + (n-1) * k)

La información obtenida de la aplicación de los cuestionarios se procedió a tabular, misma que facilitó la sistematización e interpretación de la información obtenida de los pobladores del área de estudio.

3.4.3. Procedimiento Para Estructurar una Propuesta de Ordenanza Municipal Para Prevenir, Mitigar y Controlar la Contaminación Acústica Derivada del Parque Automotor.

Una vez conocidos los niveles de presión sonora e identificados los impactos ambientales que afectan a la salud de los moradores del sector, se buscó información bibliográfica concerniente a ordenanzas municipales relacionados con la contaminación acústica, para estructurar una propuesta de ordenanza municipal que permita prevenir, mitigar y controlar la contaminación acústica en la ciudad de Saraguro.

4. RESULTADOS

Los resultados de la presente investigación, se muestran a continuación en el orden de los objetivos planteados.

4.1. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE PRESIÓN SONORA

En los 82 puntos de monitoreo, en las calles principales y secundarias se encontraron niveles de presión sonora que se especifican en los Cuadros 3 y 4.

Cuadro 3. Nivel sonoro promedio en el tiempo, generado en tres horarios por el parque automotor en las calles principales de la ciudad de Saraguro, en el periodo: febrero a mayo del 2010.

N ^a	HORARIOS DE MUESTREO Y NÚMERO DE VEHÍCULOS												
	Calles Principales	HORARIO 07H00-09H00			HORARIO 11H00-13H00			HORARIO 17H00-19H00					
		Leq	N ^a Y TIPO DE VEHICULO			Leq	N ^a Y TIPO DE VEHICULO			Leq	N ^a Y TIPO DE VEHICULO		
			A	B	C		A	B	C		A	B	C
1	Azuay y Reino de Quito	69.09	5	58	8	66.23	4	57	3	70.07	4	54	12
2	Azuay entre Reino de Quito y Juan Antonio Castro	66.14	4	54	1	69.21	9	45	2	67.28	2	39	4
3	Azuay y Juan Antonio Castro	67.20	1	48	3	68.35	6	48	1	68.92	7	40	8
4	Azuay entre Juan Antonio Castro y el Oro	69.90	6	43	5	68.22	4	51	8	66.37	6	43	6
5	Azuay y el Oro	69.00	14	73	7	68.63	8	53	10	68.94	5	78	10
6	Azuay entre el Oro y 10 de Marzo	69.35	6	45	5	65.55	5	45	2	70.10	8	48	9
7	Azuay y 10 de Marzo	68.85	9	56	6	69.20	8	50	4	70.69	4	66	12
8	Azuay y 18 de Noviembre	68.36	3	15	1	61.93	1	11	1	68.24	2	27	2
9	Azuay entre 18 de Noviembre y Guayaquil	61.67	2	9	1	60.21	0	10	0	68.34	1	10	3
10	Azuay y Guayaquil	64.48	1	14	2	58.84	1	9	1	63.44	2	17	2

Cuadro 3. Continuación

11	Azuay entre Guayaquil y Fray Cristobal Zambrano	65.14	1	4	1	49.08	0	3	0	55.21	1	8	1
12	Azuay y Fray Cristobal Zambrano	56.55	0	4	0	64.01	1	12	1	65.30	1	10	1
13	Panamericana y 10 de Marzo	70.20	13	51	14	68.92	8	56	5	68.34	14	56	7
14	Panamericana entre 10 de Marzo y Guayaquil	74.13	8	43	6	69.43	6	32	8	70.00	9	39	11
15	Panamericana y Guayaquil	70.64	7	61	6	72.28	8	34	9	71.39	11	55	10
16	Panamericana entre Guayaquil y Fray Cristobal Zambrano	66.54	6	48	5	69.00	9	43	6	70.49	9	57	10
17	Panamericana y Fray Cristobal Zambrano	70.27	7	52	10	68.19	13	38	2	73.05	5	52	8
18	Panamericana entre Fray Cristobal Z y Loja	70.87	2	46	10	65.94	5	46	3	67.05	5	33	5
19	Panamericana y Loja	67.00	7	50	4	68.17	4	46	4	71.85	7	52	11
20	Loja y Juan Antonio Castro	60.92	0	24	4	63.53	7	14	4	63.62	2	31	4
21	Loja entre Juan Antonio Castro y el Oro	63.69	1	22	6	62.43	2	15	2	59.53	2	46	1
22	Loja y el Oro	64.63	2	41	7	65.71	3	59	11	65.87	2	64	6
23	Loja entre el Oro y 10 de Marzo	62.94	0	21	3	65.03	0	32	3	66.86	0	19	0
24	Loja y 10 de Marzo	62.53	1	33	9	65.82	5	44	10	65.31	2	50	6
25	Loja y 18 de Noviembre	65.41	1	27	5	85.97	7	43	11	68.74	2	47	7
26	Loja entre 18 de Noviembre y el Oro	64.33	0	12	6	68.44	1	27	5	63.29	0	28	9
27	Loja y el Oro	62.30	1	22	4	68.79	5	24	3	67.77	2	19	1
28	Loja entre el Oro y Guayaquil	63.39	2	10	5	69.85	1	11	1	74.48	1	25	1
29	Loja y Guayaquil	66.63	4	10	4	68.89	2	8	2	65.43	0	20	5
30	Loja entre Guayaquil y Fray Cristobal Zambrano	59.52	0	11	3	66.59	1	12	1	63.93	0	25	2
31	Loja y Fray Cristobal Zambrano	65.44	1	6	1	69.81	4	8	1	68.58	7	17	3
32	José María Vivar y Juan Antonio Castro	66.00	5	31	3	63.30	7	26	0	62.96	2	29	3
33	José María Vivar entre Juan Antonio Castro y el Oro	62.27	1	22	0	55.77	0	11	0	61.05	0	20	3
34	José María Vivar y el Oro	64.24	1	53	5	64.30	1	49	4	67.23	0	37	9
35	José María Vivar entre el Oro y la Sucre	62.41	0	23	0	62.55	0	11	1	65.16	0	16	4
36	José María Vivar y la Sucre	68.08	1	36	13	66.02	1	41	8	69.91	0	36	14
37	Juan Antonio Montesinos y Juan Antonio Castro	64.57	7	32	1	63.52	1	27	2	63.28	0	22	5
38	Juan Antonio Montesinos entre Juan Antonio Castro y el Oro	65.17	5	27	0	67.05	1	22	1	70.35	3	14	7
39	Juan Antonio Montesinos y el Oro	67.93	4	71	9	65.16	3	60	3	67.44	2	63	5
40	Juan Antonio Montesinos entre el Oro y	63.02	2	31	1	65.76	2	33	4	65.71	2	38	3
41	Juan Antonio Montesinos y Onorato Lazo	68.77	9	44	4	65.68	3	29	4	69.81	4	41	8
42	Juan Antonio Montesinos entre Onorato Lazo y Sucre	68.76	6	34	4	68.82	4	40	3	67.74	1	46	7
43	Juan Antonio Montesinos y Sucre	65.09	6	36	5	65.23	1	38	6	73.38	4	45	11
44	Juan Antonio Montesinos entre Sucre y el Oro	64.77	2	14	1	66.58	0	16	0	65.20	0	15	1
45	Juan Antonio Montesinos y el Oro	55.06	1	8	1	61.18	0	13	3	58.54	0	8	0

Cuadro 3. Continuación

46	Juan Antonio Montesinos entre el Oro y Guayaquil	65.09	0	9	2	61.40	0	13	1	60.64	0	6	1
47	Juan Antonio Montesinos y Guayaquil	51.93	0	6	1	54.14	0	7	2	57.03	0	16	1
48	Luis Antonio Ordoñez y Juan Antonio Castro	67.89	7	70	5	66.91	7	32	3	63.14	5	29	5
49	Luis Antonio Ordoñez entre Juan Antonio Castro y el Oro	67.05	3	34	2	65.85	2	16	2	64.65	2	24	4
50	Luis Antonio Ordoñez entre el Oro	65.56	9	20	1	66.88	5	29	6	72.20	4	26	8
51	Luis Antonio Ordoñez entre el Oro y Onorato Lazo	74.30	7	7	5	62.86	2	18	3	66.40	2	18	3
52	Luis Antonio Ordoñez y Onorato Lazo	69.24	4	20	10	67.43	5	19	5	70.00	2	39	6
53	Luis Antonio Ordoñez entre Onorato Lazo y Sucre	65.11	3	13	3	72.15	1	8	2	64.89	0	5	2
54	Luis Antonio Ordoñez y Sucre	59.25	0	7	0	59.25	0	4	3	64.68	0	9	3
55	SN entre el Oro y Onorato Lazo	63.31	1	24	2	63.58	0	21	4	64.21	1	33	2

A = Vehículos Pesados y Buses; B = Vehículos Livianos; C = Motos

En las calles principales en el horario de 07H00-09H00, el nivel de presión sonora comprende valores de 51.93 - 74.30 dB; de los cuales el 60% de estos valores están sobre los 65 dB y el 40% bajo este valor; de 12H00-14H00 los valores son de 49.08 - 85.97 dB; de los cuales el 67,27% está sobre los 65 dB y el 32.73% se encuentra bajo este valor y en el horario de 16H00-18H00 se registran los valores de 55.21 – 74.48 dB de los cuales el 69.10% está sobre los 65 dB y el 30.90% bajo este valor. Como se observa en los tres horarios excede los 65 dB, límite establecido por la legislación ecuatoriana para el periodo diurno para las zonas residenciales mixtas.

Cuadro 4. Nivel sonoro promedio en el tiempo, generado en tres horarios por el parque automotor en las calles secundarias de la ciudad de Saraguro, en el periodo: febrero a mayo del 2010.

N ^a	Calles Secundarias	HORARIOS DE MUESTREO											
		HORARIO 07H00-09H00			HORARIO 11H00-13H00			HORARIO 17H00-19H00					
		Leq	N ^a Y TIPO DE VEHICULO			Leq	N ^a Y TIPO DE VEHICULO			Leq	N ^a Y TIPO DE VEHICULO		
			A	B	C		A	B	C		A	B	C
56	Juan Antonio Castro entre Azuay y Loja	63.58	1	20	0	70.70	3	29	2	67.55	7	27	1
57	Juan Antonio Castro entre Loja y José María Vivar	64.05	5	27	2	71.08	3	33	4	59.58	0	31	1
58	Juan Antonio Castro entre José María Vivar y Juan Antonio Montesinos	64.41	1	27	3	72.19	7	34	4	63.96	1	25	2
59	Juan Antonio Castro entre Juan Antonio Montesinos y Luis Antonio Ordoñez	61.67	3	8	2	64.29	2	31	2	63.27	1	39	1
60	EL Oro entre Luis Antonio Ordoñez y Juan Antonio Montesinos	63.71	2	33	5	68.66	3	39	3	65.67	3	46	8
61	EL Oro entre Juan Antonio Montesinos y José María Vivar	66.57	3	48	5	62.74	0	32	5	64.98	2	50	2
62	EL Oro entre José María Vivar y Loja	62.84	3	43	1	66.66	3	51	7	66.57	2	57	8
63	EL Oro entre Loja y Azuay	66.47	3	46	3	65.88	4	48	7	66.50	4	59	9
64	Diez de Marzo entre Panamericana y Azuay	69.69	7	39	3	69.72	4	54	11	68.63	8	60	6
65	Diez de Marzo entre Azuay y Loja	64.88	5	37	7	66.01	0	36	2	71.64	0	32	6
66	Diez de Marzo entre Loja y José María Vivar	63.50	2	33	0	71.25	3	40	8	68.74	0	21	10
67	18 de Noviembre entre Azuay y Loja	63.54	2	12	2	66.24	4	11	0	64.23	0	17	2
68	18 de Noviembre entre Loja y Sucre	68.21	0	8	3	61.78	0	4	0	65.01	1	1	2
69	Sucre entre José María Vivar y Juan Antonio Montesinos	67.66	3	19	12	67.25	1	20	8	67.91	2	31	2
70	Sucre entre Juan Antonio Montesino y Miguel Vaca	67.63	0	14	3	72.30	3	5	0	66.31	3	6	4
71	Sucre entre Miguel Vaca y Luis Antonio Ordoñez	63.34	0	10	2	68.33	3	9	0	62.28	1	8	2
72	Onorato Lazo entre Luis Antonio Ordoñez y Juan Antonio Montesinos	63.36	4	34	2	66.95	1	50	4	65.58	1	48	5
73	El Oro entre Loja y Juan Antonio Montesinos	70.80	3	8	1	69.30	1	12	1	58.38	0	5	1
74	EL Oro entre Juan Antonio Montesinos y Miguel Vaca	55.98	0	8	2	60.42	0	8	0	55.55	1	7	0
75	Guayaquil entre Juan Antonio Montesinos y Loja	50.10	0	3	0	56.74	0	11	0	66.52	1	5	1
76	Guayaquil entre Loja y Azuay	58.52	1	5	2	65.08	2	16	0	65.85	2	10	1
77	Guayaquil entre Azuay y Panamericana	63.09	2	15	0	60.09	0	11	0	56.61	1	10	2
78	Fray Cristobal Zambrano entre Panamericana y Azuay	56.12	1	7	1	64.61	1	4	2	55.28	0	6	1
79	Fray Cristobal Zambrano entre Azuay y Loja	63.54	3	9	0	55.06	0	11	0	61.61	0	17	1
80	Fray Cristobal Zambrano entre Loja y Juan Antonio Montesinos	60.87	0	4	3	53.98	0	3	0	65.47	0	10	1
81	Miguel Vaca entre Luis Antonio Ordoñez y Sucre	65.41	4	14	2	62.35	2	11	3	60.67	2	13	2
82	Miguel Vaca y Sucre	61.05	1	15	2	61.82	3	13	2	63.28	3	13	0

A = Vehículos Pesados y Buses; B = Vehículos Livianos; C = Motos

En las calles secundarias en el horario de 07H00-09H00 se registraron datos de presión sonora que van de 50.10 - 70.80 dB; de los cuales el 29.63% están sobre los 65 dB y el 70.37% se encuentra bajo este valor; en el horario de 12H00-14H00 se registraron valores que van de 53.98-72.30 dB; de los cuales el 59.26% está sobre los 65 dB y el 40.74% se encuentra bajo este valor y en el horario de 16H00-18H00 se registraron datos que van de 55.28-71.64 dB de los cuales el 51.86% se encuentra sobre los 65 dB y el 48.14% se encuentra bajo este valor. De igual manera en los tres horarios de monitoreo sobrepasan los límites permisibles, establecidos por la legislación ecuatoriana.

4.1.1. Análisis Estadístico de los Niveles de Presión Sonora

Dentro de los cinco intervalos correspondiente al horario de 07H00-09H00 de las calles primarias, el límite de clase de 65- 70 dB tiene la mayor frecuencia con un valor de 27, lo que expresa que estos valores son los que predominan dentro de este rango y horario de monitoreo en al área de estudio; a continuación le sigue el rango de 60-65 dB con una frecuencia de 17; y luego el rango de 70- 75 dB con una frecuencia de 6; el rango que tiene la frecuencia más baja es 50-55 dB, con una frecuencia de 1 (Figura 7). El promedio en este horario de monitoreo es 65.5 dB, y el coeficiente de variación 6.50 %.

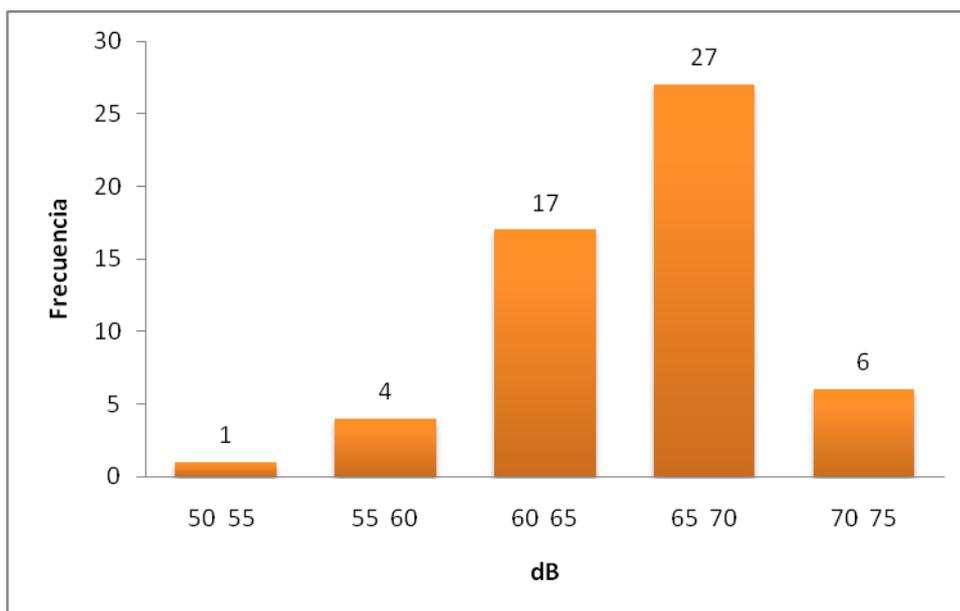


Figura 7. Frecuencia de los niveles de ruido en las calles principales, en la hora pico de 07H00- 09H00.

Dentro de los 9 intervalos correspondiente al horario de 12H00-14H00 de las calles primarias, el que mayor frecuencia posee es el rango de 65 - 70 dB con un valor de 34; de igual manera que en el caso anterior estos son los niveles de presión sonora que más predominan dentro de este rango y horario de monitoreo; le sigue el rango de 60 - 65 dB con una frecuencia de 13; y, luego 55 - 60 dB con una frecuencia de 3; los rangos que poseen frecuencias bajas son 45-50; 50-55; 85-90 dB con frecuencias de 1 (Figura 8). El promedio de este horario es 65.69 dB. Y el coeficiente de variación es 8.09%.

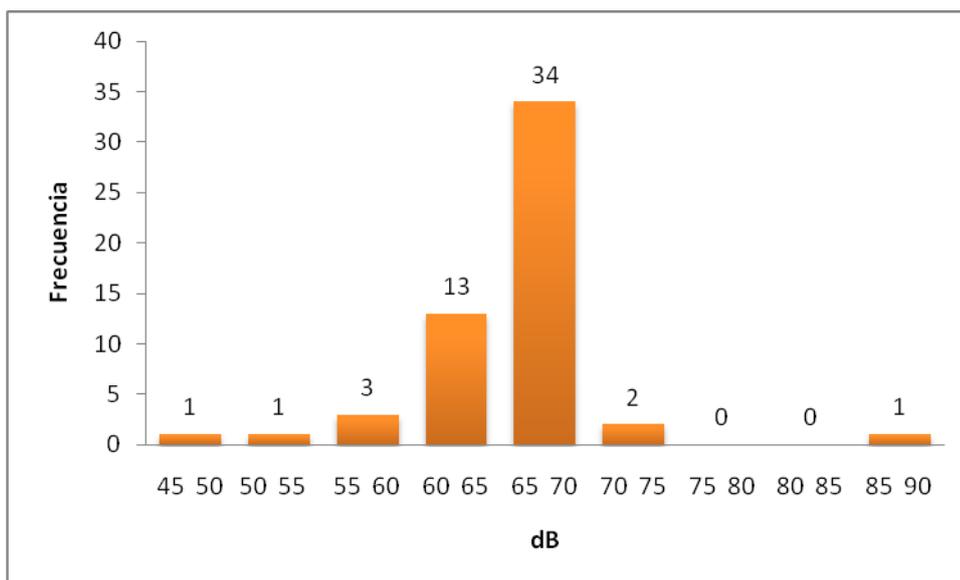
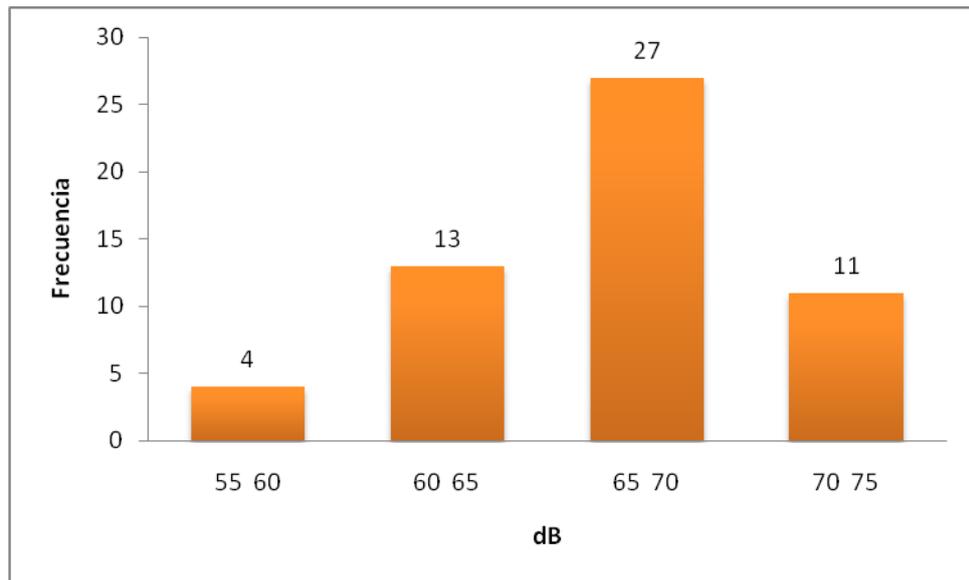


Figura 8. Frecuencia de los niveles de ruido en las calles principales, en la hora pico de 12H00-14H00.

Dentro de los 4 intervalos correspondiente al horario de 16H00-18H00 de las calles principales, la que mayor frecuencia posee es el rango de 65-70 dB, con una frecuencia de 27; de igual manera que en el caso anterior es el nivel sonoro que mayor representación tiene en este horario de monitoreo, dentro de este rango; seguido por el rango 60-65 dB con una frecuencia de 13; el rango que le sigue a continuación es 70-75 dB con una frecuencia de 11; el rango que posee la frecuencia más baja es 55-60 dB con una frecuencia de 4 (Figura 9). El promedio de este horario es 66.59 dB y el coeficiente de variación es de 6.31%.



.Figura 9. Frecuencia de los niveles de ruido de las calles principales, en la hora pico de 16H00-18H00.

Dentro de las cinco intervalos correspondiente al horario de 07H00-09H00 de las calles secundarias, el rango que posee la frecuencia más alta es 60-65 dB, con frecuencia de 15 esto significa que es el rango más importante ya que abarca la mayor representación durante este horario de monitoreo; seguido por el rango 65-70 dB con frecuencias de 7 respectivamente; el rango 55– 60 dB posee una frecuencia de 3 y los rango de 50-55; 70-75 dB son los que poseen frecuencias bajas con valores 1 respectivamente (Figura 10). El nivel promedio de este horario es de 63.24 dB, con un coeficiente de variación de 6.46%.

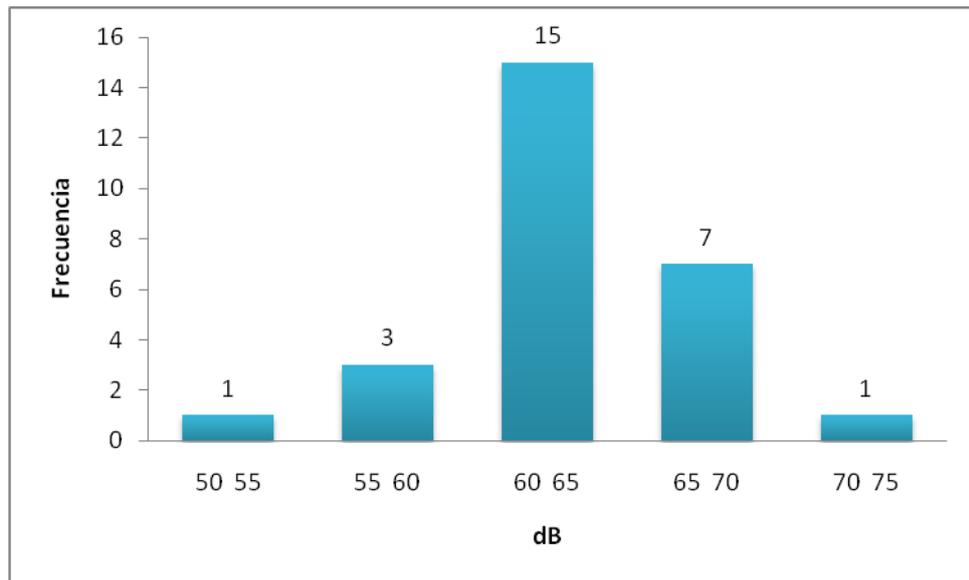


Figura 10. Frecuencia de los niveles de ruido de las calles secundarias, en la hora pico de 07H00-09H00.

Dentro de los cinco intervalos correspondientes al horario de 12H00-14H00 en las calles secundarias, los rangos que mayor representación poseen son: 65-70; 60-65; 70-75 dB, con frecuencias de 11; 8 y 5 respectivamente, esto significa que los niveles de presión sonora que comprenden estos rangos son los que mayor representación poseen en este horario de muestro; seguido por el rango 55-60 dB con frecuencia de 2; el rango que posee la frecuencia más baja es el de 50-55 dB con frecuencia de 1 (Figura 11). El nivel promedio de este horario corresponde un valor de 65.65 dB y el coeficiente de variación 7.65%.

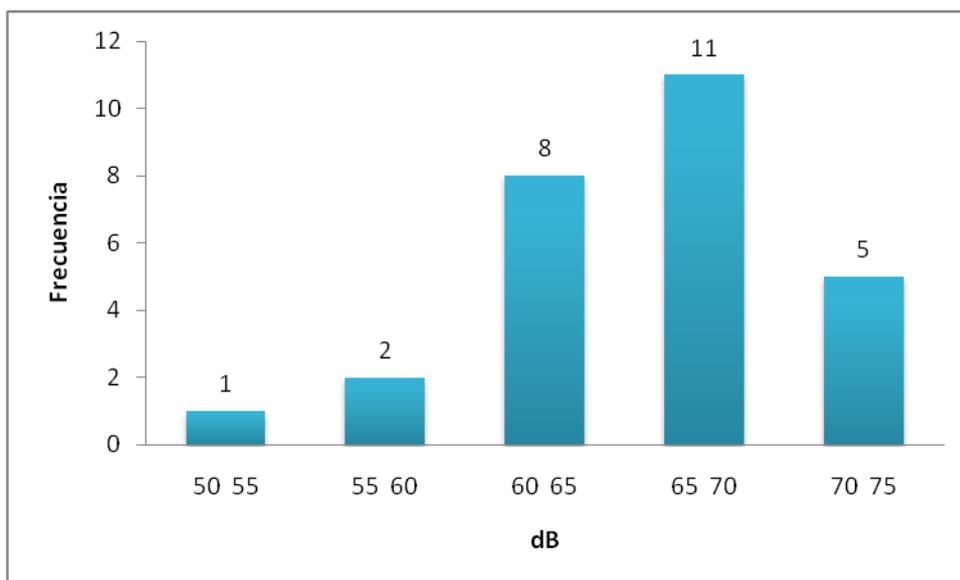


Figura 11. Frecuencia de los niveles de ruido de las calles secundarias, en la hora pico de 12H00-14H00.

Dentro de los cuatro intervalos correspondiente al horario de 16H00-18H00 de las calles secundarias, el rango que presenta mayor frecuencia es el de 65-70 dB con una frecuencia de 13; seguido por el rango 60-65 dB con una frecuencia de 8, de igual manera que en el caso anterior estos son los niveles de presión sonora que mayor representación tienen en este horario de monitoreo; seguido por el rango 55.-60 dB con frecuencias de 5 respectivamente, de la misma manera el rango que posee la frecuencia más baja corresponde a 70-75 dB con la frecuencia de 1 (Figura 12). El nivel promedio de este horario de monitoreo corresponde a los valores de 64.35 dB y el coeficiente de variación 6.51%.

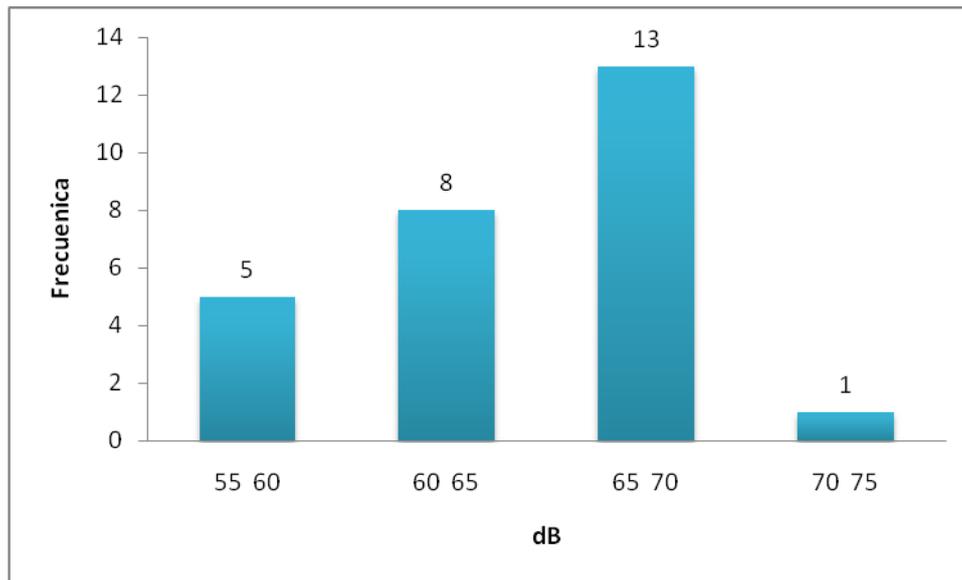


Figura 12. Frecuencia de los niveles de ruido de las calles secundarias, en la hora pico de 16H00 - 18H00.

4.1.2. Mapas de Ruido

Se elaboraron mapas de ruido para los tres horarios de muestreo (horas pico), los mismos que facilitan la interpretación de los niveles de presión sonora.

Los mapas de las calles principales (Figuras 13, 14 y 15), se encuentran coloreados con colores verde, naranja y rojo, cada color represente un rango de nivel de presión sonora producido en los diferentes puntos de monitoreo, de esta forma los lugares con mayor nivel de ruido tienen colores fuertes descendiendo en su tonalidad de acuerdo al nivel de ruido producido, esta escala de valores y colores se las observa en la respectiva leyenda de cada mapa.

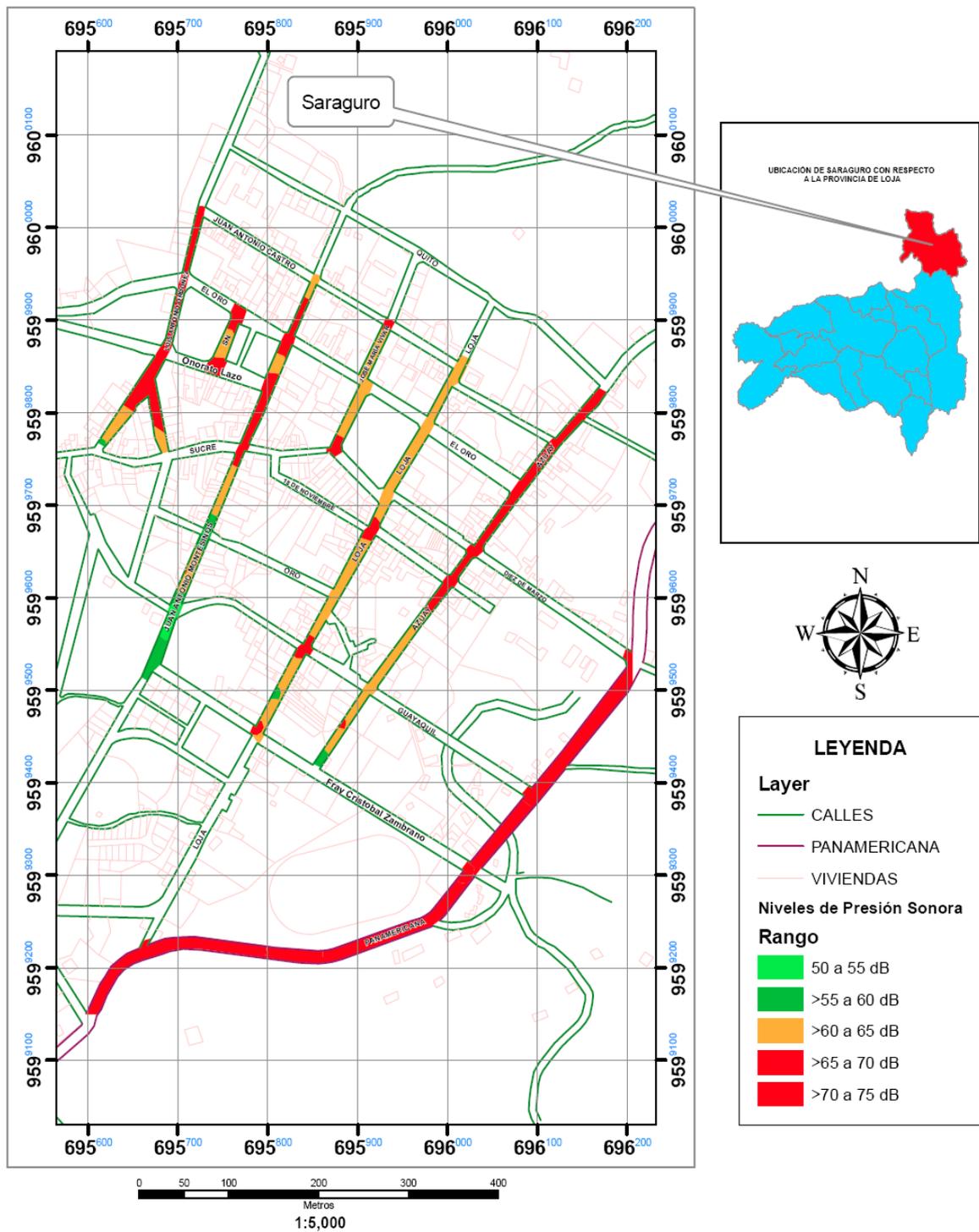


Figura 13. Mapa de niveles de presión sonora de las calles principales de la ciudad de Saraguro en el horario pico de 07H00-09H00

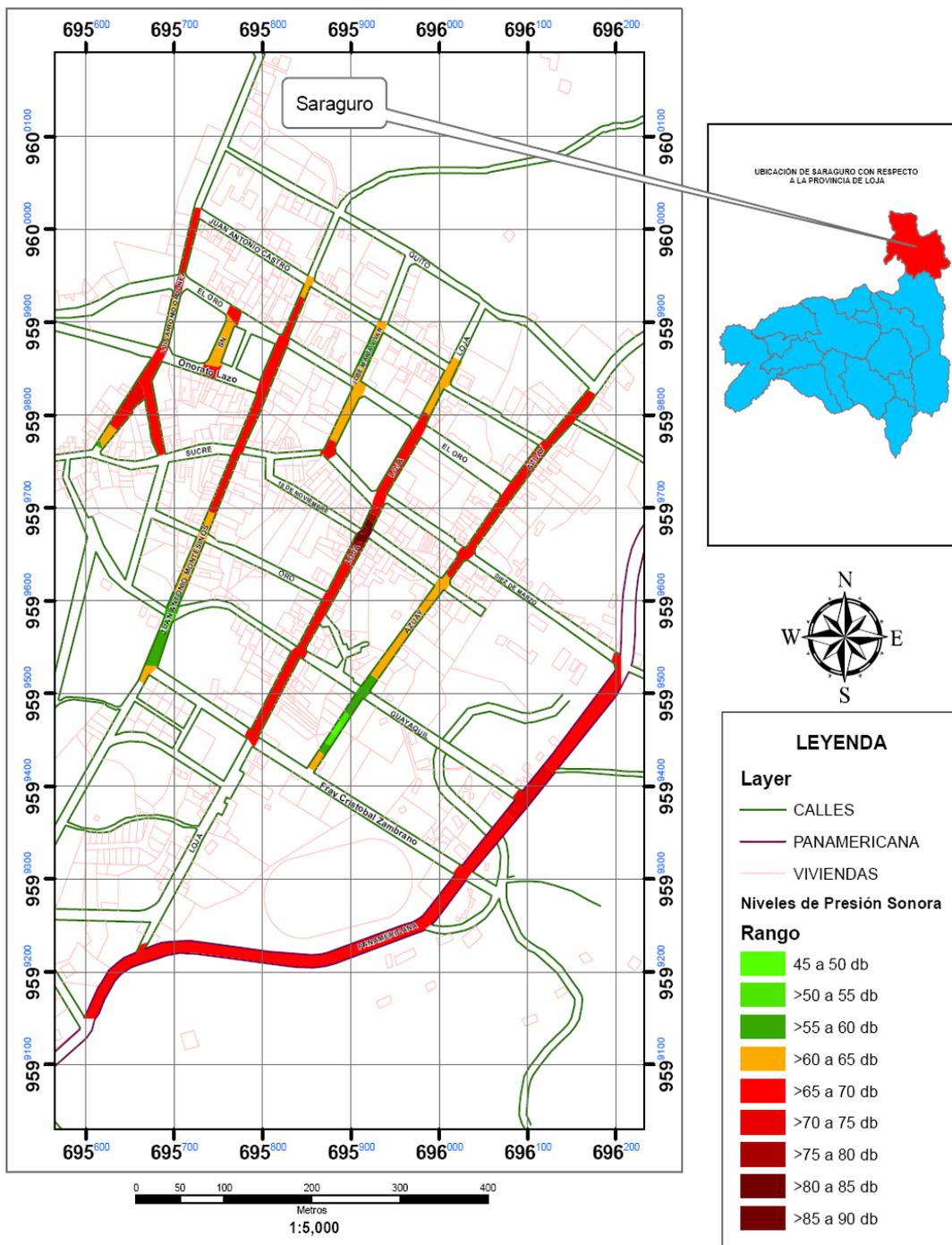


Figura 14. Mapa de niveles de presión sonora de las calles principales de la ciudad de Saraguro en el horario pico de 12H00-14H00

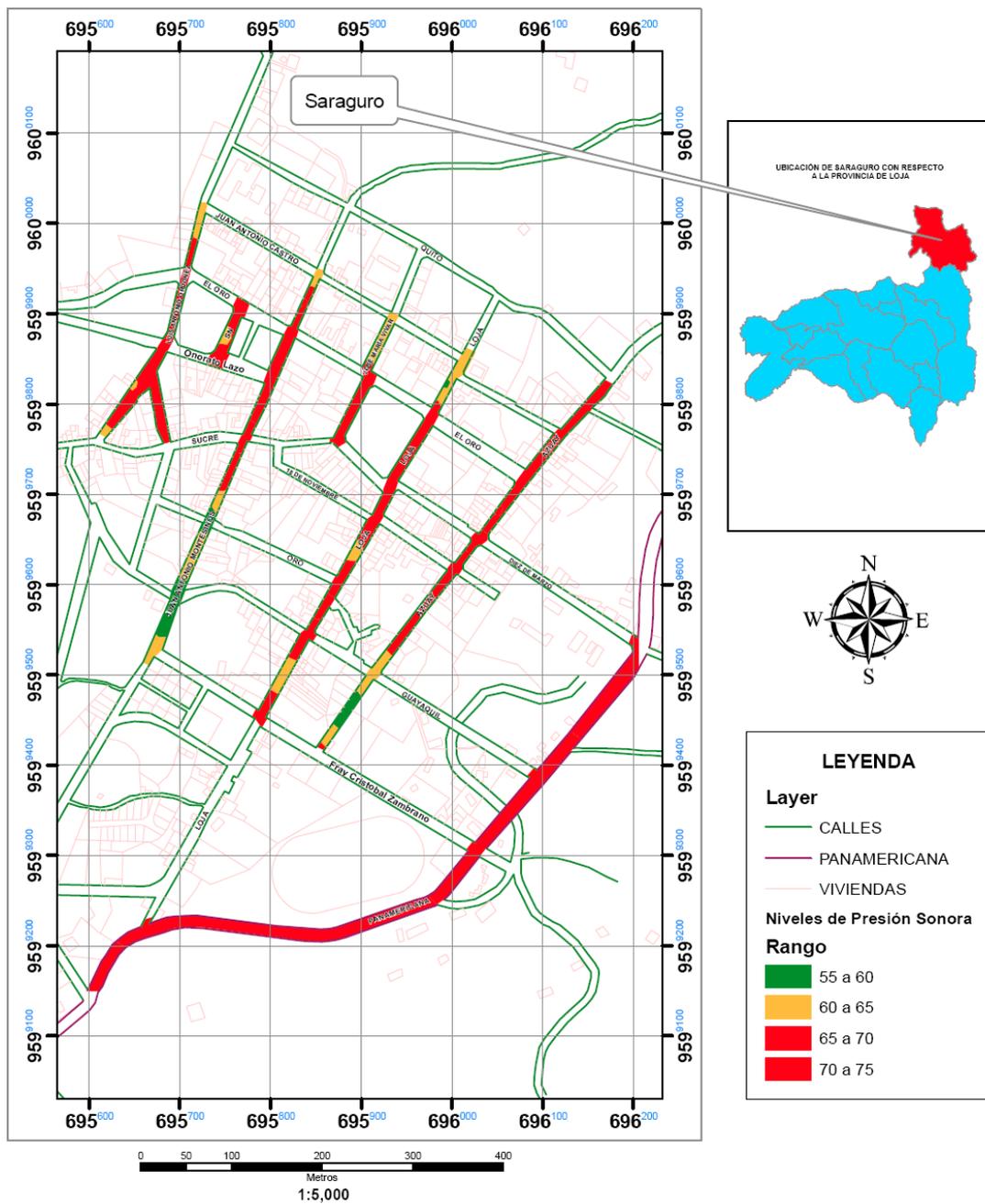


Figura 15. Mapa de niveles de presión sonora de las calles principales de la ciudad de Saraguro en el horario pico de 16H00-18H00

En las Figuras 16, 17 y 18 que corresponden a los mapas de las calles secundarias en los horarios (7H00-9H00:12H00-14H00; 16H00-18H00) se puede observar los lugares con menor y mayor contaminación acústica, representados por los colores verde, naranja y rojo desde una tonalidad claro a oscuro, es decir, para los niveles más altos de contaminación se asigna colores oscuros y para los de menor contaminación colores claros.

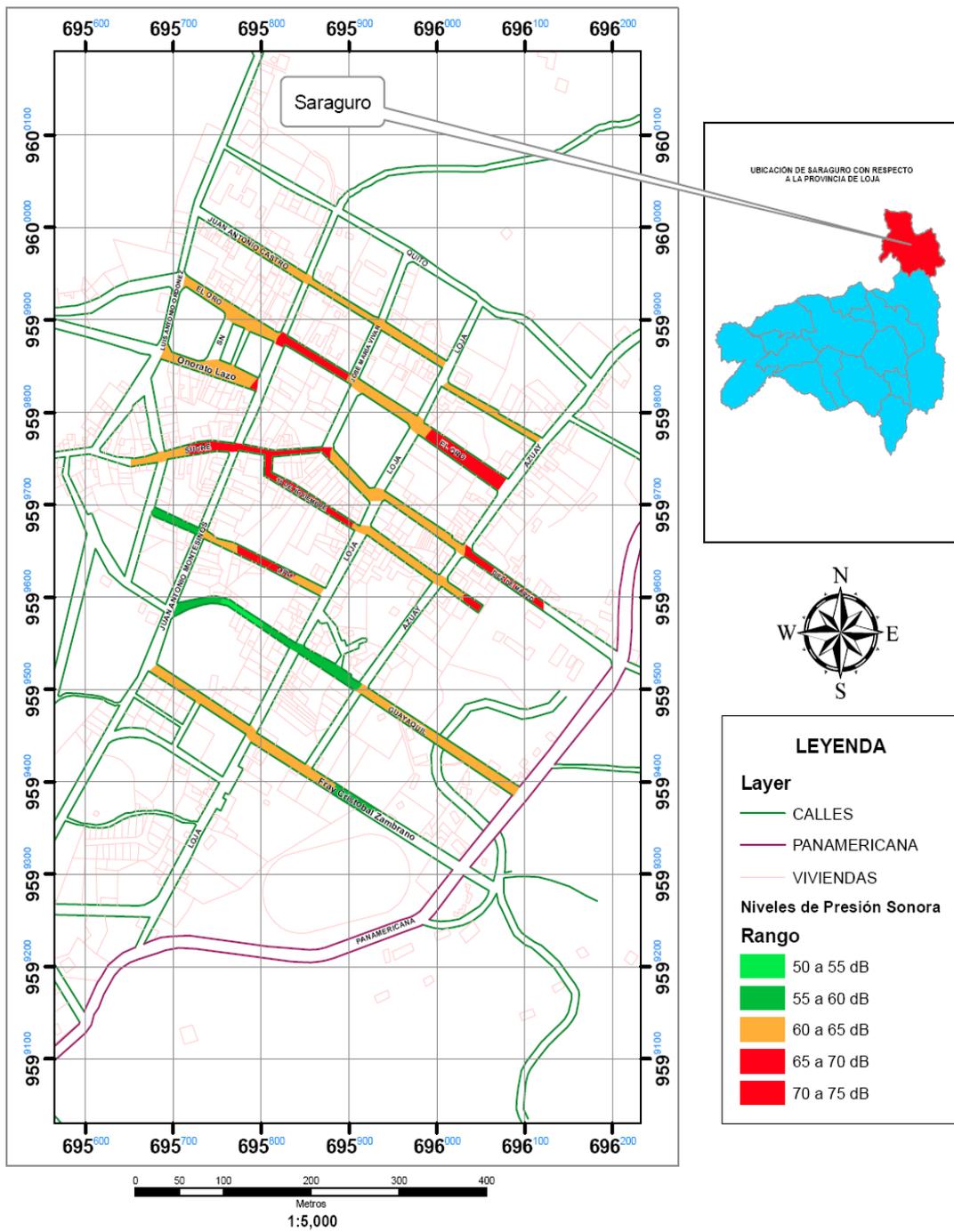


Figura 16. Mapa de niveles de presión sonora de las calles secundarias de la ciudad de Saraguro en el horario pico de 07H00-09H00

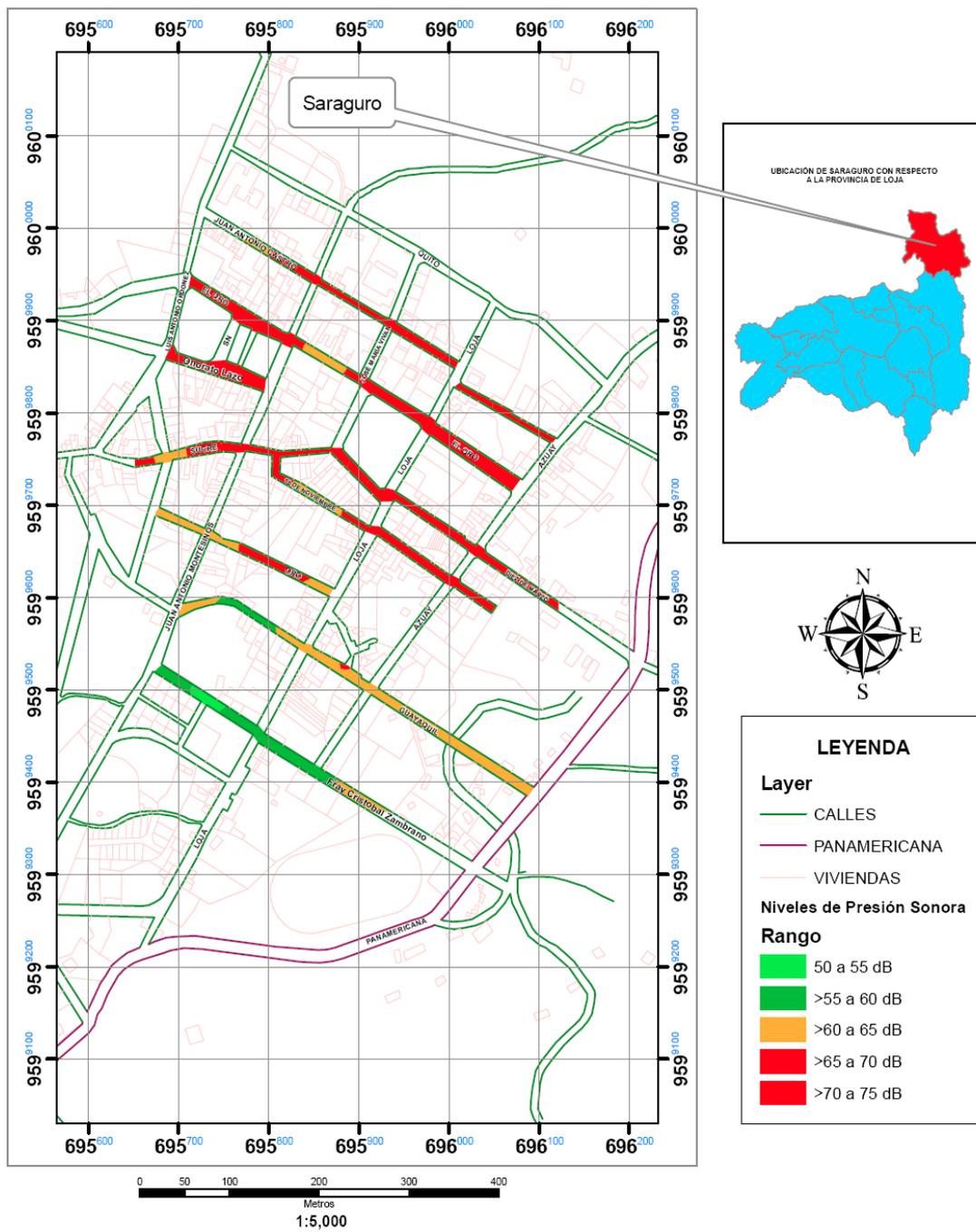


Figura 17. Mapa de niveles de presión sonora de las calles secundarias de la ciudad de Saraguro en el horario pico de 12H00-14H00

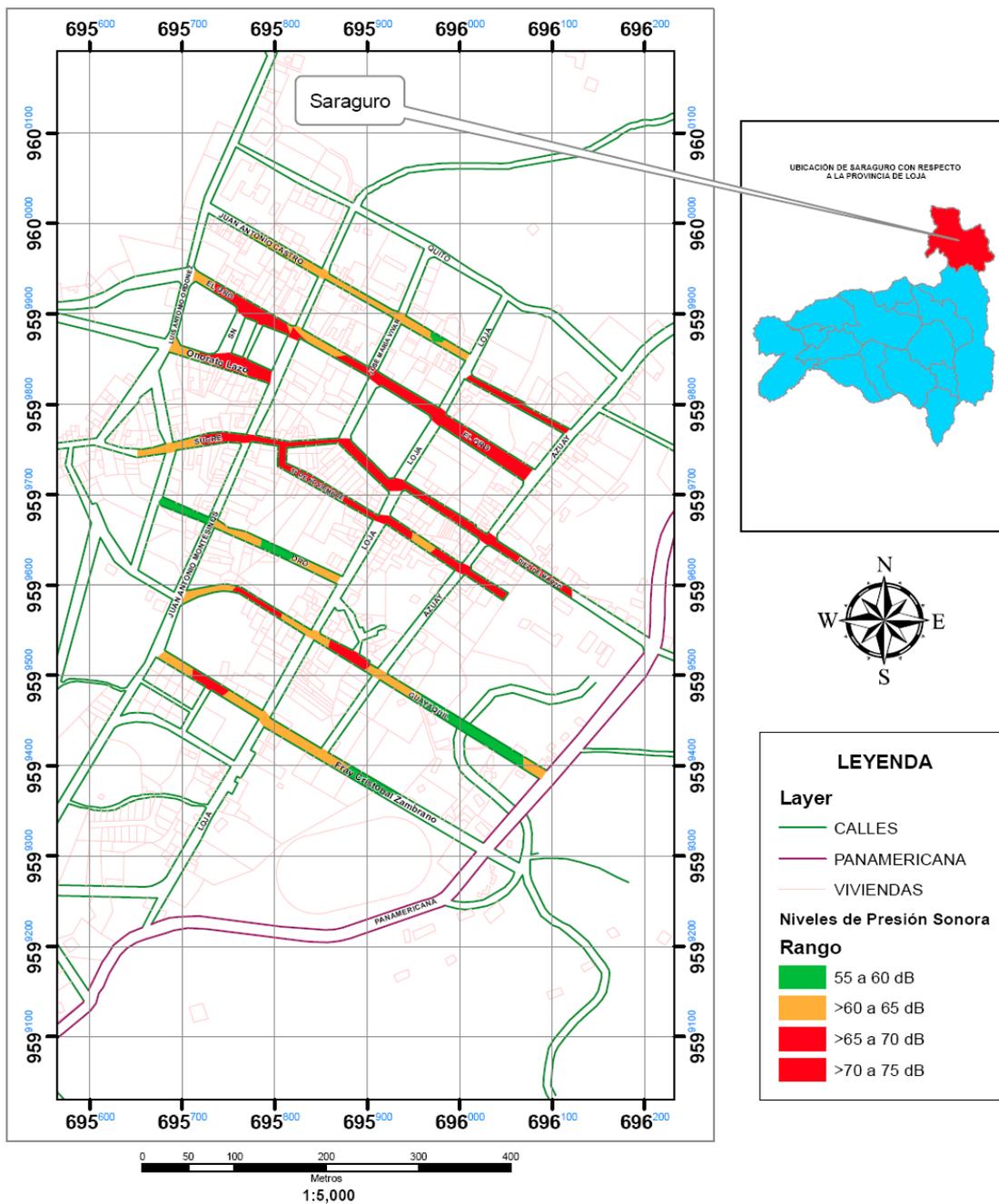


Figura 18. Mapa de niveles de presión sonora de las calles secundarias de la ciudad de Saraguro en el horario pico de 16H00-18H00

4.2. IMPACTOS EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN QUE HABITA EN LA CIUDAD PROVOCADOS POR LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA DEL TRÁNSITO VEHICULAR.

4.2.1. Criterio de las Personas que Habitan en el Área de Estudio de la Ciudad de Saraguro.

De un universo de 424 viviendas del área de estudio, se tomó una muestra de 85 viviendas que corresponde al 20% para realizar la encuesta, de las cuales dieron información que se detalla a continuación en los siguientes cuadros.

Con respecto al género de las personas encuestadas, 39 personas corresponden al género femenino correspondiendo un porcentaje de 45.88%; y 46 personas corresponden al género masculino, dando un porcentaje de 54.12%, (Cuadro 5).

Cuadro 5. Genero de las personas encuestadas del área de estudio, en el mes de junio del 2010

GENERO	NÚMERO	%
FEMENINO	39	45.88
MASCULINO	46	54.12
TOTAL		100.00

Del total de las personas encuestadas, 31 personas corresponde a un rango de 20 a 30 años (Cuadro 6), dando un porcentaje de 36.47%; al rango de 31 a 40 años tiene una frecuencia de 25, obteniendo un porcentaje de 29.41%; en el rango de 41 a 50 años hay una frecuencia de 23, dando un porcentaje de 27.06% y en el rango de 51 a 60 años existe una frecuencia de 6 personas, correspondiéndole un porcentaje de 7.06%.

Cuadro 6. Edad de las personas encuestadas del área de estudio, (Junio del 2010)

EDAD	NÚMERO	%
20-30	31	36.47
31-40	25	29.41
41-50	23	27.06
51-60	6	7.06
TOTAL	85	100.00

Con respecto a la ocupación de las personas encuestadas el 7.06% corresponde a agricultores y comerciantes (Cuadro 7); el 14.12% a conductores; el 15.29 corresponde a empleados públicos; el 12.94% a profesores o educadores; el 7.06% le corresponde a jornalero y artesanos.

Cuadro 7. Ocupación de las personas encuestadas del área de estudio, (Junio del 2010)

OCUPACIÓN	NÚMERO	%
Agricultor	6	7.06
Comerciante	6	7.06
Conductor	12	14.12
Empleado publico	13	15.29
Educador	11	12.94
Jornalero	6	7.06
Artesano	6	7.06
Otros	25	29.41
TOTAL		100.00

El 80% de las personas encuestadas manifiestan que la contaminación acústica causa enfermedades a la salud humana (Cuadro 8) el 12.94% manifiestan que la contaminación acústica causa enfermedades a la salud en parte y, el 7.06% dice que la contaminación acústica no causa enfermedades a la salud.

Cuadro 8. Criterio de las personas encuestadas del área de estudio, con relación si la contaminación acústica causa afecciones a la salud de las personas (Junio del 2010).

CRITERIO	NÚMERO	%
SI	68	80.00
NO	6	7.06
EN PARTE	11	12.94
TOTAL		100.00

Con respecto a las enfermedades que ocasiona la contaminación acústica, existe una diversidad de criterios de los encuestados, el 15.29% de las personas encuestadas manifiesta que le causa dificultades de comunicación (Cuadro 9), el 11.76% dice que le causa estrés y dificultades de comunicación, el 7.06% expresa que le causa estrés y insomnio, el 5.88% pronuncia que les causa dificultades de comunicación, fatiga y insomnio, el 4.71% manifiesta que le causa estrés y el 3.53% manifiestan que le causa estrés y trastornos auditivos.

Cuadro 9. Criterio de las personas encuestadas sobre las posibles enfermedades que ocasionan a la contaminación acústica a la salud (Junio del 2010)

AFECCIONES	NUMERO	%
Estrés	4	4.71
Dificultades de comunicación	13	15.29
Trastornos auditivos	1	1.18
Dolor de cabeza	1	1.18
Fatiga	5	5.88
Estrés y dificultades de comunicación	10	11.76
Estrés y trastornos auditivos	3	3.53
Estrés y dolor de cabeza	1	1.18
Estrés y fatiga	3	3.53
Estrés y insomnio	6	7.06
Dificultades de comunicación y fatiga	3	3.53
Dificultades de comunicación y Trastornos auditivos	3	3.53
Dificultades de comunicación y insomnio	5	5.88
Dolor de cabeza y fatiga	2	2.35
Dolor de cabeza y Trastornos auditivos	1	1.18
Trastornos auditivos y insomnio	1	1.18
Dolor de cabeza y insomnio	1	1.18
Estrés, Dificultades de comunicación y Dolor de cabeza	2	2.35
Estrés, Dificultades de comunicación y Trastornos auditivos	1	1.18

Cuadro 9. Continuación

Estrés, Dolor de cabeza y insomnio	1	1.18
Estrés, Dificultades de comunicación y insomnio	2	2.35
Estrés, Dolor de cabeza, fatiga, nerviosismo, insomnio	1	1.18
Dificultades de comunicación, Dolor de cabeza, fatiga	1	1.18
Dificultades de comunicación, fatiga, nerviosismo	1	1.18
Estrés, Trastornos auditivos y fatiga	1	1.18
Estrés, fatiga, insomnio	1	1.18
Estrés, Dificultades de comunicación, Trastornos auditivos y insomnio	2	2.35
Estrés, Dificultades de comunicación, Trastornos auditivos y fatiga	1	1.18
Estrés, Dificultades de comunicación, Trastornos auditivos, insomnio	1	1.18
Dificultades de comunicación, Trastornos auditivos, Dolor de cabeza e insomnio.	1	1.18
Blanco	6	7.06
TOTAL	85	100.00

En relación a la implementación de medidas que se deben tomar para disminuir la contaminación acústica el 42.35% se manifiesta que debe realizar cursos de educación ambiental promovido por el municipio (Cuadro 10), el 27.06% manifiestan que debe existir una ordenanza para controlar el ruido provocado por el funcionamiento de los vehículos automotores.

Cuadro 10. Opinión de las personas sobre las medidas que se deben tomar, para disminuir la contaminación acústica en el área de estudio (junio del 2010)

MEDIDAS	NÚMERO	%
Sanciones a los infractores	9	10.59
Ordenanzas para regular el ruido provocados por automotores	23	27.06
Cursos de educación ambiental promovido por el municipio	36	42.35
Sanciones a los infractores, Cursos de educación ambiental promovido por el municipio	5	5.88
Ordenanzas para regular el ruido provocados por automotores, Cursos de educación ambiental promovido por el municipio	11	12.94
Cursos de educación ambiental promovido por el municipio y otros	1	1.18
TOTAL	85	100.00

4.3. ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA DE ORDENANZA MUNICIPAL PARA PREVENIR, MITIGAR Y CONTROLAR LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA DERIVADA DEL PARQUE AUTOMOTOR.

Se entiende por propuesta de ordenanza municipal al proceso que se efectúa para prevenir, mitigar y controlar la contaminación acústica, permitiendo regular el desarrollo del centro.

CONSIDERANDO:

Que, la Constitución Política del Ecuador del 2008 en el Artículo 14, reconoce el derecho a la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*;

Que, es deber de los municipios de precautelar la salud y el bienestar de la población que está siendo afectado por la contaminación ambiental producida por la emisión de ruido;

Que, el principal actor público de la gestión del ambiente urbano es el Municipio de Saraguro;

Que, es deber del Municipio de Saraguro velar por el manejo adecuado de los recursos naturales evitando su deterioro, contaminación y destrucción;

Que, el ruido es un contaminante que altera o modifica las características del ambiente perjudicando la salud y el bienestar humano y el estado psicológico de las personas;

Que, es necesario prevenir, evaluar y controlar la emisión de ruidos para evitar las consecuencias adversas que producen.

Se pone a consideración la presente propuesta de ordenanza Municipal.

TÍTULO I. DISPOSICIONES GENERALES.

Artículo 1. Objeto.

La presente propuesta de ordenanza tiene por objeto prevenir, controlar y mitigar la contaminación acústica en sus manifestaciones más representativas, en el ámbito territorial del municipio de Saraguro, para proteger la salud de sus ciudadanos y la calidad ambiental.

Artículo 2. Ámbito de aplicación.

Con carácter general, quedan sometidas a las prescripciones establecidas en esta ordenanza:

Los medios de transporte, públicos o privados, individuales o colectivos, que en su funcionamiento, uso o ejercicio generen ruidos y vibraciones susceptibles de causar molestias a las personas, daños a los bienes, generar riesgos para la salud o bienestar o deteriorar la calidad ambiental.

TÍTULO II. EMISIÓN DE RUIDO DE FUENTES MÓVILES O VEHÍCULOS.

Artículo 3. Condiciones de circulación de vehículos de urgencia.

Los vehículos de los servicios de urgencia, públicos o privados, tales como policía, bomberos, protección civil, ambulancias y servicios médicos, podrán estar dotados de los sistemas de reproducción de sonido y ópticos reglamentarios y autorizados en la correspondiente documentación del mismo. Las sirenas de los vehículos antes citados en ningún caso superarán como nivel máximo (Lmax) los 90 dBA, medidos a una distancia de cinco metros del vehículo que lo tenga instalado en la dirección de máxima emisión sonora, y deberán disponer de un mecanismo de regulación de la intensidad sonora de los dispositivos acústicos que la reduzca a unos niveles comprendidos entre 70 y 90 dBA, medidos a tres metros de distancia y en la

dirección de máxima emisión, durante el período nocturno, cuando circulen por zonas habitadas.

Los conductores de estos vehículos deberán utilizar la señal luminosa aisladamente cuando la omisión de las señales acústicas especiales (sirenas), entrañe peligro alguno para los demás usuarios y especialmente entre las 22.00 horas y las 8.00 horas del día siguiente.

Artículo 4. Medidas preventivas en las infraestructuras del transporte.

En los trabajos de planeamiento urbano deberá contemplarse la incidencia del tráfico en cuanto a ruidos y vibraciones, para que las soluciones y/o planificaciones adoptadas proporcionen el nivel más elevado de calidad de vida. Con el fin de proteger debidamente la calidad ambiental del municipio, se podrán delimitar zonas o vías en las que, de forma permanente o a determinadas horas de la noche, quede prohibida la circulación de alguna clase de vehículos, con posibles restricciones de velocidad. Así mismo, podrán adoptarse cuantas medidas de gestión de tráfico se estimen oportunas.

Artículo 5. Condiciones de circulación de vehículos públicos y privados.

1. Todo vehículo de tracción mecánica deberá tener en buenas condiciones de funcionamiento el motor, transmisión, carrocería y demás elementos capaces de no producir ruidos y vibraciones y, en especial, el dispositivo silenciador de los gases de escape con el fin de que el nivel sonoro emitido por el vehículo al circular o con el motor en marcha no exceda de los límites establecidos.
2. Todos los vehículos de tracción mecánica deberán circular con el correspondiente silenciador, y en perfecto estado de conservación y mantenimiento.
3. No se permitirá, en ningún caso:
 - La circulación con el llamado “escape libre”, así como la circulación de vehículos cuyo silenciador se encuentre incompleto, inadecuado o deteriorado.
 - La incorrecta utilización o conducción de vehículos de tracción mecánica que de lugar a ruidos innecesarios o molestos, en especial, las aceleraciones injustificadas del motor.
 - El uso inmotivado de bocinas o cualquier otra señal acústica dentro del casco urbano.
 - El funcionamiento del equipo de música de los vehículos con volumen elevado y las ventanas, puertas o maleteros abiertos.
 - Estacionar vehículos con el motor en marcha durante la noche, salvo salida inmediata.

Artículo 6. Para efectos de prevenir y controlar la contaminación por la emisión de ruido, ocasionado por motocicletas, automóviles camiones, autobuses, tracto camiones y similares se establecen los siguientes niveles permisibles expresados en dB(A) (Cuadro 11).

Cuadro 11. Niveles máximos permitidos de ruido para vehículos automotores

CATEGORÍA DE VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN	NPS MÁXIMO (dBA)
Motocicletas:	De hasta 200 centímetros cúbicos.	80
	Entre 200 y 500 c. c.	85
	Mayores a 500 c. c.	86
Vehículos:	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor.	80
	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, y peso no mayor a 3,5 toneladas.	81
	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, y peso mayor a 3,5 toneladas.	82
	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, peso mayor a 3,5 toneladas, y potencia de motor mayor a 200 HP.	85
Vehículos de Carga:	Peso máximo hasta 3,5 toneladas	81
	Peso máximo de 3,5 toneladas hasta 12,0 toneladas	86
	Peso máximo mayor a 12,0 toneladas	88

Fuente: Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULAS, 2003).

Las mediciones destinadas a verificar los niveles de presión sonora, arriba indicados, serán realizadas por la entidad ambiental de control o sus concesionarios, y se efectuarán conforme a la siguiente metodología:

- En la medición se utilizará un instrumento decibelímetro o sonómetro, normalizado, previamente calibrado, con filtro de ponderación en A y en respuesta lenta.

- El micrófono se ubicará a una distancia de 1.5 a 2.00 metros del tubo de escape del vehículo, y a una altura de 1.00 a 1.5 metros.
- El micrófono del sonómetro estará orientado hacia la fuente de ruido, y podrá formar un ángulo no mayor a 45 grados con el plano horizontal.
- Encaso de vehículos con descarga vertical de gases de escape, el micrófono se situara a una altura de 1.5 a 2.00 metros, se lo orienta hacia el orificio del escape, y a una distancia mayor a 2.00 metros de la pared más cercana del vehículo.

El incumplimiento de este artículo se sancionará según lo indicado en el Art. 17 de la presente ordenanza.

Artículo 7 . Cuando debido a las características técnicas especiales de los vehículos señalados en el artículo precedente, no sea posible obtener los valores establecidos en el artículo anterior, el responsable de la fuente deberá presentar, ante la entidad ambiental de control, los justificativos técnicos de la emisión de ruido de la misma, dentro de los treinta (30) días calendario posteriores a la detección de la contravención. Dicha entidad señalará los niveles máximos permisibles de emisión de ruido, así como las condiciones particulares de uso u operación a que deberá sujetarse la fuente.

El incumplimiento de este artículo se sancionará según el artículo 17 de la presente ordenanza.

Artículo 8. Cuando por cualquier circunstancia los vehículos automotores a los que se refiere el artículo 5, rebasen los límites máximos permisibles de emisión de ruido, el responsable deberá adoptar, en un tiempo no mayor a treinta (30) días calendario, las medidas necesarias, con el objeto de que el vehículo se ajuste a los niveles establecidos en la presente ordenanza.

El incumplimiento de este artículo, se sancionara según lo indicado en el Art. 17 de la presente ordenanza.

Artículo 9. Queda prohibido realizar actividades de competencia automovilística en calles o predios sin protección acústica adecuada, y en lugares donde puedan causarse daños ecológicos, a la salud y a la propiedad privada; así mismo, queda prohibido la circulación de vehículos de competencia que no dispongan de protección acústica suficiente en zonas urbanas.

El incumplimiento de este artículo, se sancionara según lo indicado en el Art. 17 de la presente ordenanza.

Artículo 10. Queda prohibido en áreas habitacionales la circulación de vehículos con escape abierto y de los automotores que produzcan ruido por el arastre de piezas metálicas o por la carga que transporten.

El incumplimiento de este artículo se sancionará según lo indicado en el Art. 17 de la presente ordenanza.

TÍTULO III. MEDIDAS DE ORIENTACIÓN Y EDUCACIÓN.

Artículo 11. La Dirección de Medio Ambiente del Municipio, en coordinación con instituciones relacionados a la gestión ambiental, promoverá la elaboración de normas oficiales que contemplen los aspectos básicos de la contaminación ambiental originada por la emisión de ruido.

Artículo 12. La Dirección de Medio Ambiente, conjuntamente con autoridades auxiliares ambientales, elaborarán y ejecutarán los programas, campañas y otras actividades tendientes a difundir el contenido de esta ordenanza; y en general a la educación, orientación y difusión del problema de la contaminación originada por la emisión de ruido, sus consecuencias, y los medios para prevenirla, mitigar y controlar.

Artículo 13. La Dirección de Medio Ambiente promoverá ante las instituciones de educación superior del país, la realización de investigación científica y tecnológica sobre la contaminación originada por la emisión de

ruido y formas de combatirla, así como la inclusión del tema dentro de sus programas de estudio, prácticas y seminarios. Promovera tambien la difusión de las recomendaciones técnicas y científicas para la prevención, disminución y control de la contaminación ambiental para la emisión de ruido, en tesis, gacetas y revistas.

TÍTULO IV. VIGILANCIA E INSPECCIÓN

Artículo 14. La vigilancia del cumplimiento de las disposiciones de la presente ordenanza, estará a cargo de la Dirección de Medio Ambiente y de la Comisaria Nacional.

Artículo 15. En caso de presunción de una infracción a lo dispuesto en el Art. 6 de la presente ordenanza, la autoridad de tránsito competente detendrá momentáneamente el vehículo y procederá a efectuar de control de las emisiones de ruido producido por el mismo, de acuerdo con la norma correspondiente.

Artículo 16. La autoridad ambiental de control que practique la medición a que se refiere el artículo anterior, previa identificación, deberá levantar el acta correspondiente debidamente motivada y fundamentada, en la que se detallen los hechos que constituyan la violación a los preceptos señalados en esta ordenanza.

TÍTULO V. SANCIONES

Artículo 17. Las infracciones a lo dispuesto en los artículos 6, 7, 8, 9, 10 se sancionarán con multa de 0.40 a 2 RBUM (remuneración básica unificada mínima).

VII. DEFINICIONES

Para el propósito de esta ordenanza se consideran las definiciones establecidas en el Reglamento a la Ley de Prevención y Control de la Contaminación, y las que a continuación se indican:

Decibel (dB)

Unidad adimensional utilizada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. El decibel es utilizado para describir niveles de presión, de potencia o de intensidad sonora.

Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (NPSeq)

Es aquel nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A [dB(A)], que en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total que el ruido medido.

Receptor

Persona o personas afectadas por el ruido.

Respuesta lenta

Es la respuesta del instrumento de medición que evalúa la energía media en un intervalo de un segundo. Cuando el instrumento mide el nivel de presión sonora con respuesta lenta, dicho nivel se denomina NPS Lento. Si además se emplea el filtro de ponderación A, el nivel obtenido se expresa en dB(A) Lento.

Vibración

Una oscilación en que la cantidad es un parámetro que define el movimiento de un sistema mecánico, y la cual puede ser el desplazamiento, la velocidad y la aceleración.

5. DISCUSIÓN

Al revisar el análisis de los resultados de la presente investigación se obtiene las siguientes discusiones.

Tanto en las calles principales y secundarias los niveles de presión sonora excede los límites permisibles establecidos en la norma ecuatoriana en ciertas calles de mayor circulación vehicular.

De lo cual se deduce que la ciudad de Saraguro se encuentra afectada por la contaminación acústica, generado por el funcionamiento de los vehículos automotores.

Los altos niveles de presión sonora, se debe al tráfico vehicular, especialmente por el funcionamiento de los vehículos pesados y motos de carrera que circulan a grandes velocidades en las calles de de la ciudad. A demás el ruido vehicular está determinada por el uso excesivo del claxon (pito), especialmente en horas de mayor congestionamiento vehicular, el tipo de vehículo, la alteración del sistema de escape de los vehículos automotores, el incremento permanente de vehículos automotores, otro factor importante es el estado y la pendiente de las calles y la velocidad de circulación. Resultado que se constata con el estudio de Iñiguez y Aguirre en el cual manifiesta los siguiente; el ruido

del tráfico vehicular está determinada por el uso y inadecuado del claxon especialmente en determinadas horas de congestionamiento significativos de la ciudad de Loja, debido al elevado número de vehículos del parque automotor, al tipo de vehículos (pesados, livianos); a la pendiente de las calles y avenidas; y a la velocidad de los mismos.

En el área de estudio, el mayor nivel de presión sonora corresponde al valor (85.97 dB), mismo que se registro en la calle Loja y 18 de Noviembre, situación que se atribuye especialmente al mal estado y pendiente de la calzada, además en los días de monitoreo se realizaban actividades de mantenimiento con el equipo caminero a la calle, y la cantidad de motos que circulan por la mencionada calle, el valor más bajo de presión sonora corresponde a la calle Azuay, entre la Fray Cristóbal Zambrano y Guayaquil con un valor de (49.08 dB), razón que se debe a la baja circulación de vehículos, por ser un área que no es muy poblado.

En consideración a los coeficientes de variación de los niveles de presión sonora en los tres horarios de estudio, tanto para las calles primarias y secundarias van de 6.31 a 8.09 se establece que desde el punto de vista estadístico no hay una mayor variación, pero cuando hay un aumento de 3 dB según Dixon Ward; von Gierke, citados por Harris (1995), mencionan que al aumentar un decibel en el nivel sonoro con ponderación A, al que las personas estén expuestas diariamente es equivalente a duplicar la duración de exposición al ruido o la energía.

Al observar los mapas, se determina fácilmente los sectores donde existen niveles altos y bajos de contaminación acústica, de esta forma se ratifica que la Panamericana presenta valores altos de contaminación correspondiéndole los valores de 65-75 dB, situación que se atribuye debido a la circulación de vehículos pesados como tracto camiones, camiones, buses, autos y motos; otro factor que permite tener niveles altos de presión sonora es la pendiente de la vía y el tipo de calzada, además en la calle Azuay entre la Quito y la 18 de noviembre se registraron valores de 65 a 70 dB, las razones son las siguientes: por la ubicación de las oficinas de las compañías de transporte interprovincial (Viajeros, Loja, Santa, Unión Cariamanga y San Luis) dentro de esta calle, por el ingreso de camiones al centro de la ciudad y la circulación de motos a grandes velocidades.

En el mapa que corresponde al horario de 12H00-14H00 se puede apreciar fácilmente que existe una similitud con el mapa del horario anterior con respecto a la Panamericana y la calle Azuay además se ratifica que la calle Loja es la más afectada presentando valores de 65-90 dB, las razones que permiten tener valores críticos de contaminación en esta calle es debido al mantenimiento de la calle que realizaba el equipo caminero, y la calle Azuay ubicada; entre la Fray Cristóbal Zambrano y la Guayaquil es la menos afectada con valores de 45-60 dB, por ser un área aun no muy poblada, existe una baja circulación de vehículos. La calle

Juan Antonio Montesinos también presenta valores que van de 65-70 dB, las razones de la presencia de estos valores es debido a la circulación de vehículos pesados y la pendiente de las calles.

En el mapa que corresponde al horario de 16H00-18H00 de igual manera se observa una similitud a los casos anteriores, presentando valores críticos de contaminación como la Panamericana, la calle Azuay, la calle Loja, La calle Juan Antonio Montesinos y la calle Luis Antonio Ordoñez.

Con respecto a los mapas de las calles secundarias, las calles que presentan valores críticos de contaminación acústica son: La calle El Oro, La Sucre, la 18 de Noviembre y Juan Antonio Castro con valores de 65-75 dB, con respecto a las demás calles presenta valores de 50-65 dB debido a la baja circulación de vehículos, por ser manzanas aun no muy poblados y con pendientes no muy pronunciadas.

Por otro lado el 68.8 % de las personas encuestadas manifiestan que la contaminación acústica provoca afecciones a la salud; el 11.76% se manifiestan que le provoca estrés y dificultades de comunicación; dato que se corrobora con el estudio de Salinas y Vicente (2010) ellos manifiestan que la contaminación acústica provoca estrés, molestias al oído, pérdida de la audición, depresión, fatiga, insomnio; el 15.29% se ha manifestado que posee dificultades de comunicación, el 7.06% manifiesta que la contaminación acústica provoca estrés e insomnio. De acuerdo

con la Agencia de Protección Ambiental EPA, existe riesgo de interferencia con el sueño a partir de un nivel de presión sonora continuo equivalente nocturno de 50 dBA (Quezada, 2002).

Además la EPA de los EEUU, establece límites peligrosos a partir de un nivel continuo equivalente de 24 horas, con valores superiores a 70 dBA. En cuanto a las medidas a tomarse para controlar la contaminación acústica el 42.35%, manifiesta que se deben realizar cursos de educación ambiental promovidos por los municipios con todos los actores y el 27.06% se manifiesta que debe existir una ordenanza para controlar el ruido vehicular.

6. CONCLUSIONES

Al finalizar la presente investigación se establece las siguientes conclusiones:

- Los altos niveles de ruido generados por el tráfico vehicular se registró en la Panamericana y las calles: Azuay, la calle Loja entre la Diez de marzo y 18 de noviembre, los cuales ocasionan molestias a los habitantes de la ciudad.
- La mayoría de los niveles de presión sonora en las calles principales y secundarias del sector de estudio, se encuentran excediendo los límites permisibles establecidos en la norma ecuatoriana.
- Algunos aspectos que influyen directamente en el incremento del ruido son: el mal estado de vías, las pendientes pronunciadas, poca señalización y alteración de los sistemas de escape de los vehículos.
- Las afecciones que más ocasiona la contaminación acústica a los habitantes de la ciudad de Saraguro es la dificultad de comunicación y estrés.

- La falta de conciencia ambiental en la ciudadanía, se transforma en un aspecto importante en la generación de ruido, ya que los conductores de vehículos principalmente públicos y motos, utilizan indebidamente el claxon resonadores causando molestias a las personas e incrementan considerablemente los niveles de ruido.

- La contaminación por ruido a diferencia de otros aspectos que ocasionan alteraciones al aire, es de limitada prevención y control, debido a la falta de información sobre el tema y poco interés por parte de las autoridades vigentes.

7. RECOMENDACIONES

Con la finalidad de disminuir la contaminación acústica ocasionada por el parque automotor de la ciudad de Saraguro se ponen a consideración las siguientes recomendaciones.

- Que el Gobierno Local del cantón Saraguro a través del Departamento de Medio Ambiente debe realizar una propuesta de educación ambiental en coordinación con la Policía Nacional y todos los actores involucrados en el tema. Dirigido a toda la ciudadanía, con la finalidad de evitar la contaminación acústica.

- Que la Policía Nacional en coordinación con el gobierno local realice operativos con la finalidad de controlar la circulación de vehículos que ya hayan alterado los sistemas de escape, y estén conducidos por menores de edad, en estado etílico, que lo hacen sin ninguna conciencia ambiental.

- Que el Gobierno Local del cantón Saraguro a través del Departamento competente, pida la reubicación de las oficinas de los medios de transporte de pasajeros interprovincial, con la finalidad de que no accedan al centro de la ciudad.

- Que el Gobierno Local del cantón Saraguro a través de la máxima Autoridad, solicite a la Policía de Tránsito para que hagan una

señalización de las calles e instalen semáforos y dispositivos que permitan controlar un fluido normal de los vehículos.

- Profundizar los estudios del ruido que no tomen en consideración solo los niveles de presión sonora, sino que abarquen también las frecuencias sonoras con la finalidad de obtener más datos referentes a la contaminación acústica.

8. BIBLIOGRAFIA.

ALONSO, A. 2003. *Contaminación acústica y salud*. Universidad Rey Juan Carlos. Facultad de Sociología. Instituto Universitario de Ciencias Ambientales (UCM).

BRÜEL ; KJAER. 1997. *Sound & Vibration*.

BUSTAMANTE, R; RUILOVA, A. 2010. *Contaminación Acústica Derivada del Parque Automotor en el Sector Norte de la Ciudad de Loja*. Tesis Ing. Amb. Loja, Ec, Universidad Nacional de Loja, Carrera Ingeniería Ambiental.

CHUNCHO, G. 2006. *Estudio de la contaminación acústica derivada del funcionamiento del parque automotor en las calles de mayor tránsito de la ciudad de Loja*. Tesis Mag. Sc, UNP. Loja, Ec.

COLLADOS, E. 1995. *Contaminación Acústica y Desarrollo Urbano, Seminario Taller Contaminación Acústica y Control de Ruido Urbano: Desafíos y Perspectivas*. USACH.

FLORES, M. 2002. *Estudio del Ruido Generado por la Operación del Transporte Carretero*. Veracruz, Mex. p. 46-47

GARCÍA, M. 2000. *Estudio de los Efectos del Ruido Ambiental sobre la Salud en Medios Urbanos y Laborales*. Ed. Generalitat Valenciana. Consejería de Sanidad. Valencia, Esp.

HARRIS, C. 1995. *Manual de medidas acústicas y control del ruido*. Madrid, Esp., .McGraw-Hill. p. 1.2 - 1.32; 3.2 - 3.5; 5.14; 11.7- 11.8.

HERNÁNDEZ, R.; QUIZHPE, M. 2007. *El Ruido ehicular como causa de trastornos psicosomáticos en los habitantes del centro de la ciudad de Loja*. Tesis Ing. Amb. Loja, Ec, Universidad Nacional de Loja, Carrera Ingeniería Ambiental.

AGUIRRE, F; IÑIGUEZ, P. 2010. *Estudio de la Contaminación Acústica Derivada del Parque Automotor en la Zona Sur-Oriente de la Ciudad de Loja*. Tesis Ing. Amb. Loja, Ec, Universidad Nacional de Loja, Carrera Ingeniería Ambiental.

KIELY, G. 1 999. *Ingeniería Ambiental*. Madrid, Esp. McGRAW-HILL. Vol 2. p. 528.

PERIS, S. 2008. *El ruido del tráfico amenaza las aves*. Salamanca Esp.

QUEZADA, R. 2002. *El Ruido en la Planificación Territorial Comuna de Providencia. Tesis. Ing. Acustica.* Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile, Escuela de Ingeniería Acústica

RUILOVA, A.; BUSTAMANTE, R. 2010. *Contaminación acústica derivada del parque automotor en el sector norte de la ciudad de Loja.* Tesis Ing. Amb. Loja, Ec, Universidad Nacional de Loja, Carrera Ingeniería Ambiental.

TABOADA, D. 2007. *Efectos del ruido sobre la salud.* Valencia, Esp.

Texto Unificado de Legislación Ambiental. 2003

Revista Tecnoambiente. Número 53. Septiembre (1995). Ed. Tiasa. Tecnoambiente. Madrid, Esp. Pag. 53

SALINAS, P; VICENTE, D. 2010. *Estudio de la Contaminación Acústica Producida por el Parque Automotor en la Zona Occidental de la Ciudad de Loja.* Tesis Ing. Amb. Loja, Ec, Universidad Nacional de Loja, Carrera Ingeniería Ambiental.

El ruido una amenaza para la aves. (en línea). Disponible en <http://www.dicyt.com/noticias/el-ruido-del-traffic-amenaza-al-15-de-las-aves-de-la-provincia-de-salamanca>.

Disponible en http://www.wikipedia.org/wiki/Ruido_rosa.

Disponible en http://www.conam.gob.pe/educamb/cont_ruido.

Disponible en <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/~acustica/comite/queesrui.htm>.

Disponible en http://www.jatari.org/?page_id=35

Disponible en http://www.ruidos.org/Referencias/Guia_OMS.html

Disponible en http://www.ruidos.org/Referencias/Ruido_efectos.html

Disponible en <http://www.waste.ideal.es/acustica.htm>

Disponible en http://www.obrasocial.lacaixa.es/StaticFiles/StaticFiles/48ff438045dcf010VgnVCM1000000e8cf10aRCRD/es/es12_c2_esp.pdf

V Congreso Ibérico de Acústica, 2008. Simposio Europeo de Acústica (disponible en http://www.cpaudio.com/pcpfiles/doc_altavoces/ondas_sonoras/ondas_sonoras.html).

9. ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario de entrevistas para los habitantes que se encuentran dentro del área de estudio, de la ciudad de Saraguro



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES
RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL
MEDIO AMBIENTE

Para su conocimiento en nuestra ciudad se viene ejecutando el proyecto de tesis titulada “Contaminación Acústica Derivada del Parque Automotor”; por esta razón de la manera más comedida solicito que se digne responder el siguiente cuestionario, que nos permitirá avanzar el trabajo investigativo.

1) Genero.

Femenino ()

Masculino. ()

2) Edad.

..... años

3) Ocupación

• Agricultor () Educador ()

- Comerciante () Jornalero ()
- Conductor de vehículo () Artesano ()
- Empleado público () Otros

.....

4) **¿Cree usted qué el funcionamiento de los vehículos automotores afecta a la salud?**

Si () No () En parte ()

5) **Si su respuesta anterior es positiva, de las siguientes afecciones ¿cuál afecta a su salud?**

- | | |
|----------------------------------|-------------------|
| Estrés () | Fatiga () |
| Dificultades de comunicación () | Irritabilidad () |
| Trastornos auditivos() | nerviosismo () |
| Dolor de cabeza() | insomnio () |

6) **Qué alternativas recomendaría para controlar el ruido provocado por el funcionamiento de los vehículos automotores.**

- Sanciones a los infractores ()
- Ordenanzas para regular el ruido provocados por automotores ()
- Curso de educación ambiental promovido por el municipio ()
- Otros

.....

.....

Gracias por su colaboración

Anexo 2. Formato para el registro de las mediciones.

Cuadro 12. Registro de Niveles de Presión Sonora en Horas Pico de las Calles Principales y Secundarias.

Nº	Calles Principales y Secundarias	Horario											
		7:30 - 9:30				11:30 - 13:30				17:30 - 19:30			
		Leq	Tipo de Vehículo			Leq	Tipo de Vehículo			Leq	Tipo de Vehículo		
			A	B	C		A	B	C		A	B	C

Código **A**=Vehículos pesados y Buses; **B**=Vehículos livianos y **C**=Motocicletas

Fuente. (Hernández; Quishpe, 2007)

Cuadro 13. Riesgo Potencial de Interferencia con el Sueño

Intervalos	Riesgo Potencial de Interferencia con el Sueño
$Leq_n \leq 50 \text{ dB(A)}$	Nulo
$50 \text{ dB(A)} < Leq_n \leq 60 \text{ dB(A)}$	Leve
$60 \text{ dB(A)} < Leq_n \leq 70 \text{ dB(A)}$	Medio
$Leq_n > 70 \text{ dB(A)}$	Alto

Fuente. Quezada, 2007

Anexo 3. Análisis estadístico de los datos obtenidos en el monitoreo de ruido en la ciudad de Saraguro

Cuadro 14. Cálculo de promedio, varianza y coeficiente de variación de los niveles de presión sonora, generado por el parque automotor en las calles principales de la ciudad de Saraguro, en el horario de 07H00-09H00

Rango	Xj	Fj	Fj x Xj	x	Xj - x	(Xj - x) ²	(Xj - x) ² x Fj
50 55	52.5	1.00	52.50	65.50	-13.00	169.00	169.00
55 60	57.5	4.00	230.00	65.50	-8.00	64.00	256.00
60 65	62.5	17.00	1062.50	65.50	-3.00	9.00	153.00
65 70	67.5	27.00	1822.50	65.50	2.00	4.00	108.00
70 75	72.5	6.00	435.00	65.50	7.00	49.00	294.00
Total		55.00	3602.50				980.00

Media (**x**) = 65.50

Varianza (**S²**) = 18.14

Desviación estándar (**S**) = 4.26

Coeficiente de variación (**CV**) = 6.50

Cuadro 15. Cálculo de promedio, varianza y coeficiente de variación de los niveles de presión sonora, generado por el parque automotor en las calles principales de la ciudad de Saraguro, en el horario de 12H00-14H00

Rango	Xj	Fj	Fj x Xj	x	Xj - x	(Xj - x) ²	(Xj - x) ² x Fj
45 50	47.5	1	47.5	65.69	-18.19	330.8761	330.8761
50 55	52.5	1.00	52.5	65.69	-13.19	173.9761	173.9761
55 60	57.5	3.00	172.5	65.69	-8.19	67.0761	201.2283
60 65	62.5	13.00	812.5	65.69	-3.19	10.1761	132.2893
65 70	67.5	34.00	2295	65.69	1.81	3.2761	111.3874
70 75	72.5	2.00	145	65.69	6.81	46.3761	92.7522
75 80	77.5	0.00	0	65.69	11.81	139.4761	0
80 85	82.5	0.00	0	65.69	16.81	282.5761	0
85 90	87.7	1.00	87.7	65.69	22.01	484.4401	484.4401
Total		55.00	3612.70				1526.95

Media (**x**) = 65.69

Varianza (**S²**) = 28.27

Desviación estándar (**S**) = 5.32

Coeficiente de variación (**CV**) = 8.09

Cuadro 16. Cálculo de promedio, varianza y coeficiente de variación de los niveles de presión sonora, generado por el parque automotor en las calles principales de la ciudad de Saraguro, en el horario de 16H00-18H00

Rango	Xj	Fj	Fj x Xj	x	Xj - x	(Xj - x) ²	(Xj - x) ² x Fj
55 60	57.5	4.00	230.00	66.59	-9.09	82.63	330.51
60 65	62.5	13.00	812.50	66.59	-4.09	16.73	217.47
65 70	67.5	27.00	1822.50	66.59	0.91	0.83	22.36
70 75	72.5	11.00	797.50	66.59	5.91	34.93	384.21
Total		55.00	3662.50	66.59			954.55

Media (**x**) = 66.59

Varianza (**S²**) = 17.67

Desviación estándar (**S**) = 4.20

Coeficiente de variación (**CV**) = 6.31

Cuadro 17. Cálculo de promedio, varianza y coeficiente de variación de los niveles de presión sonora, generado por el parque automotor en las calles secundarias de la ciudad de Saraguro, en el horario de 07H00-09H00

Rango	Xj	Fj	Fj x Xj	x	Xj - x	(Xj - x) ²	(Xj - x) ² x Fj
50 55	52.5	1.00	52.50	63.24	-10.74	115.35	115.35
55 60	57.5	3.00	172.50	63.24	-5.74	32.95	98.84
60 65	62.5	15.00	937.50	63.24	-0.74	0.55	8.21
65 70	67.5	7.00	472.50	63.24	4.26	18.15	127.03
70 75	72.5	1.00	72.50	63.24	9.26	85.75	85.75
Total		27.00	1707.50				435.19

Media (x) = 63.24

Varianza (S²) = 16.73

Desviación estándar (S) = 4.09

Coeficiente de variación (CV) = 6.46

Cuadro 18. Cálculo de promedio, varianza y coeficiente de variación de los niveles de presión sonora, generado por el parque automotor en las calles secundarias de la ciudad de Saraguro, en el horario de 12H00-14H00

Rango	Xj	Fj	Fj x Xj	x	Xj - x	(Xj - x) ²	(Xj - x) ² x Fj
50 55	52.5	1.00	52.50	65.65	-13.15	172.92	172.92
55 60	57.5	2.00	115.00	65.65	-8.15	66.42	132.85
60 65	62.5	8.00	500.00	65.65	-3.15	9.92	79.38
65 70	67.5	11.00	742.50	65.65	1.85	3.42	37.65
70 75	72.5	5.00	362.50	65.65	6.85	46.92	234.61
Total		27.00	1772.50				657.41

Media (**x**) = 65.65

Varianza (**S²**) = 25.28

Desviación estándar (**S**) = 5.03

Coeficiente de variación (**CV**) = 7.65

Cuadro 19. Cálculo de promedio, varianza y coeficiente de variación de los niveles de presión sonora, generado por el parque automotor en las calles secundarias de la ciudad de Saraguro, en el horario de 16H00-18H00

Rango	Xj	Fj	Fj x Xj		Xj - x	(Xj - x) ²	(Xj - x) ² x Fj
55 60	57.5	5	287.50	64.35	-6.85	46.92	234.61
60 65	62.5	8	500.00	64.35	-1.85	3.42	27.38
65 70	67.5	13	877.50	64.35	3.15	9.92	128.99
70 75	72.5	1	72.50	64.35	8.15	66.42	66.42
Total		27	1737.50				457.41

Media (**x**) = 64.35

Varianza (**S²**) = 17.59

Desviación estándar (**S**) = 4.19

Coeficiente de variación (**CV**) = 6.51

Anexo 4.

Grafico de los cuestionarios aplicados a los habitantes del área de estudio de la ciudad de Saraguro

Figura 19. Género de las personas encuestadas de la ciudad de Saraguro

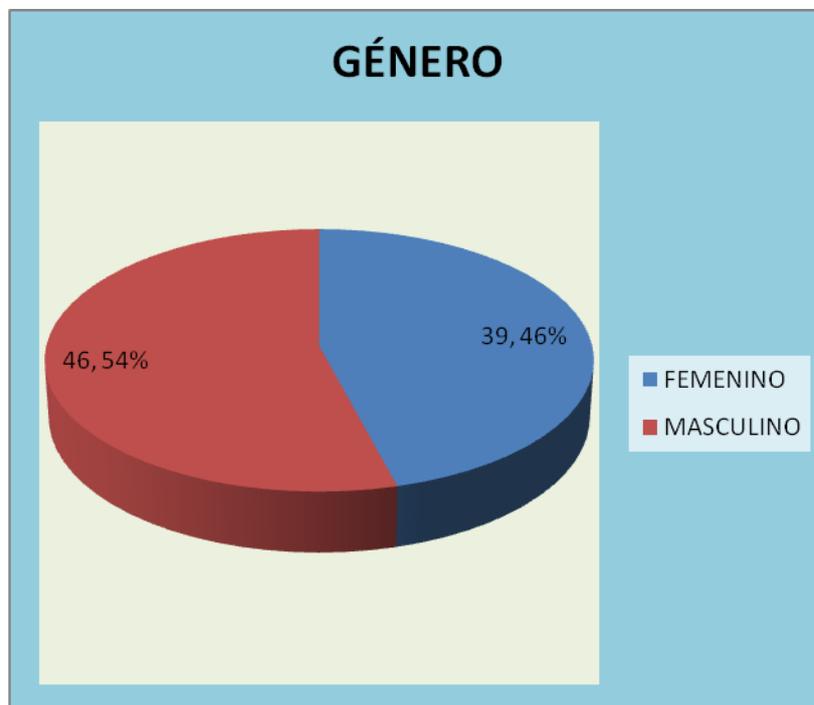


Figura 20. Rango de edades de las personas encuestadas de la ciudad de Saraguro

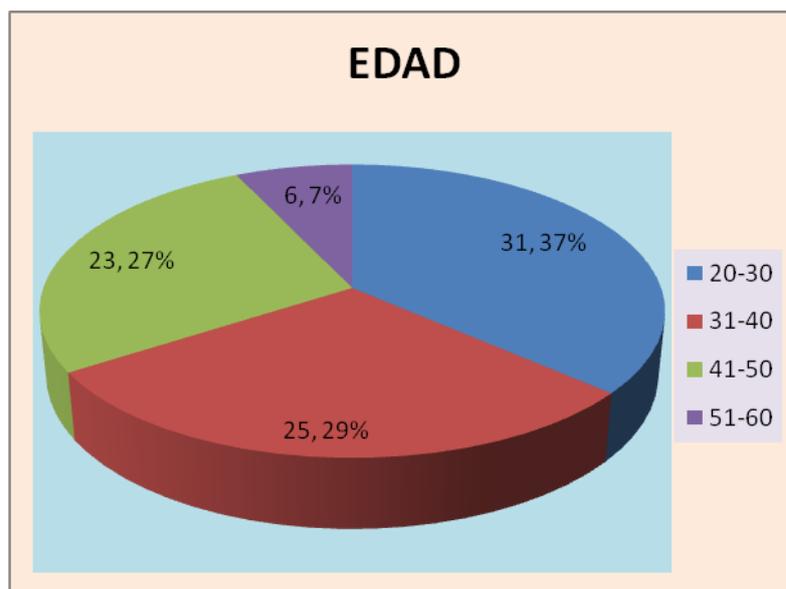


Figura 21. Ocupación de las personas encuestadas de la ciudad de Saraguro

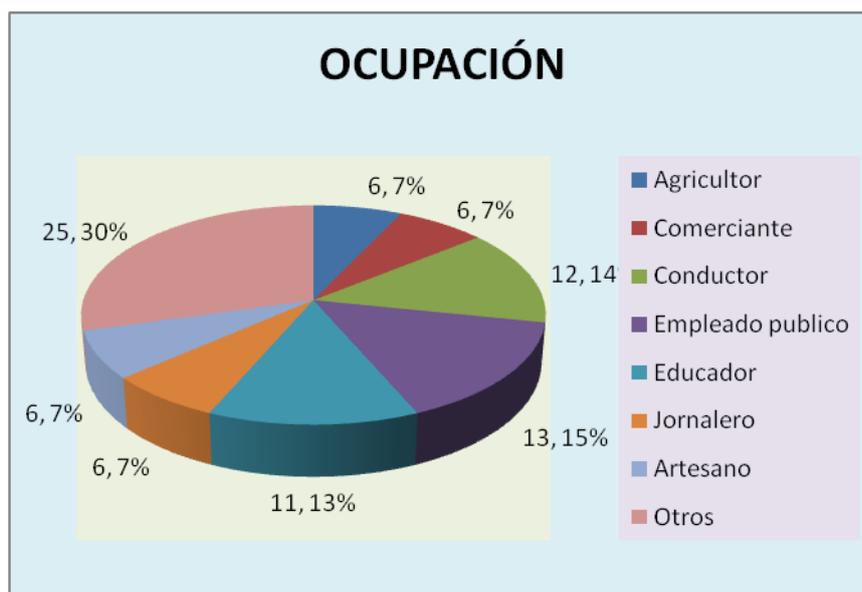


Figura 22. Figura del criterio de las personas con relación de la contaminación acústica y sus afecciones a la salud.

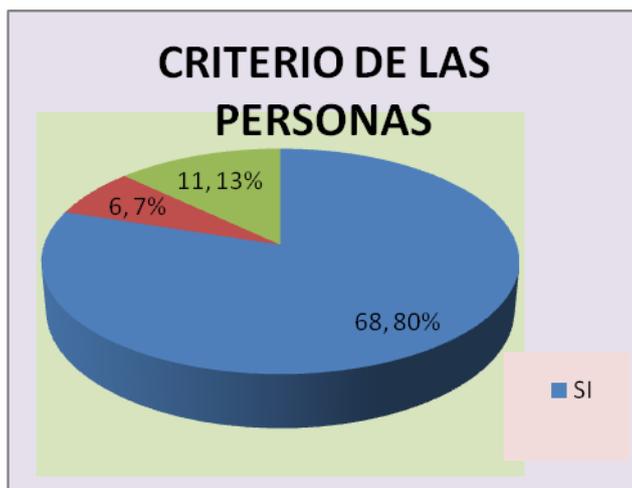


Figura 23. Alternativas para controlar la contaminación acústica en la ciudad de Saraguro

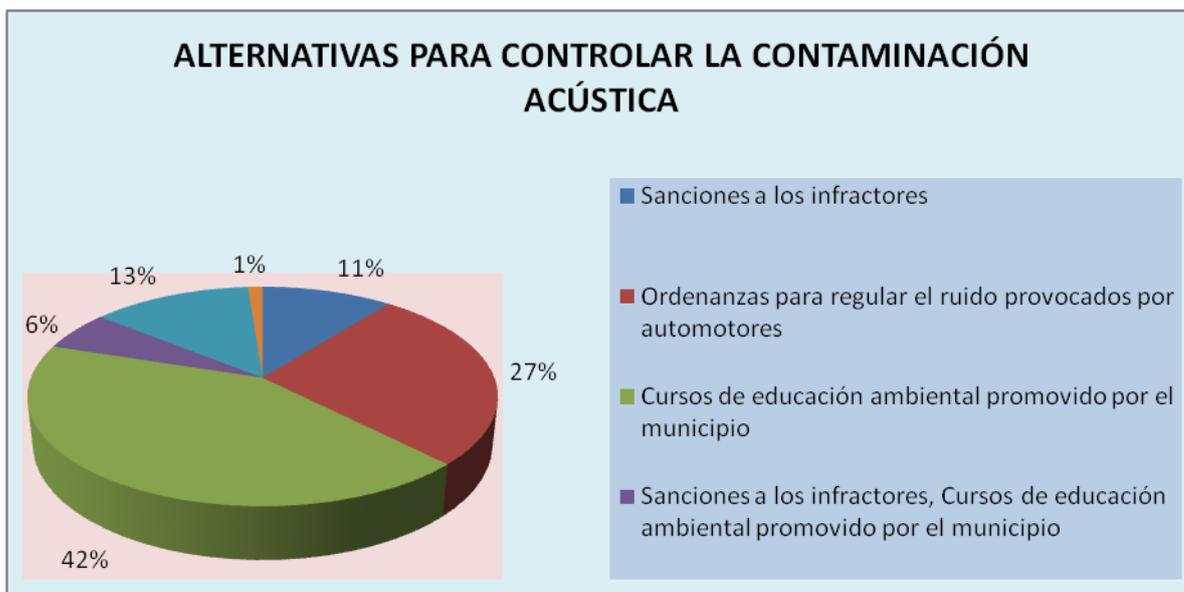


Figura 24. Afecciones a las personas ocasionadas por la contaminación acústica.

