



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

OPTIMIZACIÓN DE MAPAS DE RUIDO A TRAVÉS DE SISTEMAS DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. CASO DE ESTUDIO: CENTRO
HISTÓRICO DE QUITO.

AUTOR

FRANKLIN WLADIMIR MIER TAPIA

AÑO

2017



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

OPTIMIZACIÓN DE MAPAS DE RUIDO A TRAVÉS DE SISTEMAS DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. CASO DE ESTUDIO: CENTRO HISTÓRICO
DE QUITO.

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

Profesor Guía
Ing. Luis Alberto Bravo Moncayo

Autor
Franklin Wladimir Mier Tapia

Año
2017

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Luis Alberto Bravo Moncayo
Ingeniero Acústico
CC: 1711710606

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Miguel Ángel Chávez Avilés

Ingeniero Acústico

CC: 1710724848

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

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

Franklin Wladimir Mier Tapia

CC: 1723714364

AGRADECIMIENTOS

Dejo constancia de mi sincero agradecimiento a las autoridades de la Universidad de las Américas, de manera especial al personal docente de la Ingeniería en Sonido y Acústica por sus conocimientos impartidos.

DEDICATORIA

Con mucho cariño, el presente trabajo dedico a mi madre por su abnegación que constituye siempre el verdadero soporte para alcanzar las metas propuestas, sin su apoyo no hubiera sido posible todo esto.

RESUMEN

Esta investigación consiste en optimizar mapas de ruido mediante el uso de Sistemas de Posicionamiento Geográfico (SIG), este estudio se realizó en la parroquia Centro Histórico de la Ciudad de Quito. Se emplearon los sistemas de geoposicionamiento, *ArcGIS* y *OpenStreetMap* para elaborar el mapa de ruido del sector, para luego procesarlo en el *software* de simulación de ruido de tráfico *CadnaA*, el mismo que se utilizará para modelar los niveles de contaminación acústica.

Se establecieron 22 puntos de medición de corto plazo en sectores de mayor afluencia vehicular, permitiendo así validar la información proporcionada por el sistema de simulación, el cual debe ajustarse a la realidad de dicha parroquia. Además se procedió a establecer puntos de interés los cuales arrojaron datos sobre la afectación en escuelas, colegios, museos y hospitales del sector.

De acuerdo al análisis de población expuesta al ruido se puede evidenciar que la población afectada del total de 36610 habitantes de la parroquia Centro histórico en el periodo diurno es de 27155 habitantes que corresponden al 74,2% del total, La población que se encuentra afectada en el periodo nocturno es de 21995 habitantes que corresponden al 60,1%.

ABSTRACT

This research consists of optimizing noise maps through the use of Geographic Positioning Systems (GIS), this study was carried out in the parish Historical Center of the City of Quito. The systems of geolocation, ArcGIS and OpenStreetMap were used to elaborate the map of the sector, soon to be processed in the software of simulation of traffic noise CadnaA, the same that will be used to model the levels of noise pollution.

Twenty-two short-term measurement points were established in sectors with greater vehicle inflow, thus allowing validation of the information provided by the simulation system, which should be adjusted to the reality of the parish. In addition, points of interest were established, which provided information on the involvement in schools, colleges, museums and hospitals in the sector.

According to the analysis of population exposed to the noise it can be evidenced that the affected population of the total of 36610 inhabitants of the parish Historical center in the daytime period is of 27155 inhabitants that correspond to 74,2% of the total, the population that is affected In the night period is 21995 inhabitants corresponding to 60.1%.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos	3
1.3 Hipótesis	3
1.4 Alcance.....	3
1.5 Justificación.....	4
2. Marco Teórico	4
2.1 Contaminación acústica	4
2.2 Generación de ruido por tránsito.....	5
2.2.1 Ruido de motor	5
2.2.2 Ruido de rodadura.....	6
2.3 Textura de la superficie	10
2.3.1 Pavimentos de bajo impacto sonoro	11
2.4 Ruido de frenos	11
2.5 Ruido vehicular en ciudades	12
2.6 Indicadores descriptivos de ruido para el tráfico urbano	12
2.7 Sistemas de Geoposicionamiento.....	14
2.7.1 El GIS como <i>software</i>	15
2.7.2 Digitalización de información geográfica	16
2.7.3 Puntos, arcos y polígonos	17
2.7.4 <i>Shape</i>	18
2.7.5 <i>OpenStreetMap</i>	19
2.8 GIS en el mapeo de ruido	20
2.9 Mapas de ruido.....	21
2.9.1. Mapas estratégicos de ruido	24

2.10	<i>CadnaA</i>	25
2.11	Elaboración de un mapa de ruido	26
2.12	Legislación	26
2.12.1	Ordenanza No 0138	27
2.13	Normas internacionales.....	28
3.	Descripción de la zona de estudio: Centro Histórico	30
3.1	Número de Habitantes Centro Histórico.....	32
3.2	Zona turística Centro Histórico	32
3.3	Transporte y movilidad	34
4.	Metodología.....	36
4.1	Generación del mapa de ruido	37
4.2	Modelo Digital del Terreno MDT	41
4.3	Modelamiento y exportación de vías y calles.....	46
4.3.1	<i>OpenStreetMap</i> (OSM).....	47
4.3.2	Conteos de tráfico vehicular	50
4.4	Modelamiento de edificaciones del Centro Histórico.....	53
4.5	Puntos de medición	55
4.6	Instrumentación	56
4.7	Modelamiento y recolección de datos en <i>CadnaA</i>	57
5.	Resultados.....	67
5.1	Análisis de los resultados.....	67
5.1.1	Validación.....	67
5.1.2	Comparación de resultados	71
5.1.3	Mapa de ruido periodo diurno	74
5.1.4	Mapa de ruido periodo nocturno	75
5.1.5	Mapa de ruido indicador Ldn (Dia,noche)	76
5.1.6	Mapa de ruido vista 3D	77
5.2.	Análisis de resultados de mediciones	78

5.2.1	Resultado de mediciones.....	78
5.2.2	Resultado de mediciones por tipo de vía	78
5.2.3	Resultado de mediciones por tipo de calzada	79
5.2.4	Análisis de los sitios de interés	81
5.3	Análisis en escuelas del Centro Histórico	81
5.4	Análisis en Colegios del Centro Histórico	83
5.5	Análisis en Centros de Salud del Centro Histórico	85
5.6	Análisis en Museos del Centro Histórico	86
5.7	Análisis en plazas y parques del Centro Histórico	88
5.8	Resultados de población expuesta	89
5.8.1	Población afectada en el periodo diurno y nocturno	93
5.8.2	Población no afectada en el periodo diurno y nocturno	93
5.9	Resumen de resultados	93
6.	Conclusiones y recomendaciones	96
6.1	Conclusiones.....	96
6.2	Recomendaciones.....	97
	REFERENCIAS	99
	ANEXOS	105

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El ruido es un factor importante en la contaminación del medio ambiente en las zonas residenciales. Esto ha llevado al desarrollo de políticas sobre control y métodos para evaluar el impacto del ruido sobre el medio ambiente. (Kluijver y Stoter, 2003). Dependiendo generalmente de la estructura socioeconómica y geográfica de un asentamiento humano, en términos generales el 80% del nivel medio de ruido, es debido a vehículos a motor, el 10% a las industrias, el 6% a ferrocarriles y el 4% a bares, locales públicos, discotecas y talleres industriales (WHO, 2009). En las últimas décadas, el crecimiento vertiginoso de la población en las grandes ciudades, los medios de transporte y el desarrollo científico-tecnológico e industrial han dado lugar al aumento en los niveles de ruido urbano y, por consiguiente, a la contaminación acústica (Torres y Romero, 2014). Aunque los niveles de sonido en el entorno de la infraestructura del transporte y la industria no son tan altos para causar daño a la audición, el sonido puede ser molesto y puede causar efectos de salud relacionados con el estrés, alteración del sueño y disminución del rendimiento (WHO, 2009).

La molestia por ruido puede definirse como una sensación de desagrado. Depende de muchas variables como la intensidad del sonido, la frecuencia y la variación en el tiempo (Kluijver y Stoter, 2003). La OMS estima que más del 50% de los europeos viven en entornos ruidosos y que el 30% experimentan niveles de ruido nocturnos que perturban el sueño (Passchier, 2000). La Unión Europea (UE) ha estado muy preocupada por el impacto del ruido en sus Estados miembros. La preocupación por esas magnitudes y la probabilidad de que los niveles de ruido aumentan con la expansión del desarrollo y del sistema de transporte impulsaron al Parlamento Europeo y al Consejo de la Unión Europea a poner en marcha la Directiva 2002/49 / EC, para realizar

mapas de ruido en poblaciones de más de 250.000 habitantes (Kaliski et. al., 2007). La Unión Europea está utilizando mapas de ruido para establecer una línea de base con la cual se pueden hacer mejoras en la calidad de vida de los habitantes en distintas ciudades. La mayor atención se presta a las zonas de gran molestia o posible perturbación del sueño (Kaliski et. al., 2007).

Actualmente en el Ecuador es competencia de los GADs (Gobiernos Autónomos Descentralizados) Municipales elaborar mapas de ruido ambiental como una herramienta estratégica para la gestión del control de la contaminación acústica y la planificación territorial en cantones con una población mayor o igual a 250.000 habitantes (TULSMA, 2015).

El mapeo acústico es la representación geográfica de los datos relacionados con los niveles sonoros al aire libre y la exposición al ruido con la información asociada sobre el impacto a la población afectada.

La interpolación en SIG (Sistema de Información Geográfica) se utiliza para calcular el nivel de ruido, para cada punto geográfico (Yilmaz y Hocanli, 2005). Un uso considerado de SIG en estudios de efectos de ruido puede mejorar la eficiencia, la gestión de los datos, la calidad, la precisión y la presentación. Esto apoyará la estandarización y la confiabilidad de los estudios de efectos de ruido (Kluijver y Stoter, 2003).

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Desarrollar un mapa de ruido de tráfico mediante el uso adecuado de Sistema de Información Geográfica (SIG) que permite optimizar la calidad y la eficiencia de los estudios sobre el efecto del ruido en la parroquia urbana del Centro Histórico del Distrito Metropolitano de Quito.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Medir los niveles de ruido de tráfico en diferentes puntos de la parroquia Centro histórico y tomar un número de muestras adecuada.
- Analizar con información disponible el flujo de tráfico de las diferentes vías y su infraestructura.
- Utilizar las mediciones realizadas para evaluar los niveles de ruido en cada uno de los puntos analizados.
- Conocer los niveles de ruido permitidos por organismos internacionales.
- Optimizar los datos obtenidos para la generación de un mapa de ruido de tráfico para la parroquia Centro Histórico mediante los sistemas de georeferenciación como son *ArcGIS* y *OpenStreetMap*.
- Simular el mapa de ruido de tráfico mediante el *software CadnaA*.
- Validar las mediciones realizadas comparando con los datos obtenidos con el *software* de simulación.
- Conocer y analizar los efectos producidos por niveles de ruido de tráfico inadecuados en la población de la parroquia.

1.3. Hipótesis

En la parroquia Centro Histórico de Quito el tráfico es una de las fuentes más importante de ruido, este factor tiene las propiedades de una fuente lineal. Es por esta razón que se requiere realizar la investigación de ruido de tráfico en la parroquia Centro Histórico, para determinar la afectación a la que se encuentra expuesta la población. Se pretende facilitar el proceso de diseño de un mapa de ruido con sistemas de georeferenciación (*ArcGIS*, *OpenStreetMap*), estos ayudaran a validar su información en el *software* de simulación *CadnaA*.

1.4. Alcance

En este proyecto se realizó el estudio de la afectación causada por el ruido ambiental en la parroquia Centro Histórico de Quito, a través del modelamiento

de un mapa de ruido con la implementación de un Sistema de Información Geográfica y la comparación de niveles sonoros asociados al ruido de tráfico (mapa de ruido). Este proyecto aplicó una metodología de medición existente realizada en anteriores investigaciones sobre mapas de ruido en el Distrito Metropolitano de Quito.

La valoración de la contaminación acústica se fundamentó en la representación gráfica de los niveles sonoros en un mapa estratégico de ruido de toda la parroquia a través del modelo predictivo alemán RLS-90. Los datos obtenidos de la simulación sirvieron para relacionar los niveles medidos In situ con los niveles de ruido del *software* de simulación. Así mismo se realizó una evaluación de la cantidad de población expuesta a diferentes niveles de ruido.

1.5. Justificación

El ruido puede generar efectos crónicos sobre la población (WHO, 2009) y dependerá del tipo de exposición medioambiental, aunque generalmente guardan más relación con ciertos ambientes laborales y entornos de alto contenido energético sonoro. Su valoración es necesaria para instaurar medidas preventivas que protejan la salud de las personas. La contaminación acústica producida por la actividad humana ha aumentado de forma espectacular en los últimos años (WHO, 2009).

2. Marco Teórico

2.1. Contaminación acústica

El ruido es un contaminante cuya producción es barata y su emisión requiere muy poca energía. Además no genera residuos, no tiene un efecto acumulativo en el medio ambiente, pero si la afectación en el hombre. Está comprobado que el ruido perturba a todo ser vivo y no distingue clases sociales, razas,

culturas o etnias. El ruido existe todo el tiempo, en la calle, en lugares de alta concentración poblacional ya que obliga al emisor elevar el tono de voz para que el receptor lo escuche (Barti, 2013).

Múltiples estudios realizados en diferentes países han demostrado que el 80% de la contaminación acústica es causada por el tráfico vehicular en las ciudades. Esto se debe a la poca distribución funcional del territorio y el desarrollo urbano. (López y Rangel, 2011).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) manifiesta que la contaminación sonora es un problema común en las grandes metrópolis, teniendo como límite máximo 65 dB para la salud física y mental, aunque 50 dB debería ser el límite máximo tolerable. En las grandes ciudades los niveles de ruido varían su intensidad según la hora del día y el tipo de zona habitacional (Gómez, 2007).

2.2. Generación de ruido por tránsito

En el ambiente urbano de ciudades, el ruido por tráfico principalmente es generado por el transporte automotor. Este constituye como una de las principales fuentes de contaminación acústica. Existen clases de ruidos de transporte, entre estos están: el ruido de propulsión (el motor, la transmisión y el sistema de escape asociado), el ruido de rodadura entre las cubiertas y la calzada, y el ruido aerodinámico. En las ciudades donde transitan millones de automóviles en general se mantiene el ruido de rodadura y el de motor. Para un vehículo el aumento de la velocidad implica una menor duración del tiempo de paso frente a un observador, el nivel equivalente de ruido ó nivel promedio parecería reducirse, por lo que a mayor velocidad, mayor nivel equivalente de ruido. (Sandoval, 2005).

2.2.1. Ruido de motor

Es el ruido generado el bloque de motor y el escape del vehículo. Es la fuente más obvia de contaminación acústica y está relacionada a los vehículos con

motor de combustión interna. Este ruido predomina a bajas velocidades y depende de la carga del motor y de la velocidad de giro (López y Rangel, 2011).

2.2.2. Ruido de rodadura

Es el producido por el contacto llanta y pavimento. Se produce a partir de velocidades entre (40-60 Km/h). La intensidad depende de la velocidad del vehículo, así como el tipo de conducción (frenado, aceleración y curvas) (López y Rangel, 2011). Tiene la particularidad de tener distintas aportaciones de reducción, amplificación y propagación. Se sabe que existen varios fenómenos involucrados en la generación de este tipo de ruido así como mecánicos y aerodinámicos. (López y Rangel, 2011).

2.2.3. Ruido aerodinámico

Se dice que cuando los vehículos circulan a velocidades superiores de los 80 km/h el ruido que este produce se llama aerodinámico. Entre 50 y 80 km/h predomina el ruido de rodadura. Por debajo de 50 km/h en general predomina el ruido del motor (Sandoval, 2005).

Además se debe considerar el efecto producido de la reflexión entre las paredes y el pavimento llamándolo a este como reverberación urbana. Este puede aumentar el nivel sonoro en varios decibeles con respecto al que se tendría en un espacio completamente abierto (Sandoval, 2005).

2.2.4. Fenómenos Mecánicos

Las vibraciones originadas por las excitaciones mecánicas de superficie sólidas

son la principal causa de la generación de ruido. La generación mecánica del ruido tiene dos componentes: vibraciones radiales y tangenciales. Ambas originadas por los impactos y choques resultantes del contacto del perfil de la llanta y la superficie (López y Rangel, 2011).

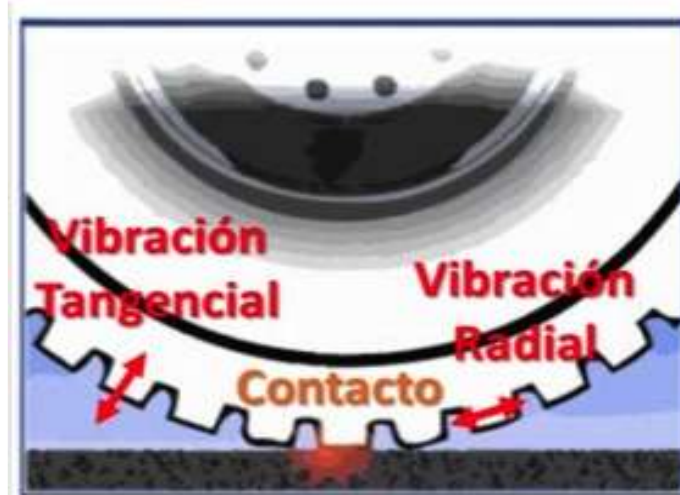


Figura 1. Excitación mecánica de la llanta por contacto con el pavimento

Tomado de López y Rangel, 2011, p. 6

Dependerá de la dureza del neumático y la calzada para que se defina la cantidad de frecuencias de excitación generadas. Esto dependerá del tiempo de contacto entre el choque y las vibraciones, además se debe tener en cuenta que entre más rígidas sean las superficie de contacto el tiempo será menor por lo que el rango de frecuencias será más ancho. Otro aspecto a considerar es la capacidad de amortiguamiento, ya que del material con el que está fabricada las llantas dependerá el amortiguamiento. A mayor amortiguamiento, menor será el movimiento de la superficie y menor el ruido generado.

Con respecto al pavimento, se ha encontrado que la textura de este tiene una relación directa con el nivel de ruido emitido para bajas frecuencias y texturas entre 10 y 500 mm (Sandberg, 1980). Para texturas entre 0.5 y 10 mm la relación entre el nivel de ruido a altas frecuencias y la textura también guardan proporción para en manera inversa. Es decir, a más textura menos ruido. (López y Rangel, 2011).

2.2.5. Fricción

El proceso de fricción se debe a la adhesión entre el pavimento y la llanta. Es un proceso que ocurren fenómenos de fricción y adhesión debidos a pequeños movimientos entre la llanta y el pavimento produciendo esto un ruido que contribuye al de la rodadura llamado stick-slip y stick-snap.

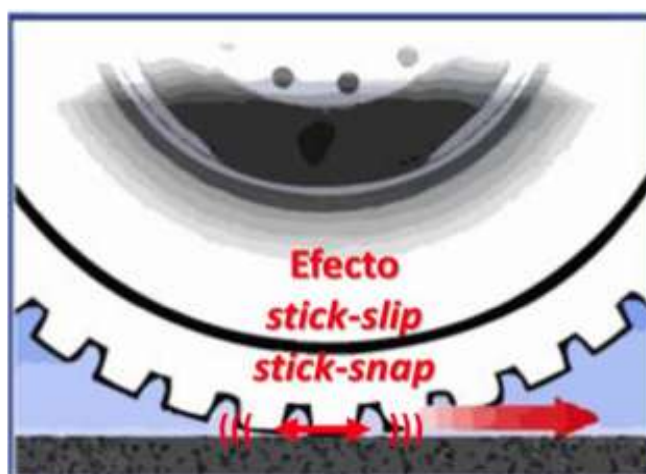


Figura 2. Excitación mecánica de la llanta por contacto con el pavimento

Tomado de López y Rangel, 2011, p. 7

El efecto stick-slip es asociado a los mecanismos de fricción, por lo que las superficies con coeficientes de fricción mayores suelen tener incrementos de nivel de ruido debido a este fenómeno. Al contrario, los efectos de stick-snap están asociados a mecanismos de adhesión, por lo que mayores rugosidades disminuyen la probabilidad de que ocurran estos fenómenos y por tanto el ruido generado puede ser menor. (López y Rangel, 2011).

2.2.6. Fenómenos aerodinámicos

El fenómeno de tipo aerodinámico se basa con el flujo de aire impulsado durante el movimiento de la rueda y la interacción de las cavidades en el perfil de la llanta. Uno de los mecanismos más importantes en la generación de ruido es la compresión del aire impulsado por el movimiento de la llanta y dirigido

hacia el suelo. (López y Rangel, 2011). Este fenómeno se conoce como “air pumping” y se produce por la resistencia del pavimento al paso del aire. Cuando el pavimento es muy denso (reflectante) la presión que alcanzan estos puntos aumenta y por lo tanto el nivel de ruido generado es mayor que si el pavimento tuviera una menor resistencia al paso del aire a su interior. Esto es lo que ocurre con los asfaltos porosos, y es la razón por la que disminuyen el ruido (López y Rangel, 2011).

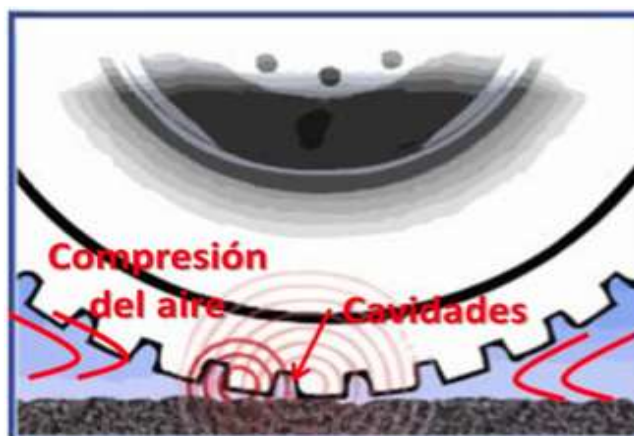


Figura 3. Flujo de aire por la compresión de las cavidades en la llanta.

Tomado de López y Rangel, 2011, p. 7

El material de la superficie de la calzada juega un papel muy importante dentro de este tipo de ruido. Diferentes superficies tienen diferentes características de absorción. El pavimento impermeable es una superficie que refleja el ruido mientras que el pavimento poroso absorbe el ruido y reduce las reflexiones. Las superficies porosas son llamadas también superficies de bajo ruido. Estas superficies aparte de reducir el ruido considerablemente también absorben las vibraciones y son utilizados como medidas de mitigación de ruido (Murphy y King, 2014).

Por último, los canales dispuestos en la huella de la llanta para el drenaje de agua simulan los conductos de una flauta y producen sonido en virtud a su longitud (López y Rangel, 2011).

2.3. Textura de la superficie

El pavimento tiene propiedades relacionadas con la generación de ruido, una es la textura y otra es su regularidad. La textura se puede dividir en tres: la microtextura (irregularidades menores a 0.5 mm), la macrotextura (irregularidades entre 0.5 a 50 mm) y la megatextura (mayor a 0.5 m). En contraste, el pavimento de asfalto de drenaje usa una mezcla de asfalto nivelado abierto, que elimina los aglomerados de la gradación intermedia para obtener una mayor mezcla de porosidad (López y Rangel, 2011).

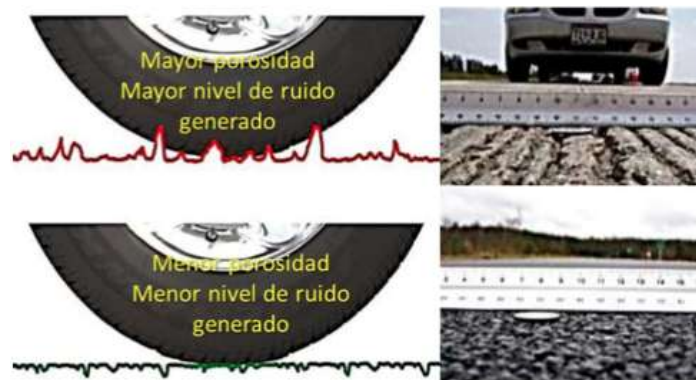


Figura 4. Relación del ruido con la porosidad de la superficie.

Tomado de López y Rangel, 2011, p. 8

La microtextura del pavimento es necesaria para conseguir una buena adherencia. La macrotextura es necesaria para mantener esa adherencia a altas velocidades o con el pavimento mojado (López y Rangel, 2011). La macrotextura mejora la visibilidad con pavimento mojado además de eliminar la reflexiones de luz que se producen en pavimentos mojados y lisos, estos producen un mayor desgaste de los neumáticos y son más ruidosos aportando al aumento de ruido de rodadura, además de un mayor gasto de mantenimiento en vehículos y en el mantenimiento de la vía (López y Rangel, 2011).

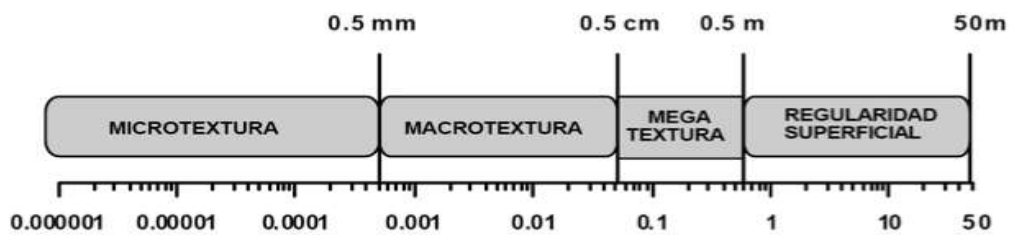


Figura 5. Clasificación del pavimento según su estructura.

Tomado de López y Rangel, 2011, p. 9.

2.3.1. Pavimentos de bajo impacto sonoro

Normalmente se diseñan pavimentos con tres tipos de características entre los más importantes: el costo, durabilidad y por último la seguridad, en este caso no se toma en cuenta los factores medio ambientales, no se incluye el diseño de la generación por ruido en el mismo (López y Rangel, 2011).



Figura 6. Rango de ruido y diferentes superficies de pavimento

Tomado de López y Rangel, 2011, p. 9

2.4. Ruido de frenos

El ruido que producen los frenos se da por un mal funcionamiento, el desgaste de las pastillas de frenos en su punto máximo y el roce con la superficie del disco, esto también se da por la pérdida de los elementos de amortiguación del

disco de frenos ya que estos absorben las vibraciones de las pastillas.

La componente frecuencial de este ruido es muy marcada y se sitúa entre los 4 KHz y los 8 KHz, motivo por el cual es molesto al oído (Barti, 2013).

2.5. Ruido vehicular en ciudades

En ciudades urbanas comúnmente transitan vehículos de toda clase: ligeros, pesados, medianos, a una velocidad de 50 Km/h. Según Sandoval (2005), a una distancia de 15 metros el nivel sonoro de vehículos ligeros llega a 62 dB(A), para camiones medianos es de 73 dB(A) y vehículos pesados es de 89 dB(A). Concluyendo que vehículos pesados y medianos son los mayores responsables de la contaminación auditiva en las ciudades.

Según Sandoval (2005), en la mayoría de países en vías de desarrollo el tránsito de vehículos ligeros, camiones semipesados y pesados no tiene una adecuada regulación. El ruido de rodadura puede ser reducido evitando calles empedradas, baches e irregularidades en el pavimento. Según López y Rangel (2011), la utilización de pavimentos porosos permite reducir la emisión causada por las reflexiones de la calzada en unos 2 o 3 dB.

2.6. Indicadores descriptivos de ruido para el tráfico urbano

En el ambiente urbano el ruido de tráfico es el más característico y es provocado por el transporte automotor, siendo la fuente más importante de contaminación acústica (Sandoval, 2005). Existen dos tipos de descriptores:

Nivel equivalente de Presión Sonora (LAeq), Nivel equivalente Día-noche.

El Nivel equivalente de presión sonora

Este índice expresa la media de la energía sonora percibida por un individuo en un intervalo de tiempo. Es decir, representa el nivel de presión que habría sido

producido por un ruido constante con la misma energía que el ruido realmente percibido, durante el mismo intervalo de tiempo. Este se acompaña siempre de la indicación del período de tiempo.

$$L_{Aeq} = 10 * \log \left[\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{P_A^2(t)}{P_{ref}^2} \right) * dt \right] \quad (\text{Ecuación 1})$$

el Leq entregado por equipos de medición se establece que cada t_i segundos. Las variaciones de t_i se pueden calcular así:

$$L_{Aeq} = 10 * \log \frac{1}{T} \sum_{i=1}^N \Delta t_i * 10^{\frac{(L_{\lambda m})}{10}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Nivel equivalente Día-Noche

Da una idea del nivel de ruido a lo largo de las 24 horas del día, teniendo en cuenta que la población en la noche es más sensible al ruido. Si bien habitualmente los niveles sonoros disminuyen en este periodo (noche), su importancia relativa aumenta (Sandoval, 2005).

El periodo de integración es de 24 horas, el cual tiene una penalización de 10 dB para los niveles equivalentes nocturnos. En la mayoría de casos se utiliza un periodo de 8 horas continuas de exposición que van desde las 22:00 hasta las 06:00 ó desde las 23:00 hasta las 07:00. Estos horarios son aplicables a un supuesto de que las personas tienen 8 horas de sueño.

$$L_{dn} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{24} \left(16 \cdot 10^{\frac{L_d}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) \right] \quad (\text{Ecuación 3})$$

L_d es el nivel ponderado A del período día

L_n es el nivel ponderado A del período nocturno.

Este tipo de descriptores utilizan ponderaciones para su manejo y entendimiento de resultados.

Las ponderaciones acústicas más conocidos son denominadas A, B, C. La ponderación utilizada en el dominio del ruido de transporte es el A, y los niveles

de presión sonora utilizados miden la respuesta del oído, ante un sonido de intensidad baja. esta ponderación es la más semejante a la percepción logarítmica del oído humano. Se utiliza para establecer el nivel de contaminación acústica y el riesgo que sufre el hombre al ser expuesto a la misma. Se expresa en decibelios A [dB(A)] (López y Rangel, 2011).

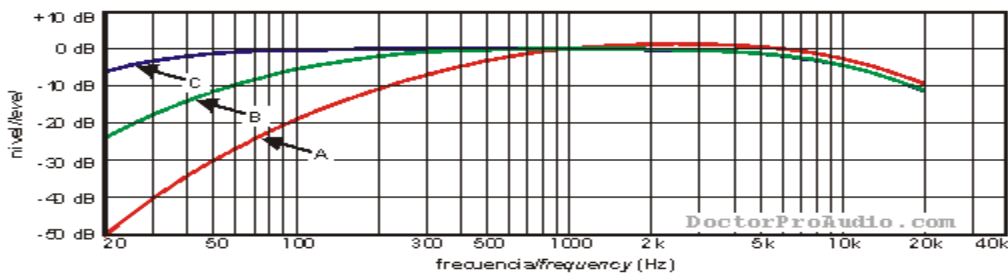


Figura 7. Curvas de ponderación en frecuencia A, B, C

Tomado de López y Rangel, 2011, p. 9

2.7. Sistemas de Geoposicionamiento

SIG o GIS (por su acrónimo inglés) es un Sistema de Información Geográfica que integra *software*, hardware, datos geográficos, el cual sirve para almacenar, analizar, modelar todo tipo de información geográfica con el fin de planificar y gestionar un proyecto. También puede definirse como un modelo de una parte de la realidad, referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer unas necesidades concretas de información. (Buzai, 2012).

Los sistemas de Geoposicionamiento funcionan como una base de datos con información geográfica, que se encuentran asociados a un identificador de objetos en un mapa digital. Además pueden tener atributos y saber su localización en la cartografía. La utilización del GIS se da con prioridad en la información espacial, el sistema discierne la información en diferentes “capas”, las cuales almacenan independientemente atributos que permiten trabajar con ellos de manera rápida y sencilla. Con esto se facilita el relacionar la información topográfica con los objetos.

2.7.1. El GIS como *software*

El GIS funciona como un sistema de *software* que permite verlo como un programa de aplicación compuesto por cuatro subsistemas que operan de manera combinada, y cada uno de ellos constituye un módulo del programa (Buzai, 2007).

Los cuatro subsistemas de un GIS son:

Organización y almacenamiento de datos gráfico espaciales, que se obtienen por digitalización vectorial por digitalización *raster* mediante escáner o de archivos provenientes directamente de sensores remotos (Mas, 2011).

Organización y almacenamiento de datos espaciales alfanuméricos, la modificación, tratamiento estadístico o asociación a las correspondientes entidades gráficas georreferenciadas para su representación cartográfica (Buzai, 2007).

Tratamiento de datos, o rutinas de análisis espacial realizadas con el contenido de los subsistemas anteriores, que permiten asociar variables, describir la estructura espacial de los elementos cartografiados, y encontrar relaciones entre los diferentes elementos (Buzai, 2007).

Reporte de resultados en mapas, tablas y gráficos a través de los periféricos de salida (pantalla, impresora o plotter). (Mas, 2011).

Existen dos formas de almacenar los datos en un GIS: *raster* y vectorial

RASTER: Se trata de cualquier tipo de imagen representada en pixeles o llamadas mallas, los cuales dividen el espacio entre celdas de iguales características donde cada una de ellas son representadas como un valor único. Algunos formatos muy utilizados: *jpeg*, *png*, *tiff*.

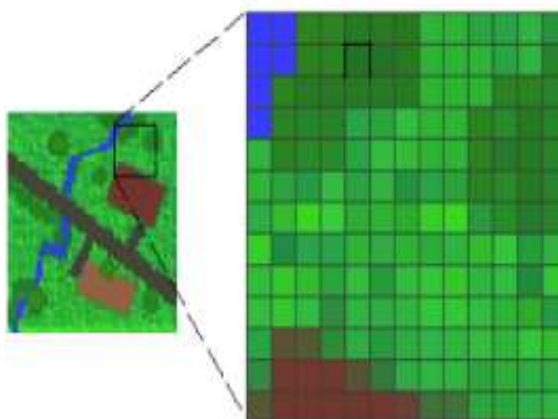


Figura 8. Muestra Raster

Tomado de Mas, 2011, p. 4

VECTORIAL: Es la representación vectorial de componentes espaciales geográficos (Mas, 2011). Esto implica la utilización de elementos espaciales con un carácter geométrico que se pueden representar con objetos geográficos como puntos, líneas y polígonos. Los atributos temáticos que corresponden a las unidades espaciales se manejan habitualmente desde tablas de datos (Mas, 2011).

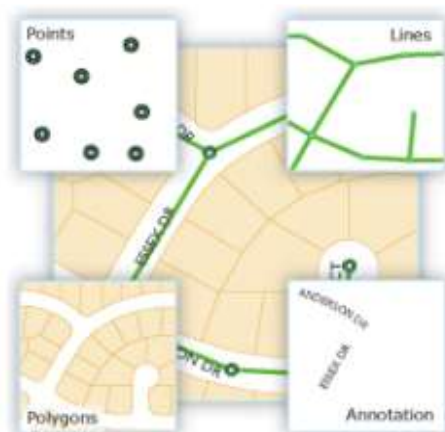


Figura 9. Líneas, polígonos y puntos imagen vectorial

Tomado de Mas, 2011, p. 5.

2.7.2. Digitalización de información geográfica

Además de la georreferenciación de imágenes *ráster*, la creación de nueva

cartografía digital puede realizarse de varias maneras:

Importación de puntos tomados con *GPS*. La creación de la capa vectorial se realiza a través de un fichero de texto con las coordenadas de los elementos (Buzai, 2012).

Digitalización con el ratón en pantalla sobre una imagen de satélite, fotografía aérea o cualquier otra cartografía base. De este modo puede digitalizarse el recorrido de un río, de una carretera, u otros objetos visibles a la escala de trabajo (Buzai, 2012).

Digitalización con un ratón con punto de mira sobre un mapa montado en una tabla de digitalización. La tableta es el dispositivo ideal para la digitalización de mapas impresos y la creación de coberturas grandes o complejas (Buzai, 2012).

2.7.3. Puntos, arcos y polígonos

Puntos: El punto es el elemento más básico, que por definición no tiene extensión (árbol, nido, estación meteorológica, etc.). Otra función de los puntos es constituir el localizador de las etiquetas o anotaciones (en muchos programas, también cada polígono debe llevar un punto en su interior) (Buzai, 2007).

Arcos: Consiste en una serie de vértices interconectados por segmentos rectos. Los vértices de los extremos son los nodos. Dos arcos no pueden cruzarse y solo pueden unirse mediante los nodos, formando así una red. Para conectar dos arcos en un punto no previsto inicialmente, hay que romper el arco en el punto de intersección y crear así un nuevo nodo (Buzai, 2007).

Polígonos: Un polígono está constituido por uno o más arcos (polilíneas), perfectamente cerrados, formando así un área. Los polígonos adyacentes están separados por un solo arco (comparten un arco). Los polígonos pueden tener otros polígonos en su interior (polígonos isla). Durante la edición de los

arcos suele perderse la información topológica de los polígonos, por lo que debe reconstruirse la topología al finalizar la edición (Buzai, 2007).

2.7.4. ArcGis

Programa informático producido y comercializado por *ESRI*, que agrupa varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica (Mas, 2011).

ArcGIS Desktop, la familia de aplicaciones SIG de escritorio, es una de las más ampliamente utilizadas, incluyendo en sus últimas ediciones las herramientas *ArcReader*, *ArcMap*, *ArcCatalog*, *ArcToolbox*, *ArcScene* y *ArcGlobe*, además de diversas extensiones. *ArcGIS Desktop* se distribuye comercialmente bajo tres niveles de licencias que son, en orden creciente de funcionalidades y coste: *ArcView*, *ArcEditor* y *ArcInfo* (Mas, 2011).

2.7.5. Shape

En *ArcGIS* el formato de archivo vectorial más usado es el *.SHP* (*Shapefile*). Un *Shapefile* es un formato vectorial de almacenamiento digital donde se guarda la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos (Mas, 2011).

Un *shapefile* se genera por varios archivos. El número mínimo requerido es de tres posee las siguientes extensiones:

.shp - es el archivo que almacena las entidades geométricas de los objetos.

.shx - es el archivo que almacena el índice de las entidades geométricas.

.dbf - el *dBASE* o base de datos, es el archivo que almacena la información de los atributos de los objetos.

Además de estos tres archivos requeridos, opcionalmente se pueden utilizar otros para mejorar el funcionamiento en las operaciones de consulta a la base de datos, información sobre la proyección cartográfica, o almacenamiento de

metadatos. Estos archivos son:

.sbn y .sbx - Almacena el índice espacial de las entidades.

.fbn y .fbx - Almacena el índice espacial de las entidades para los *shapefiles* que son inalterables.

.ain y .aih - Almacena el índice de atributo de los campos activos en una tabla o el tema de la tabla de atributos.

.prj - Es el archivo que guarda la información referida a sistema de coordenadas.

.shp.xml - Almacena los metadatos del *shapefile*.

2.7.6. OpenStreetMap

El proyecto *Openstreetmap* ha reunido una cantidad excepcional de interés en los últimos años y cuenta como una de las fuentes más impresionantes de Información Geográfica Voluntaria en Internet. Posee una gran cantidad de datos espaciales como carreteras, edificios, áreas de uso de la tierra o puntos de interés que se ingresa en la base de datos del proyecto. Al igual que otros proyectos basados en la comunidad en Internet, cualquier usuario puede comenzar a contribuir al proyecto y editar los datos después de un breve registro en línea. Este enfoque simple permitió que el proyecto reuniera más de 640.000 miembros registrados en junio de 2012. (Neis y Zipf, 2012).

El aporte de los usuarios se da de diferentes maneras. Una de ellas es el enfoque más común, es registrar datos usando un receptor *GPS* y editar la información recopilada usando uno de los varios editores disponibles libremente. El usuario proporciona información adicional sobre los datos recogidos mediante la adición de atributos y almacena los resultados finales en la base de datos de *Openstreetmap*. Una forma es descargar archivos de “volcado” que se actualizan semanalmente e incluyen las últimas versiones de los objetos de la base de datos. Si un usuario sólo está interesado en los

cambios realizados en la base de datos, *Openstreetmap* proporciona archivos "diff" que contienen los últimos cambios en la base de datos por minuto, hora y día. La mayor parte de la información proporcionada se almacena en formato XML y a veces en formato binario, lo que permite un procesamiento significativamente más rápido de los datos. Además, hay varias aplicaciones de terceros y páginas web que proporcionan mapas para dispositivos *GPS* o *shapefiles* basados en datos de *Openstreetmap* como *ArcGIS*, *Quantum GIS* (Neis y Zipf, 2012).

La información geográfica en la base de datos, como caminos, información de uso del suelo o edificios, se almacena utilizando tres tipos de objetos: nodos, vías y relaciones. Un "nodo" en la base de datos contiene información de ubicación de un punto en forma de coordenadas de latitud y longitud. Líneas como caminos y polígonos se almacenan como "Caminos", y "Relaciones" definen relaciones lógicas o geográficas entre los objetos. Cada objeto contiene información adicional, como un número de versión, un ID, el nombre del editor, la fecha en que se creó o modificó por última vez y, por supuesto, otros atributos, denominados pares de etiquetas / valores (Neis y Zipf, 2012).

2.8. GIS en el mapeo de ruido

Hay muchos enfoques para mapear el ruido, pero sigue siendo un campo bastante nuevo. El primer enfoque es el uso de *software* que involucra procesos incluyendo fuentes de ruido, topografía, edificios y otras barreras, superficies absorbentes y reflectantes condiciones meteorológicas y una variedad de información de carreteras y tráfico. Una opción común es simplemente interpolar entre puntos de medición de ruido de muestra y superponer el *raster* resultante en un mapa (Eason, 2013).

La creación de un mapa de ruido parece al principio como cualquier otro ejercicio de interpolación. Uno podría tomar medidas de muestra en una variedad de lugares y utilizar una de las herramientas de *ArcGIS* para interpolar

los valores desconocidos entre los conocidos. (Eason, 2013).

Muchos Estados Miembros Europeos han diseñado e implementado modelos de predicción del ruido de tráfico. El método utilizado actualmente es el CNOSSOS (*Common Noise assessment methods*). Más allá de la simple medición del ruido, calcula las condiciones de propagación de la fuente y de la atmósfera (Arana, 2009). También hay una variedad de programas de *software* que tienen modelos para predecir el ruido usando algoritmos y parámetros complejos, incluyendo condiciones meteorológicas, materiales reflectantes y absorbentes de las estructuras circundantes, "ángulo de incidencia, longitud de onda y distancia entre la fuente, el receptor y la superficie reflectora" (Arana, 2009). Otros parámetros se refieren al tráfico rodado, incluyendo "velocidad de tráfico, condiciones de arranque y paralización" (De Muer 2003). Hay algoritmos disponibles en estos modelos de *software* que pueden revelar diferencias interesantes. Tres ejemplos de programas de *software* son *SoundPlan*, *CadnaA* y *Predictor Lima* (Arana 2009). Se han adoptado enfoques aún más complejos para tratar de abordar la incertidumbre que entra en las ecuaciones en diferentes etapas (Eason, 2013).

2.9. Mapas de ruido

El objetivo principal de un mapa de ruido es estimar la exposición de ruido en zonas habitables y con esto comparar los niveles de ruido frente a las normativas de cada país, las cuales regulan la contaminación ambiental, llevando a determinar medidas técnicas, económicas y legales.

Los mapas de ruido se pueden clasificar en tres tipos: mapa de ruido normal, mapa de ruido estratégico y mapa de ruido de conflicto.

Mapa de ruido normal: Es aquel que muestra y evalúa la situación en una zona o área específica utilizando cualquier tipo de fuente sonora.

Mapa de ruido estratégico: Evalúa el ruido provocado por un determinado factor o fuente sonora.

En cuanto a la estimación de población expuesta este se establece con los indicadores *Lden* y *Lnight*. Se requiere de información de número de habitantes por metro cuadrado y vivienda, los cuales se encuentran expuestos a categorías como fachadas de edificios y de fachadas cercanas a ruido de carretera.

<i>Lden</i> (dBA)	<i>Lnight</i> (dBA)
55 - 59	50 - 54
60 - 64	55 - 59
65 - 69	60 - 64
70 - 74	65 - 69
> 75	> 70

Figura 10. Límites recomendados de ruido.

Tomado de Murphy & King, 2014, p. 99

En cuanto al procedimiento se debe tener en cuenta lo siguiente:

Los receptores en fachadas deben ser ubicados a 0.1 metros de la fachada, espaciados entre puntos de 3 metros, a una altura de 4 metros.

Una vez conocidos los niveles en los puntos de los receptores, se procede a estimar el número de residentes en cada edificación por metro cuadrado, luego de esto se asigna un valor promedio de personas.

Luego de realizada la asignación de los datos de población por edificación, se procede a calcular los indicadores y clasificarlos por categorías. Esto dependerá de la información proporcionada para este cálculo.

Respecto a los planes de acción, estos se los realiza principalmente para reducir el número de habitantes expuesto al ruido. Este tipo de planes deben ser evaluados quincenalmente para comprobar que estos se cumplan. Entre los puntos más importantes de los planes de acción están: La planificación de movilidad, planificación territorial, optimización de tecnología en fuentes de ruido, aislamiento acústico, regulación de normas, sanciones o penalizaciones económicas, sensibilización y educación (Barti, 2013).

Mapa de ruido de conflicto: Es aquel que realiza una comparación de una

situación existente o prevista y los objetivos deseados.

Knauss (2002) ha estudiado el diseño de los mapas de ruido y los niveles de molestia en dos ciudades Europeas: Birmingham y Linz. Este autor calcula mapas de ruido dependiendo de la información geo-espacial, tales como datos disponibles de edificios, el perfil del suelo, el tráfico en las vías y la distribución de la población.

Este tipo de investigaciones se conocen como cartografía de ruido, además son importantes ya que a partir de la distribución de población se puede saber el número de personas afectadas por el ruido, además se puede localizar focos de ruido y el impacto de proyectos de ruido de tráfico.

Otro trabajo que encuentra en dichas relaciones es el desarrollado por Multi-Science (2004) donde, utilizando el análisis originado por el ruido de tráfico rodado y mediante un mapa del ruido estima los niveles de molestia e impactos para la ciudad de Londres. El diseño y desarrollo de mapas de ruido por tráfico urbano ha generado un creciente diseño de lo que se conoce como mapas de ruidos combinados que se utilizan para investigar los efectos del ruido por tráfico urbano sobre la salud y para verificar si las correlaciones empíricas entre niveles de molestia y ruido son suficientemente correctas (Sandoval 2005).

Para este tipo de mapas se utilizan 3 clases de métodos:

Método de grillas: Consiste en tomar un plano de una ciudad o área de ésta y superponer una trama de dimensión determinada, quedando definidos automáticamente los puntos en los que se realizarán las mediciones. La ventaja de esta técnica es que los puntos seleccionados se determinan de manera aleatoria ya que se puede abarcar una mayor área de muestras (Sandoval, 2005).

Método de vías: Se lo realiza con mediciones sobre las vías en circulación las cuales deben ser seleccionadas por características puntuales, de acuerdo a criterios ambientales y urbanísticos sobre el tráfico vehicular (Sandoval, 2005)

Método distributivo o sectorial: Consiste en fraccionar el área de estudio en sectores o áreas, utilizando criterios urbanísticos, geomorfológicos, poblacionales etc. (Sandoval, 2005).

2.9.1. Mapas estratégicos de ruido

La END (Environmental Noise Directive) es la entidad competente que se encarga de la elaboración de los mapas estratégicos de aglomeraciones. Se designa a los municipios como los responsables de la ejecución de la parte de los mapas estratégicos que correspondiesen a su término municipal (Sandoval, 2005).

El procedimiento para un mapa estratégico son:

Mapa de ruido, tal y como está definido.

Mapa de capacidad acústica

Mapa de superación de los niveles de inmisión

Número estimado de personas expuestas al ruido

El mapa estratégico cumple con los requisitos de determinar los niveles sonoros y la población expuesta. De esta forma el mapa obliga a que los municipios dispongan no solamente de los datos de población expuesta, sino de áreas de incumplimiento de los niveles permitidos y cuantificar la población que está expuesta a valores no permitidos.

Según Sandoval (2005) la elaboración de este conjunto de mapas puede parecer una tarea ardua, pero no lo es tanto si se utilizan sistemas de información geográfica (GIS). En el caso de municipios que disponen de GIS, una vez introducidos los datos del mapa de ruido y del mapa de capacidad, se puede hallar el mapa de superaciones y los datos de población expuesta. Por otra parte, el tener introducidos los datos sonoros en el mismo GIS que el resto de datos del municipio (localización de actividades y equipamientos sensibles,

por ejemplo), puede facilitar enormemente la tarea de la zonificación acústica de la aglomeración, puesto que se pueden superponer fácilmente diferentes mapas temáticos (uso del suelo, densidad de población, tráfico etc.) con el mapa de ruido (Sandoval, 2005). Además se puede elaborar una serie de criterios para la elaboración de un mapa de ruido a continuación algunos puntos importantes:

Posibilidad de hacerlo por medida o por simulación.

Combinación de medidas de corta y larga duración para determinar los valores de Ldn.

Diferenciación del ruido según su origen: tráfico, tráfico ferroviario, industrial y, además, lúdico

Las medidas de ruido o datos de tráfico deben ser representativas de todos los tipos de calle, independientemente del nivel de ruido previsto. Esto obliga incluso a tener datos de las calles más silenciosas y evita el uso de técnicas de muestreo espacial por malla regular.

2.10. CadnaA

CadnaA es un *software* de cálculo y evaluación de ruido. Puede ser utilizado eficientemente en cualquier escala, comenzando con unos cuantos receptores en un barrio, hasta proyectos de mapeo de ruido de países enteros. Este programa trabaja para diversos tipos de fuentes: carreteras, ruido ferroviario, aeronáutico e industrial. El enfoque de tener una interfaz para todo el programa, sin separación modular, permite los usuarios empezar rápidamente a utilizarlo. Mientras que la existencia de técnicas de organización de proyectos y herramientas de evaluación permiten manejar incluso proyectos con facilidad. Con *CadnaA*, las partes del programa que se requieren para la mayoría de los proyectos, como la visualización avanzada técnicas en 2D y 3D y una gran cantidad de formatos de importación, se implementan en todas las configuraciones.

Los usuarios que quieran realizar tareas especiales, como evaluaciones estadísticas para proyectos de mapeo de ruido, puede actualizarse con opciones separadas si es necesario. Este programa también permite obtener valores estadísticos del impacto acústico en la población (Pinto y Mardones, 2009).

2.11. Elaboración de un mapa de ruido

Para elaborar un mapa de ruido se deben seguir los siguientes pasos:

Recopilar datos en bruto, preparar, almacenar y consultar estos datos.

Calcular los niveles de ruido en los modelos informáticos.

Calcular niveles acumulativos de ruido (cuando hay diferentes fuentes).

Determinar los contornos de ruido.

Determinar los efectos del ruido.

Presentar el impacto del ruido.

Los datos y métodos de entrada requeridos dependen de la precisión que se pretenda conseguir, esta recolección de datos referente a la emisión de ruido, barreras de ruido y altura de edificios, se calcula sobre una malla de puntos. Estos resultados se utilizan para determinar contornos de ruido que interpolan los contornos, los cuales se combinan con polígonos que contienen el número de edificaciones para evaluar las afectaciones por el ruido.

Los polígonos que contienen el número de casas son el resultado de una conversión de áreas de por lo menos de una grilla de 10 x 10 metros.

2.12. Legislación

2.12.1. Ordenanza No 0138

La ciudad de Quito cuenta con la Ordenanza Metropolitana No. 0138 (2016), que se encuentra en el Libro del Régimen Administrativo del Suelo en el Distrito Metropolitano de Quito. Esta Ordenanza tiene como objetivo lo siguiente: *“Artículo...(1).- Objetivo.- Las disposiciones de este libro tienen por objeto establecer el Régimen Urbanístico del Distrito Metropolitano de Quito, es decir, regular dentro de los límites de su circunscripción, con competencia privada, exclusiva y prevalente, la ordenación, ocupación, habilitación, transformación y control del uso del suelo, edificaciones, subsuelo y espacio aéreo urbano hasta la altura máxima permitida por la zonificación.”*

En el Artículo 22 se menciona el Plan de Uso y Ocupación del Suelo (PUOS), que forma parte del Plan Metropolitano de Ordenamiento Territorial (PMOT). El cual se encarga de delimitar las zonas de circunscripción territorial, establecer los usos de suelo, la compatibilidad entre el uso de suelo y la actividad que se va a realizar. Este plan tiene una vigencia de 5 años luego de los cuales se podrá actualizar siendo aprobado por el Concejo Metropolitano.

2.12.2. Libro VI: Calidad ambiental

Anexo 5: Límites permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas y fuentes móviles, y para vibraciones. Este anexo detalla los límites permisibles de emisión de ruido en el ambiente de fuentes fijas, métodos y procedimientos para determinar los niveles de ruido, medidas de prevención y mitigación de ruido y los límites permisibles de emisión de ruido para vehículos. Es importante mencionar que los límites establecidos en esta norma no se pueden comparar con los resultados que genera el mapa de ruido en este estudio ya que estos muestran los valores para fuentes móviles de ruido.

Tabla 1.

Niveles máximos de emisión para fuentes fijas de ruido

NIVELES MÁXIMOS DE EMISIÓN DE RUIDO PARA FFR		
Uso de suelo	LKeq (dB)	
	Periodo Diurno	Periodo Nocturno
	07:01 hasta 21:00 horas	21:01 hasta 07:00 horas
Residencial (R1)	55	45
Equipamiento de Servicios Sociales (EQ1)	55	45
Equipamiento de Servicios Públicos (EQ2)	60	50
Comercial (CM)	60	50
Agrícola Residencial (AR)	65	45
Industrial (ID1/ID2)	65	55
Industrial (ID3/ID4)	70	65
Uso Múltiple	Cuando existan usos de suelo múltiple o combinados se utilizará el LKeq más bajo de cualquiera de los usos de suelo que componen la combinación. Ejemplo: Uso de suelo: Residencial + ID2 LKeq para este caso = Diurno 55 dB y Nocturno 45dB.	
Protección Ecológica (PE) Recursos Naturales (RN)	La determinación del LKeq para estos casos se lo llevará a cabo de acuerdo al procedimiento descrito en el Anexo 4.	

Tomado de Anexo 5, TULSMA, 2015, p. 5.

2.13. Normas internacionales

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), establece valores permisibles de ruido para un confort auditivo, ambiental y prevención de pérdida auditiva los cuales se muestran en la figura.

Tabla 2.

Límites permisibles de nivel de ruido por la OMS.

Entorno	Nivel de sonido dB(A)	Tiempo (h)	Efecto sobre la salud
Exterior de viviendas	50 - 55	16	Molestia
Interior de viviendas	35	16	Interferencia con la comunicación
Dormitorios	30	8	Interrupción del sueño
Aulas escolares	35	Duración de la clase	Perturbación de la comunicación
Áreas industriales, comerciales y de tráfico	70	24	Deterioro auditivo
Música en auriculares	85	1	Deterioro auditivo
Actividades de ocio	100	4	Deterioro auditivo

Tomado de Guías para el ruido urbano. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 1999, p. 12.

Se toma en cuenta la Ordenanza Española de 25 de febrero del 2011 de “Protección Contra la Contaminación Acústica y Térmica”. (Anexo III), la cual da a conocer los niveles y límites permisibles.

Tabla 3.

Límites permisibles de nivel de ruido de acuerdo al Anexo III, Artículo 16.

Uso del local receptor	Tipo de estancia o recinto	Índices de ruido		
		Descriptor $L_{K_{eq,5s}}$		
		Día	Tarde	Noche
Sanitario	Estancias	40	40	30
	Dormitorios	30	30	25
Residencial	Estancias	35	35	30
	Dormitorios	30	30	25
Educativo	Aulas	35	35	35
	Despachos, salas de estudio o lectura	30	30	30
Hospedaje	Estancias de uso colectivo	45	45	45
	Dormitorios	35	35	25
Cultural	Cines, teatros, salas de conciertos. Salas de conferencias y exposiciones	30	30	30
Administrativo y de oficinas	Despachos profesionales	35	35	35
	Oficinas	40	40	40
Restaurantes y cafeterías		45	45	45
Comercio		50	50	50
Industria		55	55	55

Tomado de Guías para el ruido urbano. Centro Panamericano de Ingeniería ordenanza, 2011, p. 12.

Basado en las legislaciones internacionales, como consta en la Norma Colombiana de Ruido Ambiental, en la figura se muestra los valores máximos permitidos en esta norma.

Tabla 4.

Niveles máximos de ruido ambiental norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental de Colombia.

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido en dB(A)		Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Día	Noche	Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	50	55	45
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	55	65	50
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.				
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.				
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	75	75	70
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	60	70	55
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	55	65	50
	Zonas con usos institucionales.				
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre.	80	75	80	70
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.	55	50	55	45
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.				
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.				

Tomado de Revisión de la normatividad para el ruido acústico en Colombia y su aplicación. Entramado, 2015, p. 267.

3. Descripción de la zona de estudio: Centro Histórico

El Centro Histórico de Quito es el mayor conjunto patrimonial de América Latina. Es una de las 32 parroquias urbanas del Distrito Metropolitano de Quito. Posee alrededor de 130 edificaciones monumentales y más de 5000 inmuebles registrados como patrimonio histórico (Empresa Pública Metropolitana de Gestión de Destino Turístico, 2011). El Núcleo Central y la Periferia son las dos zonas edificadas que conforman el Centro Histórico de Quito. La primera comprende el tradicional barrio González Suárez, con 55 manzanas en 56 hectáreas; mientras que, la Periferia tiene 14 barrios, conformados por 229 manzanas en 320 hectáreas de superficie. El Panecillo, El Itchimbia, El Placer, las estribaciones del Pichincha y lo correspondiente al Río Machángara

enmarcan el espacio de protección natural. En términos generales, entre los inmuebles del Estado, del Municipio y de la Iglesia ocupan el 18,89% del área patrimonial del Centro Histórico de Quito; el espacio público constituye un 29,79% y el restante 51,32% reside en propiedades privadas (Del Pino, 2010). De los 3.049.292 m² construidos, el 46,76% es utilizado como vivienda, mientras que el 53,24% restante presenta otros usos (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2013). En 1978 la UNESCO declara al Centro Histórico de Quito como Patrimonio Cultural de la Humanidad, “El nombramiento se basó en el ensamble del centro histórico, considerado *sui generis* y armónico para la época, en donde las acciones del hombre y la naturaleza se juntaron para crear una obra trascendental” (García, 2013, p. A2). Aproximadamente se habla que posee una superficie de 376 hectáreas de las cuales 264 hectáreas son construidas según Ilustre Municipio de Quito. Comprende además 54 hectáreas en las cuales se concentra la mayor parte de atractivos turísticos (Costales, 2014).

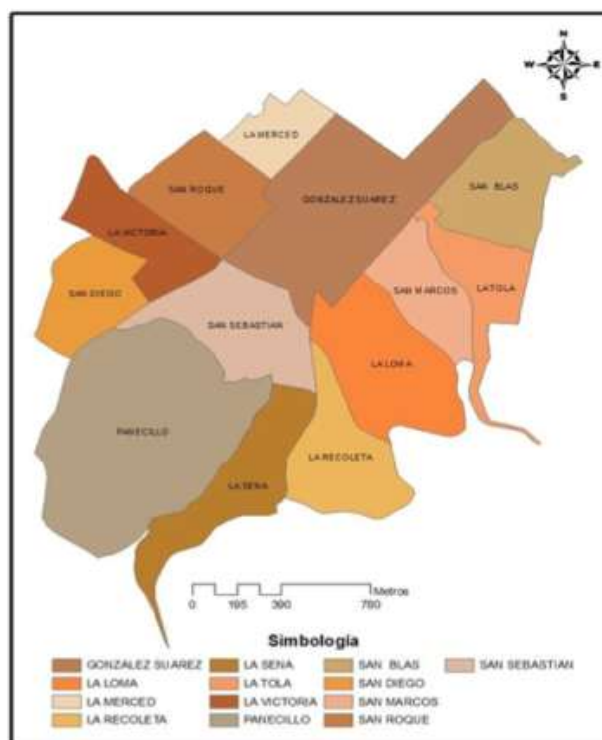


Figura 11. Barrios del Centro Histórico de Quito

Tomado de Costales, 2014, p. 16.

3.1. Número de Habitantes Centro Histórico

Según el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, (2013). En el año 1990, se registró una población residente de 58.300 personas; para el Censo de 2001, el conteo fue de 50.982 habitantes; mientras que, al 2010 se estableció una cantidad poblacional de 40.587, con una proyección para el 2014 de 36.610 habitantes (MDMQ-STHV, 2011). De esta cifra, el 50,6% eran mujeres y el 49,4%, hombres, con una densidad global de 108,2 hab/ha y una urbana de 110,4 hab/ha.

Tabla 5.

Población del centro histórico por grandes grupos

EDADES	HOMBRES	MUJERES	TOTAL	%	% AC
<5 años	1782	1682	3464	8,5	8,5
5 – 11	2655	2549	5204	12,8	21,3
12 – 18	2644	2610	5254	12,9	34,3
19 – 35	6156	6066	12222	30,1	64,4
36 - 64	5471	5871	11342	27,9	92,3
>65	1343	1758	3101	7,6	100,0
TOTAL	20051	20536	40587	100,0	

3.2. Zona turística Centro Histórico

En el año 2012 se emite una Ordenanza Municipal que expone al Centro Histórico como “Zona Especial Turística”, esto ayudará para fomento, desarrollo y promoción de la actividad turística dentro del mismo. La delimitación de la Zona Especial Turística del Centro Histórico de Quito (ZET) tiene como límites: al norte la calle Briceño, al sur la calle Ambato, al Occidente la Avenida Mariscal Sucre y al Oriente la calle Pichincha (se incluye en la delimitación al Panecillo y al Itchimbía), que corresponde prácticamente a la misma delimitación del núcleo del Centro Histórico de Quito, y que como particularidad, en la ZET incluye al Panecillo y al Itchimbía (Costales, 2014).

“La promoción turística es uno de los grandes componentes que tiene que ver con las políticas y acciones municipales y las intervenciones particulares que se han desarrollado en función de atraer, orientar, fomentar y proteger al turista que visita el área. En este sentido, tiene una importancia especial la reciente creación de la Corporación Metropolitana de Turismo, así como el Plan de Promoción Turística preparado por la Empresa del Centro Histórico” (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2003).

De acuerdo al proyecto de Revitalización del Centro Histórico de Quito realizado por Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda MIDUVI, se da a conocer los problemas los cuales afectan al lugar entre ellos:

Gestión institucional deficiente y descoordinada.

Altos índices de pobreza.

Dificultades de accesibilidad y movilidad.

Incompatibilidad de grandes equipamientos.

Deterioro de edificaciones patrimoniales.

Ausencia de actividad por la noche.

Altos índices de delincuencia y percepción de inseguridad.

Malas condiciones ambientales.

Uso inadecuado de los espacios públicos.

Escasa población residente.

Equipamientos culturales y recreativos subutilizados.

Se describe a continuación los ejes más importantes:

Dificultades de accesibilidad y movilidad

La característica principal del Centro Histórico se basa en su topografía. Este es un factor importante de movilización entre las zonas norte y sur de la ciudad,

siendo este un punto de gran congestión vehicular. Además se mantiene inalterable en gran medida la estructura urbana colonial, haciendo que sus avenidas no posean la capacidad de asumir dicho flujo generando problemas de congestión y de contaminación ambiental y acústica.

Malas condiciones ambientales

Los altos niveles de contaminación acústica y ambiental causados por el tráfico excesivo, implican en una mala calidad ambiental. Los efectos causados son nocivos para la población además que aceleran el proceso de degradación del patrimonio edificado del Centro Histórico.

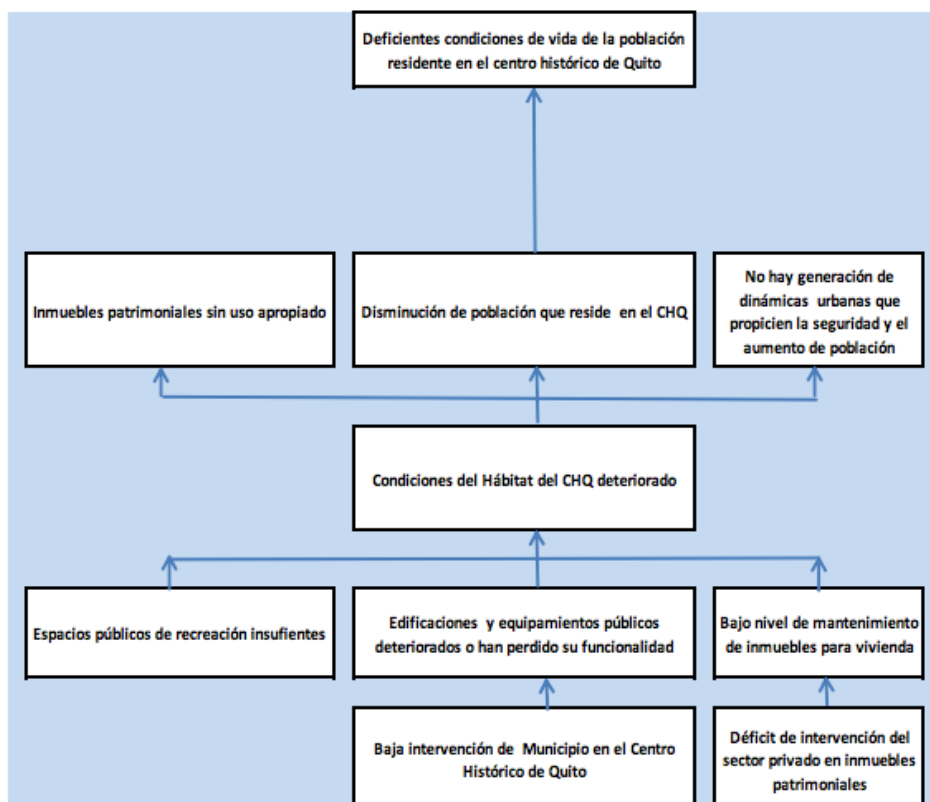


Figura 12. Factores contaminantes del Centro Histórico

Tomado de Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2013, p. 9

3.3. Transporte y movilidad

Este es uno de los aspectos más importantes en relación a la problemática

urbana del Centro Histórico. Sin embargo las exigencias actuales del tráfico urbano sobrepasan la capacidad de las mismas. Basándose en las cifras del Censo del año 2010, el 87,9% de las vías tienen una cobertura de adoquín, pavimento o cemento rígido, sobre las cuales circulan los tres servicios de transporte masivos: el Trolebús, el Metrobús y la Ecovía (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2013).

Las principales calles que permiten la circulación y que conectan de sur a norte de la ciudad pasan por el Centro Histórico, en cuanto a las calles que conectan el este-oeste destacan la calle Chile, que recorre los barrios de La Tola, La Marín e Ipiales.

La afluencia de tráfico en este sector constituye un importante problema para la conservación del patrimonio edificado, debido en gran medida a la contaminación acústica, así como a las vibraciones producidas.

En este sentido, se estima que alrededor de 300.000 personas circulan por el Centro Histórico de Quito en un día habitual (Del Pino, 2010). “Por otro lado, el 55% de los usuarios de las 30 líneas de transporte público que recorren el Centro Histórico de Quito solo está de paso, según datos extraídos del taller de junio de 2012” (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2013).

En cuanto a espacios de estacionamientos la Empresa Pública Metropolitana y Obras Públicas (EPMOP) tienen a cargo la gestión y administración del Sistema de Estacionamientos de Quito (SEQ). Existen 1.671 plazas en el Centro Histórico, repartidas en 6 edificios, los cuales operan las 24 horas del día. La dificultad en la accesibilidad y la deficiente operatividad del transporte provocan que la velocidad promedio en el Centro Histórico sea de 3 km/h, cuando el promedio en la Ciudad es de 50 km/h (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2013).

Tabla 6.

Estacionamientos en el Centro Histórico.

NOMBRE DEL ESTACIONAMIENTO	NÚMERO DE PLAZAS
Cadisán	393
La Ronda	251
San Blas	377
Montúfar 1	102
Montúfar 2	245
El Tejar	303
TOTAL	1671



Figura 13. Ubicación de la parroquia de Centro Histórico de Quito dentro del Distrito Metropolitano de Quito
Tomado de Costales, 2014, p. 14.

4. Metodología

Hay muchos enfoques para mapear ruido, pero sigue siendo un campo bastante nuevo. El principal enfoque es el uso de *software* sofisticado que utilice todos los elementos y procesos involucrados, incluyendo fuentes de ruido, topografía, edificios y otras barreras, superficies absorbentes y reflectantes condiciones meteorológicas y una variedad de información de carreteras y tráfico. Una opción común es simplemente interpolar entre puntos de medición de ruido de muestra y superponer el ráster resultante en un mapa.

La creación de un mapa de ruido parece al principio como cualquier otro ejercicio de interpolación. Uno podría tomar medidas de muestra en una variedad de lugares y utilizar una de las herramientas de *ArcGIS* para interpolar los valores desconocidos entre los conocidos. Sin embargo es importante acotar que la escala de decibelios es logarítmica, no lineal. Esto se debe a que la gama de niveles sonoros es tan amplia y que la escala logarítmica corresponde a la percepción por el oído humano de la sonoridad relativa de diferentes sonidos (Oliviera 1999). Cada aumento de diez decibelios es una duplicación de la sonoridad subjetiva. Por lo tanto, con el fin de interpolar con precisión las mediciones de ruido, se debe entender y emplear las reglas de la atenuación acústica. El sonido es una onda que viaja por el aire, perdiendo energía a medida que se mueve hacia afuera en todas direcciones. La atenuación es definida como el "debilitamiento en la fuerza o la intensidad" (Princeton 2013). Además, al combinar los niveles de sonido de múltiples fuentes, no se puede simplemente añadir o promedio de los niveles de decibelios.

4.1. Generación del mapa de ruido

Al momento de establecer una estandarización para la optimización de un mapa de ruido se debe tener en cuenta los siguientes pasos los que estrictamente se deben seguir para que el proyecto tenga validez. Entre estas

están:

Recopilar datos en bruto, preparar, almacenar y consultar estos datos

Calcular los niveles de ruido en los modelos informáticos.

Niveles acumulativos de ruido (cuando existan diferentes fuentes).

Determinar los contornos de ruido.

Determinar los efectos del ruido.

Presentar el mapa del impacto del ruido.

Esta investigación se fundamenta en normas estandarizadas europeas como la guía de buenas prácticas para la generación de mapas de ruido de la comisión Europea (WG-AEN) y normativas vigentes nacionales; como el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA).

Las variables que serán ingresadas al programa de simulación *CadnaA* serán relevantes ya que dependerá del modelo predictivo a utilizar. En este caso será el modelo alemán RLS 90, ya que se describe como el modelo mas representativo para las condiciones reales de contaminación acústica para Ecuador (Guarderas, 2011; Gonzaga, 2015).

En el modelo alemán se utilizan las siguientes variables:

- Número de vehículos por periodos de día: diurno, vespertino y nocturno.
- Velocidad de circulación.
- Porcentaje de vehículos pesados.
- Características de la superficie de la vía.

El RLS 90 es el modelo estándar alemán para predecir ruido de carretera y de semáforos. Se determina el ruido de emisión (Lme) a 25 metros de distancia de la carretera y a 4 metros sobre el suelo. Este parámetro debe tomar en cuenta

las características de tráfico como la velocidad, tipo de automotor según su característica (liviano, medio pesado, pesado), el tipo de carretera, asfalto y con su respectiva inclinación (Gómez et. al., 2015).

La siguiente ecuación corresponde todos los parámetros necesarios para el cálculo.

$$L_{me} = L_{25} + C_s + C_{rs} + C_g + C_r \quad \left| \right. \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Dónde:

L₂₅: Nivel estandarizado asumiendo una velocidad de 100 km/h para los autos y 80 km/h para pesados, con una superficie compuesta de asfalto con una pendiente inferior de 5% y de libre propagación.

$$L_{25} = 37.5 + 10 \times \log_{10} [M \times (1 + 0.082 \times P)] \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Dónde:

M: Número de vehículos por hora.

P: Porcentaje de vehículos superiores a 2.800 kg.

C_s, C_{rs}, C_g y C_r: Correcciones para la velocidad, la superficie de la carretera, gradientes y múltiples de reflexión.

El cálculo de emisión en parqueaderos está dado por:

$$L_{m,E}^* = 37 + 10 \cdot \log(N, n) + D_p, \quad \text{(Ecuación 7)}$$

Dónde:

N: Es el número de vehículos por hora, por estacionamiento.

N: Es el número de parqueaderos

Dp: Es una corrección por el tipo de estacionamiento

La adición por tipo de parqueadero en RLS-90 define el incremento de:

0 dB para parqueaderos de automóviles

5 dB para parqueaderos de motocicletas

10 dB para parqueaderos de buses y camiones

Finalmente con los datos obtenidos se obtiene la ecuación que caracteriza el nivel de presión sonora para la vía, incluyendo el efecto de la señalización de tránsito.

$$L_r = L_m + K,$$

(Ecuación 8)

Donde

Lm: Es el nivel medio ponderado (A)

K: Es la adición para el efecto de incremento por parte de las interacciones de semáforos e intersecciones.

La metodología inicia delimitando la zona a ser estudiada mediante la ayuda de *Google Maps*, la cual nos proporcionará imágenes satelitales, fotografías, y vista 3D, que son de utilidad para el reconocimiento del sitio de estudio. Se debe tener muy en cuenta las zonas las cuales serán estudiadas, ya que este proyecto modelará el ruido generado por tráfico rodado. En este caso se toma en cuenta focos de ruido de tráfico, los cuales serán analizados con conteos y validados con mediciones In situ. La investigación se basa en este problema y no en ruido producido por otras fuentes.

Los mapas de delimitación de parroquias zonales, tipo de vías, uso de suelo, densidad poblacional, número de automotores del Centro Histórico son suministrados por la autoridad municipal, Secretaria de Territorio, Hábitat y

Vivienda del DMQ (sthv.quito.gob.ec), Secretaria de Movilidad del DMQ así como también el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC.

Los datos de posicionamiento del sector son indispensables ya que esto ayudará a referenciar correctamente en el programa de modelamiento *CadnaA*. Los archivos que contengan curvas de nivel, avenidas, edificaciones deben estar muy bien geo referenciadas ya que de estos dependerá de la ubicación de edificios, vías, parqueaderos, áreas de recreación, áreas de absorción y atenuación. Además puede existir incompatibilidades entre sistemas como *ArcGIS*, *OpenStreetMap* y *CadnaA*. Estas incompatibilidades se pueden solucionar georeferenciando en las coordenadas correctas del sector en cada uno de ellos.

La información de curvas de nivel se la obtuvo por parte del Instituto Geográfico Militar, esta institución se encarga de la elaboración de la cartografía a nivel nacional. La información de edificaciones fue proporcionada por el departamento de Catastros del Municipio Metropolitano de Quito. Datos de conteos vehiculares en las calles principales proporcionados por la Secretaría de Movilidad del Municipio Metropolitano de Quito. Los datos de calles y avenidas proporcionadas por el sistema en línea *OpenStreetMap*.

La preparación, obtención de información y el diseño del mapa de ruido será primordial para obtener los resultados que ayudan a dar soluciones como planes contingentes de prevención, una mejor planificación territorial y vial, esto mejora sustancialmente la contaminación ambiental ocasionada por el ruido.

Para hacer válida la simulación se realizaron mediciones in situ en diferentes días, horarios y conteos de flujo vehicular en lugares estratégicos del Centro Histórico.

4.2. Modelo Digital del Terreno MDT

Este estudio se basa en la creación del modelo cartográfico por medios

virtuales. Para realizar este proceso se tomará en cuenta la información proporcionada del INEC. La misma que consta en la figura 14, en el cual se puede visualizar el límite parroquial del Centro Histórico con coordenadas las cuales se usaron para georeferenciar el lugar.



Figura 14. Parroquia Centro Histórico de Quito

Tomado de Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda- MDMQ, 2012.

El software *Google Earth* que se observa en la figura 15 ayudará a verificar los puntos de coordenadas UTM (*Universal Transverse Mercator*). Se utilizan marcadores para establecer puntos de referencias y crear un polígono que solo enmarque la parroquia Centro Histórico.

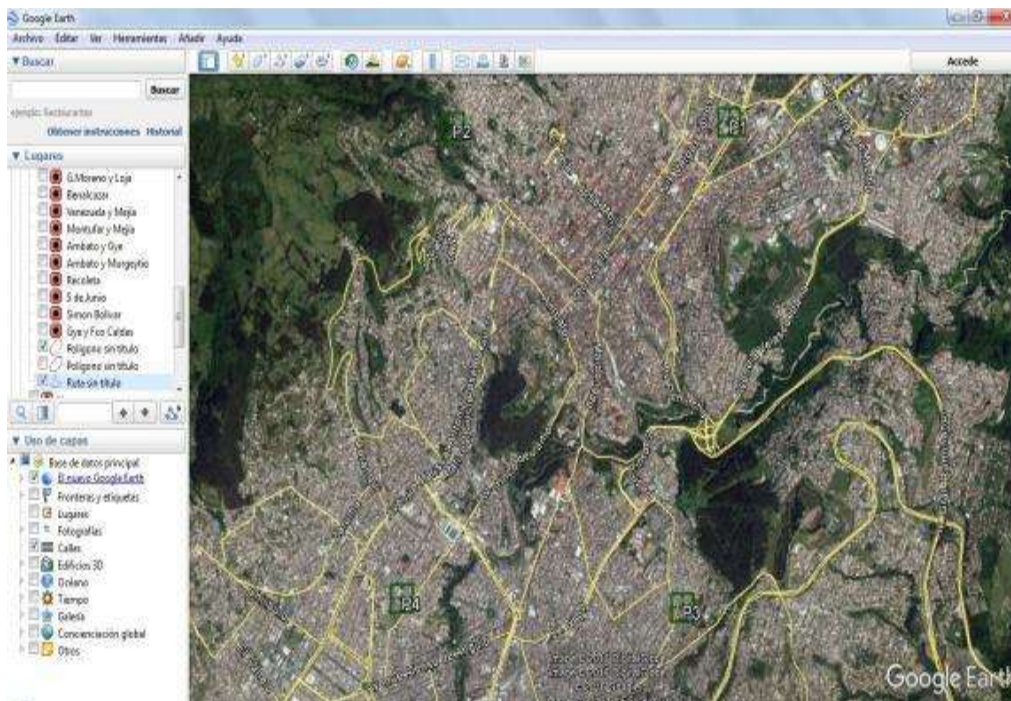


Figura 15. Delimitación Google Earth Parroquia Centro Histórico de Quito
Tomado de Google Earth, 2017.

Los puntos UTM verificados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 7.

Punto de Georeferenciación.

Referencia	Coordenadas
Punto 1	778000.00 Este 9976500.00 Norte (m)
Punto 2	775486.00 Este 9976403.00 Norte (m)
Punto 3	777668.00 Este 9973042.00 Norte (m)
Punto 4	775111.00 Este 9973038.00 Norte (m)

Se procede a la exportación de la imagen para georeferenciar en ArcGIS. Esto ayuda a delimitar la zona ya que el archivo proporcionado por el Instituto Geográfico Militar consta la totalidad del Centro Histórico, según figura 16.

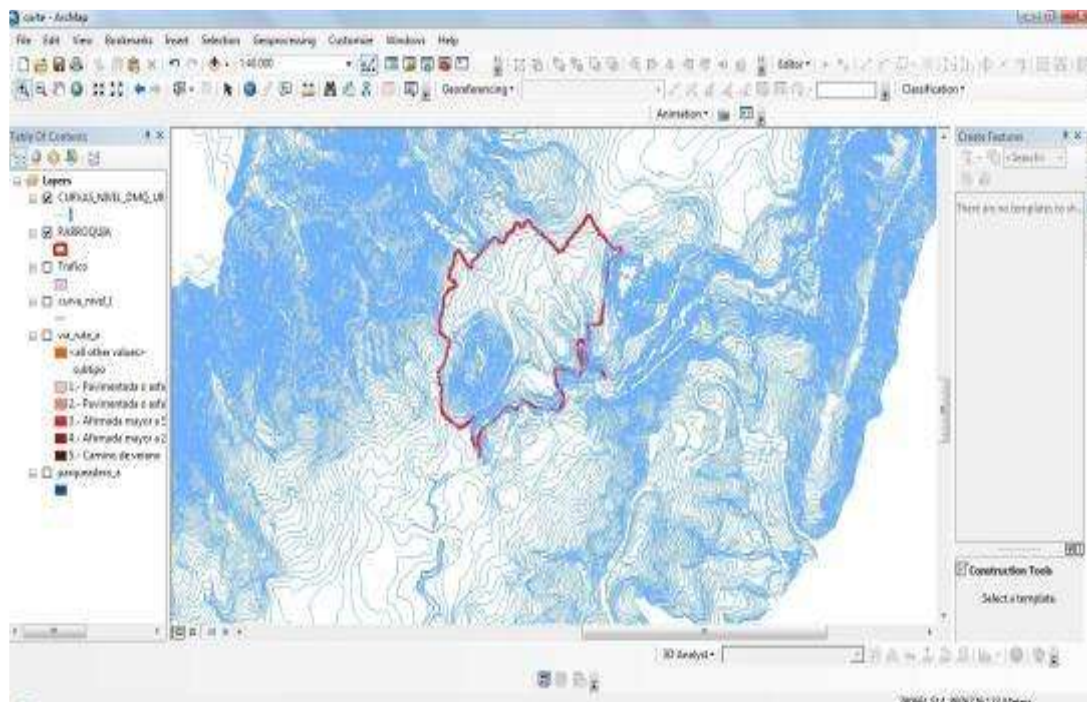


Figura 16. Límite y curva de nivel Parroquia Centro Histórico de Quito

Ya que dichas coordenadas condicionan la exactitud de la georeferenciación, se debe realizar el mismo sistema de referencia en todas las plataformas utilizadas. El sistema geodésico para la zona sur es WGS84 de coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator). Se especifica a Quito en la Zona 17S del hemisferio Sur.

Las variables de altitud del terreno se recolectan en cada uno de los píxeles de la imagen en una escala. Este tipo de atributo se lo guarda en una base de datos que serán parte de un vector. Es importante la ubicación de al menos 4 coordenadas de referencia ya que existe un margen de error que se da por la desviación media cuadrática entre escalas. La desviación tiende a disminuir con el número de coordenadas y aumenta con la escala que se le dé a la imagen o plano.

A continuación se detalla la tabla de las escalas con su desviación.

Tabla 8.

Desviación estándar al georeferenciar

Escala	Desviación estándar
Escala 1:500	5
Escala 1:5000	20
Escala 1:10000	30

Teniendo en cuenta la escala a ser muestreada se procederá a colocar la imagen proporcionada por *Google Earth* en la plataforma *ArcMap*. A continuación se creará una capa nueva de curva de nivel que solo incluya la parroquia Centro Histórico.

Se realizará un corte de curva de nivel a un radio de 500 metros que consta en la figura 17, para conseguir una muestra más precisa del terreno a modelar en *CadnaA*.

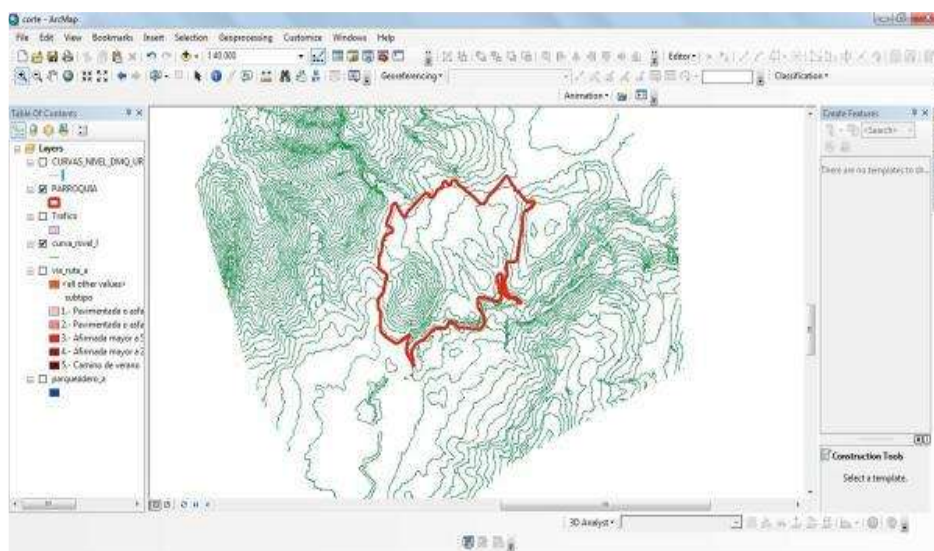


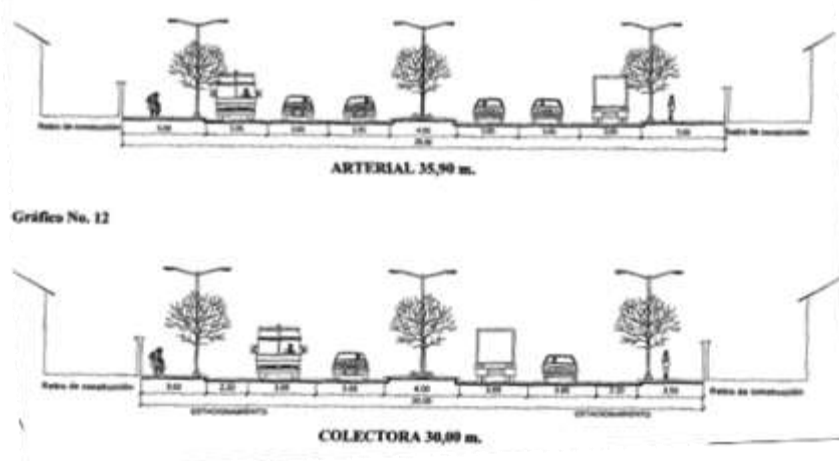
Figura 17. curva de nivel 500m Parroquia Centro Histórico de Quito

Este archivo será exportado a la plataforma *CadnaA* como un *shape* (.shp) de *ArcMap*. La principal importancia de manejar ciertos tipos de capas o *shapes* en *ArcGIS* es permitir validar las coordenadas en cualquier sistema de georeferenciación.

4.3. Modelamiento y exportación de vías y calles del Centro Histórico

La Normativa de Arquitectura y Urbanismo del Distrito Metropolitano de Quito (Ordenanza Municipal No. 3746, 2008), y los cuadros de clasificación del sistema vial urbano del Distrito se utilizaron para edificar el perfil de vías adecuado al tipo, medidas y tipologías constructivas de las mismas. La categorización de las vías que comunican y atraviesan a la parroquia se clasificaron según los criterios del sistema vial de la EPMMOP en: Vías arteriales, colectoras principales, colectoras secundarias y locales.

En la parroquia Centro Histórico proliferan las vías locales, muy pocas colectoras y arteriales, por esta razón se debe tener en cuenta este factor, ya que dependerá el tipo de flujo de vehículos que se dé. A continuación se presentan las vías según su categoría y característica.



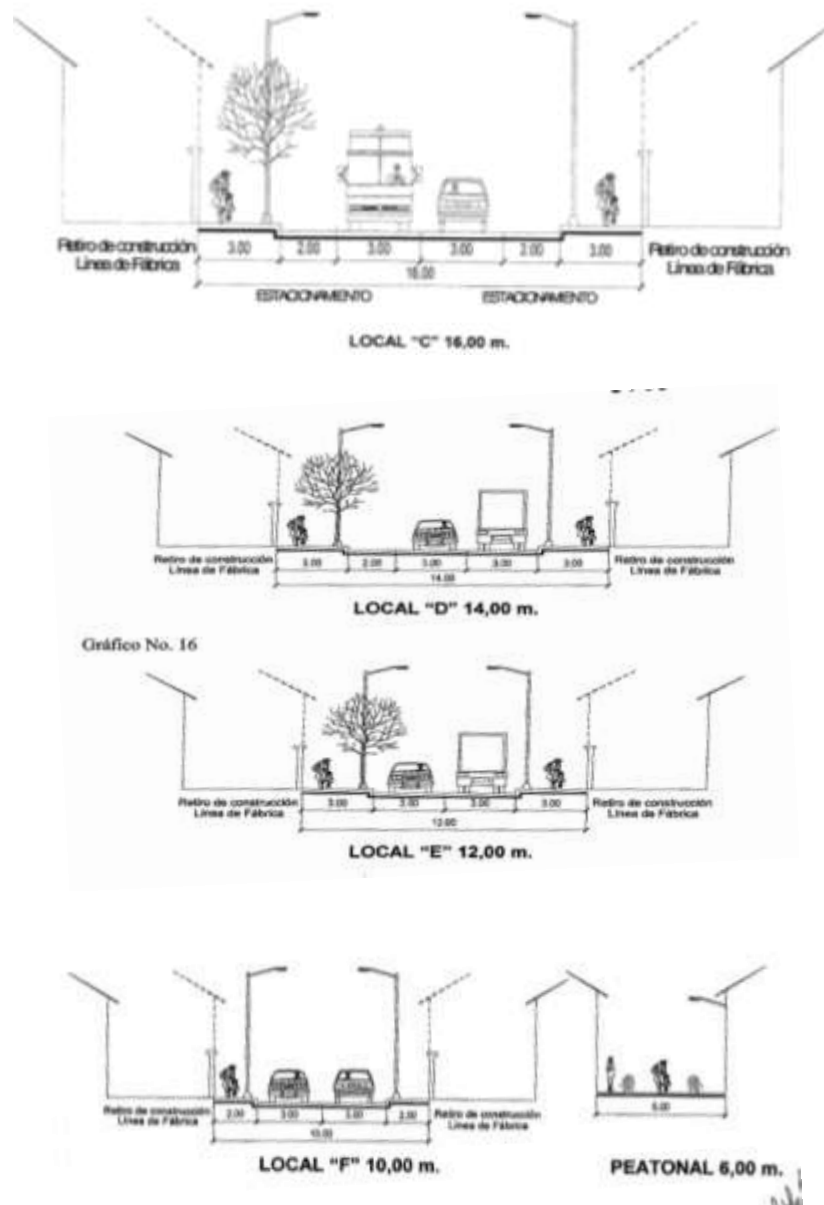


Figura 18. Clasificación de vías

Tomado de Norma de arquitectura y urbanismo del DMQ, Ordenanza 3746, 2008.

4.3.1. OpenStreetMap (OSM)

La herramienta más poderosa que posee el diseño actual de geoposicionamiento es el sistema en línea llamado OpenStreetMap; el cual es una plataforma de información geográfica alimentada por los usuarios mediante

trazados en *GPS*. El aporte de los usuarios también se lo puede dar usando editores disponibles libremente; la información puede ser de diferentes tipos como nombres de carreteras, edificios, etc (Neis y Zipf, 2012). Se pueden exportar archivos de extensión (.osm) que contienen todas las características que el usuario haya ingresado. Para este caso se usará la información proporcionada por *OpenStreetMaps* la cual será ingresada directamente a *CadnaA*.

El modo edición en OSM es de fácil acceso, el usuario puede crear una cuenta gratuita. Con esta opción puede ingresar al modo edición la cual es muy simple de usar, a continuación se explicará el proceso a seguir:

Se accede al modo edición desde la barra de estado de OSM que se encuentra en la parte superior, la cual ofrecen 3 tipos de edición punto, línea, área.

Punto: Añade restaurantes, oficinas, oficios, monumentos, buzones, postales u otros puntos al mapa. Consta de varios parámetros que se irán alimentando en la base de datos, entre ellos: nombre, dirección, hora de atención, capacidad, etc.

Línea: Añade carreteras, calles, pasos peatonales, aceras, canales, ríos u otras líneas al mapa. Consta de varios parámetros los cuales son: nombre, sentido, límite de velocidad, carriles, superficie, tipo de estructura (puente túnel, etc.).

Área: Añade parques, edificios, lagos, bosques u otras áreas al mapa, consta de varios parámetros los cuales son: nombre, propietario, dirección, tipo de edificio, hora de atención.

El sistema OSM facilita el diseño de infraestructura vial, el mismo que se puede exportar de manera directa. A continuación se mostrará la manera de exportar directamente de los archivos .osm de *OpenStreetMaps*:

Localizar el sector que se desea exportar.

Delimitar con un zoom adecuado. Lo más recomendable de 300m de distancia de alejamiento ya que si el zoom de pantalla es demasiado grande o abarca una gran área es probable que alguna calle u objeto no se exporte de manera correcta o no aparezcan en el mapa.

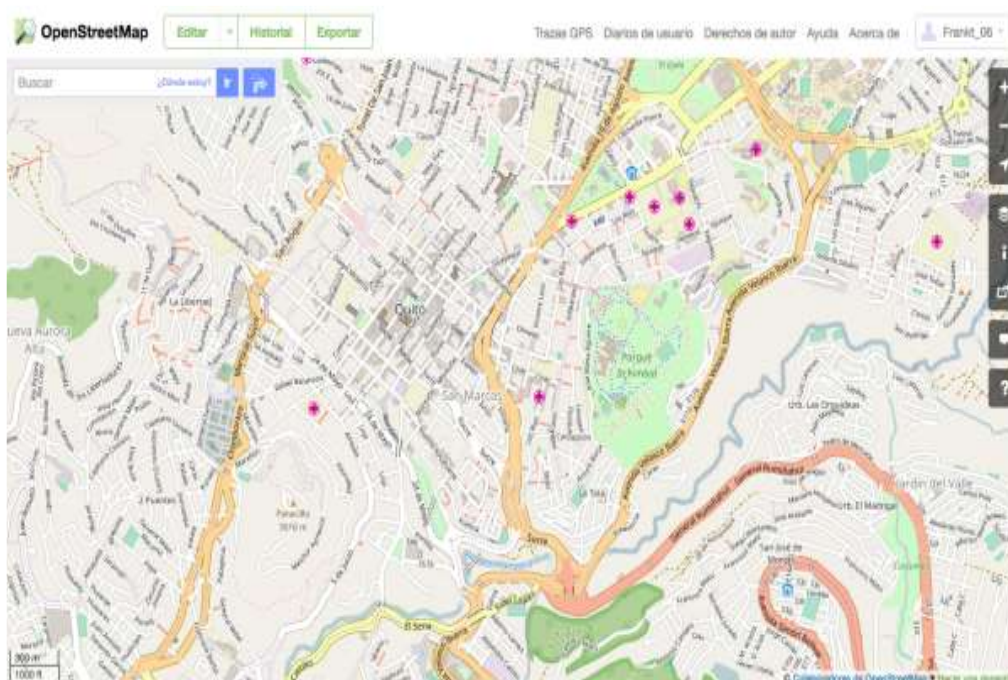


Figura 19. Vista de exportación Parroquia Centro Histórico de Quito

Una vez establecido el zoom apropiado se procede a exportar.

Se realiza la exportación resultando un archivo tipo .osm el cual será importado a *CadnaA*, según consta en *Figura 20*.

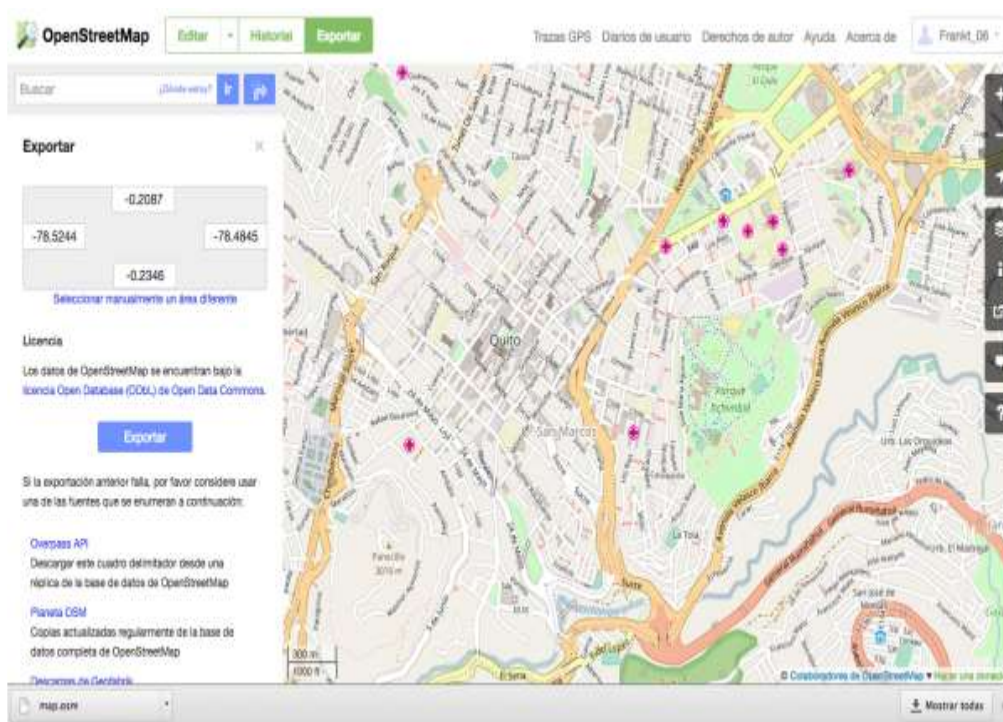


Figura 20. Exportación Parroquia Centro Histórico de Quito

Con este proceso se pueden obtener grandes resultados en cuanto al diseño de carreteras. Es importante tener en cuenta que al momento de exportar archivos a *CadnaA* se debe georeferenciar, para no tener problemas con el archivo de OSM.

Se proyectaron 306 calles cuya geometría fue digitalizada, las cuales poseen atributos de Nombre y un ID.

4.3.2. Conteos de tráfico vehicular

De acuerdo a la información proporcionada por la Secretaría de Movilidad del DMQ de las avenidas y calles más importantes del sector se debe realizar una proyección por hora y por semana. Además en las calles y avenidas que no se posean información del flujo se realiza un conteo manual de clases de vehículos livianos y pesados.

Para que el cálculo de la simulación sea más específico, se debe tener en

cuenta lo siguiente:

El porcentaje de vehículos pesados en el día y en la noche, el tipo de material de construcción de la superficie de la vía, la velocidad de los vehículos livianos y pesados en el sector, la afluencia de tráfico en diferentes zonas horarias.

En la siguiente figura se presenta el análisis de tráfico de las vías del Centro Histórico.

DÍA												
Sentido	Tipo de calzada	Tipo de vía	Autos 1	Pesados 1	Motos 1	Velocidad 1	Total 1	PROMEDIO	%	PESADOS	Autos 2	
un sentido (cuesta)	Asfalto	Local	128	16	11	30	433	72	0.5%	11%	130	
doble sentido (cuesta)	Asfalto	Arterial	310	98	54	40	1284	214	1.4%	23%	328	
un sentido (bajada)	Piedra	Colectora	172	16	12	35	564	94	0.6%	9%	182	
Doble sentido (Subida)	Asfalto	Local	148	10	20	30	474	79	0.5%	6%	153	
Un sentido (Bajada)	Asfalto	Local	214	13	22	30	678	113	0.8%	5%	220	
Un sentido	Asfalto	Colectora	200	4	36	35	612	102	0.7%	2%	187	
un sentido (bajada)	Piedra	Colectora	124	20	0	35	432	72	0.5%	14%	132	
un sentido (cuesta)	Asfalto	Colectora	104	12	15	30	348	58	0.4%	10%	110	
un sentido (subida)	Asfalto	Local	90	12	10	30	306	51	0.3%	12%	100	
Un sentido	Asfalto	Local	354	36	28	35	1170	195	1.3%	9%	361	
Un sentido	Adoquin	Local	100	2	20	40	300	50	0.3%	0%	105	
Un sentido (Bajada)	Miata (Asfalto y piedra)	Local	302	20	34	35	966	161	1.1%	6%	301	
doble sentido (cuesta)	Asfalto	Local	104	8	28	30	336	56	0.4%	7%	100	
Un sentido	Asfalto	Local	94	0	32	40	282	47	0.3%	0%	89	
Un sentido	Asfalto	Local	166	0	4	40	488	83	0.6%	0%	160	
doble sentido (cuesta)	Asfalto	Local	296	34	22	30	890	165	1.1%	10%	300	
Un sentido (dos carriles)	Asfalto	Local	350	100	62	50	1350	225	1.5%	22%	355	
Doble sentido	Asfalto	Local	292	42	58	40	1002	167	1.1%	13%	300	
doble sentido	Asfalto	Local	220	18	24	50	714	119	0.8%	8%	230	
doble sentido	Asfalto	Local	262	8	36	50	810	135	0.9%	3%	270	
doble sentido	Asfalto	Colectora	410	14	64	50	1272	212	1.4%	3%	415	
							14820					
NOCHE												
Sentido	Tipo de calzada	Tipo de vía	Autos	Pesados	Motos	Velocidad	Total	PROMEDIO	%	PESADOS		
un sentido (cuesta)	Asfalto	Local	1	0	0	30	3	0.5	0.0%	0%	37	
doble sentido	Asfalto	Arterial	159	4	16	50	483	81.5	3.2%	2%	4401	
un sentido (bajada)	Piedra	Colectora	10	2	1	35	36	6	0.2%	17%	324	
Doble sentido (Subida)	Asfalto	Local	30	3	0	30	99	16.5	0.7%	9%	891	
Un sentido (Bajada)	Asfalto	Local	15	1	2	30	48	8	0.2%	6%	432	
Un sentido	Asfalto	Colectora	13	0	8	35	36	6.5	0.3%	0%	351	
un sentido (bajada)	Piedra	Colectora	16	0	1	35	48	8	0.3%	0%	432	
un sentido (cuesta)	Asfalto	Colectora	16	0	1	30	48	8	0.3%	0%	432	
un sentido (subida)	Asfalto	Local	22	0	4	30	60	10	0.4%	0%	540	
Un sentido	Adoquin	Local	25	0	4	35	75	11.5	0.5%	0%	675	
Un sentido	Adoquin	Local	30	0	8	40	90	15	0.6%	0%	810	
Un sentido	Miata (Asfalto y piedra)	Local	40	1	6	35	123	20.5	0.8%	2%	1107	
doble sentido	Asfalto	Local	10	1	2	30	33	5.5	0.2%	9%	287	
Un sentido	Asfalto	Local	20	0	1	40	60	10	0.4%	0%	540	
Un sentido	Asfalto	Local	10	0	1	40	30	5	0.2%	0%	270	
doble sentido (cuesta)	Asfalto	Local	21	0	2	30	63	10.5	0.4%	0%	567	
Un sentido (dos carriles)	Asfalto	Local	146	20	7	50	488	83	3.3%	12%	4482	
Doble sentido	Asfalto	Local	20	6	2	40	78	13	0.5%	23%	702	
doble sentido	Asfalto	Local	52	8	4	50	180	30	1.2%	13%	1620	
doble sentido	Asfalto	Local	32	10	0	50	125	21	0.8%	24%	1134	
doble sentido	Asfalto	Colectora	80	20	5	50	300	50	2.0%	20%	2700	

Figura 21. Análisis de flujo vehicular periodo diurno y nocturno.

En el caso de calles y avenidas que no exista información de conteos y porcentajes de vehículos pesados. La guía de buenas prácticas para la generación de mapas de ruido y producción de datos asociados de exposición al ruido de la comisión Europea (WG-AEN) recomiendan lo siguiente:

Dividir al tráfico en tres periodos: Día, tarde, noche

Seleccionar muestras de tipos de vías con conteo de tráfico y extrapolar en zonas del mismo tipo de vías.

Usar datos oficiales por tipo de vía.

De acuerdo a los diferentes tipos de vía se ingresan los correspondientes valores de flujo de tráfico estándar, según se indica en la Tabla 9:

Tabla 9.

Recomendaciones para ingreso de flujo de tránsito vehicular en caso de no existir conteos.

Road type	traffic ³⁰		
	day	evening	night
Dead-end roads	175	50	25
Service roads (mainly used by residents living there)	350	100	50
Collecting roads (collecting traffic from service roads and leading it to & from main roads)	700	200	100
Small main roads	1,400	400	200
Main roads	Must undertake traffic counts or produce flows from a traffic model. See section 2.10		

Modificada de *Good practice for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure*, 2006.

4.3.3. Variables por señalización

Un parámetro importante en cuanto a la regularización de velocidad son los semáforos, ya que estos obstaculizan la velocidad media del vehículo. El automotor genera más ruido al momento de frenar y arrancar, esto se ve reflejado en vehículos pesados en la mayoría de los casos.

En el área de estudio se encuentran señalizadas por semáforos las siguientes vías arteriales y vías locales: Av. Pichincha, Luis Vargas, Mariscal Sucre, Manabí, 5 de Junio, Montúfar, Sucre, Alberto Enríquez, Jaime del Castillo, 24 de Mayo, Ambato, Bahía de Caráquez.

4.3.4. Variables por velocidad

Ottobre, Said, Carilli, y Deuschle (2014) manifiestan que en los modelos de predicción se utiliza la velocidad máxima ya que para determinar una media de la velocidad. Esta debe ser analizada por periodos de largo tiempo. Por lo general en las carreteras la velocidad media es baja, con lo cual se realizan correcciones y es por esto que los valores máximos son los escogidos.

Se escogió la velocidad de circulación máxima determinada en el Reglamento General para la Aplicación de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, Decreto No. 1738 (2008). En el Capítulo V, Artículo 191 se definen la velocidad límite para vehículos livianos y pesados dentro del perímetro urbano como son a 50 km/h y 40 km/h respectivamente.

En relación del nivel de ruido producido por rodadura influye la velocidad del vehículo, el dibujo de la cubierta, su estado de conservación, la presión de inflado y el tipo de pavimento pueden producir hasta 3 dB(A) más de ruido. Los pavimentos lisos, a altas velocidades, son más silenciosos que los de textura rugosa, si están secos. Cuando se encuentran mojados resultan al revés, ya que ofrecen más dificultades para desalojar el agua. A velocidades bajas no existen diferencias apreciables. En suelo mojado pueden llegar a producirse incrementos sonoros sobre pavimentos clásicos del orden de hasta 4 dB (A) en resistencia al deslizamiento por lo que resultan menos seguros (Ruza, 1992).

4.4. Modelamiento de edificaciones del Centro Histórico

Este parámetro es uno de los más influyentes al momento de simular ya que estos brindan reflexiones sobre las fachadas. La característica principal de esta parroquia es su infraestructura colonial, se trata de una zona que posee museos, teatros iglesias, residencias antiguas, monumentos, hoteles, sitios de interés turístico, oficinas estatales, etc.

Los datos de las infraestructuras del Centro Histórico fueron proporcionados por la Dirección de Catastros del Municipio Metropolitano de Quito, a partir de

un archivo *shape* en *ArcMap* en la cual se encontraban datos como nombre, ubicación, número de pisos.

Se verificaron 18000 edificaciones cuya geometría fue digitalizada sobre una fotografía aérea, verificando siempre las coordenadas y usos de suelo en *ArcGis* y *Google Earth* para comprobación de las mismas.

La altura del edificio es el factor más importante para el cálculo del mapa, ya que el apantallamiento y reflexión que producen afectan en los datos al momento de calcularlos. El archivo obtenido de la plataforma *ArcGIS* será exportado con sus características principales. Se debe tener en cuenta del etiquetado de las variables ya que de esto dependerá el resultado al momento de extraer los datos en *CadnaA*.

El Código Ecuatoriano de la Construcción CPE-INEN 005-1 (2001) establece el Apartado No.11 de las “Normas Generales para Edificación” del Artículo No. 46 “Dimensiones de los espacios construidos” que las medidas son: 2,3 metros como una altura mínima de planta baja y 2,7 metros entrepisos. Al tratarse de medidas estándar que se cumplen en el Distrito se decidió una altura promedio de 2,7 metros por piso para todas las edificaciones.

Las reflexiones que se producen por las edificaciones se las estandarizan de acuerdo al modelo predictivo RLS-90, las cuales son ingresadas como variable en *CadnaA*.

El coeficiente de reflexión determina la interacción que existe entre cada objeto con el ruido y pérdida que se produce de acuerdo al número de reflexiones que el objeto pueda proporcionar. Dicha magnitud dependerá del material de construcción que esté hecha la pared, el ángulo de impacto, su tamaño y frecuencia, en este caso se acordó un tipo de fachada tipo lisa ya que como se mencionó antes las construcciones en el Centro Histórico y en el Distrito Metropolitano son estándar.

Tabla 10.

Pérdida de reflexión por tipo de superficie.

Tipo de fachada	Pérdida por reflexión en dB(A)
Fachada lisa de edificio	1
Fachada con frentes irregulares	2

4.5. Puntos de medición

Se establecieron puntos de medición a partir del mapa de *Google Earth*, los cuales fueron exportados a *Google Maps* por la facilidad de interacción que esta plataforma posee.

Los puntos escogidos se caracterizan por la basta cantidad vehicular. Se tramó una guía de puntos por características diferentes como: tipo de pavimento, sentido vehicular, topografía, cantidad de afluencia vehicular, tipo de vía. Con este tipo de condicionantes de pudieron ubicar 22 puntos de medición. En la figura 26 se pueden apreciar los puntos medidos y escogidos por sus características.

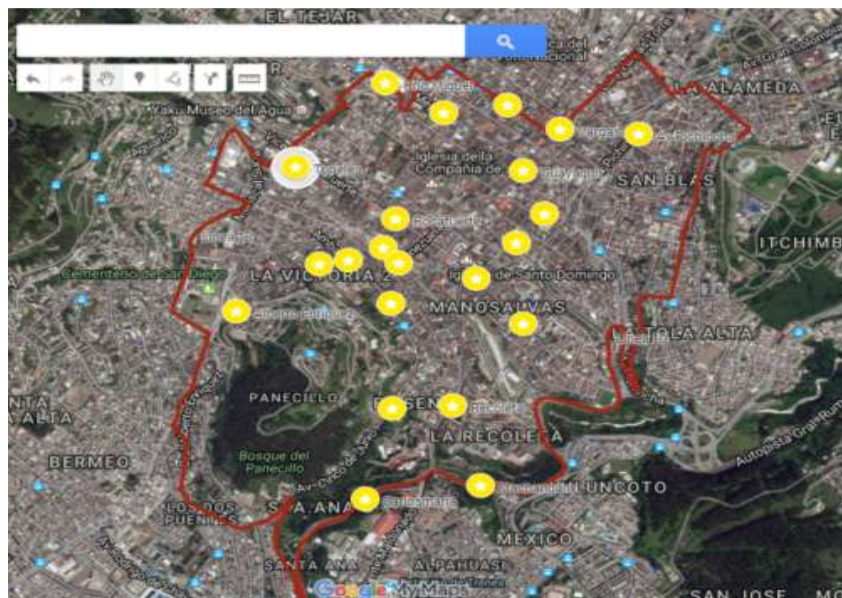


Figura 22. Puntos de medición Parroquia Centro Histórico de Quito

4.6. Instrumentación

Las mediciones de ruido de tráfico se realizaron con un sonómetro clase II de la marca PCE *instruments*, modelo PCE – 322A, equipo certificado por la Comisión Electrotécnica Internacional 61672-1. Este tipo de sonómetros de clase II poseen una tolerancia de $\pm 1,0$ dB, y su calibrador de tolerancia de $\pm 0,5$.

Se realizó la verificación de la calibración dando resultado de 94.1 dB antes de la medición y luego de la medición 93.8 dB. Este tipo de mediciones se las debe realizar con ciertos parámetros a cumplir. Uno de ellos son las condiciones meteorológicas las cuales deben ser óptimas, libre de lluvia, truenos, viento, etc.

De acuerdo al modelo de predicción RLS-90 el sonómetro se debe colocar a 25 metros del centro de la calzada y a 4 metros de altura (Bastian & Moreno, 2014).

Para esta investigación las mediciones se realizaron con altura de 1.50 metros de alto, separado por 3 metros de las superficies reflectantes como paredes.

En algunos casos no se pudo cumplir con esta condición debido a las

características del sitio, ya que el Centro Histórico al tener una infraestructura antigua, posee calles estrechas dificultando la medición.

Además el modelo RLS-90 no es aplicable por el tipo de infraestructura que posee la zona y el posicionamiento del sonómetro no será el óptimo.

Se realizaron mediciones nocturnas en el Centro Histórico en los puntos designados. Por problemas climatológicos y aspecto de seguridad solo fue posible realizar una medición por punto en horario nocturno

El tiempo de medición fue de aproximadamente de 20 minutos en cada punto. Este procedimiento se repitió dos veces a diferentes horas y días para caracterizar el nivel de ruido debido a la variaciones del flujo de tráfico. La ponderación utilizada en este caso fue la ponderación de frecuencia [A]. Además se realizó conjuntamente el conteo de vehículos livianos y pesados en los periodos diurno y nocturno.

4.7. Modelamiento y recolección de datos en *CadnaA*

En esta fase del modelamiento y recolección en el sistema se deben seguir los siguientes pasos; tomando en cuenta que el Distrito Metropolitano de Quito se encuentra aproximadamente a 2700 metros sobre el nivel del mar:

Una vez generados los *shapes* en las diferentes plataformas como *ArcGIS* y *OpenStreetMap* se procede a importarlos.

Se comienza con la curva de nivel ya que esta es la base para generar el modelo digital de terreno MDT.

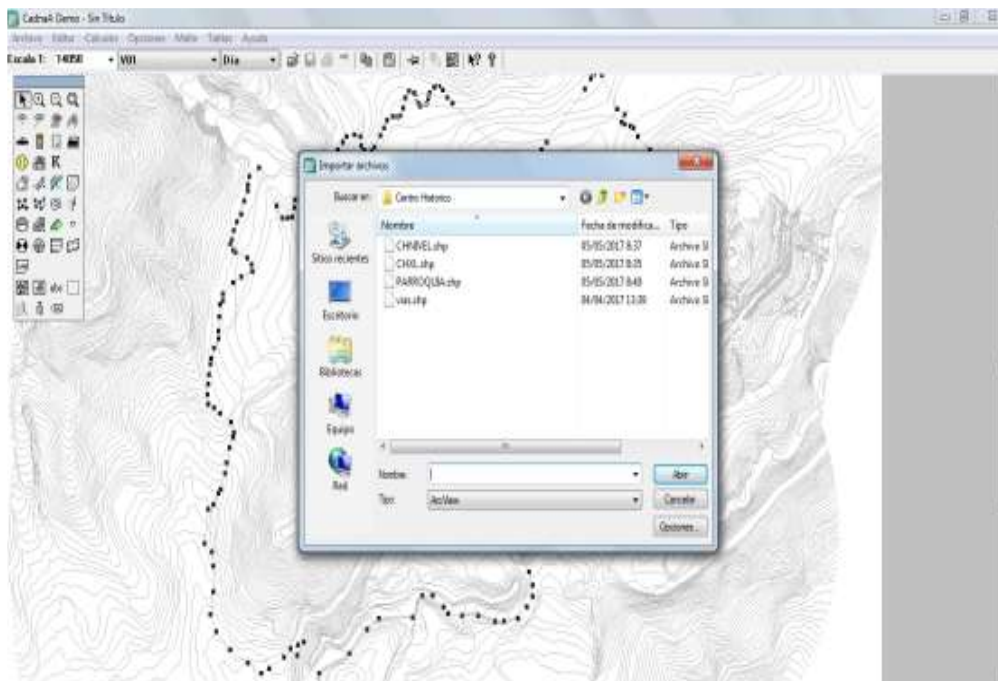


Figura 23. Importación archivos *shape* Parroquia Centro Histórico de Quito

Una vez importado el archivo ya georeferenciado se procede a configurar *CadnaA*.

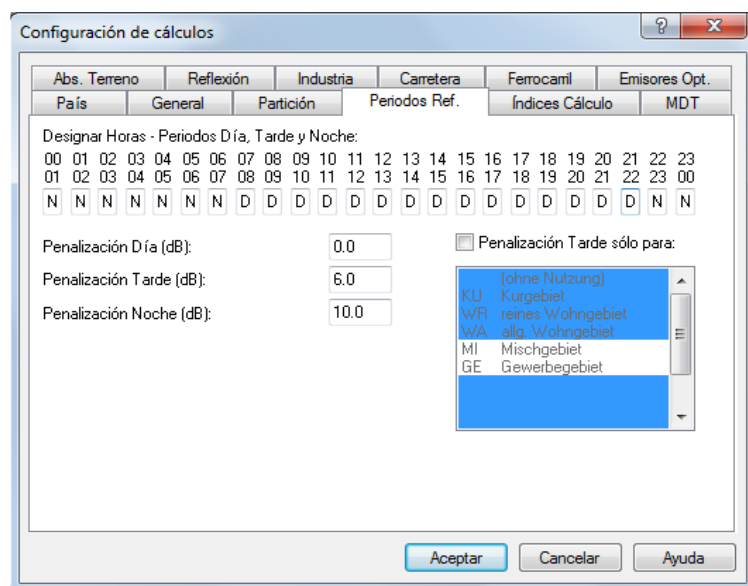


Figura 24. Configuración *CadnaA* Parroquia Centro Histórico de Quito

La altura de referencia en metros es el parámetro más importante que se debe ingresar para generar el modelo digital del terreno.

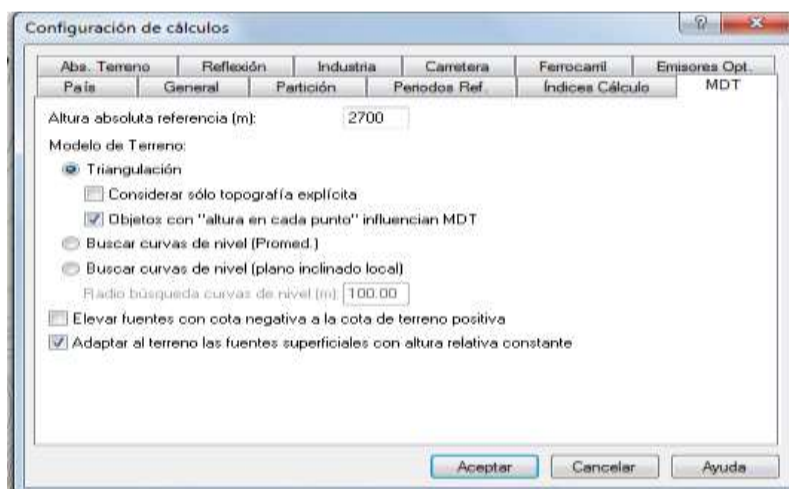


Figura 25. Configuración MDT Parroquia Centro Histórico de Quito

Importar el archivo generado por *OpenStreetMap*, georeferenciando adecuadamente.

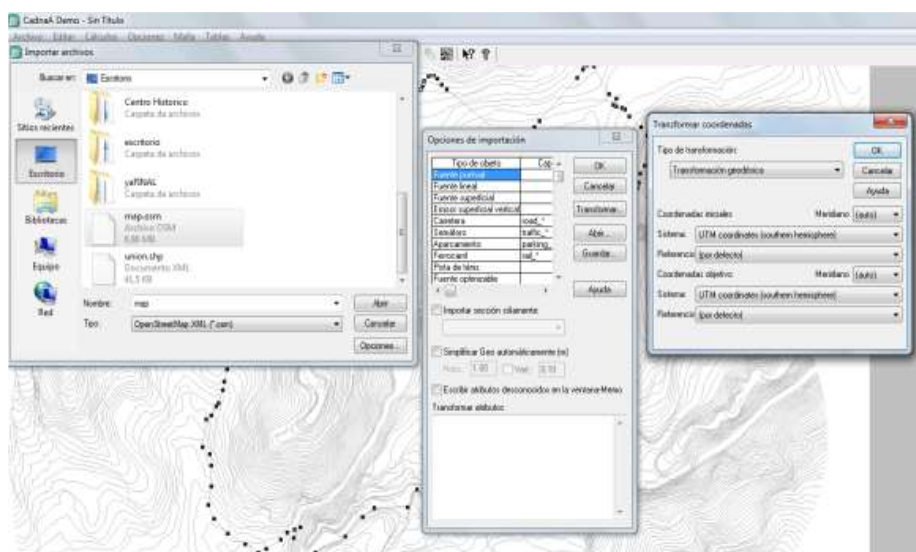


Figura 26. Importación *shape OpenstreetMap* Parroquia Centro Histórico de Quito

Depurar en el sistema *Excel* las variables resultantes del número de vías, esto se lo realiza una vez importado los *shapes* para verificar que sean variables únicas y sus ID no se encuentren repetidos ya que esto puede generar errores de simulación.

ID	Nombre	ID	Tipo carretera	Datos horarios de aforo				Limite velocidad		Tipo
				M		p (%)		Ligeros	Pesados	
				Día	Noche	Día	Noche	(km/h)	(km/h)	
road_00936	Vial Local						50	30	1	
road_00937	Vial Local						50	30	1	
24 de Mayo	road_00809	Carretera Principal	2018	317	9	2	50	30	1	
24 de Mayo	road_00825	Carretera Principal	2018	317	9	2	50	30	1	
24 de Mayo	road_00826	Carretera Principal	2018	317	9	2	50	30	1	
24 de Mayo	road_00887	Carretera Principal	2018	317	9	2	50	30	1	
24 de Mayo	road_01063	Carretera Principal	2018	317	9	2	50	30	1	
24 de Mayo	road_01063	Carretera Principal	2018	317	9	2	50	30	1	
5 de Junio	road_00115	Carretera Principal	481	180	7	13	50	30	1	
5 de Junio	road_00116	Carretera Principal	481	180	7	13	50	30	1	
5 de Junio	road_00623	Carretera Principal	481	180	7	13	50	30	1	
Agoyan	road_00287	Vial Local	30	10	17	20	50	30	4	
Agoyan	road_00360	Vial Local	30	10	17	20	50	30	4	
Alberto Enriquez	road_00181	Carretera Principal	1359	496	22	12	50	30	1	
Alberto Enriquez	road_00424	Carretera Principal	1359	496	22	12	50	30	1	
Alberto Enriquez	road_00527	Carretera Principal	1359	496	22	12	50	30	1	
Alberto Enriquez	road_00622	Carretera Principal	1359	496	22	12	50	30	1	
Alberto Enriquez	road_03005	Carretera Principal	1359	496	22	12	50	30	1	
Alberto Gil	road_00144	Vial Local	6	6	6	6	50	30	1	
Alianza	road_00535	Vial Local	20	5	10	20	50	30	1	
Ambato	road_00016	Vial Local	991	231	6	5	50	30	1	
Ambato	road_00513	Vial Local	991	231	6	5	50	30	1	
Ambato	road_00575	Vial Local	991	231	6	5	50	30	1	

Figura 27. Depuración de variables Excel Parroquia Centro Histórico de Quito

Se modificará manualmente el tipo de estructura de la vía (pavimento, piedra, etc.) ya que este factor influye en la simulación.

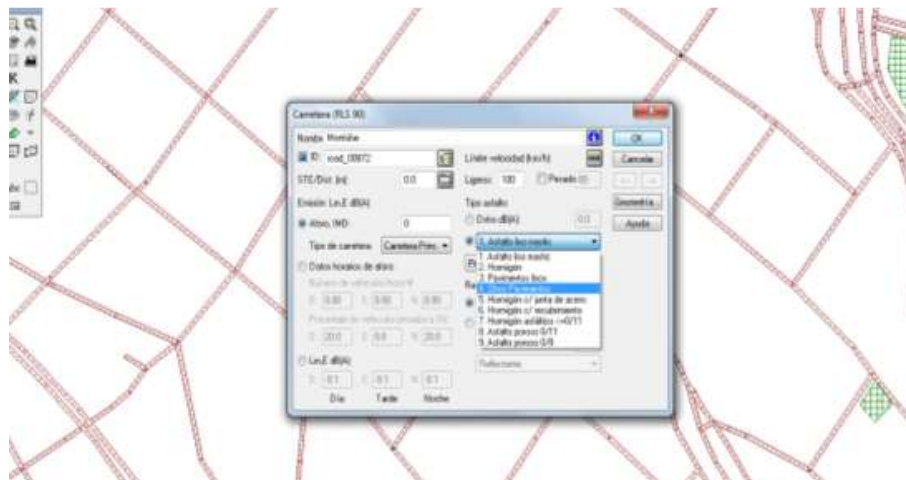


Figura 28. Modificación tipo de pavimento Parroquia Centro Histórico de Quito

De acuerdo a *Google Earth* se editará el tipo de señalización (semáforos) para cada calle.

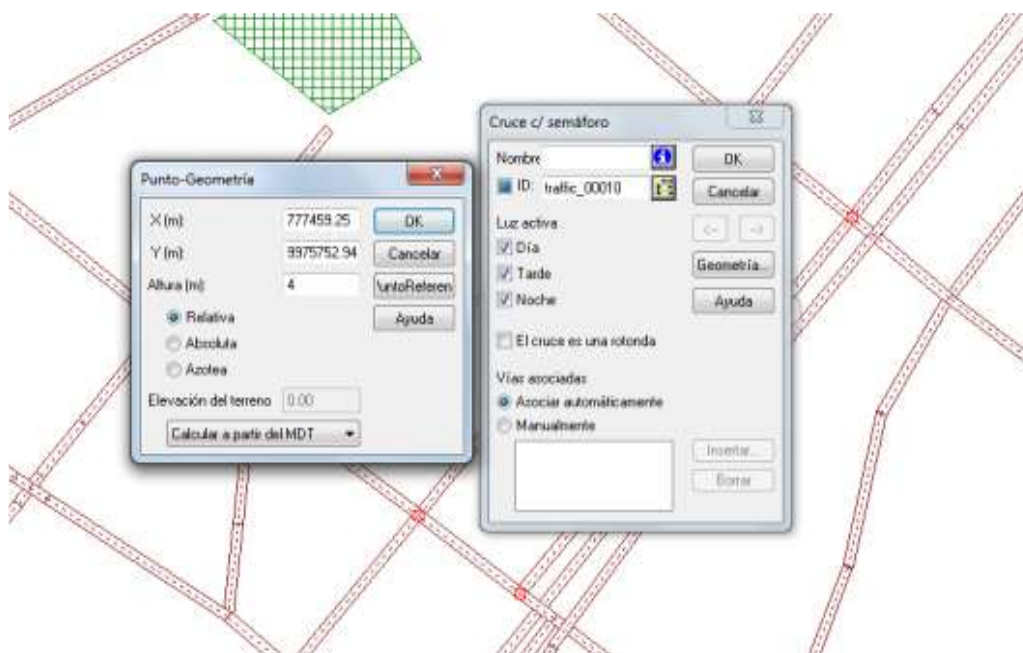


Figura 29. Modificación tipo de señalización Parroquia Centro Histórico de Quito

Con el *Excel* ya depurado anteriormente se ingresa por cada una de las calles el número de conteos de vehículos livianos y pesados con su respectivo porcentaje en día y noche su velocidad y tipo de pavimento.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Nombre	ID	Clase de vía	MD	MN	PD	PN	VL	VN	SP	
2				Día	Noche	Día	Noche	(km/h)	(km/h)		
3	24 de Mayo	road_00689	Carretera Principal	1018	317	9	2	50	30	1	
4	24 de Mayo	road_00825	Carretera Principal	1018	317	9	2	50	30	1	
5	24 de Mayo	road_00826	Carretera Principal	1018	317	9	2	50	30	1	
6	24 de Mayo	road_00987	Carretera Principal	1018	317	9	2	50	30	1	
7	24 de Mayo	road_01003	Carretera Principal	1018	317	9	2	50	30	1	
8	24 de Mayo	road_01063	Carretera Principal	1018	317	9	2	50	30	1	
9	24 de Mayo	road_00987	Carretera Principal	1018	317	9	2	50	30	1	
10	24 de Mayo	road_01003	Carretera Principal	1018	317	9	2	50	30	1	
11	24 de Mayo	road_01063	Carretera Principal	1018	317	9	2	50	30	1	
12	5 de Junio	road_00115	Carretera Principal	661	180	7	13	50	30	1	
13	5 de Junio	road_00116	Carretera Principal	661	180	7	13	50	30	1	
14	5 de Junio	road_00623	Carretera Principal	661	180	7	13	50	30	1	
15	Abdón Calderón	road_00450	Vial Local	50	10	18	10	50	30	1	
16	Agoyán	road_00287	Vial Local	30	10	17	20	50	30	4	
17	Agoyán	road_00360	Vial Local	30	10	17	20	50	30	4	
18	Alberto Enriquez	road_00191	Carretera Principal	1359	498	22	12	50	30	1	
19	Alberto Enriquez	road_00424	Carretera Principal	1359	498	22	12	50	30	1	
20	Alberto Enriquez	road_00527	Carretera Principal	1359	498	22	12	50	30	1	
21	Alberto Enriquez	road_00622	Carretera Principal	1359	498	22	12	50	30	1	
22	Alberto Enriquez	road_01005	Carretera Principal	1359	498	22	12	50	30	1	
23	Alberto Enriquez	road_01005	Carretera Principal	1359	498	22	12	50	30	1	
24	Alberto Gil	road_00144	Vial Local	0	0	0	0	50	30	1	
25	Alianza	road_00555	Vial Local	20	5	10	20	50	30	1	
26	Ambato	road_00016	Vial Local	991	251	6	5	50	30	1	

Figura 30. Modificación parámetros en *Excel* Parroquia Centro Histórico de Quito

Luego se procede a definir la base de datos que se ingresan al software de simulación, las variables de identificación como: nombre, ID, conteo de vehículos livianos día, conteo de vehículos liviano noche, porcentaje de vehículos pesados día, porcentaje de vehículos pesado noche, velocidad de vehículos livianos, velocidad de vehículos pesados. A continuación se detallan las variables utilizadas en *Excel* y su atributo en *CadnaA*.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Nombre	ID	MD	MN	PD	PN	VL	VN
2	Abdón Calderón	road_00450	50	10	18	10	50	30
3	General Miller	road_00000	324	60	12	8	50	30
4	Melchor Aymerich	road_00003	20	8	10	0	50	30
5	San Vicente de Paul	road_00003	0	0	0	0	100	30
6	J.B. Vela	road_00005	40	10	20	20	50	30
7	Marañon	road_00005	10	3	10	33	50	30
8	Avenida Pedro Vicente Maldonado	road_00006	1017	78	13	23	50	30
9	Portilla	road_00006	40	10	20	20	50	30
10	Rafel Barahona	road_00006	20	8	10	0	50	30
11	Villavicenico	road_00006	20	8	10	0	50	30
12	Gorivar	road_00007	30	10	27	10	50	30
13	Daniel Alvarado	road_00008	20	5	10	20	50	30
14	Miguel de Santiago	road_00009	20	8	10	0	50	30
15	Piedra	road_00011	1276	489	23	2	50	30
16	Piedra	road_00012	1276	489	23	2	50	30
17	Avenida Cumandá	road_00013	260	30	5	33	50	30
18	Avenida Jaime Del Castillo	road_00013	1017	78	13	23	50	30
19	Terminal Terrestre	road_00014	200	20	13	35	50	30
20	Piedra	road_00015	1276	489	23	2	50	30
21	Avenida Velasco Ibarra	road_00027	260	30	5	33	50	30
22	Joaquín Zaldumbide	road_00027	9	3	11	33	50	30
23	Lius Chavez	road_00028	10	3	30	0	50	30
24	Chile	road_00029	688	48	5	6	50	30
25	El Sena	road_00029	1017	78	13	23	50	30
26	Espejo	road_00030	50	10	18	10	50	30

Figura 31. Definición de variables en *Excel*/ Parroquia Centro Histórico de Quito

Tabla 11.

Tipos de atributos en CadnaA.

Atributo	Columna de la tabla
BEZ	Nombre
ID	ID
MT	MD (conteo vehículos livianos día)
MN	MN (conteo vehículos livianos noche)

PT	PD (% de pesados día)
PN	PN (% de pesados noche)
VPKW	VL (Velocidad livianos)
VLKW	VN (Velocidad pesados)

A continuación se exportará el *shape* de edificios ya creado en un archivo *ArcGIS*.



Figura 32. Importación edificios Parroquia Centro Histórico de Quito

Se procede a definir las base de datos que se ingresan a *CadnaA*, las variables de identificación de las edificaciones son: nombre, ID, altura. A continuación se detallan las variables utilizadas en *Excel* y su atributo en *CadnaA*.

Tabla 12.

Tipos de atributos en CadnaA.

Atributo	Columna de la tabla
BEZ	Nombre
ID	ID
MT	MD (conteo vehículos livianos día)

Nombre	M.	ID	RE	Residentes	Absorción	Altura Comienzo (m)
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0000	x	0		6.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0000	x	0		8.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0000	x	0		3.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0000	x	0		3.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0000	x	0		3.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0000	x	0		3.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0000	x	0		3.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0000	x	0		3.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0000	x	0		8.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0001	x	0		3.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0001	x	0		6.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0001	x	0		3.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0001	x	0		3.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0001	x	0		8.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0001	x	0		6.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0001	x	0		6.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0001	x	0		3.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0001	x	0		3.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0002	x	0		8.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0002	x	0		6.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0002	x	0		3.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0002	x	0		3.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0002	x	0		6.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0002	x	0		6.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0002	x	0		6.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0002	x	0		3.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0002	x	0		8.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0002	x	0		3.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0003	x	0		3.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0003	x	0		3.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0003	x	0		3.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0003	x	0		6.00 r
UC_CENTRO_HISTORICO		UC_CENTRO_HISTORICO0003	x	0		3.00 r

Figura 33. Definición de variables en Excel Parroquia Centro Histórico de Quito

Se ubican en el sistema de simulación *CadnaA* los puntos de medición, citados anteriormente, estos nos darán una referencia de los valores simulados que posteriormente se los comparará con los valores *in situ*.



Figura 34. Receptores en puntos de medición Parroquia Centro Histórico de Quito

Se generará una malla de cálculo con una interpolación de 10x10 este valor se escogió ya que el proceso de cálculo del *software* de medición será más preciso.

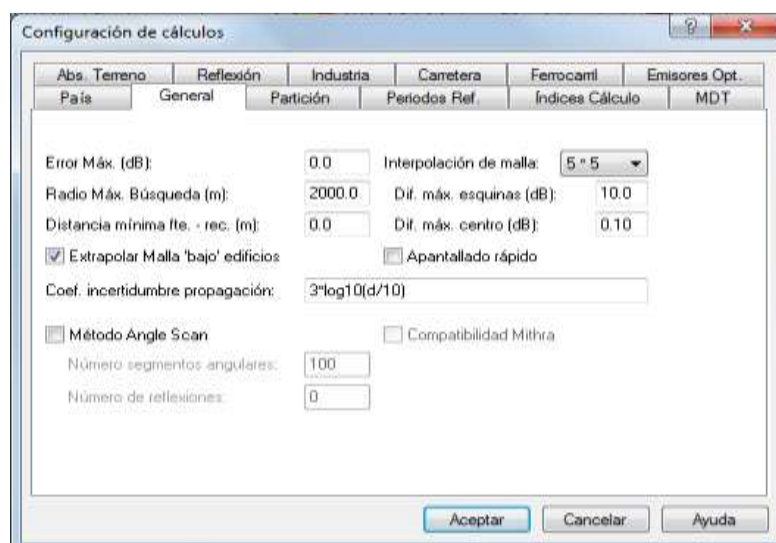


Figura 35. Configuración de la malla Parroquia Centro Histórico de Quito

Seleccionar el contorno total de la parroquia Centro Histórico y proceder a simular.



Figura 36. Configuración Parroquia Centro Histórico de Quito

Extraer la tabla de receptores para luego compararla con los valores obtenidos en la medición y así validar el modelo predictivo.

Cenar	Edm.	Srv. p/Mio	Copia	Impres.	Fuente	Ayuda	Coordenadas							
Nombre	N	E	Nivel Lr			Valor límite	Uso de suelo	Altura	X	Y	Z			
			(BA)	(BA)	(BA)	(BA)	(BA)	(BA)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Juan Vitorino	1	75.1	69.2	72.1	0.0	0.0	0.0	x	Total	1.50	777261.82	9975216.83	2888.29	
Av. Pichincha	2	77.5	68.7	76.9	0.0	0.0	0.0	x	Total	1.50	777595.23	9975819.17	2811.66	
Manabí	3	73.7	67.4	76.3	0.0	0.0	0.0	x	Total	1.50	777065.25	9975960.43	2828.21	
Maja	4	77.8	66.6	77.4	0.0	0.0	0.0	x	Total	1.50	776760.99	9975826.81	2845.71	
San Miguel	5	72.1	65.3	73.6	0.0	0.0	0.0	x	Total	1.50	776775.48	9976024.32	2848.65	
Quayocuil	6	77.3	69.4	76.2	0.0	0.0	0.0	x	Total	1.50	777110.76	9975643.82	2814.15	
Montafar 2	7	78.1	68.4	69.7	0.0	0.0	0.0	x	Total	1.50	777200.89	9975426.71	24.66	
Montafar 1	8	71.5	68.4	70.9	0.0	0.0	0.0	x	Total	1.50	777085.77	9975291.84	2888.36	
Rocafuerte	9	71.3	68.6	71.1	0.0	0.0	0.0	x	Total	1.50	776961.30	9975408.36	2835.56	
Puente Vicente Rocafuerte	10	89.6	69.1	69.6	0.0	0.0	0.0	x	Total	1.50	776809.10	9975136.80	2812.57	
Vicente Rocafuerte 2	11	89.9	69.6	69.6	0.0	0.0	0.0	x	Total	1.50	777108.42	9974681.67	2812.08	
Gerardo Moreno (24 de Mayo)	12	78.6	63.6	72.1	0.0	0.0	0.0	x	Total	1.50	779521.60	9975262.98	2828.21	
Venezuela (24 de Mayo)	13	76.6	63.4	76.6	0.0	0.0	0.0	x	Total	1.50	776998.28	9975200.15	18.66	
Amatú	14	73.9	67.2	75.4	0.0	0.0	0.0	x	Total	1.50	776376.35	9975188.63	2848.38	
Artalejo II	15	73.7	68.8	75.2	0.0	0.0	0.0	x	Total	1.50	776521.83	9975008.71	2838.92	
Recente	16	75.3	65.6	75.5	0.0	0.0	0.0	x	Total	1.50	776906.95	9974688.76	2778.91	
Machangara	17	75.2	65.7	75.4	0.0	0.0	0.0	x	Total	1.50	777009.91	9974685.65	2773.38	
5 de Junio	18	78.2	65.7	73.1	0.0	0.0	0.0	x	Total	1.50	776536.61	9974434.99	2827.38	
Av. Jaime del Castillo	19	73.0	63.5	73.2	0.0	0.0	0.0	x	Total	1.50	776411.35	9973958.91	2775.58	
Baha	20	76.6	67.9	77.1	0.0	0.0	0.0	x	Total	1.50	776156.64	9975131.70	2889.39	
Alberto Enriquez	21	80.6	74.6	82.6	0.0	0.0	0.0	x	Total	1.50	775823.00	9974867.91	2886.58	
Tumbes	22	79.6	78.9	78.6	0.0	0.0	0.0	x	Total	1.50	775848.06	9974888.96	2881.50	

Figura 37. Datos obtenidos de receptores Parroquia Centro Histórico de Quito.

5. Resultados

5.1. Análisis de los resultados

Los horarios tomados en cuenta para la elaboración del mapa de ruido fueron:

En horario diurno de 07:00 a 22:00

En horario nocturno de 22:01 a 07:00

5.1.1. Validación

La validación se basa en la comparación de valores de medición de ruido ambiental con sus respectivos receptores puntuales estimados en el *software* de predicción. Los niveles de ruido generados por el tráfico vehicular en la primera comparación da como resultado que la correlación es muy baja, debido a que en la primera etapa de modelamiento no se tomó en cuenta el tipo de asfalto ni señalización de tránsito (semáforos). En las figuras 38, 39, 40 se muestran los resultados del índice de correlación R^2 , con el fin de observar la relación entre los valores medidos y simulados.

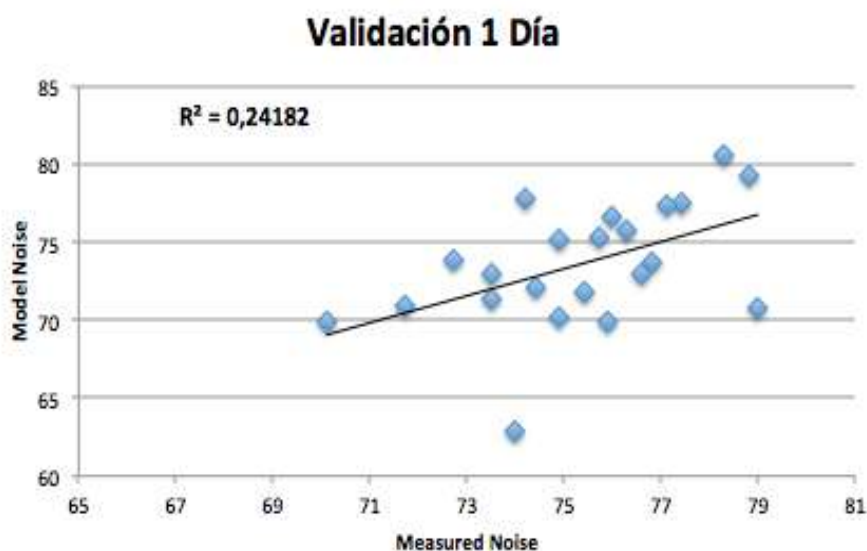


Figura 38. Correlación en entre los valores medidos y modelados, día.

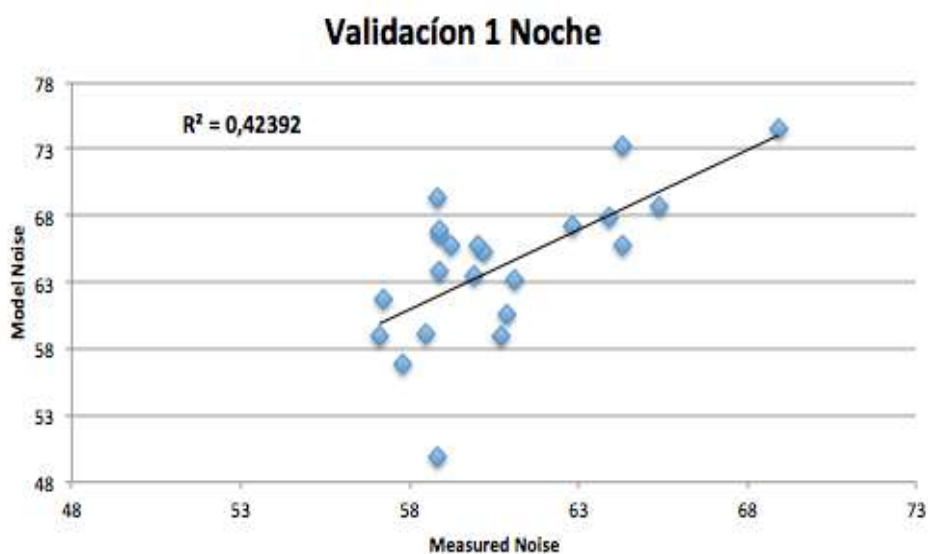


Figura 39. Correlación en entre los valores medidos y modelados, noche.

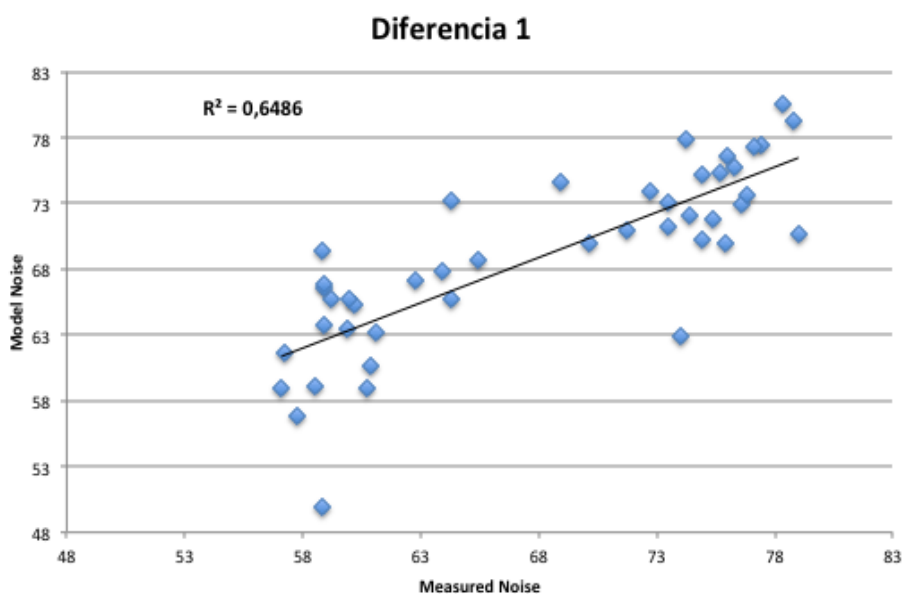


Figura 40. Correlación en entre los valores globales, día, noche.

Ya que el resultado de correlación es bajo se decide ajustar el modelo. Se debe tomar en cuenta que los valores de simulación en algunos puntos son más altos que los valores de medición In situ. Esto se debe a que no se pudo cumplir con los parámetros adecuados de posicionamiento debido a que la infraestructura del sitio no lo permitía. Como condición de validez, se determinó una diferencia máxima de 3 [dB] entre el valor simulado y el valor medido.

Además la incertidumbre de los mapas de ruido se calculó de acuerdo con la metodología descrita en el documento.

Se realizó el ajuste necesario en el *software* de simulación *CadnaA*. En este caso se agregó el tipo de calzada (Asfalto, piedra) representativo de cada lugar, además de ubicar señalética de tránsito. En las figuras 41, 42, 43 se muestra el ajuste realizado con su respectiva correlación dando como resultado global un R^2 de 0,8 siendo esto un valor aceptable de corrección.

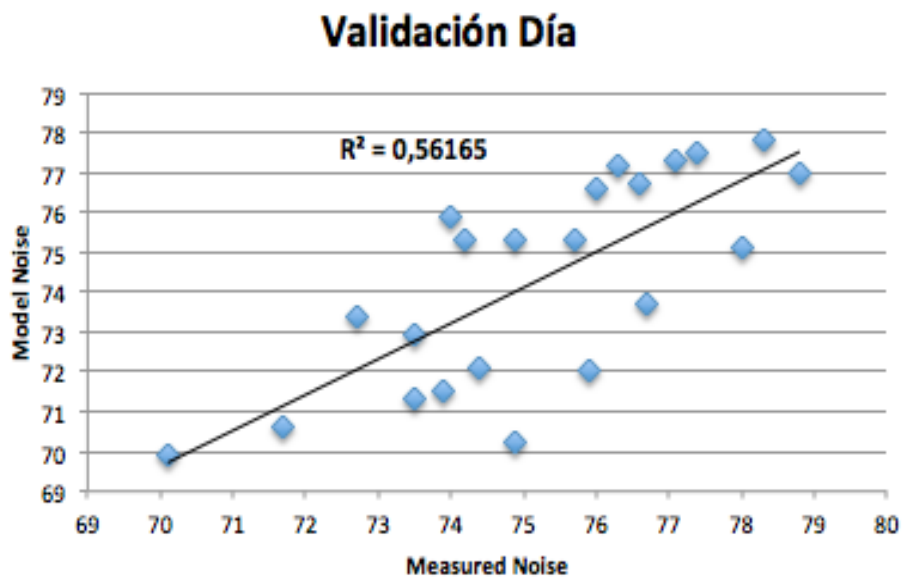


Figura 41. Correlación entre los valores medidos y modelados, día.

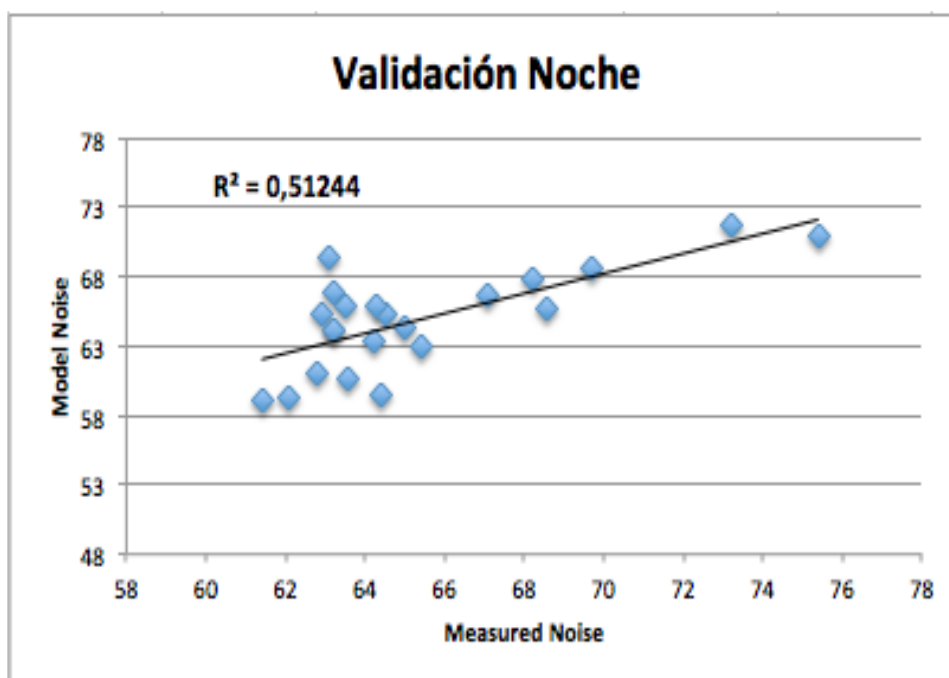


Figura 42. Correlación entre los valores medidos y modelados, noche.

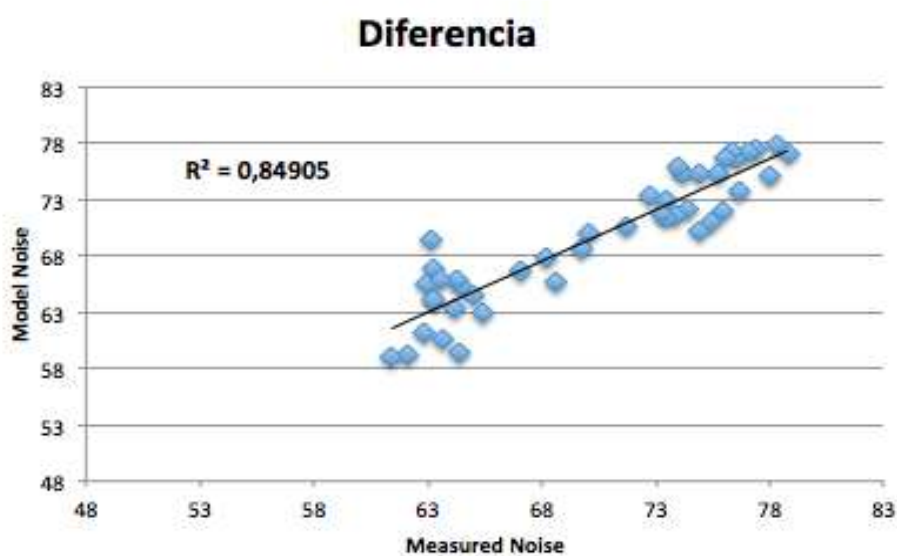


Figura 43. Correlación entre los valores globales, día, noche.

En la tabla 9 se aprecia los niveles medidos y calculados, la diferencia entre los valores no es más de 3 dB [A]. El modelo se aproxima bastante bien a las mediciones In situ realizadas.

Tabla 13.

Comparación entre niveles medidos, simulados con su respectiva diferencia

Nombre	Día	Noche	Ldn	Día	Noche	Diferencia	
	(dBA)	(dBA)		(dBA)	(dBA)	(dBA)	
Luis Vargas	75,1	59,2	73,7	78	62,1	2,9	2,9
Av Pichincha	77,5	68,7	78	77,4	69,7	-0,1	1
Manabi	76,7	65,4	76,3	76,6	62,9	-0,1	-2,5
Mejia	75,3	64,2	74,9	74,2	63,2	-1,1	-1
Hno Miguel	72,1	65,3	73,6	74,4	64,5	2,3	-0,8
Guayaquil	77,3	69,4	78,2	77,1	66,5	-0,2	2,9
Montufar 2	75,9	64,4	75,4	74	65	-1,9	0,6
Montufar 1	71,5	59,4	70,9	73,9	62	2,4	2,6
Rocafuerte	71,3	60,6	71,1	73,5	63,6	2,2	3
Puente Vicente Rocafuerte	72	61,1	71,7	75,9	62,8	3,9	1,7
Vicente Rocafuerte 2	69,9	59	69,6	70,1	61,4	0,2	2,4
Garcia Moreno (24 de Mayo)	70,6	63	71,7	71,7	65,4	1,1	2,4
Venezuela (24 de Mayo)	77,2	64,1	76,3	76,3	63,2	-0,9	-0,9
Ambato	73,4	66,6	74,9	72,7	67,1	-0,7	0,5
Ambato II	73,7	66,9	75,2	76,7	64,4	3	2,5
Recoleta	75,3	65,8	75,5	75,7	64,3	0,4	-1,5
Machangara	75,3	65,8	75,5	74,9	63,5	-0,4	-2,3
5 de junio	70,2	65,6	73,1	74,9	68,6	4,7	3
Av Jaime del Castillo	72,9	63,4	73,1	73,5	64,2	0,6	0,8
Bahia de Caráquez	76,6	67,8	77,1	76	68,2	-0,6	0,4
Alberto Enriquez	77,8	71,8	79,7	78,3	73,2	0,5	1,4
Tuneles	77	70,9	78,9	78,8	68	1,8	2,9

Se realizó la validación con los valores individuales de día y noche, con las mediciones a corto plazo en horarios de mayor afluencia vehicular (hora pico), los datos recogidos son proyectados, dando así resultados óptimos y más aproximados.

5.1.2. Comparación de resultados

Se presentan los mapas obtenidos del *software* de simulación *CadnaA*, así como el análisis de los mismos. La información que incluye el mapa contiene: título del tipo de mapa, escala cartográfica, leyenda y simbología.

En base a la Ordenanza Española de 25 de febrero del 2011 de “Protección Contra la Contaminación Acústica y Térmica”. (Anexo II) se da a conocer los niveles permisibles de ruido.

Tabla 14.

Valores límites de niveles sonoros ambientales

Tipo de área acústica		Índice de ruido dB(A)			
		Ld 7h – 19h	Le 19h – 23h	Ln 23h – 7h	Lden
TIPO I	Área de Silencio	55	55	45	56
TIPO II	Área levemente ruidosa	60	60	50	61
TIPO III	Área tolerablemente ruidosa	65	65	55	66
TIPO IV	Área ruidosa	70	70	60	71
TIPO V	Área especialmente ruidosa	Sin determinar			

Los mapas de ruido se representan mediante curvas isófonas en bandas de 5 [dBA] de nivel sonoro. Mediante una malla espaciada de 10 metros se calculan los receptores de modo que cada color representa un nivel de banda sonora correspondiente, El código de color utilizado en este mapa de ruido son basados en la Asociación Acústica de la Unión Europea: “The use of colours in END noise mapping of major roads” (Alberts y Alférez, 2012). Dicho documento propone la aplicación estandarizada de la ISO 1996:2 [1] y 1996:2 [2], las cuales norman el uso de colores para la representación de niveles de mapas de ruido.

Se representan los mapas de ruido con indicadores de período diurno nocturno y Ldn y son los siguientes:

Noise band [dB]:	AT	BE	DE	DK	EE	ES	FI	FR	GR
35-39 (<40)	Dark Green	White	Medium Green	White	White	White	White	White	Light Green
40-44	Dark Green	White	Dark Green	White	White	White	White	White	Light Green
45-49	Yellow-Green	White	Yellow-Green	White	Dark Green	White	White	White	Yellow
50-54	Olive Green	White	Brown	Light Green	Bright Green	Light Green	Dark Green	Dark Green	Orange
55-59	Orange-Red	Yellow	Orange-Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange-Red
60-64	Red	Orange	Red	Orange	Light Orange	Light Orange	Orange	Orange	Red
65-69	Dark Red	Orange	Dark Red	Red	Red	Orange	Red	Red	Dark Red
70-74	Purple	Red	Purple	Purple	Purple	Red	Pink	Pink	Purple
≥75 (75-79)	Dark Purple	Dark Red	Blue	Blue	Dark Blue	Pink	Dark Purple	Dark Purple	Purple

Figura 44. Paleta de colores utilizados por algunos países de la Unión Europea. Tomado de Zurita, 2013, p. 46.

Se presentan tres tipos de mapas:

5.1.3. Mapa de ruido periodo diurno

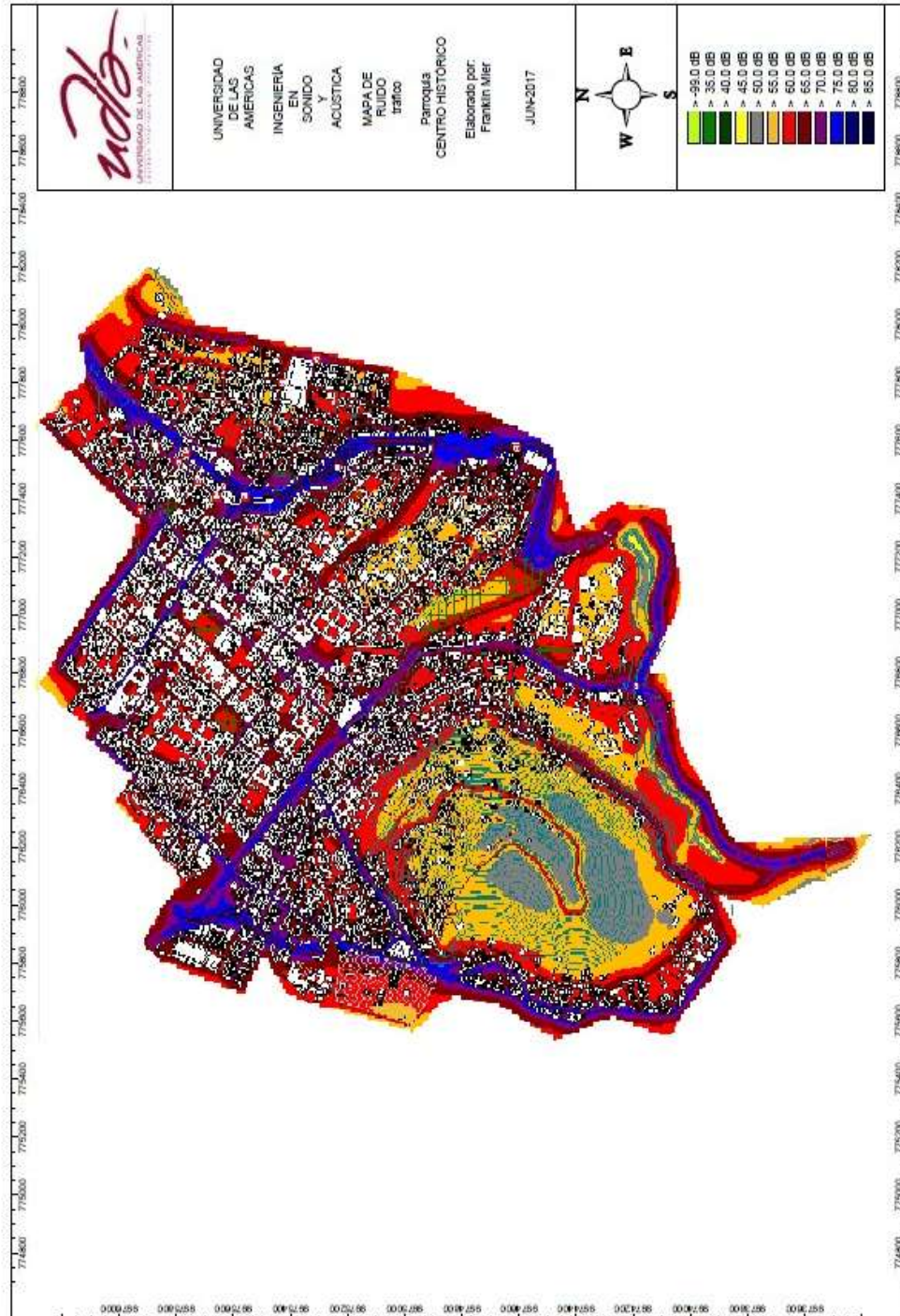


Figura 45. Mapa de ruido periodo diurno.

5.1.4. Mapa de ruido periodo nocturno

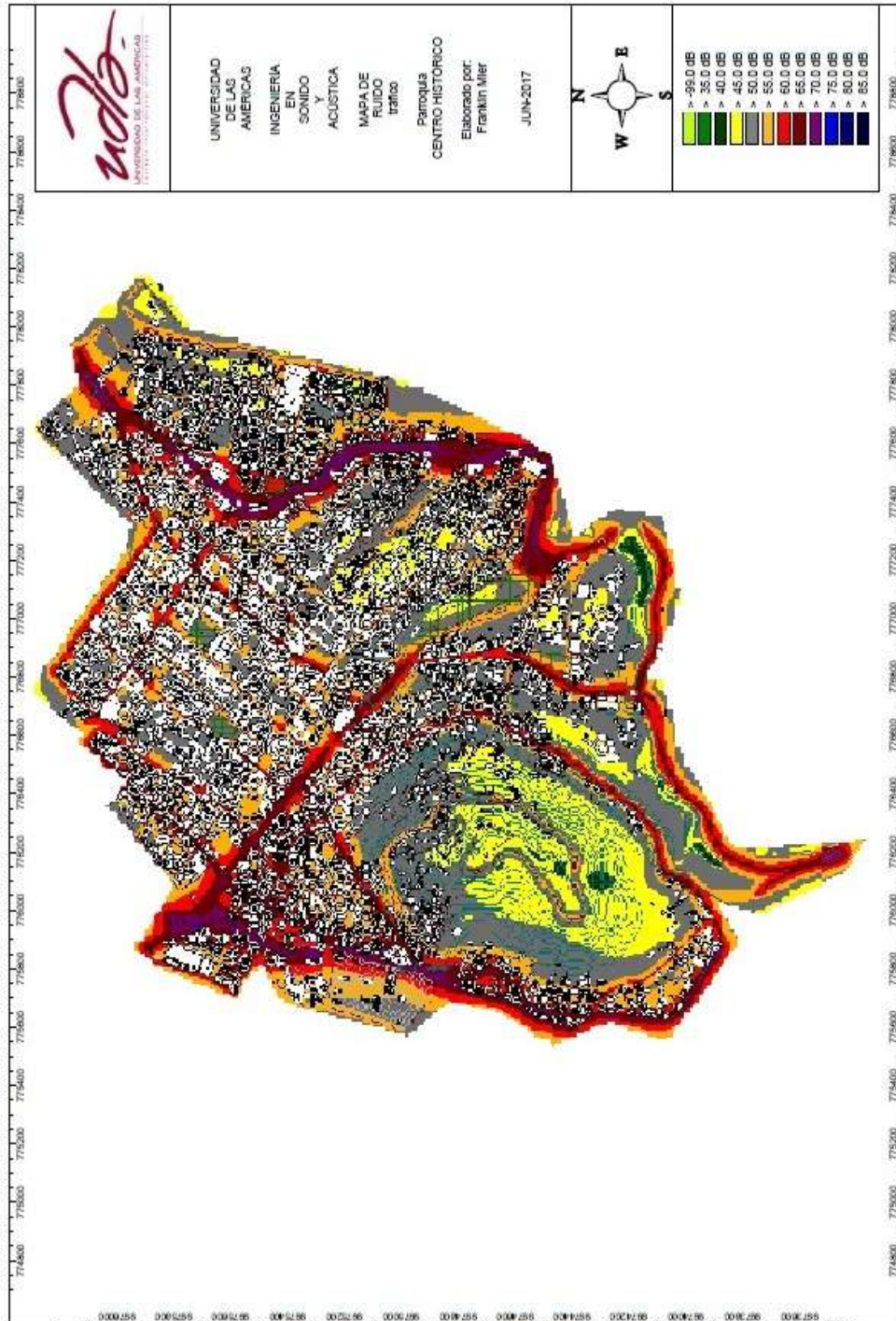


Figura 46. Mapa de ruido periodo nocturno.

5.1.5. Mapa de ruido indicador Ldn (Dia,noche)

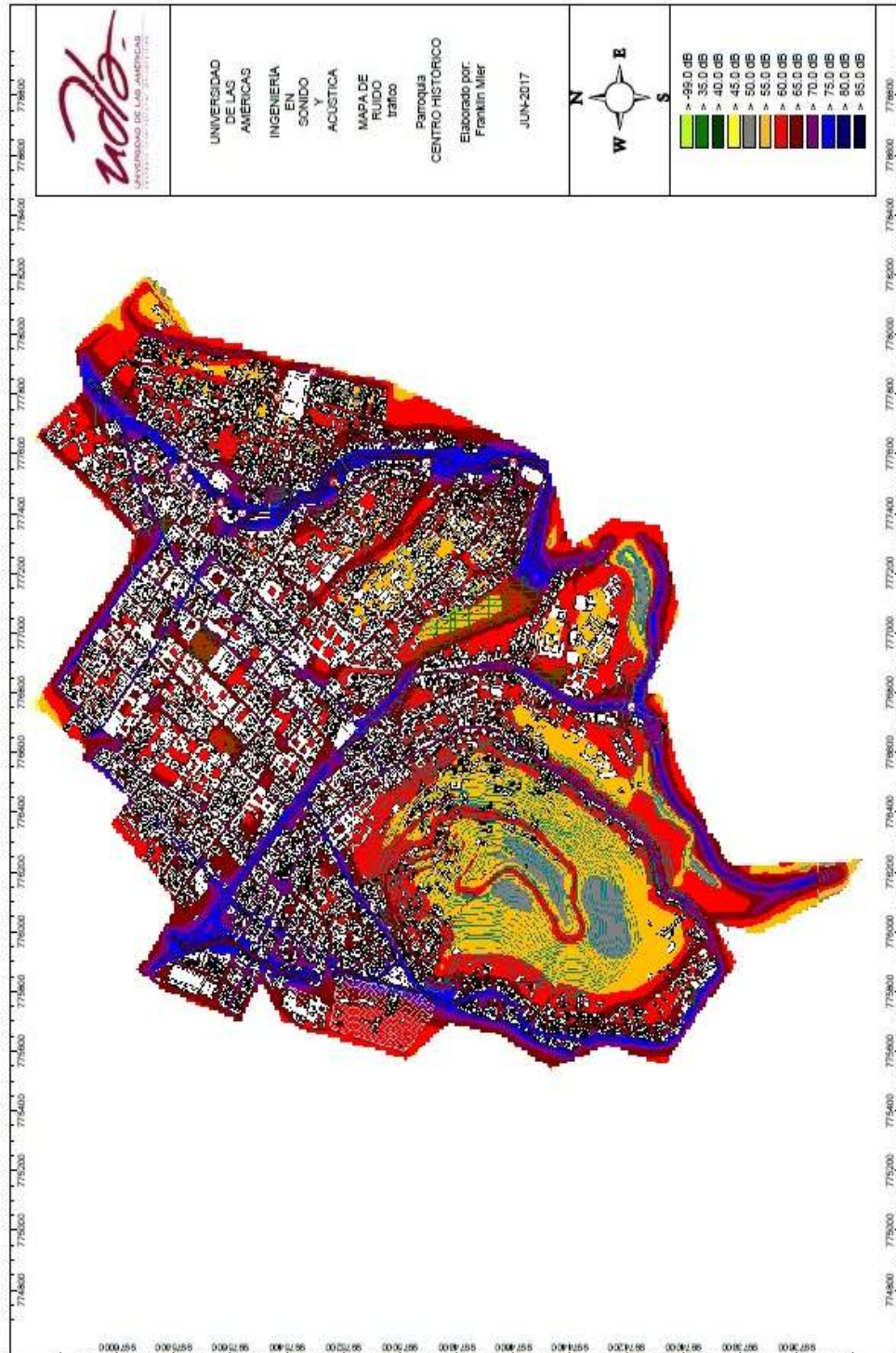


Figura 47. Mapa de ruido índice Ldn.

5.1.6. Mapa de ruido vista 3D

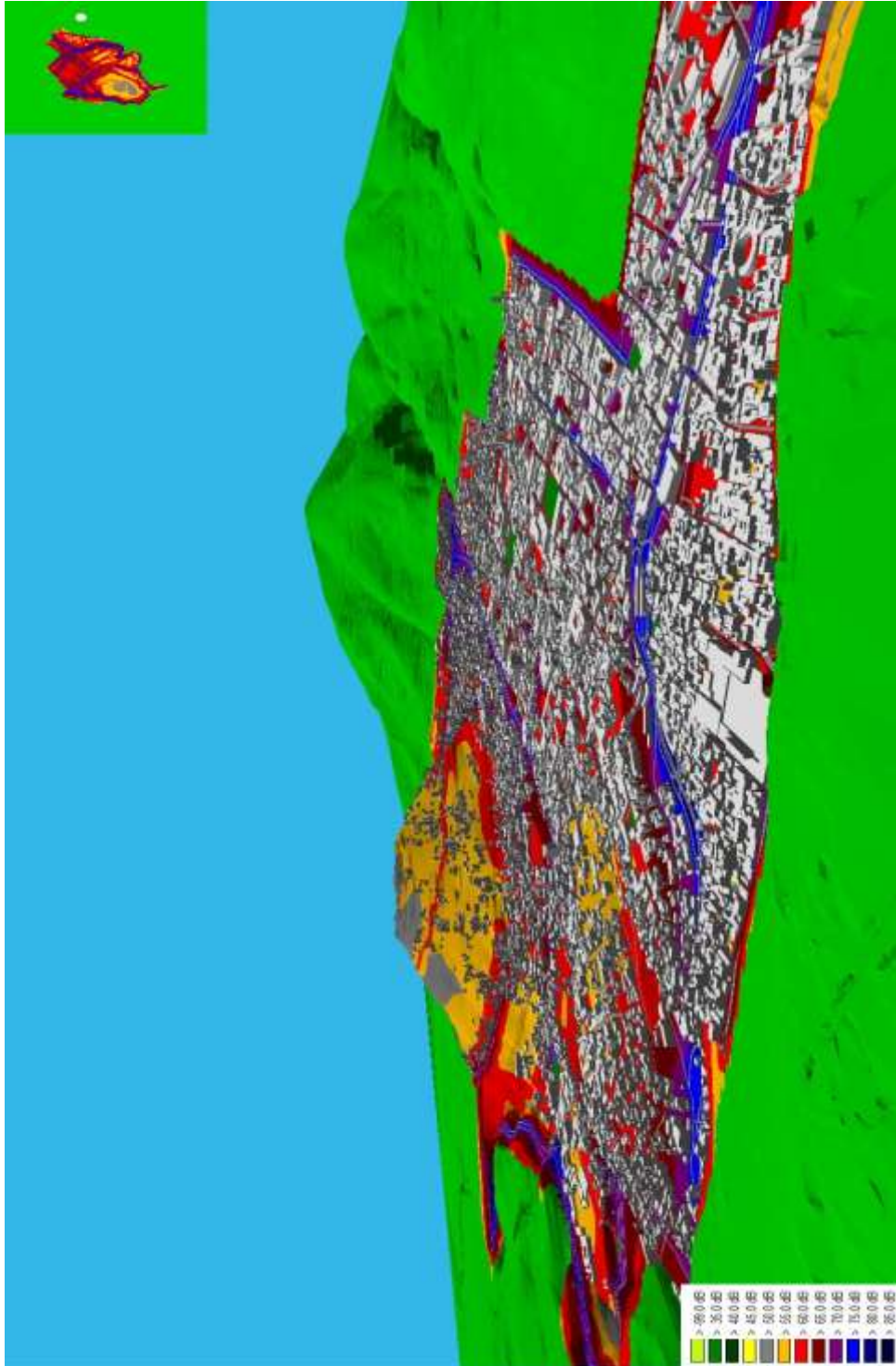


Figura 46. Mapa de ruido periodo nocturno.

5.2. Análisis de resultados

5.2.1. Resultado de mediciones

En la tabla 15 se muestran los resultados de las mediciones realizadas en 22 puntos estratégicos del Centro Histórico.

El nivel de ruido obtenido en la Avenida Alberto Enríquez en el periodo diurno es de 78,4 [dBA], en el periodo nocturno es de 73,2 [dBA] siendo considerada una vía arterial. La calle con menor nivel es la Vicente Rocafuerte con un nivel en el día de 70,1 [dBA] y en la noche de 61,4 [dBA], esta es considerada una vía local.

Tabla 15.

Mediciones In situ.

Zona 2	Punto	Localización	Leq día (dBA)	Leq noche (dBA)	Ldn	LMax día	LMax noche	LMin día	LMin noche
223	Pichincha	Entre Oriente y Antepara	77,4	69,7	75,8	90,9	90,1	77,2	64,5
226	Enríquez	Entre Sucre y Caracuz	78,4	73,2	77,0	90,9	90,1	77,2	68,3
228	Cinco de Junio	Entre Tejada Y 5 de Junio	74,9	68,6	73,4	91,7	89,5	73,4	48,4
202	Carlosmaría	Carlosmaría de la Torre	73,9	64,2	72,1	91,0	92,1	76,0	48,3
226	Los tuneles	Avenida Antonio Jose de Sucre	77,4	69,7	75,8	90,9	90,1	77,2	64,5
235	Vargas	Entre Vargas y Manabí	79,1	63,2	77,1	93,6	85,7	61,3	50,0
235	Manabí	Entre Benalcazar y Moreno	76,7	65,4	74,8	92,1	90,6	71,4	50,3
225	Hno Miguel	Entre Chimborazo y Jose Lopez	74,5	62,1	72,6	90,0	83,1	74,4	55,4
225	Mejía	Entre Cotopaxi y Cuenca	74,2	64,5	72,4	90,1	83,4	74,5	54,2
224	Guayaquil	Entre Chile y Mejía	77,1	63,2	75,2	89,8	84,1	76,3	53,1
221	Montufar I	Entre Espejo y Chile	74,1	63,1	72,3	92,0	83,6	78,9	55,3
221	Montufar 2	Entre Sucre y Junín	75,0	64,4	73,1	86,2	86,2	78,3	51,4
229	Benalcazar	Entre Moreno y Benalcazar	73,8	65,2	72,1	90,8	86,2	68,9	55,2
226	Venezuela	Entre Loja y Ambato	76,4	68,2	74,7	91,5	89,2	77,6	55,6
226	Moreno	Entre Loja y Ronda	71,7	62,8	70,0	88,8	83,4	62,2	55,3
226	Ambato	Entre Ambato y Garcia Moreno	72,7	61,4	70,8	86,1	83,4	76,7	55,4
226	Caracuz	Entre Villavicencio y Ambato	75,9	63,2	74,0	91,8	83,2	75,4	56,1
221	Rocafuerte I	Entre Maldonado y Montufar	75,6	64,3	73,7	92,1	85,2	74,3	54,3
221	Rocafuerte II	Entre Madrid y Vazcones	70,1	63,5	68,6	88,6	89,2	63,7	50,1
227	Ambato	Entre Guayaquil y Murgellio	76,9	67,1	75,1	92,7	84,6	76,1	57,5
220	Recoleta	Entre Vela y Tejada	75,8	61,5	73,9	93,8	82,1	68,1	52,7
219	Machangara	Machangara	75,0	65	73,2	90,8	86,2	73,7	50,4

5.2.2. Resultado de mediciones por tipo de vía

Se analizaron los datos de LAeq día, noche, mediante un promedio energético. Se pudo apreciar que el nivel más alto se da en la vía arterial, ya que por esta circulan un gran número de vehículos en horas pico. Además por la vía arterial circulan mayor porcentaje de vehículos pesados.

El Centro Histórico en los últimos años ha sufrido modificaciones estructurales, siendo este un factor importante para que la mayoría de vías sean locales. Los resultados obtenidos en el periodo diurno en vías arteriales es de 76,1 [dBA], contrastando con el valor de ruido en vías locales que es de 75,1 [dBA], además en el periodo nocturno las vías arteriales tienen un nivel de ruido de 64 [dBA] y las locales de 63,5 [dBA].



Figura 49. LAeq por tipo de vía, periodo diurno.



Figura 50. LAeq por tipo de vía, periodo nocturno.

5.2.3. Resultado de mediciones por tipo de calzada

El Centro Histórico se caracteriza por su tipo de calzada; por ser uno de los sectores más antiguos de Quito, su infraestructura vial consta de calzadas de

tipo piedra, adoquín y pavimento, que en algunos sectores es mixto (piedra y pavimento), esto un factor influyente en el ruido de rodadura.

El deterioro de las vías pavimentadas por condiciones climáticas y desgaste de las mismas generan baches, los mismos que producen mayor congestión y por ende mayor nivel de ruido. Se analizó el LAeq por periodo, tipo de calzada y flujo vehicular, dando como resultado que en el periodo diurno genera un nivel de ruido en pavimento de 75,9 [dBA], contrastando con el tipo de calzada de piedra que tiene un nivel de 76,7 [dBA] y la vía tipo adoquín con un nivel de 76,4 [dBA].



Figura 51. LAeq por tipo de calzada, periodo diurno.

En el periodo nocturno el ruido de pavimento es de 62,8 [dBA], y nivel de ruido en piedra es de 65 [dBA] y la vía tipo adoquín con un nivel de 63,2 [dBA]. Cabe destacar que en el periodo nocturno la medición fue hecha en pavimento mojado, ya que la temporada invernal coincidió con el cronograma de medición.



Figura 52. LAeq por tipo de calzada, periodo nocturno.

5.2.4. Análisis de los sitios de interés

Basado en las normativas internacionales como la Norma Colombiana de Ruido Ambiental y la Norma Española de Protección Contra la Contaminación Acústica y Térmica. Se tomó en cuenta un valor de referencia para el análisis de sitios de interés, el valor tomado dependerá del tipo de sector al cual esté expuesto, en este caso a zonas hospitalarias el nivel máximo permisible en el periodo diurno será de 55 [dBA] y 45 [dBA] en el periodo nocturno, en el sector educativo se tomará en cuenta los niveles de 65 [dBA] en el día y 50 [dBA] en la noche, en zonas de recreación los niveles serán de 55 [dBA] en el día y 45 [dBA] en la noche.

En este caso los más importantes del Centro Histórico son; escuelas, colegios, parques, centros de salud y museos, no se tomó en cuenta los valores nocturnos ya que las instituciones mencionadas no laboran a altas horas de la noche debido a que el periodo nocturno va desde las 22h00.

A continuación los resultados arrojados de este análisis y estudio.

5.3. Análisis en escuelas del Centro Histórico

Se ubicaron 25 escuelas en total en el sector, para esta investigación se tomó en cuenta normas internacionales, que indican que el nivel permisible de ruido

es de 65 [dBA]. Y de acuerdo al análisis realizado mediante la herramienta de *CadnaA* de receptores de edificaciones, se puede concluir que el nivel más alto de ruido es de 72,4 [dBA].

Se realizó un promedio con los valores LAeq de todas las escuelas del sector, dando como resultado un nivel de ruido de 65,2 [dBA], en este caso, para el periodo diurno el nivel excede en 0,2 [dBA], según se muestra en la figura 52.

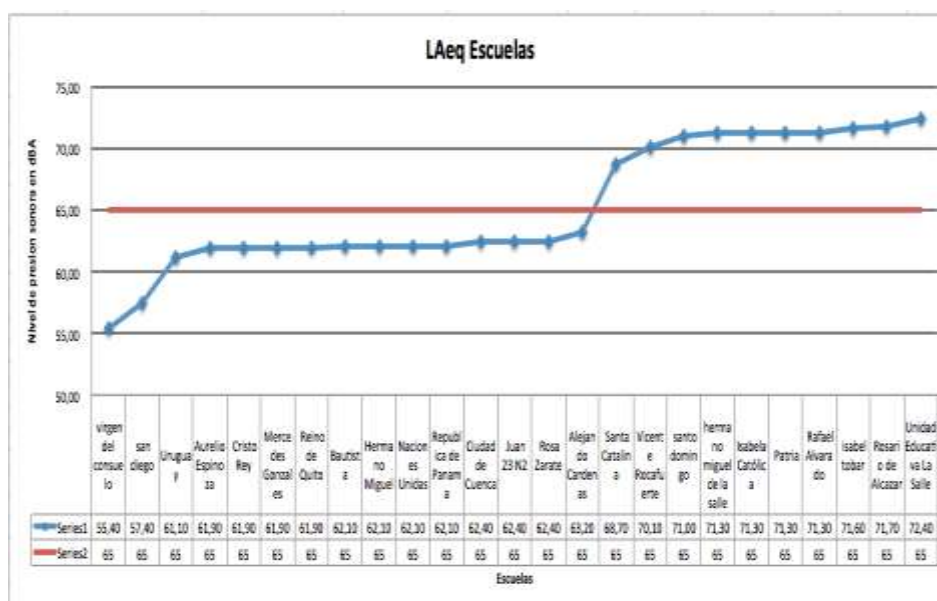


Figura 53. Niveles de ruido LAeq en Escuelas.

Tabla 16.

Porcentajes de niveles de ruido en Escuelas.

% de Escuelas > 50 (dbA)	8%
% de Escuelas > 60 (dbA)	56%
% de Escuelas > 70 (dbA)	36%
Porcentaje total	100%
Total de Escuelas	25

Se obtiene que los porcentajes de los niveles de ruido analizados en escuelas del sector dan como resultado que: el 8% de las escuelas sobrepasan los 50

[dBA] de nivel de ruido, el 56% los 60 [dBA] y 36% los 70[dBA].



Figura 54. Gráfica de porcentajes en escuelas del sector Centro Histórico.

5.4. Análisis en Colegios del Centro Histórico

Se analizaron 22 Colegios del sector, para esta investigación se tomó en cuenta normas internacionales, que indican que el nivel permisible de ruido es de 65 [dBA]. Y de acuerdo al análisis realizado mediante la herramienta de *CadnaA* de receptores de edificaciones, se puede concluir que el nivel más alto de ruido es de 76,1 [dBA].

Se realizó un promedio con los valores LAeq de todos los colegios del sector, dando como resultado un nivel de ruido de 65,9 [dBA], en este caso, para el periodo diurno el nivel excede en 0,9 [dBA], según se muestra en la figura 55.

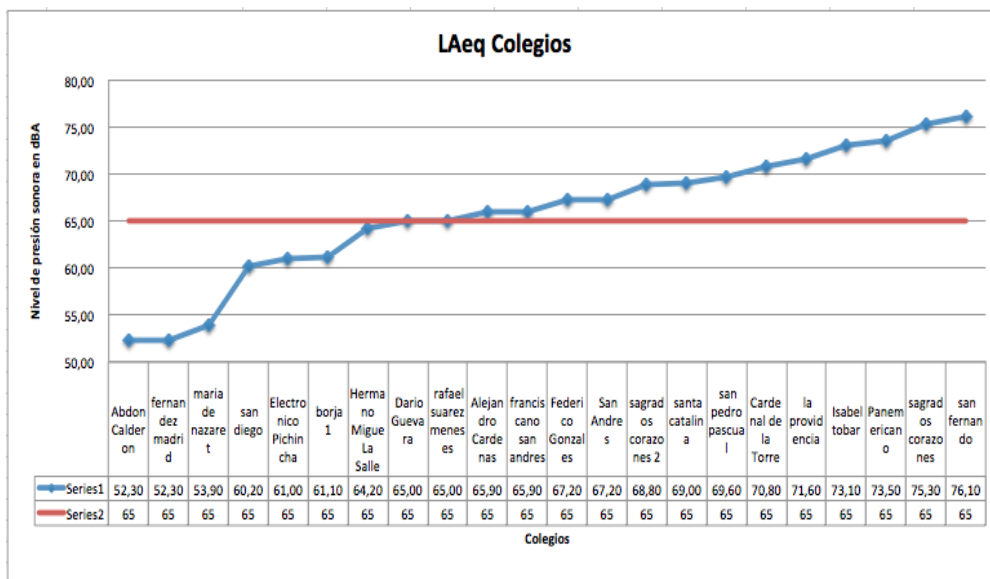


Figura 55. Niveles de ruido LAeq en Colegios.

Tabla 17.

Porcentajes de niveles de ruido en Colegios.

% de Colegios > 50 [dbA]	14%
% de Colegios > 60 [dbA]	59%
% de Colegios > 70 [dbA]	27%
Porcentaje total	100%
Total de Colegios	22

Se obtiene que los porcentajes de los niveles de ruido analizados en colegios del sector dan como resultado que: el 14% de los colegios sobrepasan los 50 [dbA] de nivel de ruido, el 59% los 60 [dbA] y 27% los 70[dbA].



Figura 56. Gráfica de porcentajes en Colegios del sector Centro Histórico.

5.5. Análisis en Centros de Salud del Centro Histórico

Se analizaron 7 hospitales y clínicas del sector, para esta investigación se tomó en cuenta normas internacionales, que indican que el nivel permisible de ruido es de 55 [dbA]. Y de acuerdo al análisis realizado mediante la herramienta de *CadnaA* de receptores de edificaciones, se puede concluir que el nivel más alto de ruido es de 69,3 [dbA].

Se realizó un promedio con los valores LAeq de todas los centros de salud del sector, dando como resultado un nivel de ruido de 67,5 [dbA], en este caso, para el periodo diurno el nivel excede en 12,5 [dbA], según se muestra en la figura 57.

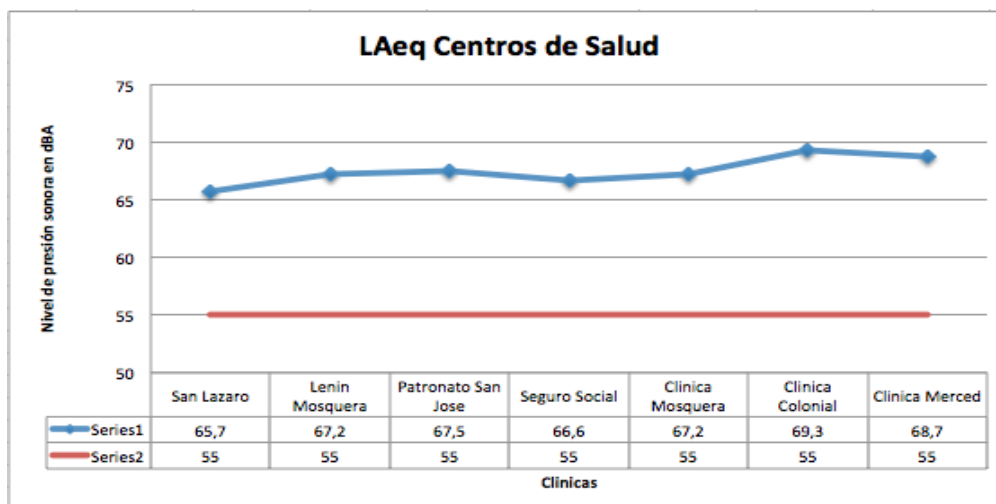


Figura 57. Niveles de ruido LAeq en Centros de Salud.

Se obtiene que los porcentajes de los niveles de ruido analizados en los centros de salud del sector dan como resultado que: el 100% de los hospitales y clínicas sobrepasan los 60 [dBA] de nivel de ruido.

5.6. Análisis en Museos del Centro Histórico

Se analizaron 10 museos del sector, para esta investigación se tomó en cuenta normas internacionales, que indican que el nivel permisible de ruido es de 65 [dBA], Y de acuerdo al análisis realizado mediante la herramienta de *CadnaA* de receptores de edificaciones, se puede concluir que el nivel más alto de ruido es de 73,6 [dBA].

Se realizó un promedio con los valores LAeq de todos los museos del sector, dando como resultado un nivel de ruido de 67,9 [dBA], en este caso, para el periodo diurno el nivel excede en 2,9 [dBA], según se muestra en la figura 58.

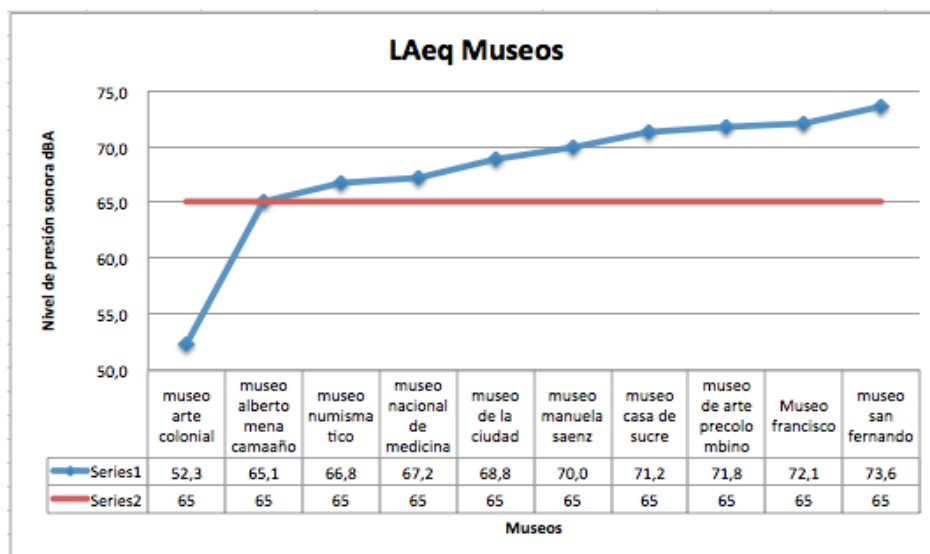


Figura 58. Niveles de ruido LAeq en Museos.

Tabla 18.

Porcentajes de niveles de ruido en museos.

% de Museos > 50 [dbA]	10%
% de Museos > 60 [dbA]	40%
% de Museos > 70 [dbA]	50%
Porcentaje total	100%
Total de Museos	10

Se obtiene que los porcentajes de los niveles de ruido analizados en museos del sector dan como resultado que: el 10% de los museos sobrepasan los 50 [dbA] de nivel de ruido, el 40% los 60 [dbA] y 50% los 70[dbA].



Figura 59. Gráfica de porcentajes en museos del sector Centro Histórico.

5.7. Análisis en plazas y parques del Centro Histórico

Se analizaron 8 plazas y parques del sector, para esta investigación se tomó en cuenta normas internacionales, que indican que el nivel permisible de ruido es de 55 [dB(A)], Y de acuerdo al análisis realizado mediante la herramienta de *CadnaA* de receptores de edificaciones, se puede concluir que el nivel más alto de ruido es de 65 [dB(A)]. Se realizó un promedio con los valores LAeq de todas las plazas y parques del sector, dando como resultado un nivel de ruido de 58,9 [dB(A)], en este caso, para el periodo diurno el nivel excede en 3,9 [dB(A)], según se muestra en la figura 60.

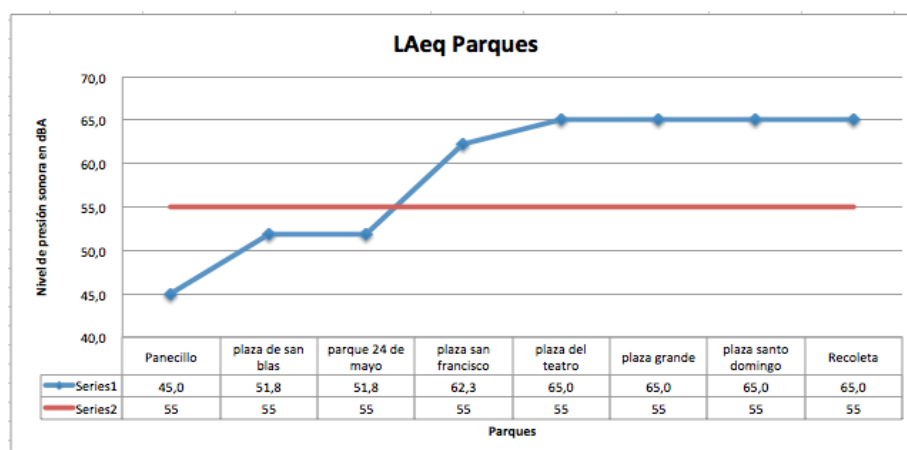


Figura 60. Niveles de ruido LAeq en parques y plazas.

Tabla 19.

Porcentajes de niveles de ruido en plazas y parques.

% de Parques > 40 [dbA]	13%
% de Parques > 50 [dbA]	25%
% de Parques > 60 [dbA]	63%
Porcentaje total	100%
Total de Parques	8

Se obtiene que los porcentajes de los niveles de ruido en plazas y parques del sector dan como resultado que: el 13% de los parques y plazas sobrepasan los 50 [dBA] de nivel de ruido, el 25% los 60 [dBA] y 63% los 70[dBA].

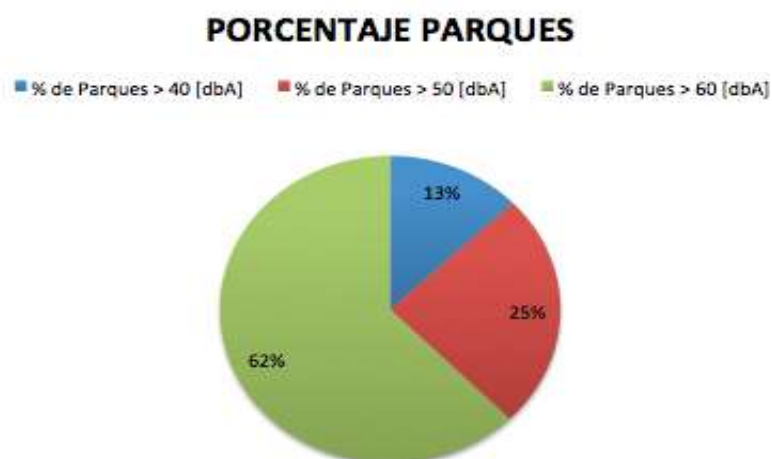


Figura 61. Gráfica de porcentajes en plazas y parques del sector Centro Histórico.

5.8. Resultados de población expuesta

En el año de 1996, la OMS y de END (The Environmental Noise Directive) dentro de sus objetivos fue eliminar la exposición sobre los 65 [dBA], se establece que la población expuesta debe mantenerse en un margen medio entre 55 y 65 [dBA], los cuales no deberían aumentar. La exposición en zonas tranquilas o silenciosas no debería sobrepasar el límite de 55 decibelios (Future, 1996).

Para obtener la estimación de población expuesta al ruido se realizó el ingreso de datos al programa de simulación *CadnaA*. El total de habitantes en el Centro Histórico según los datos de INEC hasta el año 2014 es de 36610 habitantes. El nivel pertinente en el caso de esta tesis para un ruido exterior en el Centro Histórico del DMQ es de 55 [dBA] en el día y de 45 [dBA] en la noche.

Los datos arrojados luego del análisis de distribución de población expuesta dan como resultado lo siguiente:

Tabla 20.

Datos y porcentaje de población expuesta al ruido.

Intervalo	Población Día	% Día	Población Noche	% Noche	Población Ldn	% Ldn
≤50 [dBA]	3021	8,3%	14616	39,9%	2525	6,9%
50-55 [dBA]	6434	17,6%	6530	17,8%	5836	15,9%
55-60 [dBA]	7188	19,6%	7036	19,2%	7059	19,3%
60-65 [dBA]	5994	16,4%	4688	12,8%	6222	17,0%
65-70 [dBA]	5602	15,3%	2974	8,1%	6219	17,0%
70-75 [dBA]	5385	14,7%	710	1,9%	5379	14,7%
≥75 [dBA]	2986	8,2%	57	0,2%	3372	9,2%
TOTAL	36610	100,0%	36610	100%	36610	100,0%

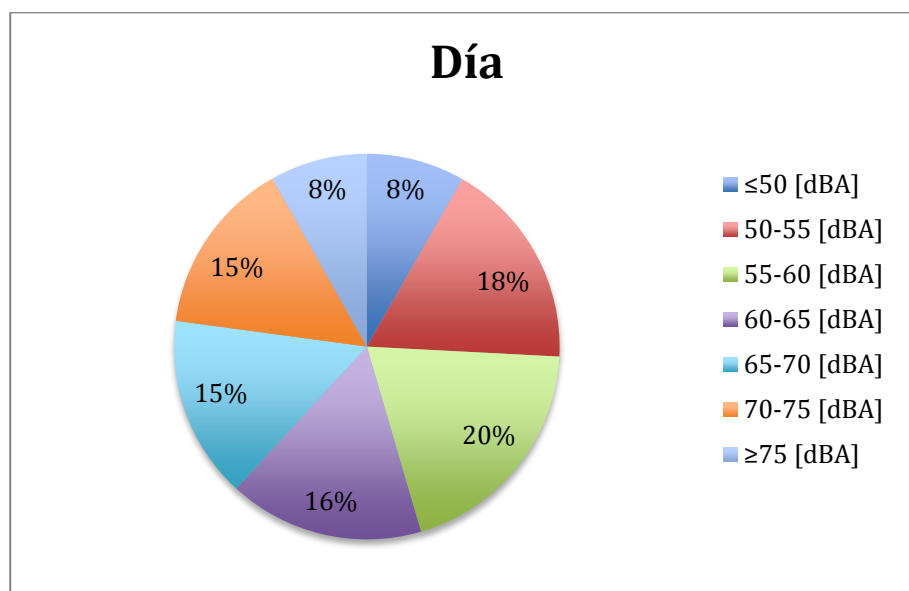


Figura 62. Gráfica de porcentaje poblacional en el día del sector Centro Histórico.

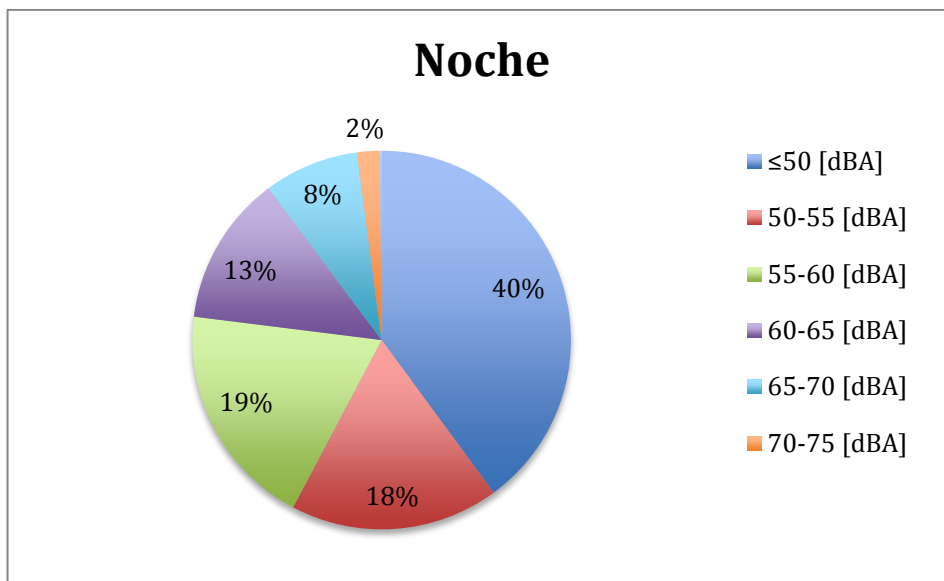


Figura 63. Gráfica de porcentaje poblacional en la noche del sector Centro Histórico.

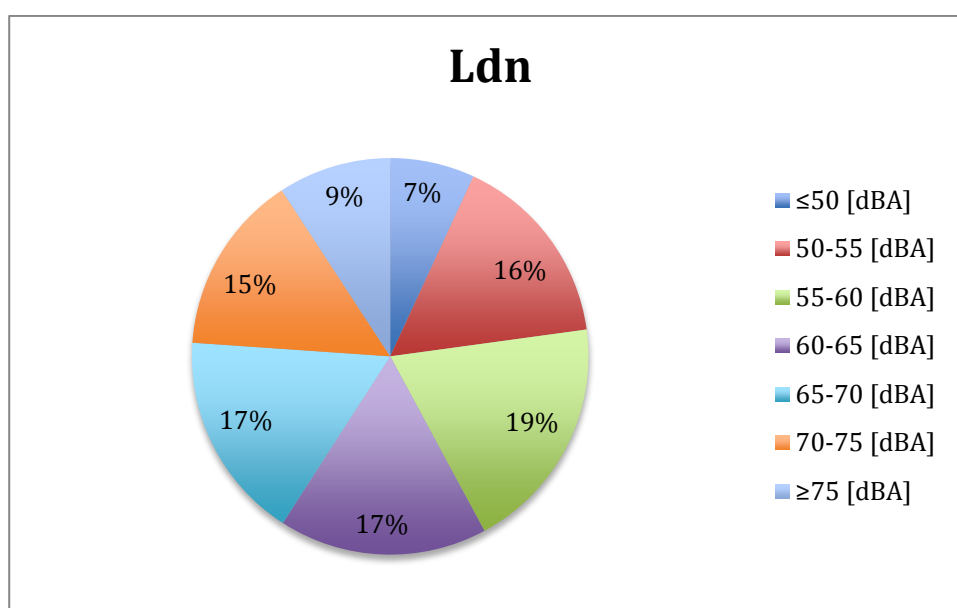


Figura 64. Gráfica de porcentaje poblacional Ldn del sector Centro Histórico.

Se determina que el nivel de ruido de tráfico al que están sometidos los 36610 habitantes del Centro Histórico, en los periodos diurno y nocturno con sus correspondientes intervalos de nivel en decibelios. En la tabla 21 se detalla la población que se encuentra afectada y no afectada.

Tabla 21.

Población afectada y no afectada expuesta al ruido.

Población	Población Día	% Día	Población Noche	% Noche	Población Ldn	% Ldn
AFECTADA	27155	74,20%	21995	60,1%	28250	77,2%
NO AFECTADA	9455	25,9%	14616	39,9%	8361	22,8%

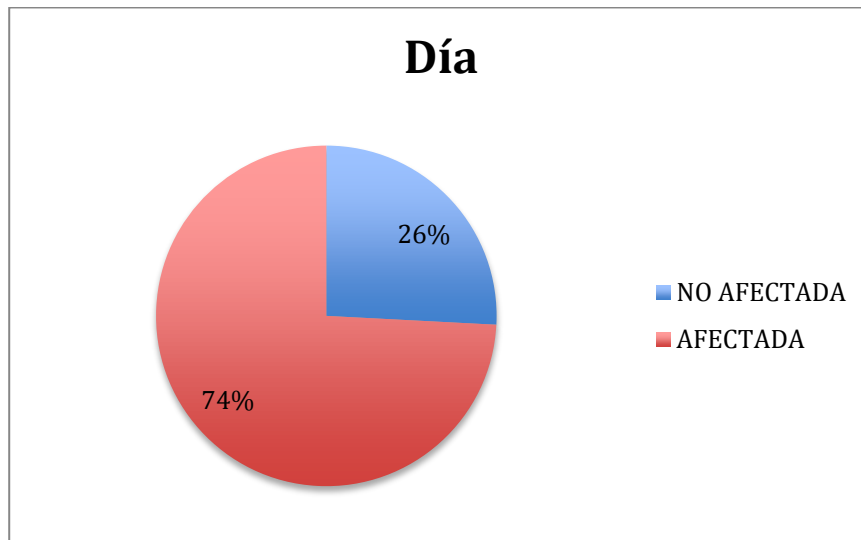


Figura 65. Gráfica de porcentaje poblacional periodo diurno.

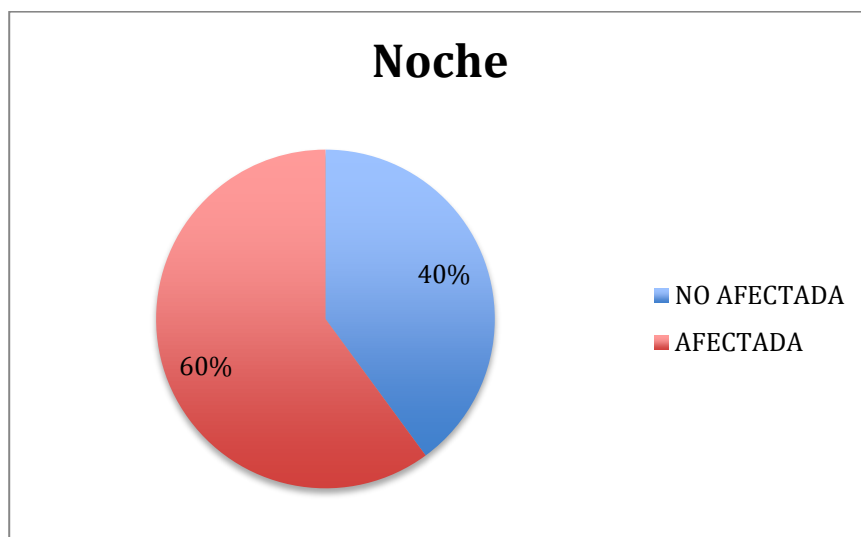


Figura 66. Gráfica de porcentaje poblacional periodo nocturno.

5.8.1. Población afectada en el periodo diurno y nocturno

Como se puede apreciar en la tabla 21 la población afectada del total de 36610 habitantes de la parroquia Centro histórico en el periodo diurno es de 27155 habitantes que corresponden al 74,2% del total, tomando en cuenta que el límite máximo permisible de acuerdo a la OMS es de 55 [dBA] en el periodo diurno.

La población que se encuentra afectada en el periodo nocturno es de 21995 habitantes que corresponden al 60,1% del total, tomando en cuenta que el límite máximo permisible de acuerdo a la OMS es de 45 [dBA] en el periodo nocturno.

5.8.2. Población no afectada en el periodo diurno y nocturno

La población que no se encuentra afectada en el periodo diurno es de 9455 habitantes que corresponden al 25,9% del total.

La población que no se encuentra afectada en el periodo nocturno es de 14616 habitantes que corresponden al 39,9% del total.

5.9. Resumen de resultados

La validación se determinó con una diferencia máxima de 3 [dB] entre el valor simulado y el valor medido, Se realizó el ajuste necesario en el *software* de simulación *CadnaA*, dando como resultado una correlación global de un R^2 de 0,84 el cual es bastante aceptable ya que se aproxima a 1, esto quiere decir que los puntos de medición respecto a una recta de valores entre medidos y simulados son cercanos y su error es mínimo.

El nivel de ruido obtenido en la Avenida Alberto Enríquez en el periodo diurno es de 78,4 [dBA], en el periodo nocturno es de 73,2 [dBA] siendo considerada una vía arterial. La calle con menor nivel es la Vicente Rocafuerte con un nivel en el día de 70,1 [dBA] y en la noche de 61,4 [dBA], esta es considerada una vía local.

Con respecto al tipo de vía en el Centro Histórico los últimos años ha sufrido

modificaciones estructurales. Los resultados obtenidos en el periodo diurno en vías arteriales es de 76,1 [dBA], contrastando con el valor de ruido en vías locales que es de 75,1 [dBA], además en el periodo nocturno las vías arteriales tienen un nivel de ruido de 64 [dBA] y las locales de 63,5 [dBA].

El Centro Histórico se caracteriza por su tipo de calzada; debido a su infraestructura vial consta de calzadas de tipo: piedra, adoquín y pavimento, este es un factor influyente en el ruido de rodadura. Se analizó el LAeq por periodo, tipo de calzada y flujo vehicular, dando como resultado que en el periodo diurno genera un nivel de ruido en pavimento de 75,9 [dBA], contrastando con el tipo de calzada de piedra que tiene un nivel de 76,7 [dBA] y la vía tipo adoquín con un nivel de 76,4 [dBA]. En el periodo nocturno el ruido de pavimento es de 62,8 [dBA], y nivel de ruido en piedra es de 65 [dBA] y la vía tipo adoquín con un nivel de 63,2 [dBA]. Cabe destacar que en el periodo nocturno la medición fue hecha en pavimento mojado, ya que la temporada invernal coincidió con el cronograma de medición.

En el Centro Histórico existen sitios de interés como: escuelas, colegios, parques, centros de salud y museos. Se tomó en cuenta un valor de referencia para el análisis de sitios de interés, el valor tomado dependerá del tipo de sector al cual esté expuesto, en este caso: la zona hospitalaria el nivel máximo permisible en el periodo diurno será de 55 [dBA], en el sector educativo se tomará en cuenta el nivel de 65 [dBA] y en zona de recreación el nivel serán de 55 [dBA].

Se ubicaron 25 escuelas en total en el sector, se realizó un promedio con los valores LAeq de todas las escuelas, dando como resultado un nivel de ruido de 65,2 [dBA].

Se analizaron 22 Colegios del sector, con un promedio LAeq de todas los colegios, dan como resultado un nivel de ruido de 65,9 [dBA].

En 7 hospitales y clínicas del sector, se realizó un promedio con los valores LAeq de todos los centros de salud, dando como resultado un nivel de ruido de 67,5 [dBA].

En los 10 museos existentes en el sector, el promedio LAeq de todos los museos dan como resultado un nivel de ruido de 67,9 [dBA].

Se analizaron 8 plazas y parques del sector y el promedio LAeq de todas las plazas y parques dan como resultado un nivel de ruido de 58,9 [dBA].

La población existente en el Centro Histórico es de 36610 los cuales están sometidos a ruido de tráfico se analizó en los periodos diurno y nocturno dando como resultado lo siguiente:

En el periodo diurno 27155 habitantes se encuentran expuesto al ruido esto corresponde al 74,2% del total, se tomó en cuenta que el límite máximo permisible de acuerdo a la OMS es de 55 [dBA].

La población que se encuentra afectada en el periodo nocturno es de 21995 habitantes que corresponden al 60,1% del total, se toma en cuenta que el límite máximo permisible de acuerdo a la OMS es de 45 [dBA] en el periodo nocturno.

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como *ArcGIS* y *OpenStreetMap* son herramientas facilitadoras para la creación de mapas de ruido, ya que estas poseen una gran capacidad de información y de fácil manejo. Esto puede ayudar a discernir un mejor método de utilización de estos sistemas.

Un uso adecuado de los SIG en los estudios de efectos de ruido, permite estimar y exponer las incertidumbres de los resultados sobre la base de los datos y métodos utilizados.

El SIG debe ser percibido como un sistema de ayuda para convertir diferentes aspectos terrestres como curvas de nivel, sistemas viales en mapas de ruido y hacer análisis de ellos. Además, la tecnología SIG ofrece una oportunidad de actualización de datos y de cambio ya que puede ser actualizado periódicamente.

Se evaluaron 22 puntos de medición de corto plazo distribuidos en las zonas de mayor conflicto y de interés en la parroquia Centro Histórico, las cuales ayudaron a validar la información que se obtuvo en el sistema de simulación de ruido ambiental *CadnaA*.

Esta parroquia se caracteriza por su tipo de calzada: Pavimento, piedra, adoquín, esto debido al deterioro de los mismos, además por diferentes factores como: cambios climáticos, falta de mantenimiento en las vías y descuido de las autoridades, inciden en el aumento de los famosos “baches” los cuales son los mayores influyentes para la producción de ruido, ya que detienen el tráfico y por ende generan mayor nivel de ruido de motor y de rodadura. Se puede decir que la mayor influencia la tiene el pavimento en vías arteriales, ya que estas tienen un flujo vehicular mayor. En cambio en algunas

vías locales el nivel de ruido de tráfico es alto debido a su tipo de calzada en este caso, piedra y adoquín.

En el Centro Histórico existen 47 escuelas y colegios, 10 museos, 8 parques y 7 centros de salud, de acuerdo a los resultados obtenidos y el análisis de los mismos, se puede evidenciar que se encuentran expuestos a una gran cantidad de ruido de tráfico, siendo este un factor importante de afectación para el desarrollo de actividades educativas y de recreación.

De acuerdo al análisis de población expuesta al ruido se puede evidenciar que la población afectada del total de 36610 habitantes de la parroquia Centro histórico en el periodo diurno es de 27155 habitantes que corresponden al 74,2% del total, La población que se encuentra afectada en el periodo nocturno es de 21995 habitantes que corresponden al 60,1%.

Con los datos obtenidos en la medición y los de simulación se pudo comprobar que estos valores se aproximan con un rango máximo de error de 3 [dBA], respecto al ajuste de R^2 su valor es de 0,84, el cual es bastante aceptable ya que se aproxima a 1, esto quiere decir que los puntos de medición respecto a una recta de valores entre medidos y simulados son cercanos y su error es mínimo.

6.2. Recomendaciones

Para obtener una validación más precisa se debe contar con más puntos de medición de corto y largo plazo. Se recomienda gestionar con entidades públicas que estén relacionadas con el tema ambiental, para que brinden su apoyo y seguridad cuando se realice un estudio de iguales características.

Se recomienda utilizar y comparar otro modelo predictivo ya que el RLS 90 sólo

toma en cuenta ciertos parámetros en la información ingresada de tráfico, debido a que en el sector, en el cual se realizó el estudio además de vehículos livianos y pesados existe una gran afluencia de motos las cuales no fueron consideradas para este modelo.

En vista de que no existe una normativa para la realización de mapas de ruido ni tampoco de índices de calidad de ruido ambiental, este estudio se basó en normativas internacionales que dictan parámetros de medición que no están relacionados con la realidad existente en el sector, por lo cual se recomienda un estudio a futuro detallando los parámetros fundamentales de movilidad relacionados a la preservación ambiental, con lo cual se podrá establecer una normativa nacional enfocada a mapas de ruido e índices de calidad.

Socializar los resultados de mapas de ruido con las autoridades responsables y la población, con el fin de fortalecer la gestión enfocada en generar medidas de prevención y un plan de conservación ambiental y acústico para este sector.

REFERENCIAS

- Alonso Fernández, J. (2014). Discriminación del estado de la carretera mediante procesado acústico en vehículo. Tesis de Doctorado. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado el 05 de junio de 2017 de http://oa.upm.es/33529/1/JESUS_ALONSO_FERNANDEZ.pdf
- Arana, M., San Martín, R., Nagore, I., & Pérez, D. (2013). *Main results of strategic noise maps and action plans in Navarre (Spain)*. *Environmental monitoring and assessment*, 185(6), 4951-4957. DOI 10.1007/s10661-012-2916-2
- Ausejo, M. (2010). Estudio de la validación, errores e incertidumbre en la elaboración de mapas de ruido. Tesis de Doctorado. Universidad Politécnica de Madrid.
- Barti, D. (2013). Acústica medioambiental. Vol. I. Alicante, ES: ECU. Recuperado el 07 de junio de 2017 de <http://site.ebrary.com/bibliotecavirtual.udla.edu.ec/lib/udlasp/reader.action?docID=10758065&ppg=3>
- Bastián-Monarca, N. A., Suárez, E., & Arenas, J. P. (2016). *Assessment of methods for simplified traffic noise mapping of small cities: Casework of the city of Valdivia, Chile*. *Science of The Total Environment*, 550, 439-448. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.01.139
- Bastián, N., Álvarez, J. P., & Moreno, F. (2014). Evaluación de Modelos de Predicción de Ruido de Tránsito Vehicular en Ciudades Pequeñas: Casos Ciudad de Valdivia y Osorno. In IX Congreso Iberoamericano de Acústica FIA. Recuperado el 14 de marzo de 2017 de https://www.researchgate.net/profile/Nicolas_Bastian_Monarca/publication/269395236_Evaluacion_de_modelos_de_prediccion_de_ruido_de_transito_vehicular_en_ciudades_pequenas_casos_ciudad_de_Valdivia_y_Osorno/links/5488b2730cf289302e30b7fb.pdf
- Buzai, G. D. (2012). Geografía y Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la escuela secundaria. Reflexiones y propuestas para el trabajo en

las aulas de la República Argentina. *Revista Geográfica (Mexico)*, (152), 63-82.

- Buzai, G. (2007). Sistemas de Información Geográfica: Aspectos conceptuales desde la teoría de la Geografía. In *Memorias XI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica (CONFIBSIG)* (Vol. 29). Recuperado el 25 de marzo de 2017 de https://www.researchgate.net/profile/Gustavo_Buzai/publication/299289863_Sistemas_de_Informacion_Geografica_aspectos_conceptuales_desde_la_teor%C3%ADa_de_la_Geografia/links/56f0914408ae70bdd6c94e27.pdf
- Casas-García, O., Betancur-Vargas, C. M., & Montaña-Erazo, J. S. (2015). Revisión de la normatividad para el ruido acústico en Colombia y su aplicación. *Entramado*, 11(1), 264-286. Recuperado el 16 de mayo de 2017 de <http://www.scielo.org.co/img/revistas/rfnsp/v23n2/v23n2a08>
- Clavé, S. A., Reverté, F. G., & Sunyer, N. A. (2005). *Planificación territorial del turismo*. Barcelona: UOC. Recuperado el 05 de marzo de 2017 de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=BAB7ixnXp9sC&oi=fnd&pg=PA11&dq=Clave%CC%81,+S.+A.,+Reverte%CC%81,+F.+G.,+%26+Sunyer,+N.+A.+\(2005\).+Planificacio%CC%81n+territorial+del+turismo+&ots=52Pi8jJN7s&sig=LH0AVO2mLLHxOAxLrAXfmOY-7hw#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=BAB7ixnXp9sC&oi=fnd&pg=PA11&dq=Clave%CC%81,+S.+A.,+Reverte%CC%81,+F.+G.,+%26+Sunyer,+N.+A.+(2005).+Planificacio%CC%81n+territorial+del+turismo+&ots=52Pi8jJN7s&sig=LH0AVO2mLLHxOAxLrAXfmOY-7hw#v=onepage&q&f=false)
- Delgado, O., & Martínez, J. (2015). Elaboración del mapa de ruido del área urbana de la Ciudad de Cuenca–Ecuador, empleando la técnica de interpolación geoestadística Kriging ordinario. *Ciencias Espaciales*, 8(1), 411-440. Recuperado el 17 de mayo de 2017 de http://cga.cuenca.gob.ec/sites/default/files/Mapa_Ruido_2012.pdf
- Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (2002). Unión Europea, *DOCE nº 189 (Serie L)*. de 18/07/2002. Recuperado el 01 de mayo de 2017 de <http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/ES/TXT>.
- Eason, S. A. (2013). *Strategic Noise Mapping with GIS for the Universitat Jaume I Smart Campus: best methodology practices*. Tesis Doctoral. Universitat Jaume I.

- Environmental Expert. (s.f.). *Predictor-LimA - Version Type 7810 - Environmental Noise Calculation and Mapping Software*. Recuperado el 13 de mayo de 2017 de <https://www.environmental-expert.com/software/predictor-lima-version-type-7810-environmental-noise-calculation-and-mapping-software-15996>
- Fernando Augusto De Noronha Castro Pinto, & Mardones, M. D. (2008, 07). *Noise mapping of densely populated neighborhoods—example of Copacabana, Rio de Janeiro—Brazil*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 155 (1-4), 309-318. doi:10.1007/s10661-008-0437-9
- Gómez, M. M. (2007). Educación psico-social ambiental: El sonido de la ignorancia. Buenos Aires: Espacio Editorial. Recuperado el 17 de mayo de 2017 de <http://site.ebrary.com/bibliotecavirtual.udla.edu.ec/lib/udlasp/detail.action?docID=11217349&p00=el+sonido+ignorancia>
- Gómez, M. B., López, P. F., & Cors, I. M. (2006). Turismo y planificación estratégica: el estudio e informe estratégico del turismo urbano y territorial de Lleida. Madrid, ES: Red Cuadernos Geográficos. Recuperado el 23 de marzo de 2017 de <http://site.ebrary.com/bibliotecavirtual.udla.edu.ec/lib/udlasp/detail.action?docID=10123802&p00=turismo+planificaci%C3%B3n+estrat%C3%A9gica%3A+estudio+informe+estrat%C3%A9gico+del+turismo+urbano+territorial+lleida>.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (s.f.). Población y Demografía. Recuperado el 15 de marzo de 2017 de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Isbert, A. C. (1998). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos* (Vol. 4). Univ. Politèc. de Catalunya. Recuperado el 13 de junio de 2017 de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=mceSsNa6U3IC&oi=fnd&pg=PA20&dq=curvas+de+ponderacion+A&ots=hB6LTPQX7A&sig=nufnNNaXSvk90YBLvadltN8xl1E#v=onepage&q=curvas%20de%20ponderacion%20A&f=false>
- Lobos, V. (2008). Evaluación del ruido ambiental de la ciudad de Puerto Montt.

VI Congreso Iberoamericano de Acústica FIA. Recuperado el 22 de mayo de 2017 de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfci1779e/sources/bmfci1779e.pdf>

López, G., y Rangel, D. (2014). Comparativa de mediciones de ruido generado en carreteras con carpeta de pavimento rígido vs pavimento flexible. Recuperado el 25 de marzo de 2017 de https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-04-29_03-02-0798398.pdf

Martínez, S. P., & Moreno, J. A. (2009). Análisis espacio-temporal con SIG del ruido ambiental urbano en Madrid y sus distritos. Madrid, ES: Asociación de Geógrafos Españoles. Recuperado el 11 de mayo de 2017 de <http://www.ebrary.com.bibliotecavirtual.udla.edu.ec>

Marzzano, A. Araos, M. Albornoz, C. Lefin, H. Fuentes, M. Delannoy J. y Meza L. (2014) Técnicas de confección de mapas de ruido en zonas de ocio: caso barrio Bellavista Santiago de Chile. Actas del Congreso. VI Congreso Iberoamericano de Acústica FIA. Valdivia, Chile. Recuperado el 15 de agosto de 2016 de https://issuu.com/acusticauach/docs/actas_fia_valdivia_2014_part_2-4

Murphy, E., & King, E. (2014). *Environmental noise pollution: Noise mapping, public health, and policy*. Newnes.

Ochoa, P. J. M., & Bolaños, F. (1990). Medida y control del ruido. Barcelona, ES: Marcombo. Recuperado el 15 de mayo de 2017 de <http://site.ebrary.com.bibliotecavirtual.udla.edu.ec/lib/udlasp/detail.action?docID=10316935&p00=medida+control+del+ruido.+barcelona>

Ordenanza Metropolitana N 0172. (2011). Régimen Administrativo del Suelo en el Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador. Recuperado el 17 de septiembre de 2016 de http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Ordenanzas/ORDENANZAS%20MUNICIPALES%202011/ORDM-0172%20%20%20%20%20REGIMEN%20ADMINISTRATIVO%20D

EL%20SUELO.PDF

- Quartieri, J., Mastorakis, N. E., Iannone, G., Guarnaccia, C., D'Ambrosio, S., Troisi, A., & Lenza, T. L. L. (2009). *A review of traffic noise predictive models. In Proceedings of the 5th WSEAS Int. Conf. on "Applied and Theoretical Mechanics" (MECHANICS'09)*, Puerto De La Cruz, Islas Canarias, España. (pp. 72-80). Recuperado el 12 de marzo de 2017 de <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2009/tenerife/MECHANICS/MECHANICS-12.pdf>
- Passchier-Vermeer, W., & Passchier, W. F. (2000). *Noise exposure and public health. Environmental health perspectives, 108*(Suppl 1), 123. Recuperado el 07 de junio de 2017 de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1637786/>
- Quiñones-Bolaños, E. E., Bustillo-Lecompte, C. F., & Mehrvar, M. (2016). *A traffic noise model for road intersections in the city of Cartagena de Indias, Colombia. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 47*, 149-161. doi:10.1016/j.trd.2016.05.007
- Registro Oficial No. 449. (2008) Constitución de la República del Ecuador. Recuperado el 18 de septiembre de 2016 de https://www.corteconstitucional.gob.ec/images/contenidos/quienes-somos/Constitucion_politica.pdf
- Steele, C. (2001). *A critical review of some traffic noise prediction models. Applied acoustics, 62*(3), 271-287. Recuperado el 16 de abril de 2017 de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X0000030X>
- Suárez, E., & Barros, J. L. (2014). *Traffic noise mapping of the city of Santiago de Chile. Science of the total environment, 466*, 539-546. Recuperado el 27 de mayo de 2017 de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971300781X>
- Texto Unificado de Legislación Secundaria Medio Ambiental. (2015). Ministerio del Ambiente TULSMA. Libro VI - Anexo 5. Quito, Ecuador. Niveles

máximos de emisión de ruido y metodología de medición para fuentes fijas y fuentes móviles. Emitido mediante decreto Ejecutivo No. 083, del Registro Oficial “Edición Especial No 387” del 04 de noviembre de 2015. LIBRO VI, Anexo, 5.

YEPES, D. L., Gómez, M., Sánchez, L., & JARAMILLO, A. C. (2009). Metodología de elaboración de mapas acústicos como herramienta de gestión del ruido urbano-caso Medellín. *Dyna*, 76(158), 29-40. Recuperado el 13 de marzo de 2017 de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0012-73532009000200003

ANEXOS

Anexo 1. Medición calle Manabí, Centro Histórico



Anexo 2. Medición calle Venezuela y 24 de Mayo, Centro Histórico