



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

ESTUDIO DE INDICADORES DE AFECCIÓN DE RUIDO DE TRÁFICO EN
CARRETERAS COMO CRITERIO DE PRIORIZACIÓN DE PLANES DE
ACCIÓN.

AUTORES

STEVEN ADRIÁN AYALA TORRES
EDGAR ANDRÉS GARCÍA MOYANO

AÑO

2020



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

ESTUDIO DE INDICADORES DE AFECCIÓN DE RUIDO DE TRÁFICO EN
CARRETERAS COMO CRITERIO DE PRIORIZACIÓN DE PLANES DE
ACCIÓN.

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

Profesor Guía

Doctora Virginia Puyana Romero

Autores

Steven Adrián Ayala Torres

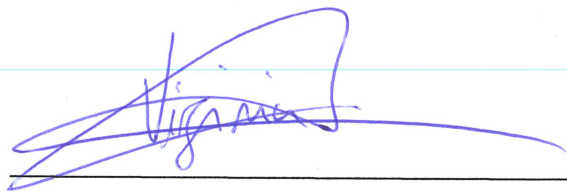
Edgar Andrés García Moyano

Año

2020

DECLARACIÓN PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido, “Estudio de indicadores de afección de ruido de tráfico en carreteras como criterio de priorización de planes de acción”, a través de reuniones periódicas con los estudiantes Steven Ayala, Andrés García, en el semestre 2020-2, 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”.



Virginia Puyana Romero

CC 1758988354

Dottorato di Ricerca in Rappresentazione, Tutela e Sicurezza dell' Ambiente e
delle Strutture e Governo del Territorio

DECLARACIÓN PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, “Estudio de indicadores de afección de ruido de tráfico en carreteras como criterio de priorización de planes de acción”, de los estudiantes Steven Ayala y Andrés García, en el semestre 2020-2, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

A handwritten signature in blue ink is written over a horizontal black line. The signature is stylized and appears to be 'Luis Alberto Bravo Moncayo'.

Luis Alberto Bravo Moncayo
Doctor en Ingeniería Acústica
C.C 1711710606

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DE LOS ESTUDIANTES

Declaramos que este trabajo es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autores vigentes.



Steven Adrián Ayala Torres
C I: 1726905670



Edgar Andrés García Moyano
C I: 0604237032

AGRADECIMIENTOS

A nuestros profesores; por guiarnos hacia el camino del conocimiento y superación profesional, que constantemente dedicaron su vocación para brindarnos los conocimientos necesarios para la culminación de nuestros estudios.

Steven.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, a mis padres por haberme enseñado el camino del bien, a mis hermanas y a mis hermanos (amigos) gracias a todos, hacen mi mundo un mundo mejor.

Andrés.

DEDICATORIA

A mis padres: Omar y Doris, por la confianza depositada en mí, por todo su apoyo, comprensión y su amor. A nuestra tutora de tesis Virginia, que con su gran habilidad nos encamino en el presente trabajo.

Steven.

DEDICATORIA

A todos los que confiaron en mí, todos los sueños son posibles, y este es un sueño para mí, a mi profesora Virginia, a mis amigos Steven y Anthony que me soportaron para lograr esto.

Andrés.

RESUMEN

El oído humano tiene la capacidad de percibir sonidos, cumpliendo así la función de identificar cuando se trate de ruidos agradables o no, se requieren indicadores acústicos para la evaluación de estrategias de mitigación de ruido. Utilizando cifras obtenidas de un mapa de ruido, podemos conocer de forma aproximada el grado de exposición a niveles de ruido y el número de personas que están expuestas. Dado que los niveles se calculan a 4 metros del nivel del suelo, esta estimación es lo suficientemente precisa para casas unifamiliares o viviendas de similares características. Sin embargo, para edificios de gran altura, esta aproximación podría ser confusa e incluso poco precisa.

En esta tesis, se trata de mostrar que, con la implementación de un detallado mapa de ruido de fachadas, la evaluación de la exposición al ruido puede lograrse de forma exacta, calculando los niveles de ruido en los puntos de cada receptor subdividido en secciones en cada fachada de las viviendas.

Para ello se analiza la afección de ruido de tráfico que genera una vía principal como criterio de priorización de planes de acción, mediante la subdivisión de la vía en tramos, asignando su priorización de acuerdo con el número de personas que están expuestas en cada zona de influencia y al grado de exposición. Como caso de estudio se utiliza el tramo de la avenida Antonio José de Sucre que va por el parque Panamá a la Mañosca, todo ello llevado a cabo a través de: el cálculo y predicción del ruido con el software CadnaA y la recopilación, análisis y edición de información geográfica con el software ArcGIS.

En la investigación se observa que los resultados del estado de distribución del ruido urbano exceden el estándar ambiental recomendado por Unión Europea y la Organización Mundial de la Salud, indicando de manera precisa el área y población expuesta.

ABSTRACT

The human ear has the ability to perceive sounds, thus fulfilling the function of identifying when it comes to pleasant noises or not, Acoustic indicators were applied for the evaluation of noise mitigation strategies. Using figures obtained from a horizontal noise map, we can approximate the number of people who are exposed to acoustic indicator value bands, which is exactly accurate enough for single-family homes or homes with similar characteristics. However, for high buildings, this approach could be confusing and even imprecise.

In this thesis, the aim is to show that, with the implementation of a detailed façade noise map, the evaluation can achieve the exact form, calculating the noise levels at the points of each receiver subdivided into sections on each façade of the buildings.

The aim is to analyze the effect of traffic noise generated by a main road as a criterion of prioritizing for action plans, by subdivision of the road of the case study into sections, assigning its prioritization according to the number of people who are exposed in each influence area, all carried out through: the calculation, evaluation and prediction of noise with CadnaA software and the collection, analysis, editing and publication of geographic information with ArcGIS software. The research shows that the results of the urban noise distribution state exceed the environmental standard recommended by the European Union and the World Health Organization, indicating precisely the area and population exposed.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Marco Referencial	4
1.3 Hipótesis.....	4
1.4 Alcance.....	5
1.5 Justificación.....	5
1.6 Objetivo general	6
1.7 Objetivos Específicos	6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Indicadores de ruido ambiental	6
2.1.1 Nivel de presión sonora.....	6
2.1.2 Nivel de presión sonora continuo equivalente	7
2.1.3 Nivel diurno	8
2.1.4 Nivel tarde	8
2.1.5 Nivel noche.....	8
2.1.6 Nivel sonoro día, tarde y noche.....	8
2.1.7 Gden normalizado	9
2.2 Indicadores de salud provocados por el ruido ambiental	10
2.2.1 Porcentaje de personas molestas y personas muy molestas	10
2.2.2 Porcentaje de personas con perturbación y grandes	11
perturbaciones del sueño	11
2.3 Indicadores de evaluación de edificios provocados por el ruido.....	11

2.3.1 Building prioritization score.....	11
2.3.2 Índice de prioridad italiano.....	12
2.4 CadnaA.....	13
2.4.1 Modelo NMPB-Routes96 francés	13
2.4.2 Método Alemán VBEB.....	16
2.5 ArcGIS.....	17
2.5.1 Archivos ArcView.....	17
2.6 Mapa de fachada.....	17
3. METODOLOGÍA.....	18
3.1 Contexto geográfico	18
3.2 Población.....	21
3.3 Recolección de datos insi-tu.....	21
3.3.1 Conteo de flujo Vehicular	21
3.4 CadnaA	23
3.5 Cálculo de receptores en fachada.....	24
3.6 ArcGIS.....	26
4. RESULTADOS	29
4.1 Indicadores ambientales de ruido.....	29
4.1.1 Ld	30
4.1.2 Ln	31
4.1.3 Lden	33
4.1.4 Gden.....	38
4.2 Indicadores de salud	38

4.2.1 %A.....	39
4.2.2 %HA	40
4.2.3 %SD	42
4.2.4 %HSD.....	44
4.3 Indicadores de evaluación de edificios.....	45
4.3.1 BPS	46
4.3.2 IP	47
4.4 Priorización.....	48
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
REFERENCIAS.....	52
ANEXOS.....	56

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) uno de los principales problemas de las ciudades modernas es el crecimiento del tráfico urbano. Este incremento eleva las problemáticas ambientales como el ruido, la contaminación, entre otras. Esta problemática tiene un crecimiento en la medida que crecen las ciudades, los habitantes de la ciudad y la infraestructura física de la ciudad. Dado que el ruido no deja desechos, no tiene un efecto que se acumula en el medio, pero sí en los seres humanos. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha estimado que en el mundo existen aproximadamente 120 millones de personas con dificultades auditivas invalidantes y que aproximadamente 500 millones de personas sufren por los altos niveles de ruido en todo el mundo.

Sabiendo que un indicador acústico es una medida cualitativa o cuantitativa de sucesos comunes, para eso es necesario tener un respaldo de acciones a realizar, donde ayudan a determinar cómo afecta el ruido de una manera particular dependiendo el caso de estudio que se efectúa y los resultados a obtener. Organismos de diferentes países han costeado investigaciones para el desarrollo de indicadores acústicos, dada la importancia de tener valores de referencia a la hora de definir estrategias de intervención frente al ruido. Se utilizan en la elaboración de los mapas estratégico de ruido, exigidos por la Directiva Europea, para poder comparar resultados de distintas ciudades (Directiva Europea, 2002).

El desarrollo de los descriptores acústicos de afección al ruido ha tenido un avance notable a lo largo de este tiempo, lo cual se demuestra a través de la recopilación de datos entre ellos la investigación realizada por Licitra y Ascari

(2014) sobre la distribución de las clases de exposición al ruido, agrupándolas, y usando varios descriptores. Estos indicadores los aplicaron a mapas de ruido al público, con el objetivo de ser utilizados en planes de acción, los indicadores acústicos fueron parte fundamental dentro de esta investigación, dado que al hacer un estudio del ruido a ciertas horas en específico se logra obtener información individual para entregar soluciones y priorizar áreas específicas que requieren ser tratadas.

Una investigación propone el empleo de indicadores de afección de ruido de tráfico para priorizar el orden de actuación de planes de acción contra el ruido (Licitra et al., 2017). Tanto en esta investigación como en la realizada por Licita y Ascari (2014) se analizaron y discutieron indicadores y las metodologías para definir los puntos críticos de ruido.

Un estudio realizado en el año 2015 muestra un análisis y valoración del ruido ambiental, utilizando la normativa europea. El proyecto, denominado NADIA, tomó los datos de mapas de ruido de las principales carreteras provinciales, y de las aglomeraciones de los municipios (Sevilla) y planteó los consecuentes planes de acción contra el ruido (Schiavoni et al., 2015). El objetivo principal del proyecto fue definir procedimientos para obtener resultados más significativos y realistas, tanto en las fases de mapeo de ruido, como en la planificación de acciones, dando como resultado ser un método útil para lograr resultados comparables entre todos los estados miembros de la Unión Europea de cara a la realización de planes de acción contra el ruido.

Existe una gran cantidad de indicadores acústicos, varias legislaciones de diferentes países han desarrollado investigaciones sobre este tema, teniendo como planificación elaborar mapas estratégicos de ruido utilizando indicadores acústicos exigidos por la normativa europea (Directiva Europea, 2002). Estos

descriptores acústicos ayudan a determinar cómo afecta el ruido de una manera particular, tomando en cuenta el caso de estudio que se analiza y efectúa.

En Ecuador, los aspectos legislativos a nivel nacional en materia de ruido, se recogen en el Libro VI Anexo 5 del “Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente” (TULSMA). La normativa establece realizar mapa de ruido para municipios en más de 250 mil habitantes, pero no es obligatorio realizar planes de acción. También establece los “Límites Permisibles de nivel de ruido ambiente para fuentes fijas en función a distintos tipos de uso de suelo. (TULSMA, 2015), de igual manera los valores máximos de emisión específica de cada tipo de vehículos. Se puede considerar que existe la posibilidad de que la norma ecuatoriana no cuenta con el contenido, porque obliga a la realización de mapas de ruido sin que se establezca cuando es necesario intervenir.

Por otra parte, la normativa europea establece métodos de evaluación para los efectos nocivos del ruido ambiental con descriptores referentes a la salud relacionados con enfermedades cardíacas isquémicas, molestias intensas y alteraciones graves del sueño. Como fuentes generadoras de posibles afecciones en la salud la norma el ruido vial, el ruido ferroviario y el ruido de aeronaves a la hora de evaluar los citados indicadores. (Directiva Europea-Medio Ambiente, 2020). Estos indicadores proceden de estudios previos de población realizados en anteriores investigaciones (Schiavoni et al., 2015; Licitra y Ascari, 2014; Miedema y Oudshoorn, 2001).

De los estudios de recopilación citados con anterioridad podemos clasificar los indicadores según el grado de exposición. Así, indicadores ambientales, indicadores de salud e indicadores con criterio de priorización. En esta tesis se realiza el estudio de diversos indicadores de ruido de tráfico aplicados a un caso de estudio: la Avenida Mariscal Sucre. Dicha avenida ha experimentado un

notable incremento de vehículos con el paso del tiempo, y un consecuente aumento del grado de molestia de la población que habita en las edificaciones residenciales aledañas debida al ruido de tráfico.

1.2 Marco Referencial

En la ciudad de Quito se ha visto un notable incremento de vehículos a medida que avanza el tiempo. Como consecuencia, existe una gran cantidad de población afectada por el ruido de tráfico en ciertos sectores problemáticos de la capital del Ecuador; es el caso de la avenida Antonio José de Sucre, en el sector norte de Quito. En dicho sector, existe una cantidad considerable de edificios residenciales y un notable flujo vehicular según datos recolectados durante el desarrollo de la tesis sobre el número y tipo de vehículos que circulan.

El presente estudio analiza diversos indicadores acústicos que puedan ayudar a la selección de los lugares donde intervenir durante la realización de los planes de acción. Para ello se parte de la simulación de un mapa de ruido de fachadas de la zona de estudio que proporcionará la información necesaria para determinar qué tan problemáticos resultan los niveles de ruido en las zonas residenciales próximas al tramo de carretera seleccionado. Para mostrar los resultados, se utilizarán tablas, representaciones gráficas y mapas con escalas de color.

1.3 Hipótesis

Se pueden utilizar indicadores acústicos sobre ruido de tráfico para indicar el grado de afección de las zonas residenciales aledañas a una carretera principal de cara a priorizar intervenciones para reducir los efectos de ruido en la población.

1.4 Alcance

Esta investigación considera un tramo con un aproximado de dos kilómetros de longitud de la avenida Antonio José de Sucre, que va desde el parque Panamá hasta Mañosca, para calcular indicadores acústicos sobre afección del ruido de tráfico. Esta investigación incluye la estimación de ruido en los receptores, mediante la simulación de un mapa de ruido en fachada, así como el cálculo de indicadores utilizados para priorizar las intervenciones que puedan proponerse en planes de acción.

La visualización de los resultados de los indicadores podrá realizarse mediante criterios de color que indican qué tramos se consideran prioritarios, durante el desarrollo de la tesis se realizará un estudio previo de los indicadores que normalmente se utilizan para la priorización de las medidas de intervención contra el ruido.

1.5 Justificación

La contaminación por ruido es un problema de continua preocupación pública. En el país existen estudios acerca del impacto del ruido de tráfico en las zonas urbanas (UDLA, 2019) por lo que resulta pertinente realizar un estudio sobre criterios de priorización aplicables a planes de acción, esto para dar paso a la investigación donde se puede establecer los cimientos para futuros estudios y análisis para evaluaciones de la afección del ruido de tráfico que se realicen en el país.

1.6 Objetivo general

Analizar indicadores que se utilizan como criterio para priorizar intervenciones para reducir los efectos negativos del ruido en la población, los indicadores estudiados se enfocarán a la afección del ruido en las principales carreteras.

1.7 Objetivos Específicos

- Recopilar información sobre los indicadores que más se utilizan en relación con la afección por ruido de carretera, y agruparlos según modalidades.
- Simular un mapa de ruido de fachada para investigar los niveles de exposición al ruido de tráfico, así como la población afectada en el caso de estudio.
- Aplicar el uso de los citados indicadores al caso de estudio, y determinar las zonas con mayor problemática acústica.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Indicadores de ruido ambiental

2.1.1 Nivel de presión sonora

El nivel de presión sonora (NPS), es un indicador utilizado para el análisis de los efectos causados por la propagación de ondas sonoras de cierta intensidad encontradas en el aire. Para tener valores en rangos aceptables, el nivel de presión sonora se expresa en una escala de decibeles (Miraya, 2004). Se define de acuerdo con la siguiente ecuación matemática:

$$NPS = 20 * \log \frac{P}{P_{ref}}$$

(Ecuación 1)

Donde “P” es el nivel de presión sonora eficaz del sonido y Pref es la presión de referencia con relación al aire y viene dado con el valor de 0,00002 Pascales (Miraya, 2004). Este proceso físico es el causal de la existencia del denominado rango audible, donde está en una escala que va desde los 0 dB hasta los 120 dB.

2.1.2 Nivel de presión sonora continuo equivalente

El Nivel de presión sonora continuo equivalente (Leq), es el promedio energético de los niveles de presión sonora en un periodo de tiempo determinado. También puede definirse como el nivel regular de igual valor energético. El (LAeq) es el Leq ponderado A; La ecuación matemática que se utiliza es la siguiente:

$$Leq = 10 * \log \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n 10^{\left(\frac{LAeqTi}{10}\right)}$$

(Ecuación 2)

Donde N es el número de intervalos existentes en el tiempo total de estudio y “LAeqTi” cada valor de Leq por intervalo (Long, 2006).

2.1.3 Nivel diurno

El Nivel diurno (Ld), es el nivel sonoro medio de larga duración expresado en ponderación A. Comprendido en un horario de entre 7:00 - 19:00 horas, establecido en (Directiva Europea, 2002).

2.1.4 Nivel tarde

El Nivel tarde (Le), es el nivel sonoro medio de larga duración expresado en ponderación A. Comprendido en un horario de entre 19:00 - 23:00 horas, establecido en (Directiva Europea, 2002).

2.1.5 Nivel noche

El Nivel noche (Ln), es el nivel sonoro medio de larga duración expresado en ponderación. Comprendido en un horario de entre 23:00 - 07:00 horas establecido en (Directiva Europea, 2002).

2.1.6 Nivel sonoro día, tarde y noche

El nivel sonoro día tarde y noche (Lden), es un indicador que abarca la evaluación y gestión del ruido ambiental, es el nivel equivalente día, tarde y noche en ponderación A (Directiva Europea, 2002) Se calcula según la siguiente fórmula:

$$L_{den} = 10 * \log\left(\frac{12 * 10^{\frac{L_d}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_e}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_n}{10}}}{24}\right)$$

(Ecuación 3)

Donde:

- L_d : Nivel sonoro para el periodo día.
- L_e : Nivel sonoro para el periodo tarde.
- L_n : Nivel sonoro para el periodo noche.

2.1.7 Gden normalizado

Gden realiza una agrupación de los niveles de ruido en función de la población expuesta y viene dado por la siguiente ecuación.

$$G_{den, norm} = 10 * \log\left(\frac{1}{N_{tot}} \sum_{i=1}^n n_i * 10^{L_{den i}/10}\right)$$

(Ecuación 4)

Donde n_i es el número de habitantes expuestos a la clase i -ésima de exposición; $L_{den i}$ es el nivel de ruido representativo de la clase i -ésima; por ejemplo, 57.5 dB (A) es el valor del nivel de ruido de la clase de exposición 55 – 60 dB (A). Y

así el indicador entrega puntajes más altos a las áreas que están pobladas intensamente pero no los sectores más ruidosos (Jabben et al., 2010).

2.2 Indicadores de salud provocados por el ruido ambiental.

2.2.1 Porcentaje de personas molestas y personas muy molestas

El porcentaje de personas molestas y muy molestas (%A, %HA), es un indicador que entrega un valor porcentual relacionado con las personas, siendo expuestas al ruido en función de L_{den} , según las siguientes ecuaciones:

$$\%A = 1,79 * 10^{-4}(L_{den} - 37)^3 + 2.1 * 10^{-2}(L_{den} - 37)^2 + 0,53(L_{den} - 37)$$

(Ecuación 5)

$$\%HA = 9,86 * 10^{-4}(L_{den} - 42)^3 + 1,43 * 10^{-2}(L_{den} - 42)^2 + 0,5118(L_{den} - 42)$$

(Ecuación 6)

Existen diferentes fuentes de ruido que pueden evaluarse con este indicador, aunque las fórmulas anteriores son las que se utilizan para el ruido de tráfico rodado (Babisch., W, 2010).

2.2.2 Porcentaje de personas con perturbación y grandes perturbaciones del sueño

El porcentaje de personas con trastornos y grandes trastornos (%SD, %HSD), es un indicador que entrega un valor porcentual relacionado con las personas expuestas al ruido en función de L_n , según las siguientes ecuaciones:

$$\%SD = 13,8 - 0,85 * L_n + 0,016 * L_n^2$$

(Ecuación 7)

$$\%HSD = 20,8 - 1,05 * L_n + 0,01486 * L_n^2$$

(Ecuación 8)

Existen diferentes fuentes de ruido que pueden evaluarse con este indicador, aunque las fórmulas anteriores son las que se utilizan para el ruido de tráfico rodado (Babisch., W 2010).

2.3 Indicadores de evaluación de edificios provocados por el ruido.

2.3.1 Building prioritization score

El Building prioritization score (BPS), es un indicador desarrollado por el gobierno escocés para evaluar la exposición al ruido de edificios residenciales (Gobierno escocés, 2009). Pondera a los edificios en un rango de 0 a 100 siendo

0 un edificio ideal y 100 un edificio con problemas de ruido y alta densidad poblacional.

$$BPS = Lden + 10\log(NA)$$

(Ecuación 9)

Existen diferentes fuentes de ruido que pueden evaluarse con este indicador, aunque la fórmula anterior es la que se utiliza para el ruido de tráfico rodado, donde L nivel de ruido Lden en el edificio, y NA viene de dada con la siguiente ecuación matemática.

$$NA = \frac{N * PA * \%A}{100}$$

(Ecuación 10)

Donde N es el número de puntos de dirección dentro del edificio; PA es la población por edificio y %A es el porcentaje de personas molestas por el Ruido (Agencia Europea del Medio Ambiente, 2010).

2.3.2 Índice de prioridad italiano

El Índice de prioridad italiano asigna la máxima prioridad a los edificios sensibles, al ruido y consta del número de personas afectadas por ruido, el nivel de ruido y

las características del área en la que se superan los límites de ruido que prioriza y está dado por la siguiente ecuación:

$$I_{Pi} = K_i * n_i * MAX (L_{diurno} - L_{lim}^{[70]}_{diurno}, L_{nocturno} - L_{lim}^{[70]}_{nocturno})$$

(Ecuación 11)

Donde K_i es un coeficiente de corrección, en el caso de estudio se utiliza, 1 para residencias; n_i es el número de personas afectadas por el ruido; L_{lim} , diurno y L_{lim} , nocturno son los límites de ruido italianos para el edificio en el período diurno italiano que va desde las (06 a 22 horas) y nocturno (22 a 06 horas) L_{diurno} y $L_{nocturno}$ son los valores promedio del ruido ponderado A, para edificios residenciales se establece un nivel que va entre 55 - 45 Diurno y Nocturno respectivamente. L_i diurno y L_i nocturno respectivamente es el nivel estimado en la fachada del edificio i -ésimo en el horario diurno italiano (06 a 22 horas) y (22 a 06 horas) horario nocturno (Gobierno Italiano, 2000).

2.4 CadnaA

Es un software encargado de modelización y cálculo de ruido ambiental, como el aéreo, ferroviario y de tráfico (DataKustic, 2018). El principio funcional de esta interface trata de la tipificación de fuentes emisoras de ruido de un origen geográfico determinado. Se determina el tipo de fuente de ruido, ya sea puntual o continua y se determina la sección del espacio a estudiar con el fin de distribuir cada receptor en las superficies de las fachadas de los edificios.

2.4.1 Modelo NMPB-Routes96 francés

El método de cálculo para el ruido de tráfico rodado es el método nacional de cálculo francés utilizado en CadnaA, "NMPB-Routes-96 (SETRACERTU-LCPCSTB)". Existiendo un nivel de emisión que se predice, este es un nivel de presión sonora de referencia, que se consigue aplicando todas las correcciones al nivel básico referido a en la vía completa y medidos a 4 metros sobre el suelo (Carlos y Gutiérrez, 2012); NMPB asume que la mitad de la vía recibe la mitad del volumen del tráfico. El modelo trabaja con una fuente lineal ubicada en la mitad y a 0,5 metros de altura, que recibe todo el volumen del tráfico, donde el cálculo que se basa en la emisión de los vehículos considerada de forma independiente depende de:

- La clasificación de vehículos incluye a vehículos ligeros de menos de 3,5 toneladas, y pesados los de carga superior a 3,5 toneladas.
- La velocidad que está en un rango de entre (20-120Km/h). Se pueden establecer diferentes límites de velocidad dependiendo la normativa de cada país.
- La clasificación del flujo vehicular.
- Se puede introducir como parámetro la altura, distancia en metros al centro de la calzada.

Para determinar el nivel del sonido a largo plazo en L_{eq} , basta conocer el promedio de velocidad de las aglomeraciones de vehículos. Si los datos que se tienen no permiten el cálculo preciso de las velocidades medias, puede aplicarse la regla general siguiente: en cada segmento de la vía se consigna la velocidad máxima permitida en el mismo. Cada vez que cambia el límite de velocidad

autorizado, deberá definirse un nuevo segmento de la vía dependiendo de la situación, debiendo entonces aplicarse correcciones para uno de los cuatro tipos de flujo de tráfico.

La ecuación del modelo francés es:

$$LA_{eq} = 55 + 10 \log (Q_{vl} + E * Q_{vp}) - 10 \log L + K_n + K_v$$

(Ecuación 12)

Donde:

- Q_{vl} : Caudal de vehículos ligeros.
- Q_{vp} : Caudal vehículos pesados.
- E : Pendiente (%)
- K_h : Altura
- K_v : Velocidad.
- L : Ancho de la calzada

2.4.2 Método Alemán VBEB

Es un método de cálculo preliminar para determinar el número de personas expuestas al ruido ("Vorläufige Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm" [VBEB.]). Según este método se puede determinar el número de personas expuesto al ruido, así como a las áreas afectadas por ruido y el número de viviendas. Este método se basa en la Directriz 3722 de la VDI (Asociación de Ingenieros Alemanes), y tiene en consideración aspectos tales como el nivel de exposición, el punto de evaluación, las edificaciones, las superficies y dimensiones de la fachada, el área de piso y el espacio habitable.

Al calcular los indicadores de ruido L_{den} y L_{night} , se establecen puntos de evaluación. Para este propósito, la fachada se divide en partes iguales con una longitud de 5 metros y no superiores a 2.5 metros. Los puntos de evaluación siempre se ubican en el medio de la fachada o de la sección de la fachada.

La determinación del número de personas expuestas al ruido se basa en los datos oficiales disponibles, esto puede incluir el número de pisos o el área base de un edificio, el requisito previo para la estimación de las cifras de habitantes por edificio, es importante el área base del edificio y el número de pisos. El número de habitantes se determina para cada edificio bajo consideración de los siguientes parámetros; Volumen de edificios residenciales, número de pisos, área base del edificio, altura promedio entre pisos.

La información de la población puede suministrarse por vivienda, edificio, manzana o sector de la ciudad. La superficie habitable por habitante se determina de acuerdo con el número de habitantes, número de área base de un

edificio, y asigna un valor al espacio que ocuparía cada receptor. (Gazette et al., 2007).

2.5 ArcGIS

ArcGIS es un software que se utiliza para compilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir datos geográficos. ArcGIS representa la información geográfica con una serie de capas. Destacamos dos de sus aplicaciones: ArcScene, un visualizador 3D, para generar escenas en perspectiva con desplazamiento panorámico, y ArcMap que permite la visualización y administración de datos en dos dimensiones.

2.5.1 Archivos ArcView

Estos archivos tienen la extensión .shp (shapefile) un tipo de archivo que contiene información sobre la ubicación, geometría y atributos de entidades geográficas. Las entidades geográficas de un shapefile se representan por medio de puntos, líneas o polígonos. Los shapefiles junto con las extensiones .dbf y .shx que contienen la información de base de datos y su archivo índice, deben estar juntas en el mismo directorio para efectuar su importación. Para la presente investigación se utilizaron archivos ArcView de edificios, curvas de nivel, receptores y carretera.

2.6 Mapa de fachada

Un mapa de fachada es una representación gráfica en 3D del nivel acústico, generalmente expresado en dB, en una ubicación determinada, Dichos niveles se representan en los mapas de ruido por áreas o líneas de colores que

representan rangos de igual afección acústica. Las líneas con que representan igual nivel de presión sonora se denominan isofónicas.

Los mapas de ruido pueden representar diferentes índices acústicos (niveles equivalentes, máximos, percentiles, entre otros, pero lo más común es que representen niveles equivalentes de un periodo determinado (día, tarde y noche, o equivalente de todo el día).

3. METODOLOGÍA

3.1 Contexto geográfico.

El Distrito Metropolitano de Quito es la capital del Ecuador, y se localiza a una altura de 2800 metros sobre el nivel del mar. Existen varias vías y carreteras que atraviesan la ciudad de Norte a Sur, como es el caso de la Avenida Mariscal Sucre, que tiene una extensión de 31Km, siendo una vía que cruza 83 barrios de la ciudad. Se la puede definir como una vía arterial de Quito. La Mariscal Sucre bordea la ciudad por el extremo occidental que va desde Calderón hasta Guamaní. Fue inaugurada en el año de 1976 y diseñada para ser una vía colectora distribuidora, siendo una vía que tiene una gran concentración de vehículos y tiene varios puntos conflictivos de atracones de vehículos según (El Comercio, 2014). Barrios que forman parte del estudio en la Avenida Antonio José de Sucre están:

- Quito Tennis
- Colinas de Pichincha

- Granda Centeno
- El Bosque
- Rumipamba
- El Armero
- San Patricio

A continuación, se muestra una imagen en la cual se especifica el área de estudio en contexto, así como el tramo de la Avenida Mariscal Sucre que está representada por las líneas de color rojo. Los polígonos en azul son las edificaciones tomadas en cuenta para el análisis, mientras que las líneas verdes delimitan las manzanas.



Figura 1. Archivo ArcMap, mapa vial carretera, domicilios y manzanas del área de estudio (Avenida Mariscal Sucre).

Todos estos datos se encuentran en formato de archivos ArcView y fueron obtenidos de la página web del Distrito Metropolitano de Quito (gobiernoabierto.quito.gob.ec). Esta base de datos provee información de los

mapas digitales utilizados. Cabe destacar que únicamente se tomó en cuenta las edificaciones de uso residencial.

3.2 Población

Los edificios residenciales serán los únicos tomados en cuenta para la determinación de la densidad de población, obtenemos este dato mediante la información de residentes en cada edificio. Estos datos fueron obtenidos de la extensión .dbf de los archivos ArcView, según el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ, 2014), el área donde se realiza el caso de estudio tiene una población de 19861 personas.

3.3 Recolección de datos insi-tu

3.3.1 Conteo de flujo Vehicular

El proceso de recolección de datos del flujo vehicular se realizó el viernes 21 de febrero de 2020 en la Avenida Antonio José de Sucre y Beck Rollo (Parque Panamá). Dado el ancho de la vía, y la dificultad para hacer los conteos en el sitio, se grabó un video para visualizarlo y contar los vehículos con posterioridad. Existen tres carriles para cada sentido de la vía, cada carril de la vía tiene un ancho de 3,55 metros resultando un total de 10,65 metros de arcén a arcén. La dirección de la vía tiene sentido norte-sur y sur-norte con una extensión de 2,6 Km de longitud y con un límite de velocidad de (70 km/h) para vehículos pesados y (90km/h) para vehículos livianos y motos.

El muestreo de vehículos se realizó en periodos de 15 minutos para posteriormente extrapolar estos conteos a periodos de una hora. Se contabilizó el total de vehículos livianos, pesados y motos, que circulaban en sentido norte - sur y sur - norte, en diferentes periodos del día, tarde y noche.



Figura 2. Avenida Mariscal Sucre, conteo de flujo vehicular

Adaptado de Google Maps, s.f.

Tabla 1.

Medición in-situ conteo de flujo vehicular

Sentido	Tipo	12H00- 13H00	18H00- 19H00	22H00- 23H00
Norte - Sur	Livianos	2608	3848	676
	Pesados	200	256	44
	Motos	232	268	60
Sur - Norte	Livianos	2840	3332	644
	Pesados	160	236	36
	Motos	136	252	56

Obteniendo como resultado un porcentaje de vehículos livianos en sentido norte-sur de 38,5% en la mañana, 51,5% la tarde y 10% para la noche, para los vehículos pesados se obtiene un 40% en la mañana, 51,2% tarde y 8,8% en la

noche y para las motos un total de 41,4% en la mañana en la tarde 48% y 10,8 en la noche. El porcentaje de vehículos livianos en sentido sur-norte es de 41,7% para la mañana, 48,95% en la tarde y 9,45% para la noche, para los vehículos pesados se obtiene un 37% en la mañana, 54,6% tarde y 8,3% en la noche y para las motos un total de 30,6% en la mañana, en la tarde 56,8% y 12,6% en la noche. Estos datos son los que se introdujeron en CadnaA, como el aforo total de vehículo o la suma de estos datos.

3.4 CadnaA

CadnaA puede importar capas de información de archivos ArcView, para ello el usuario debe especificar el tema de la capa, de tal manera que los objetos puedan ser reconocidos mediante el uso de la identificación de capas situada en el menú de opciones de importación (ver anexo 3).



Figura 3. Imagen muestra de importación de capas de la zona de estudio en CadnaA.

3.5 Cálculo de receptores en fachada

Se realizó el cálculo del nivel de ruido de receptores en fachada, a través del uso del método de predicción de ruido de tráfico rodado NMPBRoutes96 francés y de acuerdo con la subdivisión en secciones para puntos de evaluación de fachada, en la que se introduce un receptor en cada sección de acuerdo con el método alemán, utilizando el modelo licencia de CADIZ de España, este modelo fue el único que se pudo obtener.

Este proceso se llevó a cabo mediante la incorporación de información de los mapas digitales y de flujo vehicular, con el fin de una evaluación de calidad acústica en edificios residenciales, se procedió a eliminar todas las edificaciones que no tengan este uso, limitando el cálculo a edificios residenciales y ruido generado por el tráfico vehicular producido únicamente por la vía ubicada en el área de estudio.

A continuación, se describe el procedimiento para obtener el nivel de los índices de cálculo en cada punto receptor en las fachadas de los edificios después de la importación de datos. Se procede a definir en el cuadro de texto de configuración de cálculo en cadnaA los índices de cálculo (ver anexo 4), designación de horas para los periodos día, tarde y noche (ver anexo 5) y el método francés para el cálculo de ruido de tráfico, posteriormente se genera el proceso de evaluación de edificios que muestra los niveles más altos de L_d y L_n .

Para ello se seleccionan los edificios y con la opción de modificar atributos se ejecuta la evaluación de edificios seleccionando la opción de receptores de fachada según el método VBEB (método alemán) (ver anexo 6), proceso que resulta en la introducción de un símbolo encima de cada polígono que representa una superficie a evaluar.



Figura 4. Muestra de símbolos introducidos de evaluación de edificios.

Para la ejecución del cálculo de la obtención de resultados de receptores fue necesario fraccionar el cálculo en hojas más pequeñas, debido a que la superficie a calcular es grande y la limitación de número de objetos que puede procesar CadnaA a la vez, para ello se utilizó la herramienta calculo PCSP o Procesos segmentados controlados en paralelo por sus siglas en inglés, se define un área de cálculo global del proyecto y se generan hojas o porciones con un tamaño de 300 metros con un máximo de 100 edificios por sección generada.

Este proceso permite visualizar su ejecución para revisar donde se encuentra el cálculo exactamente, para procesar y obtener esta información se ejecutó el

modo Batch o cálculo automático, así obtener los receptores en cada edificio para su posterior análisis y cálculo de indicadores en ArcGIS.

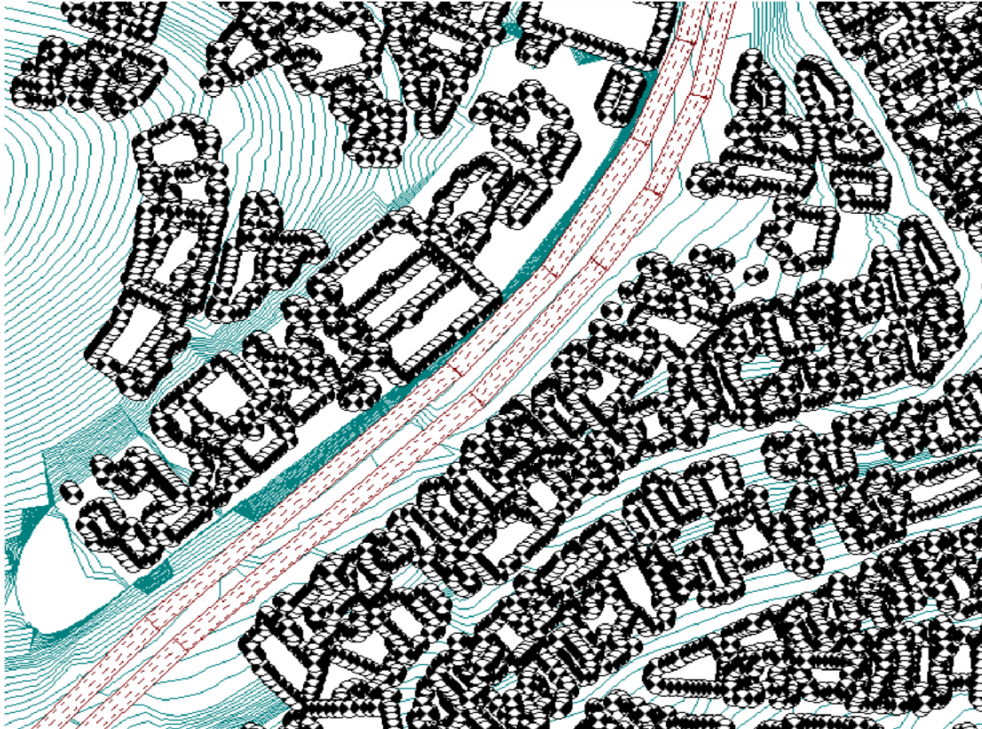


Figura 5. Muestra de símbolos receptores ubicados en cada edificio.

3.6 ArcGIS

Existen varias aplicaciones que se adicionan al entorno de ArcGIS con el fin de analizar, editar y publicar toda la información exportada desde el software CadnaA, se utilizó las aplicaciones ArcMap y ArcScene. Se adjuntó la información de cada shapefile con su base de datos con la herramienta *add data*, logrando visualizar cada capa en la sección de tabla de contenido, cada capa añadida cuenta con una tabla de atributos donde se adjunta la información de contenido.

Tabla 2.

Archivo ArcMap, tabla de atributos de capa de receptores 3D

FID	Shape *	NAME	ID	L1	L2	L3	L4	EINW L	EINW N	Superficie
30541	Polygon ZM	BLOQUE_RUMPAMBA	01900	74,5	74,9	68,3	77,3	0,062	0,071	0,02790
30542	Polygon ZM	BLOQUE_RUMPAMBA	01900	74,4	74,8	68,3	77,2	0,062	0,071	0,02790
30543	Polygon ZM	BLOQUE_RUMPAMBA	01900	74,3	74,8	68,2	77,1	0,057	0,071	0,02543
31079	Polygon ZM	BLOQUE_RUMPAMBA	01907	72,6	73	66,5	75,4	0,124	0,111	0,04921
31080	Polygon ZM	BLOQUE_RUMPAMBA	01907	72,1	72,6	66	74,9	0,124	0,111	0,04921
58592	Polygon ZM	BLOQUE_RUMPAMBA	02808	71,7	72,2	65,6	74,5	0,373	0,321	0,04428
58593	Polygon ZM	BLOQUE_RUMPAMBA	02808	71,7	72,2	65,6	74,5	0,373	0,321	0,04428
58594	Polygon ZM	BLOQUE_RUMPAMBA	02808	71,7	72,1	65,6	74,5	0,373	0,321	0,04428
31081	Polygon ZM	BLOQUE_RUMPAMBA	01907	71,6	72,1	65,5	74,4	0,086	0,111	0,03409
58595	Polygon ZM	BLOQUE_RUMPAMBA	02808	71,6	72	65,4	74,4	0,318	0,321	0,03768
58596	Polygon ZM	BLOQUE_RUMPAMBA	02808	71,5	72	65,4	74,3	0,402	0,321	0,04764
58597	Polygon ZM	BLOQUE_RUMPAMBA	02808	71,4	71,8	65,3	74,2	0,402	0,321	0,04764
58598	Polygon ZM	BLOQUE_RUMPAMBA	02808	71,4	71,9	65,3	74,2	0,252	0,321	0,02991
58631	Polygon ZM	BLOQUE_RUMPAMBA	02808	71,4	71,8	65,3	74,2	0,373	0,321	0,04428
58633	Polygon ZM	BLOQUE_RUMPAMBA	02808	71,4	71,8	65,2	74,1	0,373	0,321	0,04428
31072	Polygon ZM	BLOQUE_RUMPAMBA	01907	71,3	71,9	65,4	74,2	0,099	0,111	0,03918
58632	Polygon ZM	BLOQUE_RUMPAMBA	02808	71,3	71,8	65,2	74,1	0,373	0,321	0,04428
31067	Polygon ZM	BLOQUE_RUMPAMBA	01906	71,2	71,7	65,2	74	0,153	0,143	0,03597
58599	Polygon ZM	BLOQUE_RUMPAMBA	02808	71,2	71,6	65	73,9	0,391	0,321	0,04635
58600	Polygon ZM	BLOQUE_RUMPAMBA	02808	71,2	71,7	65,1	74	0,391	0,321	0,04635
58634	Polygon ZM	BLOQUE_RUMPAMBA	02808	71,2	71,7	65,1	74	0,318	0,321	0,03768
58635	Polygon ZM	BLOQUE_RUMPAMBA	02808	71,2	71,7	65,1	74	0,402	0,321	0,04764
58636	Polygon ZM	BLOQUE_RUMPAMBA	02808	71,2	71,6	65	74	0,402	0,321	0,04764
58637	Polygon ZM	BLOQUE_RUMPAMBA	02808	71,1	71,6	65	73,9	0,252	0,321	0,02991

La información importada no siempre se encuentra ordenada de manera deseada y al disponer de una gran cantidad de datos puede dificultar la obtención de información para poder realizar el análisis estadístico necesario para la obtención de los indicadores acústicos a estudiar, para ello se utiliza las herramientas *summarize* y *statistics* de ArgGIS, la obtención de cada valor se obtuvo mediante la herramienta *field calculator* donde podemos ingresar las formulas necesarias para el cálculo de cada indicador ya sea por receptor, edificio o cuadra.

Se realizó una clasificación ascendente de los registros numéricos de cada indicador con el fin de una mejor comprensión de los datos trabajados, logrando identificar los edificios más afectados. Los indicadores estudiados dependen directamente de los niveles de Lden y Ln con la herramienta *advance table sorting* identificamos los edificios más afectados clasificando de forma sucesiva primero por su valor de Ldn, luego por su Ln y por último su población.

Tabla 3.

Archivo ArcMap, uso de la herramienta advance sorting en ArcGIS de la tabla de atributos de edificios.

ID	WG	EINW	ALFAL	HA	HA ATT	MANZANAS	Lden	A	F HA	SD	HSD	Ld	Ln
03960	x	1	0	3	r	6957	60	34	29	16	8	61	56
107985	x	1	0	3	r	1	60	34	30	16	9	61	56
110248	x	1	0	3	r	6957	60	34	29	16	8	61	56
110336	x	1	0	6	r	6957	60	34	30	16	8	62	56
110354	x	1	0	3	r	6957	60	34	30	16	9	62	56
03957	x	55	0	18	r	1	61	34	30	16	8	62	56
01924	x	1	0	3	r	6758	61	36	32	17	9	62	57
03578	x	1	0	3	r	6957	61	36	32	17	9	62	57
03817	x	1	0	3	r	6957	61	36	32	17	9	62	57
03829	x	1	0	3	r	6957	61	36	32	17	9	62	57
107929	x	2	0	3	r	1	61	36	32	17	9	62	57
01353	x	2	0	3	r	6785	62	37	34	17	9	63	57
01899	x	20	0	36	r	6758	62	38	35	18	9	63	57
03974	x	24	0	18	r	4758	62	36	33	17	9	63	57
107928	x	1	0	3	r	1	62	37	34	18	9	63	57
01914	x	1	0	3	r	6758	62	38	35	18	10	64	58
03021	x	15	0	21	r	4590	63	39	36	18	10	64	58
03579	x	1	0	3	r	6957	63	39	37	19	10	64	58
01906	x	1	0	3	r	6758	63	41	38	19	10	64	59
03182	x	1	0	3	r	4590	63	41	39	19	10	65	59
01907	x	1	0	3	r	6758	64	42	41	20	11	65	59
03979	x	1	0	3	r	4758	64	41	40	19	11	65	59
110246	x	1	0	3	r	6957	64	41	39	19	11	65	59
107762	x	1	0	3	r	6955	65	43	42	20	11	66	60
04152	x	1	0	3	r	57168	65	45	45	21	12	67	61
00001	x	1	0	3	r	57168	66	46	47	21	12	67	61
04153	x	1	0	3	r	57168	67	49	50	23	13	68	62
01925	x	1	0	3	r	6758	67	50	52	23	13	69	63
01900	x	1	0	3	r	6758	68	53	56	24	14	69	63
01927	x	1	0	6	r	6758	68	51	53	23	13	69	63
01912	x	1	0	3	r	6758	69	56	61	26	15	71	65

Para la representación de resultados y creación de leyendas para cada mapa utilizamos la opción de propiedades de cada capa donde se definió rangos y colores utilizados para una mejor comprensión de los datos, con el fin de obtener información visual de los indicadores acústicos.

Por último, se dividió la extensión de la carretera de la zona de estudio en tramos de 300 metros para obtener su zona de influencia con la herramienta *buffer* donde se realiza el análisis de densidad de población seleccionando cada edificio que supera un cierto valor en cada zona para su priorización por sección.

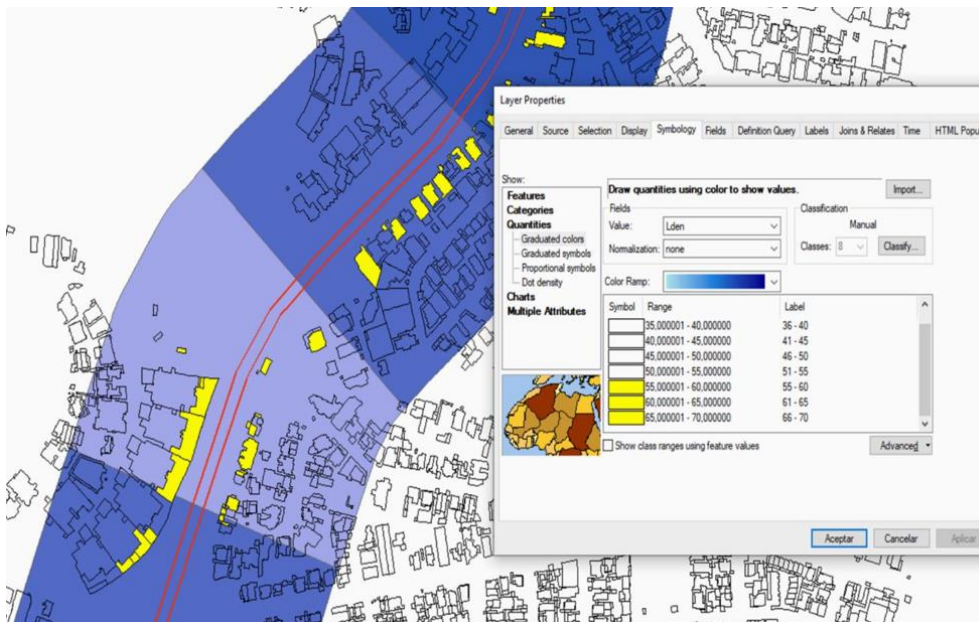


Figura 7. Cuadro de diálogo de simbología de propiedades de capa.

4. RESULTADOS

4.1 Indicadores ambientales de ruido

En el análisis de resultados de estos indicadores, el primer grupo que se presentará corresponde a aquellos denominados como indicadores ambientales. Cabe resaltar que la obtención de L_d , L_n , L_{den} y G_{den} fue mediante el mapa de ruido de fachada.

Para el tráfico rodado, la OMS recomienda reducir el nivel acústico medio, por debajo de los 53 decibelios (dB) de L_{den} y por la noche se recomienda tener un nivel por debajo de los 45 (dB).

4.1.1 Ld

El estudio de Ld muestra una situación en la que existe una cantidad considerable de vehículos por hora que transitan en la Avenida Mariscal Sucre para el número de horas establecidas de este indicador, según los resultados obtenidos en la simulación de CadnaA Anexo 7.

La proporción de personas expuestas en el rango de [30 - 40] dB presenta una mayor concentración de densidad poblacional como se muestra en la (Figura 9), superando el 50% en ambos casos. La reducción del porcentaje correspondiente a personas expuestas a valores superiores a 50 dB se debe a la ubicación de la población y edificios respecto a la fuente emisora. Este comportamiento se ve expresado geográficamente en la (Figura 10).

Ld.

Población y edificios.

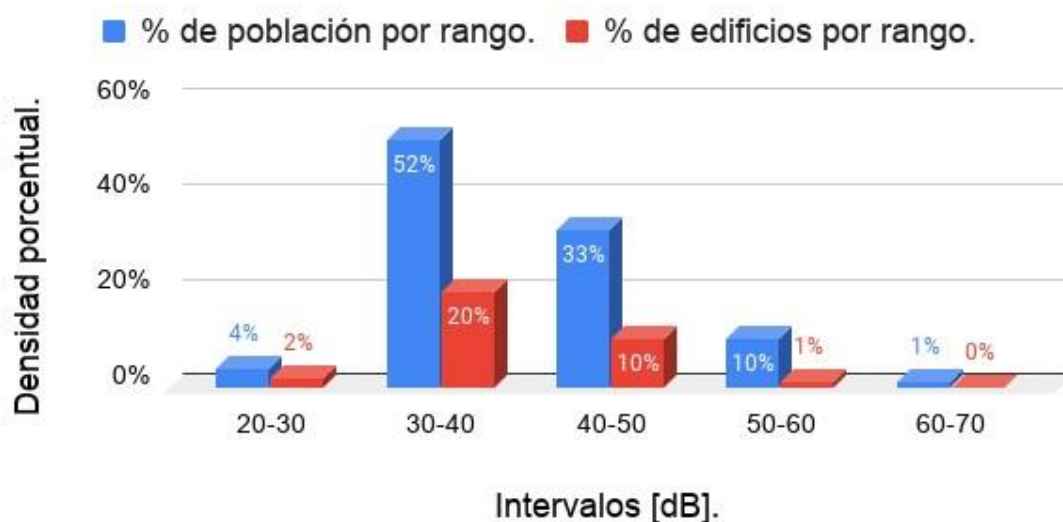


Figura 8. Análisis de indicador Ld.



Figura 9. Visualización de datos espaciales en 2D del indicador Ld en ArcMap.

4.1.2 Ln

EL Ln presenta niveles de ruido inferiores en comparación al Ld debido a la reducción de vehículos por hora que transitan en la vía. Como se muestra en la Figura 11. EL mayor porcentaje de población expuesta se encuentra entre los [30 - 40] dB con un 58% de densidad porcentual de población, es decir 11.481 personas en 3871 edificios; Si bien el rango de [30 - 40] dB no se considera

elevado, puede llegar a ser molesto en la noche. Entre el intervalo de [40 - 60] dB existen 927 edificaciones con 4067 personas expuestas a este nivel.

El límite de la directriz de la OMS es de 45dB, los receptores que superen este límite deben ser tomados en cuenta para la priorización de la vía. Este comportamiento se ve expresado geográficamente en la (Figura 12).

Ln.

Población y edificios.

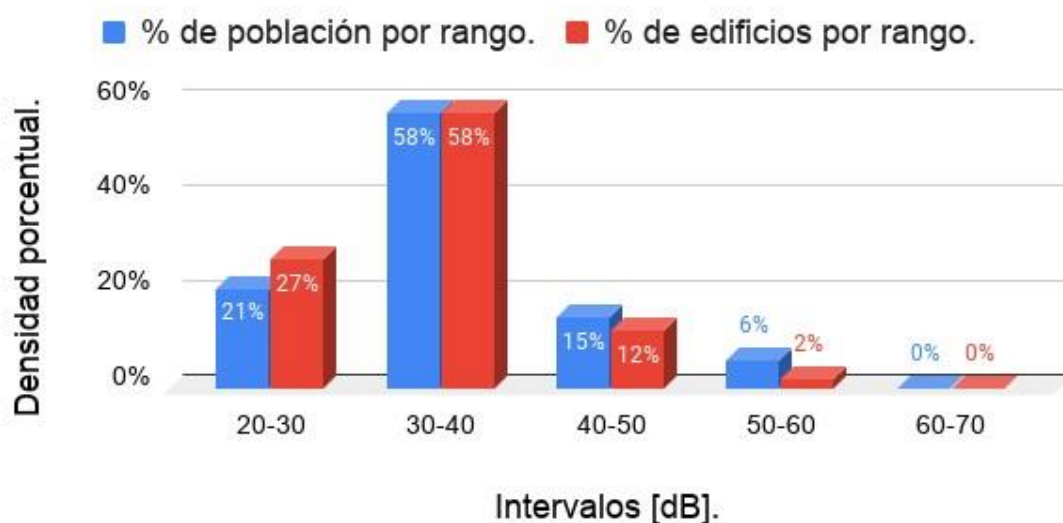


Figura 10. Análisis de indicador L noche.

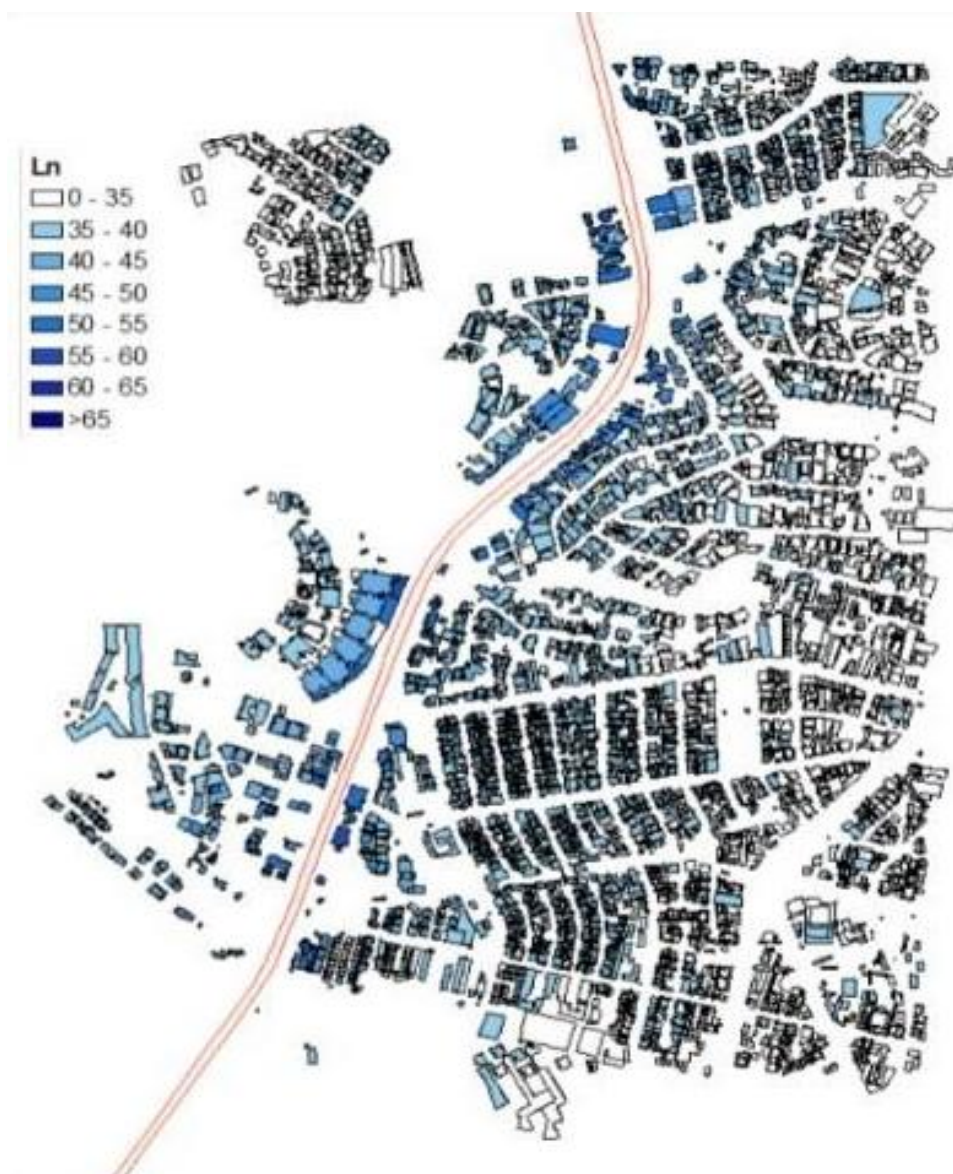


Figura 11. Visualización de datos espaciales en 2D del indicador Ln en ArcMap.

4.1.3 Lden

En términos generales de la Figura 13 se deduce que los niveles de Lden son bajos, para los edificios en los que sería necesario intervenir, (mediante reducción de velocidad, asfaltos absorbentes, pantallas acústicas, entre otros), son aquellos que reciben un nivel superior a 53 dB según (Licitra, G., & Ascari, E., 2014).

Los edificios afectados suman el 4,5% (302 edificios del total) y afectan al 9% de la población (1788 personas del total). El resto de los receptores están expuestos a niveles inferiores, sin embargo, es de suma importancia mencionar que de todas las edificaciones estudiadas un 50% de estas se encuentran en el rango [30-40] dB. Este comportamiento se ve expresado geográficamente en la Figura 14.

Lden.

Población y edificios.

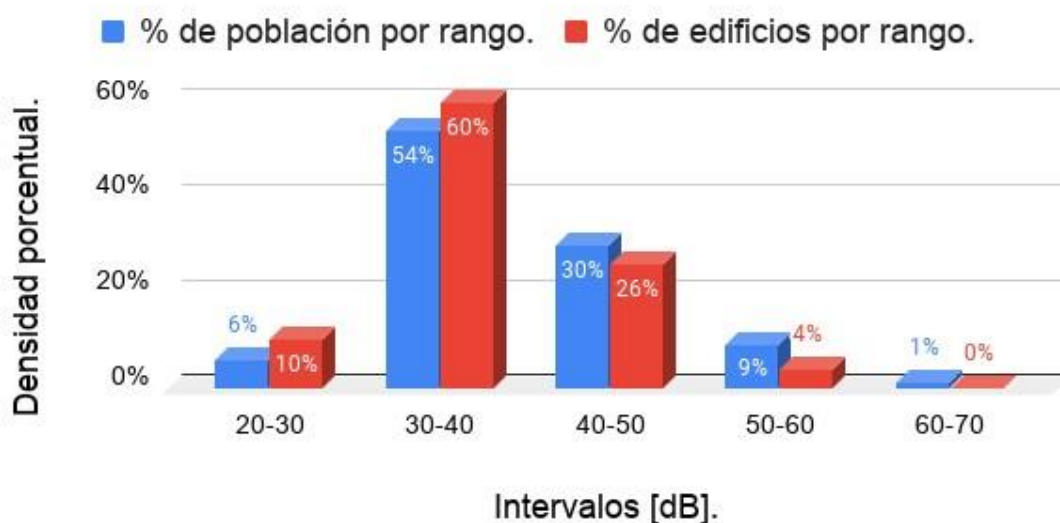


Figura 12. Análisis de indicador Lden.



Figura 13. Visualización de datos espaciales en 2D del indicador Lden en ArcMap.

En la Figura 15 se puede observar una parte del mapa de fachada en vista aérea con niveles de ruido representados por colores en cada edificación, generalmente los edificios tienen el nivel de ruido más alto en la planta baja y conforme aumenta la altura, el nivel disminuye a excepción de casos puntuales en los cuales el nivel de presión sonora en fachada puede seguir un comportamiento distinto.

Esto se debe a la influencia de las curvas de nivel, factores geográficos como colinas que cambian el ángulo incidente de la fuente, y componentes urbanos, como, por ejemplo, paredes que funcionan como barreras acústicas obstruyendo la propagación de las ondas sonora.



Figura 14. Visualización Panorámica en Arc Scene de Lden, en cada punto receptor de fachada.

Con la herramienta vista de calle de “Google Earth” rescatamos la visualización en fachada de una zona del caso de estudio como se muestra en la Figura 17, así también se represente en ArcGIS la misma zona para tener una comparación de estos Figura 16, esta muestra los niveles de ruido en fachada causados por la “Avenida Mariscal Sucre”.

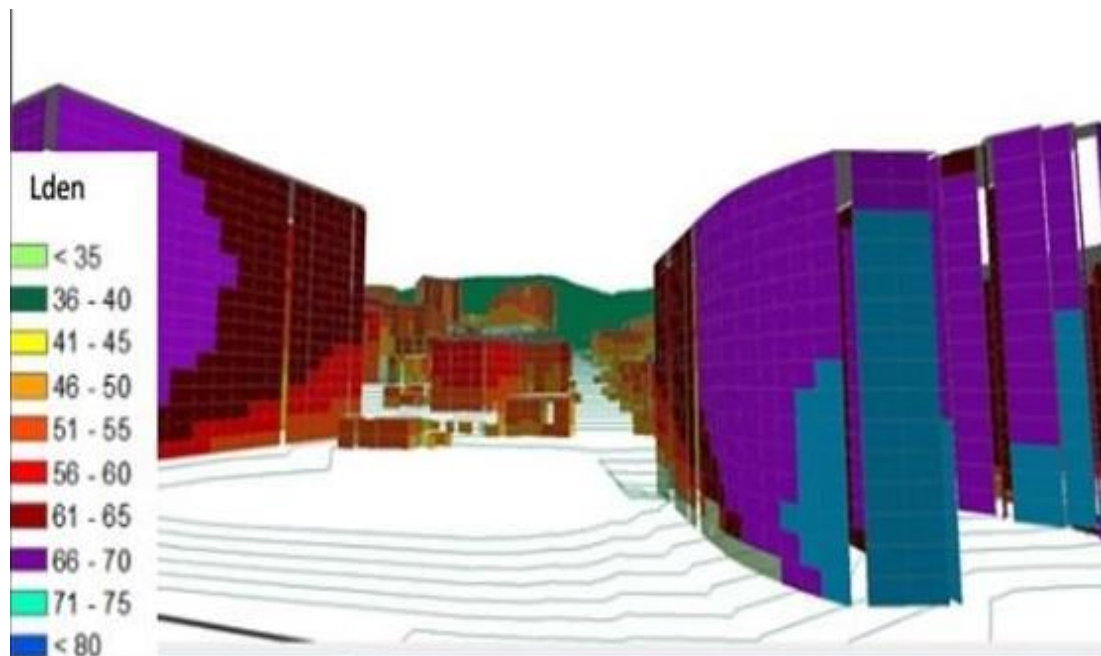


Figura 15. Visualización de datos 3D de Lden en Arc Scene.



Figura 16. Referencia Geográfica.

Adaptado de Google Maps, s.f.

4.1.4 Gden

Este indicador se lo utiliza para llevar a cabo una evaluación de los puntos críticos locales en la aglomeración de una ciudad. (Licitra & Ascari, 2014) dado necesidades similares se lo ha empleado en este estudio, obteniendo como resultados valores globales, según la (Figura.18). Los datos obtenidos son para identificar lugares contaminados con una gran cantidad de habitantes.

Gden normalizado.

Comparativa resultados globales.

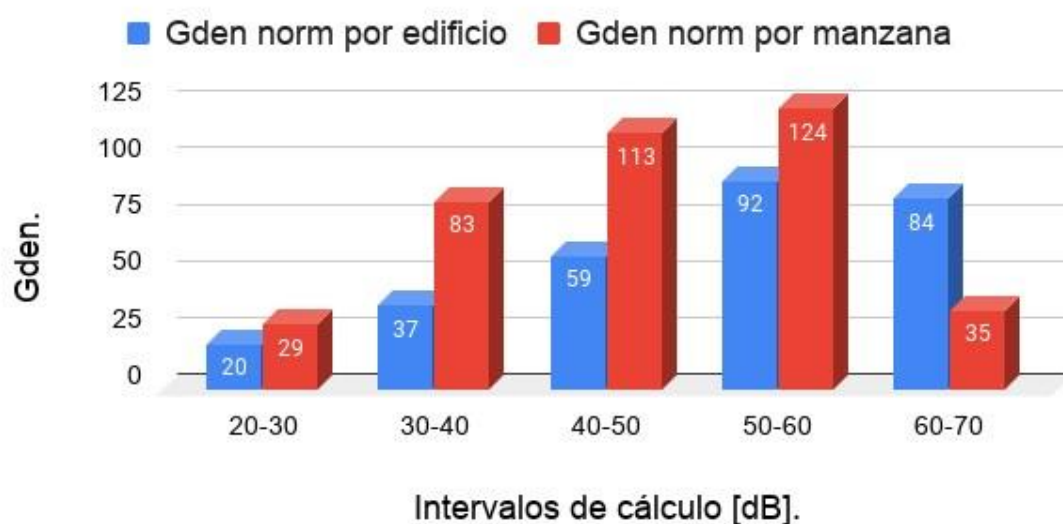


Figura 17. Análisis del indicador Gden normalizado.

4.2 Indicadores de salud

Como lo señalo Babisch et al. (2010), es relevante evaluar el riesgo para la salud y la percepción de molestia, con el fin de proteger a las personas y mejorar su calidad de vida.

4.2.1 %A

Según los resultados expresados en la (Figura 19) se establecen porcentajes de personas con afecciones provocadas por el ruido. La cantidad de personas que están expuestas a esta molestia es considerable en los porcentajes de 1 a 10% de %A, destacando que existe un menor porcentaje de número de personas para niveles superiores a los mencionados, pero no por ello la cantidad de personas con estas molestias deja de ser considerable porque su nivel de molestia es alto. Este comportamiento se ve expresado geográficamente en la (Figura 20).

%A.

Población y edificios.

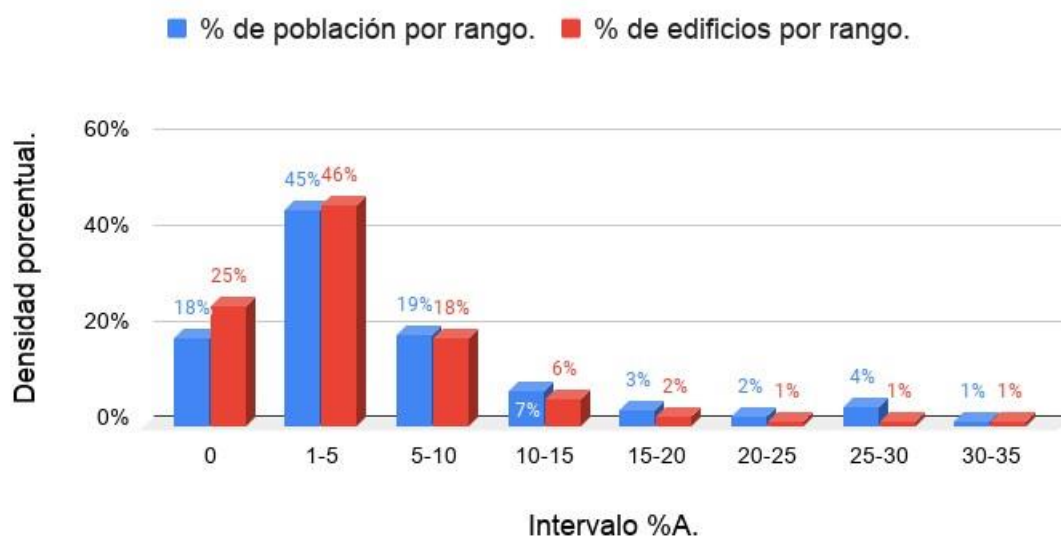


Figura 18. Análisis del indicador %A.



Figura 19. Visualización de datos espaciales en 2D del indicador %A en ArcMap.

4.2.2 %HA

En la siguiente figura se presentan los datos de personas muy molestas por el ruido, tabulando estos resultados existen valores que van de 1 a 10% de %HA que, tomando en cuenta que para este indicador existe también una gran cantidad de personas que no se ven afectadas de ninguna forma reafirmando la

estrecha relación de comportamiento con los resultados del indicador previo. Este comportamiento se ve expresado geográficamente en la Figuras. 22.

%HA.

Población y edificios.

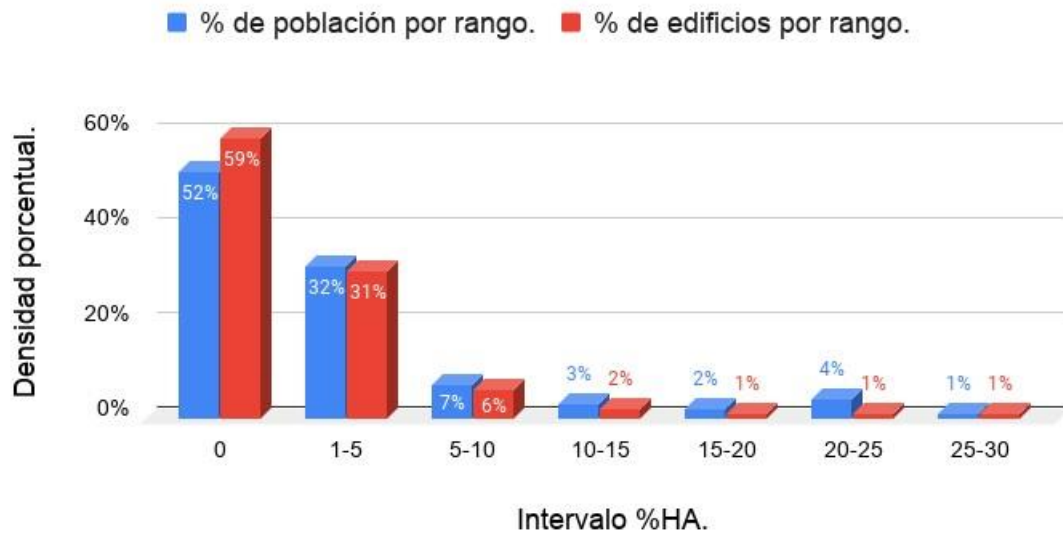


Figura 20. Análisis del Indicador %HA.

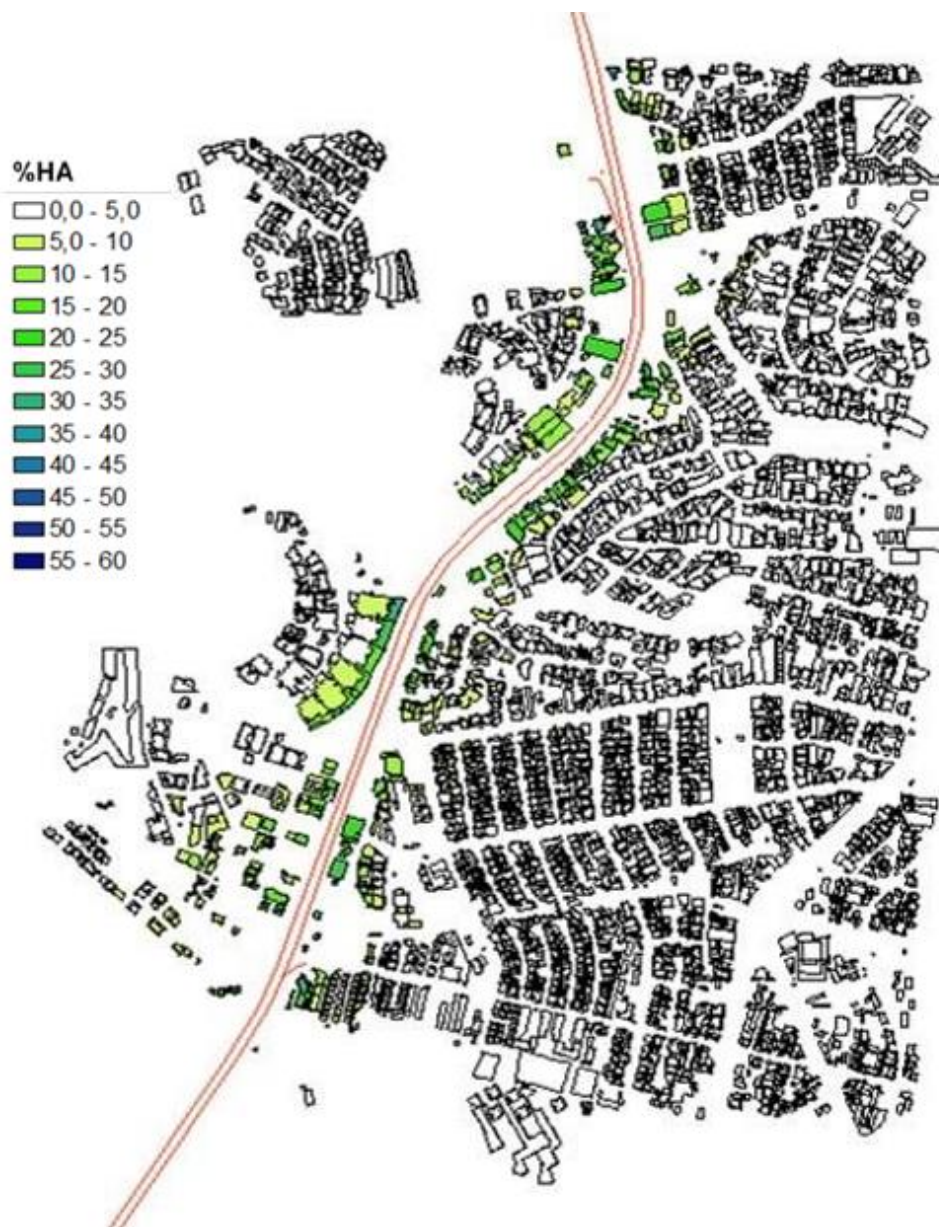


Figura 21. Visualización de datos espaciales en 2D del indicador %HA en ArcMap

4.2.3 %SD

Al ser una población diversa encontramos personas con afecciones provocadas por el ruido, como por ejemplo personas con trastornos y grandes trastornos del sueño, por lo que en la (Figura 23) la cantidad de personas que están expuestas a esta *sleep disturbance* es considerable en los porcentajes de 1 a 10% de %SD.

Las personas y edificios que superan este rango concentran una menor densidad poblacional, sin embargo, estas se encuentran más afectadas por los trastornos del sueño. Este comportamiento se ve expresado geográficamente en la (Figura 24).

%SD.

Población y edificios.

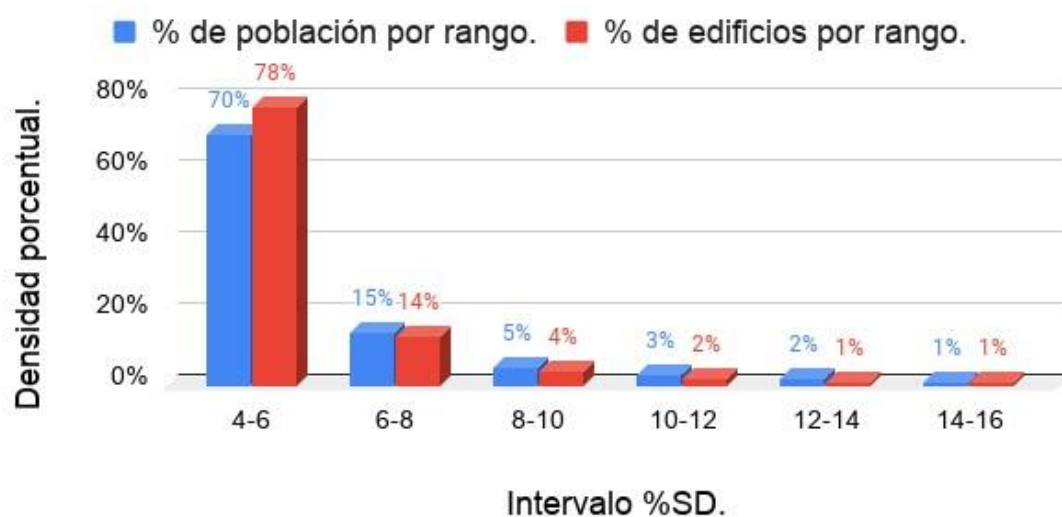


Figura 22. Análisis del Indicador %SD.

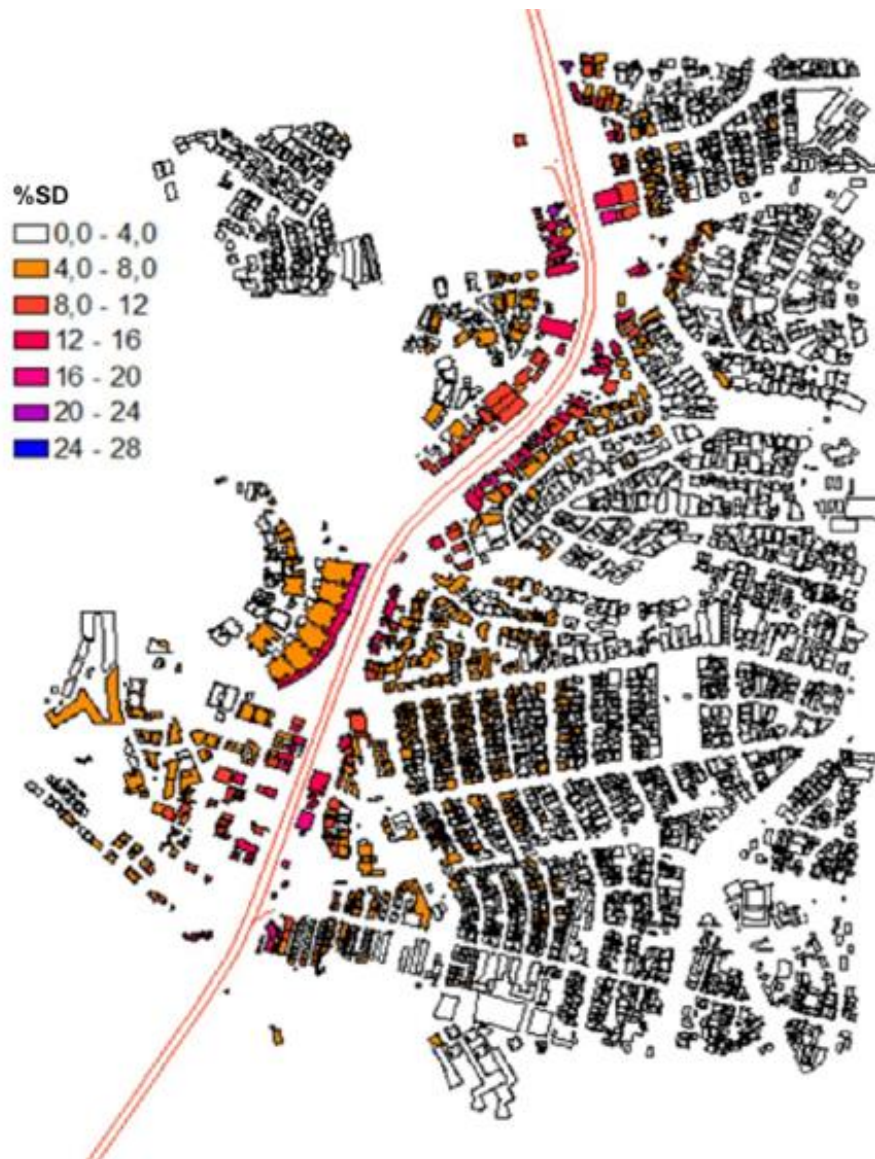


Figura 23. Visualización de datos espaciales en 2D del indicador %SD en ArcMap.

4.2.4 %HSD

Para hacer una evaluación de las personas que se encuentran con problemas de perturbación del sueño, se muestra la Figura 25 donde se tiene un porcentaje de 40% de personas expuestas a este trastorno en un intervalo de 1 a 2% de %HSD, cabe mencionar que existe un valor inferior de personas para niveles superiores con este mal, pero no por ello la cantidad de personas en estos rangos deja de ser considerable tomando en cuenta que existen personas con

niveles relativamente altos de %HA. Este comportamiento se ve expresado geográficamente en la *Figura26*.

%HSD.

Población y edificios.

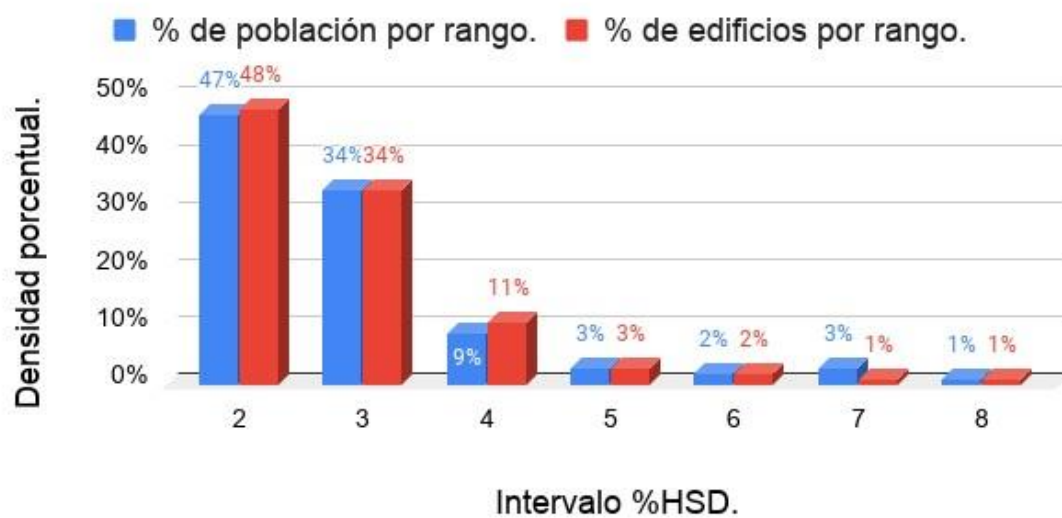


Figura 24. Análisis del indicador %HSD.

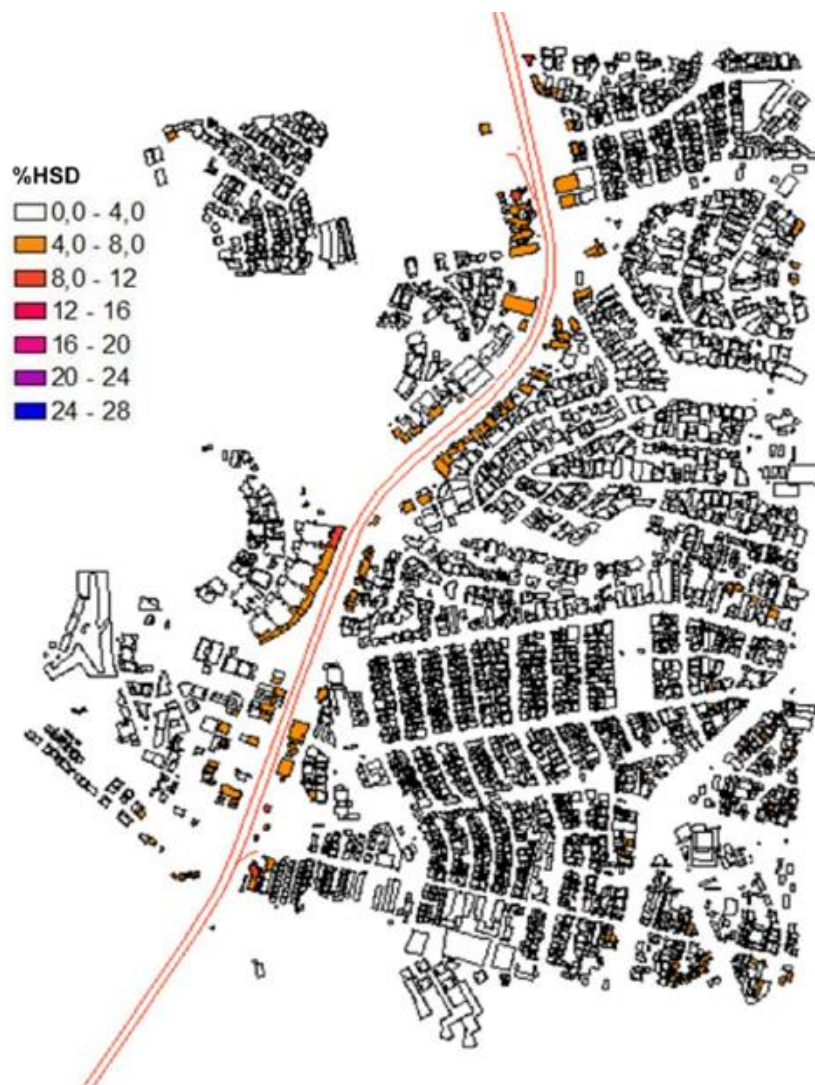


Figura 25. Visualización de datos espaciales en 2D del indicador %HSD.

4.3 Indicadores de evaluación de edificios

4.3.1 BPS

Según el Gobierno Escocés (2009), este indicador evalúa la exposición al ruido de edificios residenciales dentro de la ponderación de edificios BPS, según los resultados obtenidos se observa que la mayor densidad de datos se encuentra en los rangos de 0 a 40. Determinando que a partir de 50 no existe mayor aglomeración de datos.

BPS.

Población y edificios.



Figura 26. Análisis indicador BPS.

4.3.2 IP

Tomando en cuenta que el IP está en función de la densidad poblacional y el exceso de nivel respecto a la Norma Italiana, este indicador pondera la calidad inmobiliaria del edificio, siendo 0 un edificio que cumple la norma estatal, además de mantener un índice de población coherente por domicilio.

Como se observa en la *Figura.28*, la mayor cantidad de edificios cumplen la norma y mantienen una densidad poblacional baja. Por otra parte, en los rangos más altos de la figura, si bien la cantidad de edificios es de baja cantidad, existe una alta densidad poblacional, esto concuerda con la lógica del IP, es decir estos edificios exceden los niveles de ruido estatales y además albergan a una gran cantidad de población.

IP.

Población y edificios.

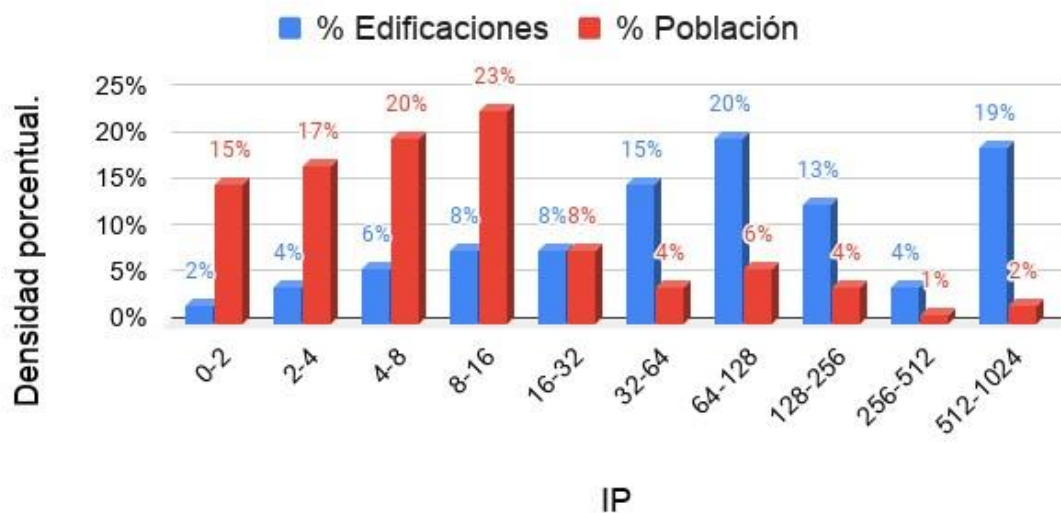


Figura 27. Análisis indicador IP.

4.4 Priorización

El objetivo de este apartado es identificar los tramos de vía subdivididos en 300 metros que superen los objetivos de calidad acústica de los distintos indicadores estudiados, priorizando cada tramo de acuerdo a la densidad de población que se encuentre afectada por el ruido de tráfico. Para ello se realizó una clasificación ascendente de los registros numéricos de cada indicador con el fin de una mejor comprensión de los datos obtenidos, logrando identificar los edificios más afectados.

Tabla 4.

Archivo ArcMap, uso de la herramienta advance sorting en ArcGIS de la tabla de atributos de edificios.

ID	WG	EINW	ALFAL	HA	HA ATT	MANZANAS	Lden	A	F HA	SD	HSD	Ld	Ln
03960	x	1	0	3	r	6957	60	34	29	16	8	61	56
107985	x	1	0	3	r	1	60	34	30	16	9	61	56
110248	x	1	0	3	r	6957	60	34	29	16	8	61	56
110336	x	1	0	6	r	6957	60	34	30	16	8	62	56
110354	x	1	0	3	r	6957	60	34	30	16	9	62	56
03957	x	55	0	18	r	1	61	34	30	16	8	62	56
01924	x	1	0	3	r	6758	61	36	32	17	9	62	57
03578	x	1	0	3	r	6957	61	36	32	17	9	62	57
03617	x	1	0	3	r	6957	61	36	32	17	9	62	57
03829	x	1	0	3	r	6957	61	36	32	17	9	62	57
107929	x	2	0	3	r	1	61	36	32	17	9	62	57
01353	x	2	0	3	r	6785	62	37	34	17	9	63	57
01899	x	20	0	36	r	6758	62	38	35	18	9	63	57
03974	x	24	0	18	r	4758	62	36	33	17	9	63	57
107928	x	1	0	3	r	1	62	37	34	18	9	63	57
01914	x	1	0	3	r	6758	62	38	35	18	10	64	58
03021	x	15	0	21	r	4590	63	39	36	18	10	64	58
03579	x	1	0	3	r	6957	63	39	37	19	10	64	58
01906	x	1	0	3	r	6758	63	41	38	19	10	64	59
03182	x	1	0	3	r	4590	63	41	39	19	10	65	59
01907	x	1	0	3	r	6758	64	42	41	20	11	65	59
03979	x	1	0	3	r	4758	64	41	40	19	11	65	59
110246	x	1	0	3	r	6957	64	41	39	19	11	65	59
107762	x	1	0	3	r	6955	65	43	42	20	11	66	60
04152	x	1	0	3	r	57168	65	45	45	21	12	67	61
00001	x	1	0	3	r	57168	66	46	47	21	12	67	61
04153	x	1	0	3	r	57168	67	49	50	23	13	68	62
01925	x	1	0	3	r	6758	67	50	52	23	13	69	63
01900	x	1	0	3	r	6758	68	53	56	24	14	69	63
01927	x	1	0	6	r	6758	68	51	53	23	13	69	63
01912	x	1	0	3	r	6758	69	56	61	26	15	71	65

Como criterio de priorización se toma la recomendación establecidas con anterioridad de niveles superiores Lden y Ln. Con respecto a los demás indicadores se puede concluir que para el cálculo de estos se necesitan Lden y Ln por lo que sus valores son directamente proporcionales, obteniendo un total de 132 edificios con 1145 personas que superan el valor recomendado de Lden y 361 edificios con 2671 personas que superan el valor recomendado Ln recomendado de un total de 6700 edificios y 19861 personas ubicados en el área de estudio.

En la Figura 30 se muestra el criterio de priorización. Se realizó mediante la herramienta *buffer* de ArcGIS para definir una zona de influencia a 125 metros a cada lado de la vía y se priorizó de acuerdo al número de personas afectadas de las zonas de influencia. El orden de presentación de estas áreas responde al grado de tonalidad del color azul de menor a mayor correspondiente a la densidad de población.

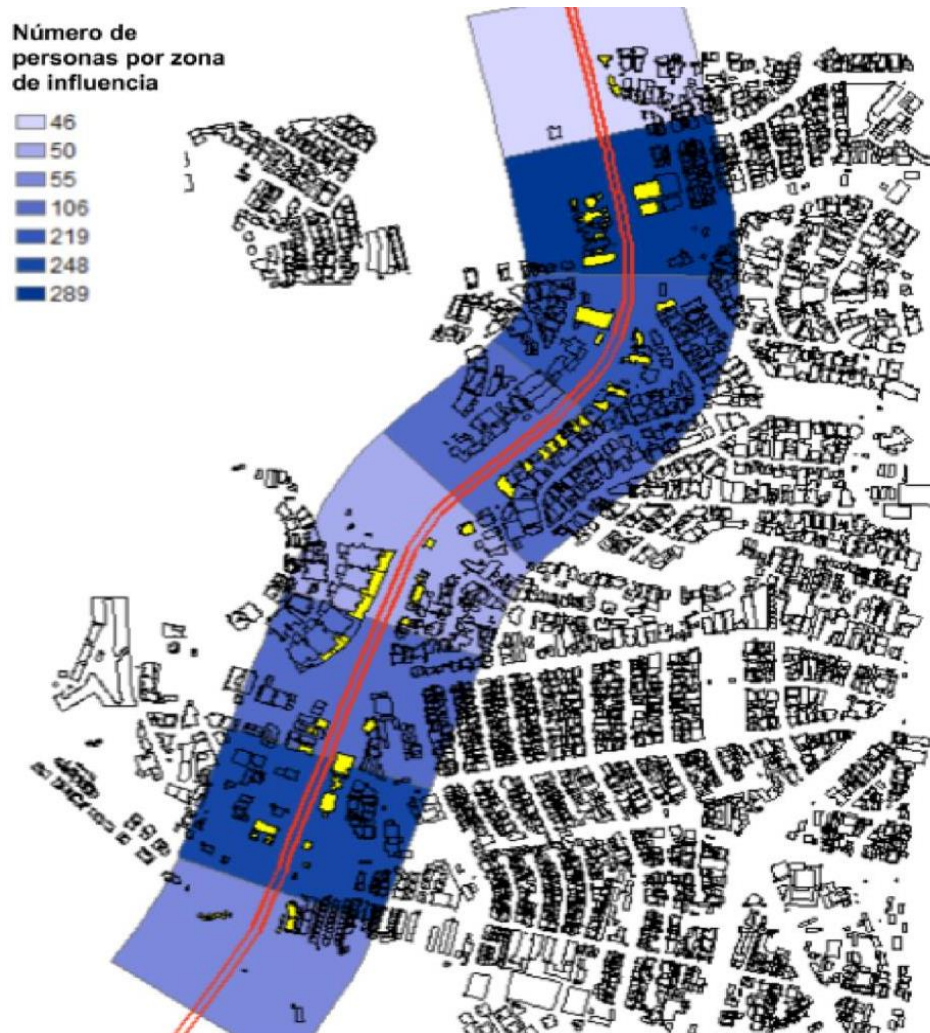


Figura 30. Imagen que ilustra el análisis de priorización de la vía, de acuerdo con el grado de exposición de Lden mayor a 53dB (Edificios en color amarillo) efectuado para cada zona de influencia en la que se tienen en consideración el número de personas afectadas.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La importancia de estudiar indicadores acústicos de ruido yace en la posibilidad de analizar el problema desde diferentes perspectivas, que van desde la calidad acústica hasta la subjetividad de molestia.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos de cada edificio se realizó una ponderación con base en los edificios con mayores problemas en cada indicador analizado, así se obtuvo una base de datos de edificios con mayor prioridad en función de la desviación que estos presenten de los valores ideales en cada indicador. Una vez identificados estos edificios se puede observar que se agrupan en distintos puntos de la zona de estudio. Con el motivo de realizar la caracterización acústica de la zona de estudio seleccionando indicadores desde la perspectiva de priorización, IP Y BPS que evalúan la exposición al ruido de edificaciones en función de las personas (Schiavoni et al., 2015).

Según la distribución de estos resultados se los considero como criterio de priorización, en función de la densidad poblacional de los diferentes tramos colindantes a la Avenida, se determinó que la prioridad de acción debe estar dirigida al tramo con población de 289 personas denotado con una tonalidad más oscura de azul establecido en la Figura 30. Sin embargo, se recomienda hacer efectivo un tratamiento a todos los edificios con problemas localizados.

En general los niveles de Lden obtenidos son bajos, cabe recalcar que el nivel asignado a cada edificio está dado por el promedio de los niveles en fachada de cada edificio, tomando en cuenta que el comportamiento en fachada mantiene niveles altos para los primeros pisos mientras que a mayor altura el nivel disminuye, es importante analizar no solo el valor global de cada edificio sino el nivel que recibe un receptor en los diferentes pisos del edificio.

Una investigación sobre el ruido en Europa realiza un análisis de niveles de Lden que reciben pobladores de varias ciudades para poder determinar qué ciudad está expuesta a niveles de ruido más alto y así poder establecer cuál necesita prioridad (Herrmann et al., 1979), lo mismo que se realiza en este caso de estudio determinando niveles por rango de población expuesta estableciendo los cuales son los sectores del tramo que necesitan ser tratados con prioridad.

Los estudios de los indicadores acústicos tomados en cuenta demuestran una gran densidad de población con niveles relativamente bajos tanto de nivel de presión sonora como los indicadores de salud. En gran medida este comportamiento se debe a la gran cantidad de personas que se encuentran a una distancia considerable de la fuente. Sin embargo, existen edificios puntuales ya identificados que presentan niveles elevados y por ende indicadores acústicos desviados de su valor recomendado.

REFERENCIAS

- Babisch., W., Dutilleux, G., Paviotti, M., Backman, A., Gergely, B., McManus, B., et al.,2010. Good practice guide on noise exposure and potential health effects. European Environmental Agency, Technical report.
- Carlos, J., & Gutiérrez, P. (2012). Algoritmo de predicción de ruido de tráfico rodado, aplicado a la autopista norte entre la calle 127 hasta la calle 168.
- Construmática. (2012). Tipos de ruido. Retrieved July 1, 2020. Recuperada de: http://www.construmatica.com/construpedia/Tipos_de_Ruido
- Datakustic. (2018). Mapeo de Ruido y Simulación. Retrieved June 30, 2020. Recuperada de: <https://www.datakustik.com/en/products/cadnaa/>
- De Ruiter, E.P.J. (2009). A tool for environmental noise control in urban planning: the Population Annoyance Index. Proceeding of NAG/DAGA Conference, Rotterdam
- Directiva Europea - Medio Ambiente, D. D. (2020). COM (2017)151/F1 - ES. Recuperada de: http://ec.europa.eu/environment/noise/evaluation_en.htm

- DMQ. (2014). Gobierno Abierto Información Geográfica., (n.d.). Retrieved June 30, 2020. Recuperada de: http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/?page_id=1122
- ENV-Medio. Ambiente, D. D. (2002). COM (2017)151/F1 - ES. Recuperada de: http://ec.europa.eu/environment/noise/evaluation_en.htm
- Ecologistas en acción. Contaminación Acústica y ruido., (2015). Retrieved July 3, 2020. Recuperada de: www.ecologistasenaccion.org
- European Parliament and Council. (2002). Directive 2002/49/EC of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise.
- European Union. (2013). Decision no 1386/2013/EU of the European Parliament and of the Council of 20 November 2013 on a General Union Environment Action Programme to 2020 'Living Well, Within the Limits of Our Planet' (7th Environmental Action Programme).
- European Environmental Agency. (2014). Noise in Europe 2014. Technical Report.
- European Environment Agency. (2014). Noise in Europe. Retrieved July 3, 2020, from <https://www.eea.europa.eu/publications/noise-in-europe-2014>.
- El Comercio., (2014). La Mariscal Sucre está llena de cruces: 167. Retrieved July 1, 2020. Recuperada de: <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/mariscalsucre-llenade-cruces.html>
- Gazette, G. F., Exposure, D., & Fa, B. (2007). Preliminary Calculation Method for Determination of the Number of Persons Exposed to Environmental Noise (Vorläufige Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm [VBEB]) Assessment point Building Façade Façade section. February.
- Gjestland, T., Olsen, H., Randeberg, R.T., 2003. Noise in Norwegian cities and rural areas. Proceedings of EuroNoise Conference, Naples.

- Italian Government. (2000). Decreto Ministeriale Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana 285 (in Italian, 29/11).
- Herrmann, W. A., Schweizer, I., Creswick, M., & Bernal, I. (1979). The preparation und unusual rearrangement of triply bridged μ heteromethylenecobalt complexes. Molecular structure of μ ethoxycarbonylmethylenebis[carbonyl-(η 5-cyclopentadienyl) cobalt] (CoCo). *Journal of Organometallic Chemistry*, 165(1). Recuperada de: [https://doi.org/10.1016/S0022-328X\(00\)81147-X](https://doi.org/10.1016/S0022-328X(00)81147-X)
- INEN-ISO 1996-2. (2014). Descripción, Medición y Evaluación del Ruido Ambiental, parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental (ISO 1996-2:2007, IDT). Retrieved June 30, 2020. Recuperada de: <https://www.normalizacion.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2014>
- Jabben, J., Verheijen, E., Schreurs, E., 2010. Group Noise Exposure level Gden/Gnight; applications to airport noise. Report RIVM (in Dutch).
- Licitra, G., & Ascari, E. (2014). Gden: An indicator for European noise maps comparison and to support action plans. *Science of the Total Environment*, 482–483(1), 411–419. Recuperada de: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.07.014>
- Licitra, G., Ascari, E., & Fredianelli, L. (2017). Prioritizing Process in Action Plans: A Review of Approaches. *Current Pollution Reports*, 3(2), 151–161. Recuperada de: <https://doi.org/10.1007/s40726-017-0057-5>
- Long, M., (2006). Handbook of architectural acoustics. Massachusetts, Estados Unidos: Acedemic Press.

Martínez, A. S. (2005). Ruido por tráfico urbano: Conceptos, medidas descriptivas y valoración económica. *Revista de Economía y Administración.*, 49.

Retrieved July 1, 2020. Recuperada de:

http://www.uao.edu.co/sites/default/files/RUIDO_0.PDF

Miedema., H.M.E., Oudshoorn, C.G.M., 2001. Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environ. Health Perspect.* 109, 4 (April).

Miyara, F., (2004). *Acústica y sistemas de sonido*. Rosario, Argentina: REUN Official Journal of the European Communities L189/12, 18/07/2002.

Pedrero, A. (n.d.). Encuentro Ibérico De Acústica Eaa European Symposium on Environmental Acoustics and Noise Mapping Eaa European Symposium on Environmental.

Schiavoni, S., D'Alessandro, F., & Conte, A. (2015). The contribution of LIFE+ NADIA project on the implementation of the European Directive on Environmental Noise. *Noise Mapping*, 2(1), 13–30. Recuperada de: <https://doi.org/10.1515/noise-2015-0002>

Scottish Government, 2009. Consultation on Draft Technical Guidance for Noise Management Areas, under Strategic Noise Action Plans.

TULSMA. (2015). Libro VI Anexo 2: Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados. Quito, Ecuador.

UDLA. (2019). Ruido de tráfico: un problema patente en Quito Investigación.

Retrieved June 30, 2020. Recuperada de:

<http://investigacion.udla.edu.ec/2019/04/09/ruido-de-traffic-un-problemapatente-en-quito>

ANEXOS

Anexo 1: Indicadores acústicos ambientales

INDICADORES AMBIENTALES				
FUENTE	INDICADOR	DEFINICION	FORMULA	VARIABLE
(Construcción, 2012)	Leq (Nivel Equivalente)	Nivel que contiene la misma energía que un evento sonoro fluctuante.	$10 \cdot \log(1/N \sum_{i=1}^N 10^{(L_i/10)})$	N=Número de registros sonoros Li=nivel instantáneo de ruido
(Construcción, 2012)	SEL (Sound exposure Level)	Es el nivel de exposición al sonido	$L_i + 10 \log T/T_0$	T=tiempo durante el cual el nivel sonoro es L_i T ₀ = periodo referencia 1s
(Construcción, 2012)	Percentiles	Define el valor de presión sonora dB o dB ponderación A que ha sido superado durante el n% del tiempo de medida.		Nivel Instantáneo
(Construcción, 2012)	CR (Clima de ruido)	Establece la dinámica de la medición	$CR = L_{10} - L_{90}$	L10=Nivel superado 10% de la medición L90=Nivel superado un 90% de la medición

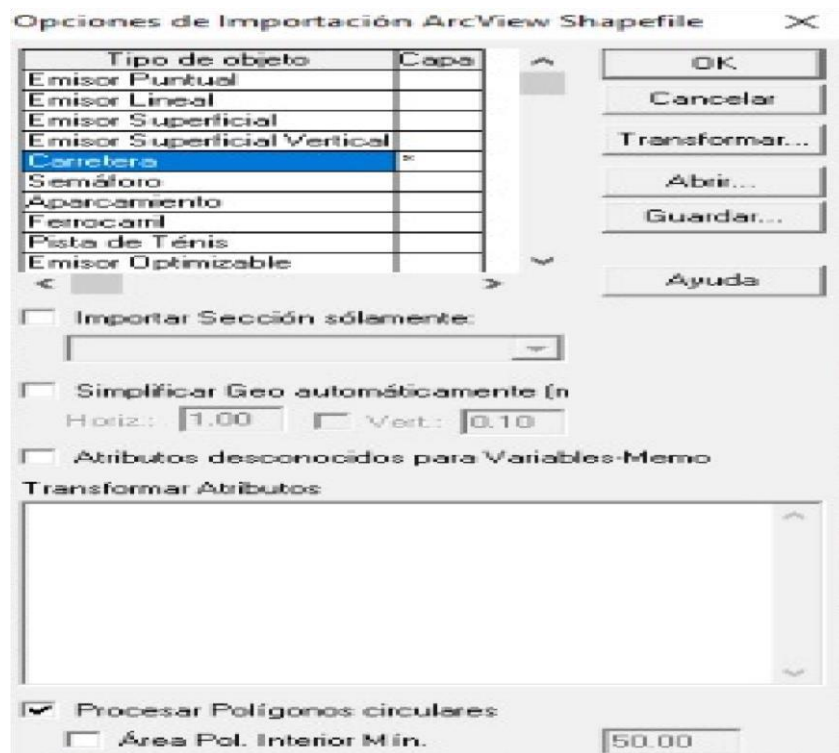
(Construcción, 2012)	Lsi	Nivel de umbral de ruido para cada infraestructura	$10 \cdot \text{LOG}_{10}(\text{Lmax} \cdot \sum \text{Li})$	Lmax=Nivel máximo de ruido. Li=Nivel instantáneo de ruido
(Construcción, 2012)	TNI (Índice de ruido de tráfico)	Índice de ruido de tráfico, que intenta	$\text{TNI} = 4 \cdot (\text{L10} - \text{L90}) + \text{L90} - 30$	L10=Nivel superado 10% de la medición L90=Nivel
		cuantificar el grado de molestia del tráfico en la ciudadanía		superado un 90% de la medición
(Martínez, 2005)	NPL (Noise Pollution Level)	Evalúa la molestia de ruido ambiental que combina el ruido con el grado de estabilidad del ruido.	$\text{Leq} = (\text{L10} + \text{L90}) + ((\text{L10} - \text{L90})^2) / 60$	Leq=Nivel instantáneo equivalente L10=Nivel superado 10% de la medición L90=Nivel superado un 90% de la medición
(Jabben et al., 2010).	Gden	Indica los rangos de prioridad en función de la cantidad de habitantes y el nivel que estos reciben.	$10 \cdot \text{LOG}_{10}(\sum_{i=1}^n n_i \cdot 10^{0,1/L_{den}})$	Lden=Nivel sonoro día tarde y noche ni=Es el número de habitante expuestos a la clase iésima de exposición al ruido

Anexo 2: Indicadores acústicos de salud

INDICADORES DE SALUD				
FUENTE	INDICADOR	DEFINICION	FORMULA	VARIABLE
(Directiva Europea - Medio Ambiente , 2020)	RR (Riesgo relativo de un efecto nocivo)	Efectos nocivos en la población causados por el ruido ambiental	Probabilidad de que se produzca el efecto nocivo en la población expuesta a un nivel específico de ruido ambiental/ Probabilidad de que se produzca el efecto nocivo en la población no	
			expuesta a un nivel específico de ruido ambiental	
(Directiva Europea - Medio Ambiente , 2020)	RA (Riesgo absoluto de un efecto nocivo)	Efectos nocivos en la población causados por el ruido ambiental	Probabilidad de que se produzca el efecto nocivo en la población no expuesta a un nivel específico de ruido ambiental	
(Directiva Europea - Medio Ambiente , 2020)	RR (Eci, I, vial)	Riesgo relativo respecto al efecto nocivo de Eci y relativo a la tasa de incidencia i	VV(WXD, Z, [DBT]) = $M^{(TS_{,08/10}) * (=RMS - 53)}$	Ln=Nivel sonoro noche Lden=Nivel sonoro día tarde y noche
(Directiva Europea - Medio Ambiente , 2020)	RA (Riesgo absoluto de un efecto nocivo)	Efectos nocivos en la población causados por el ruido ambiental	Probabilidad de que se produzca el efecto nocivo en la población no expuesta a un nivel específico de ruido ambiental	

(Directiva Europea - Medio Ambiente , 2020)	RA(AGS, vial)	RA, respecto al efecto nocivo de AGS, (ruido vial)	$(78,9270 - 3,1162 * L_{den} + 0,0342 * L_{den}^2) / 100$	L_{den} =Nivel sonoro día tarde y noche L_n =Nivel sonoro noche
(D'Alessandro y Schiavoni, 2015)	NS%A	Porcentaje de ruido relacionado con la molestia causada por el tráfico de carreteras. (este índice se puede aplicar a los porcentajes A, HA, HS y HSD)	$K_{\%}^H = \sum SD * \%^H > BR / 10$	n_i =número de personas expuestas a nivel L_{den} $\%A_{road}$ =Personas molestas por el ruido
(de Ruiters, 2009)	PAI(Índice de molestia de población holandesa)	Muestra el índice de molestias de la población	$PAI = n_i * 2^{(L_{den} / 10 - 5.75)}$	L_{den} =Nivel sonoro día tarde y noche n_i =Es el número de habitante expuestos a la clase i-esima de exposición al ruido

Anexo 3: Ventana de opciones de importación ArcView shapefile CadnaA



Anexo 4: Ventana de configuración de cálculo CadnaA

Configuración de Cálculos

Abs. Terreno | Reflexión | Industria | Carretera | Ferrocarril
País | General | Partición | Periodos Ref. | Índices Cálculo | MDT

Valores Inmisión:

	Tipo	Nombre	Unidad	Expresión
1:	Ld	<input checked="" type="checkbox"/> Día	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/> >>
2:	Le	<input checked="" type="checkbox"/> Tarde	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/> >>
3:	Ln	<input checked="" type="checkbox"/> Noche	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/> >>
4:	Lden	<input checked="" type="checkbox"/> Lden	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/> >>

Modo Compatible para Industria (El periodo Tarde se añade al Periodo Día)

Aceptar Cancelar Ayuda

Anexo 5: Ventana configuración de cálculos CadnaA

Configuración de Cálculos

Abs. Teneno	Reflexión	Industria	Carretera	Ferrocarril	
País	General	Partición	Periodos Ref.	Indíces Cálculo	MDT

Designar Horas - Periodos Día, Tarde y Noche:

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	00
N	N	N	N	N	N	N	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	E	E	E	E	N	N

Penalización Diurna (dB):

Penalización Vespertina (dB):

Penalización Nocturna (dB):

Penalización Tarde sólo para:

- MI Mechgebiet
- GE Gewerbegebiet

Periodos de Referencia especiales (min):

Día: Noche:

Tarde:

Aceptar Cancelar Ayuda

Anexo 6: Ventana CadnaA Evaluación de Ruido

Mapa Acústico en Edificios / Evaluación de Edificios ✕

Cálculo

Receptores en fachada según VBEB

Mínima Longitud Fachada (m):

Máxima Longitud Fachada (m):

Distancia Rec-Fachada (m):

Espacio Libre Adicional (m):

Método de Promediado:

No Crear Mapa Acústico en Edificios

Aspecto del Mapa Acústico en Edificios

Mostrar Receptores en:

Tipo de Símbolo:

Tam. Símbolos que Exceden:

Tam. Símbolos que no:

Imprimir en Símbolos:

Colorear Símbolos según Nivel

Usar valores redondeados

Aritmética, asigne Variante act. =

Día:

Tarde:

Noche:

Lden:

Anexo 7: Ventana de configuración de CadnaA

Carretera (NMPE)

Nombre:

ID: Limite Velocidad (km/h):

STE/Dist. (m): Ligeros: Pesado:

Emisión: $L_{w,E}$ dB(A)

Aforo, IMD: Superficie Carretera:

Tipo Carretera: Flujo de:

Datos Horarios de Aforo: Pendiente Carretera: Entr:

Número de Vehículos/Hora Q

D: E: N:

Porcentaje de Vehículos Pesados p (%)

D: E: N:

Emisión: L_{w} dB(A)

D: E: N:

Día Tarde Noche

OK Cancelar Geometría.. Ayuda

