
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES
CARRERA INGENIERÍA CIVIL

TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**ESTUDIO DE LAS VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL
RUIDO PRODUCIDO POR EL TRÁFICO VEHICULAR EN LA
CIUDAD DE HOLGUÍN.**

Autor (a): Arianna Baldemira Santiesteban

Holguín 2022



ESTUDIO DE LAS VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL RUIDO PRODUCIDO POR EL
TRÁFICO VEHICULAR EN LA CIUDAD DE HOLGUÍN

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES
CARRERA INGENIERÍA CIVIL

TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**ESTUDIO DE LAS VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL
RUIDO PRODUCIDO POR EL TRÁFICO VEHICULAR EN LA
CIUDAD DE HOLGUÍN**

Autor (a): Arianna Baldemira Santiesteban

Tutor (a): MSc. Elizabeth Rivas Freeman

Holguín 2022



ESTUDIO DE LAS VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL RUIDO PRODUCIDO POR EL
TRÁFICO VEHICULAR EN LA CIUDAD DE HOLGUÍN

PENSAMIENTO

“En el nivel de ruido que nos molesta, influye sobre todo el nivel de conciencia que frente al mismo tiene quien lo genera”

Antonio García, 2013.



DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico a mis padres, docentes, compañeros y todas aquellas personas que fueron parte fundamental en el desarrollo y culminación con éxito de la tesis.



AGRADECIMIENTOS

- A Dios, por darme fuerza para enfrentar diversos retos que se presentan y poderlos culminar satisfactoriamente en cada etapa que conforma mi vida hasta la actualidad.
- A mis padres que me brindan su confianza y apoyo, sin duda alguna fueron guías importantes en el trayecto de mi vida, siempre manifestándome su amor, comprensión, corrigiendo mis errores y celebrando mis éxitos.
- A los docentes de la Universidad por transmitir sus conocimientos y experiencias durante mi formación académica, por su empatía y desapego en todo momento.
- Agradecimiento especial a mi tutora MSc. Elizabeth Rivas Freeman por su orientación, su comprensión y paciencia a lo largo del desarrollo de la tesis.



RESUMEN

El tráfico es hoy en día uno de los principales focos de ruido. El ruido de tráfico que se genera en una vía de circulación, es una secuencia de sumas simultáneas de los niveles sonoros variables compuestos por los distintos vehículos que forman dicho tráfico. El problema existente es que no están identificadas en el ambiente urbano de la ciudad de Holguín, las variables que influyen en el aumento o atenuación del ruido producido por el tráfico vehicular que proporcionen a las autoridades del municipio una herramienta para atenuar este fenómeno contaminante. Para ello, se determinan las variables que influyen en el ruido producido por el tráfico vehicular en la ciudad de Holguín. Como resultado de la investigación el estado de los tres tramos escogidos con mayor volumen para hacer más profundo el análisis es similar en cuanto a características y configuración de la calzada, características de la fachada y el pavimento, las velocidades y flujo del tráfico vehicular; donde las más significativas son las de las discontinuidades en la vía y el tráfico vehicular. Con respecto a estos resultados se proponen medidas para la disminución del ruido vehicular y su influencia en zonas urbanas.



ABSTRACT

Traffic has now become one of the main sources of noise. The traffic noise generated by a traffic road is a sequence of simultaneous sums of the variable sound levels generated by the different vehicles that form said traffic. The problem posed is that they are not identified in the urban environment of the city of Holguín, the variables that influence the increase or attenuation of the noise produced by vehicular traffic that provide the authorities of the municipality with a tool to attenuate this polluting phenomenon. The variables that influence the noise produced by vehicular traffic in the city of Holguín are determined. As a result of the investigation, the state of the three sections chosen with the largest volume to deepen the analysis is similar in terms of characteristics and configuration of the road, characteristics of the façade and pavement, speeds and flow of vehicular traffic; where the most significant are those of discontinuities in the road and vehicular traffic. With respect to these results, measures are proposed to reduce vehicular noise and its influence in urban areas.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL CONCERNIENTE AL RUIDO VEHICULAR	9
1.1 Conceptualización sobre ruido y su incidencia en espacios urbanos.....	9
1.2 Impacto ambiental del ruido vehicular	13
1.3 Variables que influyen por el ruido en el tráfico vehicular.	19
1.4 Caracterización socioeconómica de la ciudad de Holguín y su efecto en el ruido vehicular.....	34
Conclusiones del capítulo	36
CAPÍTULO 2. ESTUDIO DE LAS VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL RUIDO PRODUCIDO POR EL TRÁFICO VEHICULAR EN LA CIUDAD DE HOLGUÍN.	37
2.1 Determinar las zonas de mayor afectación por ruido vehicular en la ciudad de Holguín.....	37
2.2 Identificación de las variables presentes en la zona de estudio.....	44
2.3 Análisis de la influencia de las variables en el ruido vehicular.....	47
2.4 Propuesta de soluciones para mitigar el efecto del ruido vehicular.	52
Conclusiones del capítulo	55
CONCLUSIONES GENERALES	56
RECOMENDACIONES	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXOS	61



INTRODUCCIÓN

El ruido es un agente de deterioro ambiental que atañe al medio físico transformado y al ser humano, es uno de los problemas medioambientales que afectan principalmente a las zonas urbanas y a quienes las habitan, factor que mide la calidad de vida (Fernández, 2013). Desde lo social, Lamarque (1975) define el ruido como un “sonido o conjunto de sonidos desagradables o molestos”, y Sanz (1987) considera que el ruido se trata de “un sonido molesto e intempestivo que puede producir efectos fisiológicos y psicológicos no deseados en una persona o un grupo”. La Organización Mundial de la Salud (OMS) (2016) plantea que el “ruido es un sonido con efectos negativos en el bienestar físico y psicológico de los seres humanos que provoca cambios en el comportamiento y de condición de vida, que el propio individuo juzga como negativo”.

Para la salud se describen según sus efectos específicos: deficiencia auditiva, interferencia en la comunicación oral, trastornos del sueño, efectos psicopatológicos, en el embarazo, psicológicos, sobre la salud mental y el rendimiento. Se concreta que el término contaminación acústica hace referencia al ruido provocado por las actividades humanas (tráfico, industrias, aviones, entre otros), que produce efectos negativos sobre la salud auditiva, física y mental de las personas. La consecuencia de la contaminación acústica muestra como eje medular común, al ruido vehicular como la principal fuente emisora según el país, actividades industriales y recreativas, economía y política, constituye uno de los principales problemas medioambientales en las grandes ciudades, se genera un número cada vez mayor de quejas por parte de los habitantes, el ruido ambiental es la principal fuente de contaminación en las ciudades modernas. (Lobos Vega, 2008).

En las grandes ciudades, a nivel mundial, la contaminación acústica se hace cada vez mayor, sobre todas las cosas por la no correspondencia de las normas. Este varía con el tiempo, el tipo de vehículo, las condiciones de la vía, las disposiciones de tránsito y, de manera muy significativa, con el modo de actuar del conductor.



El ruido producido por el tráfico es función de un gran número de variables, unas propias de las características de la calzada y el entorno por el que circula y otras propias por los vehículos. EL nivel de presión sonora (L_{eq}), es el índice utilizado para evaluar la contaminación acústica y la unidad de medida es el decibelio.

Las principales variables son:

- Tráfico: Velocidad de circulación, composición del tráfico e intensidad de circulación.
- Geometría de la vía: Pendiente, tipo de pavimento.
- Edificaciones: Altura y distancia.
- Tipo de intersecciones: semáforos, pases.

El impacto ambiental más importante derivado de la contaminación auditiva recae en problemas de salud sobre la población, e incluye alteraciones fisiológicas y psicológicas cuya gravedad depende de los niveles y la extensión de la exposición. Comprende, además de impedimentos auditivos, incremento de la presión sanguínea y de los latidos del corazón, cambios en respiración, arritmia, hipertensión, resistencia vascular periférica, cambios en la viscosidad de la sangre y de los lípidos, cambios en el balance electrolítico y cambios hormonales, principalmente. Al mismo tiempo, es causa de muchos desórdenes psicológicos como molestia, ansiedad, estrés, agresividad, náuseas, dolor de cabeza, inestabilidad, pérdida argumentativa, cambios de humor, incremento de conflictos sociales, irritabilidad, depresión, neurosis, psicosis e histeria. Genera impedimentos de desempeño como interferencia en la comunicación, cansancio, dificultad para dormir, reducción de las capacidades de atención, motivación, memoria, lectura y solución de tareas cognitivas, entre otras (OMS, 1999).

“Los investigadores clasifican los efectos del ruido en la salud y el bienestar de las personas en dos tipos; auditivos y extra-auditivos. Los auditivos dependen directamente de los niveles de presión sonora a los que se expone el órgano auditivo de una persona y la enfermedad asociada es la sordera que es irreversible. Los extra-



auditivos tienen efectos en órganos blancos diferentes al oído incluyen alteraciones cardiovasculares como la hipertensión arterial, trastornos osteomusculares como las mialgias o efectos psicológicos como el estrés, la ansiedad y la presencia de síntomas como la cefalea y el insomnio, además se ha demostrado el impacto en el desempeño en procesos cognitivos como la memorización” (Quiroz, 2016).

Los altos niveles de ruido vehicular generan además impactos económicos, como son los que se refieren a la desvalorización de las propiedades, tal y como lo demuestran estudios desarrollados por la Danish Environmental Protection Agency que encontraron que las viviendas expuestas a vías con ruidos de más de 55 dBA, pierden 1.6% de su valor por cada decibel de más que reciben (EC, 2006). Así mismo, en Seúl se encontró que por un incremento de 1% en el ruido, se deprecian en 1.3% las propiedades próximas a las vías importantes (Kim et al., 2007). Estos resultados sugieren que, en el marco de toda la malla vial de una ciudad, los costos de depreciación pueden representar de centenares a miles de millones de dólares.

Hay que destacar que la mayor parte de las edificaciones se encuentran a tan sólo un par de metros de la vía, por lo que los niveles de ruido experimentan una atenuación mínima por efecto de distancia lo que indica que reciben altos niveles de contaminación. La ausencia del Gobierno local ante esta problemática, conlleva a que los propietarios de los inmuebles tengan, como única opción, que realizar gastos importantes de insonorización, acción que, por un lado, no está al alcance de la mayor parte de la población y, por el otro, no resuelve el problema urbano de contaminación acústica, el cual se mantiene para transeúntes, peatones y usuarios del espacio público.

Cuba no está exenta de la contaminación acústica, a pesar que sus ciudades no se comparan en población con la de países del primer mundo, pero sus asentamientos tienen características propias que no se manifiestan en otro sitio. En nuestra ciudad de Holguín hay una amplia estructura económica tanto industrial como de servicios. Cuenta con una superestructura de circunvalaciones, aeropuerto, avenidas, centros de comunicaciones telefónicas y otras instalaciones imprescindibles para el desarrollo



de la vida urbana en general y la economía. Posee diversas industrias, mecánicas, una de materiales de la construcción, así como talleres para atender el transporte automotor, reparaciones de equipos eléctricos y otras diversas ramas del desarrollo industrial.

El control del ruido ambiental se limita a la falta de conocimiento de los efectos que provocan en los seres humanos, la escasa información sobre sus efectos dañinos y la falta de criterios definidos. Las fuentes principales del ruido urbano son el tránsito automotor, ferroviario y aéreo, la construcción, lugares públicos como escuelas, centros médicos, discotecas, bares, lugares de ocio, locales de comercio y gastronomía, y la zona habitacional.

El tráfico vehicular es uno de los elementos que más influyen en la generación del ruido. Es cada vez mayor la dificultad que presentan sus habitantes para trasladarse, así como los problemas existentes de conectividad vial y los deterioros en la misma. La estructura interna de la ciudad genera importantes necesidades que no son satisfechas en la actualidad por los medios empleados, principalmente hacia el centro de la ciudad que es el punto de convergencia de la estructura vial radial concéntrica, el centro de atracción y transferencia de los pasajeros urbanos. El servicio de ómnibus da cobertura a que toda la ciudad circule por las arterias principales y todas pasan por el centro de la ciudad (zona de mayor demanda de transporte) por la alta concentración de servicios y empleos que presenta convirtiéndose en un nudo de transporte para los diferentes medios. Las condiciones de circulación se agravan más, por la falta de espacio para el aparcamiento (vías estrechas de 6 m como promedio), añadido a esto el incremento de coches, carretones de tracción animal y bicicletas. El transporte automotor la mayoría están en mal estado y envejecidos por lo general data de la primera mitad del siglo XX por lo que tienen más de 50 años de explotación. (Colectivo de autores, 2008).

En la ciudad de Holguín, no se ha realizado un estudio detallado de este fenómeno, a pesar de las constantes quejas que se realizan a la oficina de medio ambiente. Un estudio de este tipo proporciona a las autoridades municipales una verdadera



herramienta de gestión ante el fenómeno contaminante presente y la toma de futuras decisiones en el ámbito de la planificación urbana. Un porcentaje elevado de las viviendas soporta niveles superiores a 65 dB(A) del nivel equivalente sonoro. Por lo que es importante identificar cuáles son las variables que existen en el entorno que varían el efecto del ruido que llega a las edificaciones para poder tomar medidas al respecto.

Problema: No están identificadas en el ambiente urbano de la ciudad de Holguín, las variables que influyen en el aumento o atenuación del ruido producido por el tráfico vehicular que proporcionen a las autoridades del municipio una herramienta para atenuar este fenómeno contaminante.

Objeto de la Investigación: ruido por el tráfico vehicular

Objetivo general: Determinar las variables que influyen en el ruido producido por el tráfico vehicular en la ciudad de Holguín.

Campo de acción de la investigación: variables que influyen en el ruido por tráfico vehicular.

Hipótesis: si se identifican el conjunto de variables que contribuyen a disminuir la influencia del ruido producido por el tráfico vehicular en la ciudad de Holguín, las autoridades del municipio tendrán una herramienta de gestión para atenuar este fenómeno contaminante.

Objetivos específicos:

1. Analizar el marco teórico-metodológico vinculado al ruido producido por el tráfico vehicular y los factores que influyen en el mismo.
2. Definir las zonas de la ciudad de Holguín donde existe mayor afectación por ruido vehicular.
3. Determinar los factores que varían la intensidad del ruido en la ciudad de Holguín.
4. Proponer un conjunto de medidas para mitigar el efecto del ruido vehicular en las zonas de estudio.

Métodos de la investigación científica

Teóricos



Método análisis y síntesis: mediante este método se realiza un análisis de ruido ambiental en la vía, descomponiendo cada una de las variables que influyen en el mismo. Luego se sintetiza la información y se definen las variables que son propias del ruido vehicular.

Método inducción-deducción: mediante el análisis de cada una de las diversas variables que influyen en el ruido vehicular, se definen la influencia de cada una en el ruido vehicular de forma general y se puede establecer un eje común en las distintas investigaciones, lo que permite llegar a resultados más particulares enfocados a esta investigación.

Método de abstracción y concreción: mediante este método se analizan los aspectos primarios y secundarios del fenómeno que se estudia, en este caso, las variables que influyen en el ruido urbano producido por el tráfico vehicular en la ciudad de Holguín y se revelan los aspectos que son fundamentales para llevar a cabo el objetivo de la investigación.

Método hipotético-deductivo: permite elaborar la hipótesis de la investigación y mediante el desarrollo del trabajo, donde se deduce el camino a seguir según los resultados que se alcanzan, se llegan a las conclusiones y a la verificación de las predicciones que se realizan.

Método histórico-lógico: mediante este método se investiga la trayectoria histórica y el estado actual de los estudios de variables que influyen en el ruido urbano producido por el tráfico vehicular, y se destacan solo los aspectos más importantes de las técnicas inherentes a este tipo de análisis.

Empíricos

Observación científica: se visitó el lugar de estudio y mediante la observación se definieron las características de la calzada, las fachadas, del comportamiento y composición del tráfico, datos imprescindibles para la realización de la investigación.

Entrevistas: se hicieron entrevistas a varias personas que viven y trabajan en la zona de estudio para poder identificar el problema de la investigación y las posibles causas del mismo.



Medición: realizaron mediciones en la calzada y las aceras para determinar sus dimensiones.

Aporte de la investigación:

Se realiza un estudio de las variables que influyen en la ciudad y elaboran una serie de medidas a tomar para disminuir la influencia del ruido vehicular en la ciudad de Holguín. Se ubican los datos que se obtienen en intersecciones y calles más transitables de la ciudad de Holguín, en un mapa que ayude a la toma de decisiones por las autoridades competentes.

Novedad científica de la investigación:

Estudio de las variables que afectan la ciudad de Holguín y aplicar medidas que contribuyan a la disminución del ruido vehicular en las zonas más afectadas con las características más especiales de la zona de estudio.

Actualidad del tema de la investigación:

La investigación sigue la línea del Departamento de Construcciones que, a su vez, forma parte de la línea de investigación de la Universidad de Holguín “Innovación para el desarrollo sostenible”. Se obtienen resultados que favorecen para la toma de decisiones en el ordenamiento y planificación en cuanto a materia medioambiental se refiere, lo cual beneficia las acciones para cuidar el medio ambiente; además vincula a la Universidad como centro de altos estudios en el desarrollo de los problemas actuales del país. Por lo tanto, este trabajo está acorde al Modelo de Desarrollo Económico y Social del Partido y la Revolución.

Estructura de la tesis:

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1. Se abordan los conceptos fundamentales y la situación del estado del arte de la contaminación acústica por ruido vehicular, donde se muestran los conceptos, las principales investigaciones al respecto en Cuba y el mundo, además de una caracterización socio-económica y espacial de la ciudad de Holguín.



CAPÍTULO 2. Se realiza un análisis detallado de las variables que afectan la intensidad del ruido producido por el tránsito y su estudio más puntual en las zonas de la ciudad de Holguín con más afectación.

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS



CAPITULO 1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL CONCERNIENTE AL RUIDO VEHICULAR

El ruido vehicular constituye en una problemática ambiental creciente que se expresa mayormente en las ciudades modernas y al cual se le presta poca atención en los países en vías de desarrollo. En el presente trabajo se realiza un acercamiento al estado del arte de esta problemática, donde no solo se realiza una revisión amplia y rigurosa que identifica sus principales causas y consecuencias, sino también, sus soluciones a la luz del contexto propio de los países en vías de desarrollo.

A la contaminación por ruido, de manera particular, se le presta muy poca atención por cuanto la condición emerge lentamente, rara vez requiere de atención médica inmediata y no es fatal. Sin embargo y, a manera de ejemplo, entre 1980 y 1990 por lo menos 4 millones de trabajadores en Estados Unidos fueron expuestos a niveles de ruido conducentes a la pérdida auditiva (Committee to Review the NIOSH Hearing Loss Research Program, 2006).

El ruido proveniente del transporte vehicular constituye la principal fuente emisora de este contaminante en las ciudades, producto de la necesidad de movilización diaria de millones de personas a la escuela o al trabajo, además de los requerimientos de transporte para soporte del sistema industrial, comercial, de servicios y administrativo. Mientras una conversación normal transcurre aproximadamente a 55 decibeles (dBA) (Gandía, 2003), el ruido vehicular de muchas ciudades del mundo alcanza entre 80 y 90 dBA, equiparándose incluso en algunos casos, con el de un taladro neumático. Tal situación ocasiona diversos impactos ambientales a los cuales, con frecuencia, las autoridades ambientales prestan ninguna o muy poca atención.

En la presente investigación se aborda esta problemática ambiental, para comenzar con el concepto de ruido por la subjetividad propia de éste, seguido por las causas y direccionadores, los resultados de mediciones en diversas ciudades alrededor del mundo y los impactos ambientales que ocasionan; termina con la exposición y evaluación de algunas de las medidas más utilizadas para su mitigación.

1.1 Conceptualización sobre ruido y su incidencia en espacios urbanos.



El ruido como contaminante siempre ha tenido muchas lagunas legales, a pesar de ser el contaminante más común. Se puede definir el ruido como un sonido no deseado, según Morales, 2009, "es aquella emisión de energía originada por conjunto de fenómenos vibratorios aéreos que, percibidos por el sistema auditivo, puede originar molestias o lesiones de oído". En cualquier caso, todas las definiciones se agrupan en torno a sonido desagradable, sonido no deseado, sonido perjudicial, etc.

Un ruido es la sensación auditiva no deseada correspondiente generalmente a una variación aleatoria de la presión a lo largo del tiempo. Es un sonido complejo, y puede ser caracterizado por la frecuencia de los sonidos puros que lo componen y por la amplitud de la presión acústica correspondiente a cada una de esas frecuencias. Si estas últimas son muy numerosas, se caracteriza entonces el ruido por la repartición de la energía sonora en bandas de frecuencias contiguas, definiendo lo que se denomina espectro frecuencias del ruido. El espectro de frecuencias de un ruido varía aleatoriamente a lo largo del tiempo, a diferencia de otros sonidos complejos, como los acordes musicales, que siguen una ley de variación precisa.

Existen multitud de variables que permiten diferenciar unos ruidos de otros: su composición en frecuencias, su intensidad, su variación temporal, su cadencia y ritmo, etc. El sonido en un sentido físico, constituye la propagación de energía (sonora) por un movimiento ondulatorio en un medio elástico. Entre sus principales características se encuentran las siguientes (Efron, 1971; Harris, 1985; Kinsler *et al.* 1995):

Tabla 1.1. Nivel de intensidad del sonido.



NIVEL DE INTENSIDAD DEL SONIDO.	
140 dB	Tartraz del acero
130 dB	Avión despegando
120dB	Motor de avión en marcha
110dB	Grupo de rock
100dB	Perforadora eléctrica
90 dB	Tráfico
80 dB	Tren
70 dB	Aspiradora
50/60 dB	Aglomeración de gente
40 dB	Conversación
20 dB	Biblioteca
10 dB	Ruido del Campo
0 dB	Umbral de la audición

Fuente: (Morales,2009)

– Frecuencia, se refiere al tono alto o bajo de un sonido y su unidad de medida son los Hertz (Hz) o ciclos por segundo. El hombre escucha entre aproximadamente 20 Hz a 20.000 Hz, aunque los adultos pierden audición en las frecuencias altas y su umbral auditivo se sitúa hacia los 15.000 Hz. La audición es mayor en el rango de 500 a 8.000 Hz, lo que significa que no escuchamos por igual a todas las frecuencias, de allí que la mayoría de mediciones de ruido a través de sonómetros, se realizan con un sistema de ponderación A, que emula al oído humano y de allí la denotación *dBA*. Vale añadir que las frecuencias bajas se asocian con longitudes de onda largas y viceversa. Niveles entre 10 y 20 Hz se conocen como infrasonidos y entre 12.500 y 40.000 Hz como ultrasonidos, los cuales son escuchados por diferentes especies animales.

– Intensidad, podríamos decir en lenguaje corriente, que se trata del volumen con que escuchamos un sonido. Podemos oír una gran amplitud de niveles de presión sonora que van desde 10-12 W/m² hasta 10 W/m²; pero, para mayor simplicidad, esta escala ha sido modificada a logaritmos y equivale a un rango de 0 a 140 dBA, unidad más ampliamente utilizada. La intensidad corresponde a una medida valorada respecto a un umbral de referencia ($I_0 = 10^{-12}$ W/m²) así: Bel = Log (I/I_0); Decibel = 10 Log (I/I_0). Cabe referir que el oído humano es más sensible a las variaciones de frecuencia que a las de intensidad, y aunque se requiere de un cambio cercano a 5 dBA para que éste



sea perceptible, un cambio de 10 dBA se percibe como el doble de ruidoso (Minnesota Pollution Control Agency, 1999).

El ruido se define como una combinación desordenada de sonidos que produce una sensación desagradable, molesta e indeseable para las personas que lo escuchan, y no existe una diferencia objetiva física medible que disocie al sonido del ruido. Las personas responden de forma distinta ante una misma fuente sonora, lo que le confiere características de representación variable, e incluso tales representaciones pueden modificarse a lo largo de la vida de las personas o durante un mismo día según las actividades en desarrollo (OMS, 1999).

De igual modo, experimentaciones de laboratorio han encontrado que la percepción humana es multisensorial y que entre más urbanizado esté el ambiente, es menos placentero; dentro de un conjunto de sonidos examinados, el canto de las aves ha sido el preferido y el ruido vehicular el más molesto ($p < 0,001$, Viollon *et al.*, 2002) y hay también preferencias por las imágenes con vegetación y los sonidos de agua, frente a sonidos tecnológicos (Carles *et al.*, 1999).

Encuestas realizadas en Estocolmo han encontrado que quienes viven cerca de áreas verdes (menos de 400 m) y hacen uso regular de éstas, expresan mayor bienestar y menor molestia y estrés ante el ruido vehicular, lo cual denota que las zonas verdes ejercen más importancia en la percepción del ruido, que el mismo ruido (Gidlö-Gunnarsson y Öhrström, 2007). Estos autores explican dicho resultado en el alto nivel de aprecio que tienen las personas sobre su vecindario, situación que compensa y desvía la atención de los problemas ambientales, por lo que sugieren como aspecto importante de la planificación urbana, la presencia de zonas verdes.

Por lo anterior, la percepción de molestia es particular a cada persona y depende, además, de su estado de ánimo, del lugar donde se encuentre o de las actividades que realice, entre otros. Además, la reacción de la gente depende, en gran medida, de su historial previo (Harris, 1985). Se ha encontrado que existe una relación directa y exponencial entre el nivel de desarrollo de un país y el grado de contaminación



acústica que impacta a su población, ello por cuanto aumenta el número de vías y el tráfico vehicular, así como el ruido proveniente del sector industrial (OMS, 1999).

El ruido vehicular es la mayor fuente de contaminación que existe en las ciudades. Estudios concernientes con el incremento total de recorrido vehicular en las ciudades, han encontrado entre sus causas principales, el incremento de la población, la expansión urbana, el incremento de propietarios de vehículos principalmente privados y la reducción de la ocupación vehicular, situación que ha venido creciendo desde la década de los 60. Por su parte, las causas principales del incremento del uso vehicular privado incluyen: el crecimiento económico familiar, el que las personas perciben a los autos como un bien superior y la baja calidad del transporte público (Cameron et al., 2004). En Cuba la principal fuente externa de ruido es el transporte, seguido de la industria, la construcción, diversas actividades humanas y los animales. El crecimiento poblacional y urbano ha sido un aspecto relevante de la contaminación por ruido vehicular en este país.

1.2 Impacto ambiental del ruido vehicular

Para finalizar este parágrafo, cabe presentar la clasificación ambiental propuesta por Lebedowska (2005) fundamentada en el incremento del ruido por causa de los vehículos:

Impacto en la calidad de vida

El ruido es un contaminante producido por múltiples fuentes de emisión que proviene de electrodomésticos, equipos residenciales y maquinaria industrial al interior de las edificaciones, y de medios de transporte, industrias, construcciones, comercio, espectáculos musicales o deportivos y animales domésticos al exterior, estos últimos llamados también ruido comunitario o ambiental. Mientras los ruidos al interior de las edificaciones son generalmente manejados a discreción de las personas, no ocurre igual con los externos y, dentro de estos últimos, el que muestra mayor importancia y recurrencia en sistemas urbanos, es el producido por los vehículos (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 2008).



En Estocolmo se llevó a cabo una investigación sobre la percepción de molestia ante el ruido (n=227) y se encontraron diferencias significativas entre los grupos de personas que mantienen las ventanas de sus residencias abiertas y cerradas, así como también entre los niveles de ruido que se perciben al exterior y al interior de las viviendas (Skånberg y Öhrström, 2002). Es así como Nicol y Wilson (2004) destacan que en Atenas los habitantes de múltiples calles se ven en la disyuntiva de someterse a altos niveles de ruido o de calor durante los meses de verano. El ruido suele ser el principal aspecto señalado en sistemas urbanos como causa de deterioro ambiental y de estrés (Moser y Robin, 2006) y, aun así, en los países en desarrollo no se le ha reconocido la dimensión adecuada a este problema (Guoxia et al., 2006).

Impacto en la salud

El ruido constituye un problema de salubridad pública (Harris, 1985). Como primera medida, debe llamarse la atención sobre el hecho que la contaminación sonora se expresa en un espacio y tiempo definido en inmediaciones de la fuente emisora, y su manifestación termina cuando se silencia esta última. No obstante, sus efectos en el hombre como en otros seres vivos, pueden ser no sólo de largo plazo, sino incluso acumulativos.

Numerosas investigaciones han sido realizadas a nivel mundial en relación a los daños ocasionados por el ruido a la salud, definiéndose esta última como un estado de bienestar físico, mental y social y no solamente como la ausencia de enfermedades o debilidad. Los efectos adversos que pueden ser generados por el ruido se refieren a alteraciones fisiológicas, psicológicas o a ambas, y la intensidad de los efectos se relaciona con la exposición a mayores niveles de ruido y a períodos más prolongados; de ello depende que los impedimentos sean temporales o de largo plazo. Los principales problemas de salud identificados ante el ruido son los siguientes (OMS, 1999):

1. Impedimento auditivo. Se refiere a un incremento en el umbral de escucha (pérdida de audición), además de distorsión y zumbidos temporales o permanentes. Estos efectos alteran las actividades diarias e interfieren en aspectos como escuchar el



teléfono, el timbre, el despertador, las alarmas o la música. El mayor riesgo ocurre en las frecuencias de 3.000 a 6.000 Hz, aunque en exposiciones prolongadas también se afecta en 2.000 Hz (OMS, 1999).

El nivel de ruido se considera moderado hasta aproximadamente 60 dBA, pero incrementos de este valor generan molestias que se tornan progresivamente más desagradables hasta convertirse en dolorosas a 130 dBA y generan lesiones en el oído a 140 dBA. Algunos autores refieren, que incluso exposiciones cortas por debajo de 100 dBA, pueden causar daños permanentes al oído (Kinsler et al., 1995).

Una evaluación de ruido vehicular llevada a cabo en Sao Paulo (Brasil) que encontró valores promedio entre 70,9 y 80,2 dBA, realizó paralelamente un estudio audiométrico en 624 policías de tráfico y trabajadores urbanos, y encontró pérdida auditiva en el 28,5% de los estudiados, con diferencias significativas por género (mayor en hombres), edad (mayor en edades avanzadas), sectores más ruidosos y ocupaciones previas con presencia de ruido (Melo-Barbosa y Alves-Cardoso, 2005). Estos autores señalan resultados semejantes, en choferes de buses en Curitiba y en Sao Paulo.

De igual modo, estudios realizados en la ciudad de Jalgaon (India) mostraron niveles de ruido promedio de 87,9 dBA y máximos de 114 dBA, los cuales han generado impedimentos auditivos en los policías de tránsito (n = 50) así: 80% en frecuencias entre 250 y 1.000 Hz; 70% en frecuencias de 1.000 a 4.000 Hz; y 46% en frecuencias hasta de 8.000 Hz (Ingle et al., 2005).

Para el estudio realizado por Sandoval (2000) en Bogotá, sobre 1.080 encuestas a los residentes de la localidad, el 42% describió molestias por el ruido y señalaron efectos negativos en: salud (16%), dolor de cabeza (12%), irritación (12%), interferencia al hablar (12%), problemas al trabajar (9%), dificultad al dormir (8%), desconcentración (10%), intranquilidad (8%) y otras alteraciones (6%). Así mismo, el estudio audiológico practicado a una muestra de 1.347 personas de la localidad reveló que el 49% de los individuos evaluados exhibe un descenso auditivo en las frecuencias de 3.000, 4.000 y 6.000 Hz.



2. Interferencia en la comunicación. Genera discapacidades y cambios en el comportamiento. Incluye problemas de concentración, fatiga, pérdida de confianza, irritación, malentendidos, pérdida de capacidad de trabajo, problemas de relaciones humanas y estrés. Una conversación normal ocurre de 50 a 55 dBA y para que la inteligibilidad de una conversación sea adecuada, la relación entre habla y ruido debe ser menor a 15 – 18 dBA. Los ruidos superiores a 35 o 40 dBA, provocan dificultades en la comunicación oral y, a partir de 65 dBA, las conversaciones se tornan extremadamente difíciles (OMS, 1999).

3. Dificultad para dormir. Entre el 80 y el 90% de los problemas reportados por las personas para dormir, están asociados al ruido comunitario. Algunos efectos del ruido incluyen: dificultad para dormirse, despertarse repetidas veces, menor profundidad del sueño, incremento de la presión sanguínea y de los latidos, vasoconstricción, cambios en respiración, arritmia cardíaca y mayor movimiento. Además, están los post-efectos o efectos del día siguiente como fatiga, mal humor, bajo rendimiento, uso de medicamentos o desórdenes mentales (OMS, 1999).

Diversos estudios sugieren que para dormir bien los niveles de presión equivalente no deben exceder 30 dBA para casos de tráfico continuo y los valores máximos no deben ser mayores a 45 dBA cuando hay bajo ruido de fondo (King y Davis, 2003).

Investigaciones realizadas en mujeres adultas en la ciudad de Maebashi (Japón) cerca de vías ruidosas, han involucrado tanto cuestionarios como mediciones de ruido y valoración de diversas variables socioeconómicas. En ellos se ha encontrado correlación positiva entre el tráfico vehicular nocturno y muchos de los efectos citados, así como una relación lineal directa entre el número de veces que se despierta la persona y el nivel de ruido. En este efecto incide notoriamente si se trata de ruidos continuos o impulsivos, el intervalo entre los ruidos, la edad de las personas (directamente proporcional), el nivel de presión sonora y la presencia de vibraciones. Así mismo, se observó relación inversa entre el insomnio y la distancia a la vía en niveles de ruido mayores a 50 dBA, por lo que los autores definen el problema como de carácter epidemiológico (Sasazawa et al., 2004). Estudios similares han encontrado



también relaciones lineales positivas entre el insomnio y el flujo vehicular pesado en el rango de 0 a 20 m de distancia a las vías, cuando los niveles de ruido son del orden de 65 dBA (Kageyama et al., 1997).

4. Efectos cardiovasculares y fisiológicos. Los ruidos agudos activan el sistema autónomo y hormonal y genera cambios en la presión sanguínea, la tasa cardiaca y la vasoconstricción. En situaciones prolongadas generan hipertensión (relación débil), isquemia cardiaca (relación estrecha), resistencia vascular periférica, cambios en la viscosidad de la sangre y de los lípidos, cambios en el balance electrolítico, cambios hormonales en la epinefrina, la norepinefrina y el cortisol (OMS, 1999).

Para ambientes urbanos de Alemania, se estima que el 17% de los casos de isquemia cardiaca se deben al ruido vehicular; esta relación ha sido ampliamente demostrada por diversos estudios longitudinales y transversales (Babisch, 2005).

Estudios realizados en Belgrado que evaluaron la presión sanguínea y el pulso en niños que viven expuestos a altos y bajos niveles de ruido vehicular (> a 45 dBA en la noche y a 60 dBA en el día para los primeros), hallaron hipertensión en un 5,7% de quienes están sometidos a mayor ruido y de 1,48% en los de menor ruido ($p = 0,054$), así como mayor presión sistólica y pulso (Belojevic et al., 2008). Dichos autores aclaran, sin embargo, que alrededor de este tema ha habido investigaciones con resultados contradictorios.

5. Salud mental. Incluye efectos diversos como ansiedad, estrés, náuseas, dolor de cabeza, inestabilidad, pérdida argumentativa, impotencia sexual, cambios de humor, incremento de conflictos sociales, irritabilidad y desórdenes psiquiátricos como neurosis, psicosis e histeria. Conlleva también al consumo de drogas, tranquilizantes y píldoras para dormir (OMS, 1999).

6. Efectos en desempeño. Ha sido ampliamente documentado que la exposición al ruido afecta las capacidades de atención, motivación, memoria, lectura y desempeño en tareas cognitivas complejas, hecho que induce a un mayor número de accidentes (OMS, 1999).



7. Efectos en vecindarios. Los ruidos en vecindarios generan molestia, mal humor, agresividad, decepción, impotencia, depresión, ansiedad, distracción, agitación, cansancio, alteraciones de comportamiento, quejas, insolidaridad y conflictos (OMS, 1999).

Impactos económicos

El automóvil es en muchas ciudades del mundo el medio de transporte por excelencia, por lo que se ha constituido en un problema cada vez más importante no sólo en cuanto a los problemas de ruido sino de contaminación atmosférica (Austroads, 2005). En Estados Unidos los costos ocasionados por el ruido representados en salud y pérdida de productividad, alcanzan entre el 0,2 y el 2% del producto doméstico bruto (GDP) (Bolund y Hunhammar, 1999). Por su parte, estudios del Parlamento Europeo estiman que las pérdidas económicas anuales en la Unión Europea inducidas por el ruido ambiental, se sitúan entre \$ 13.000 millones y \$ 38.000 millones de euros, las cuales van en aumento por el crecimiento poblacional, urbano y vehicular (COM, 2000). De igual modo, para 1995 se estimaron pérdidas económicas anuales de US\$ 2.500 millones de dólares en China, a causa del ruido (Li y Tao, 2004).

Los impactos económicos ocasionados por el ruido no quedan aquí, por cuanto otro problema asociado al mismo se refiere a la desvalorización de las propiedades que se ubican cerca a zonas ruidosas. Estudios desarrollados por la Danish Environmental Protection Agency han encontrado que las viviendas expuestas a vías con ruidos de más de 55 dBA, pierden 1,6% de su valor por cada decibel de más que reciben (EC, 2006). Estudios similares llevados a cabo en Seúl (Corea) mediante el modelo de precios hedónico, encontró que un incremento de 1% en el ruido deprecia en 1,3% el precio de las propiedades próximas a una vía analizada, alcanza hasta 5% en las viviendas más cercanas (Kim et al., 2007). Para el total de la vía, se obtuvo una pérdida total de US \$ 266,4 millones. Estudios previos asociados al ruido de los aviones, ya habían mostrado que por cada incremento de 1 dBA se deprecian las propiedades entre 0,5 y 0,6% (Nelson, 2004).



Una forma distinta de visualizar el impacto económico del ruido, lo evidencia el que el 75% de las personas en Estados Unidos como en Europa, están dispuestas a pagar más impuestos para mejorar la calidad ambiental del lugar de residencia (Moser y Robin, 2006). Igualmente, en Estocolmo el papel recreacional de las áreas verdes es tan alto, que el 45% de la población está dispuesta a pagar costos mayores de alojamiento por vivir cerca de ellas y lejos de ambientes ruidosos (Bolund y Hunhammar, 1999).

Estudios experimentales llevados a cabo en Santiago de Chile, evaluaron la disposición de las personas a pagar por vivir en lugares que brinden mayor bienestar y menor contaminación. Sobre un muestreo en 150 apartamentos en diferentes zonas de la ciudad, encontraron que no sólo hay disponibilidad a pagar US\$ 25,4 dólares anuales por cada decibel que puedan reducir en sus residencias, sino que la población ha incorporado este contaminante al conjunto de variables que toman parte en la decisión de compra de vivienda (Galilea y Ortúzar, 2005).

Estudios similares en la ciudad de Leipzig (Alemania), muestran que la gente expone alta preferencia por vivir en zonas verdes, con bajos niveles de contaminación atmosférica y de ruido (Kabisch, 1998). De acuerdo con Tree Trust y Bonestroo (2007), los parques, las zonas verdes y los bosques al interior de las ciudades, generan valorización de las propiedades, incremento estético y beneficios psicológicos y de salud. A su vez, generan millonarios ahorros al gobierno y con ello a los habitantes, al reducir las inundaciones y mejorar la calidad del aire.

1.3 Variables que influyen por el ruido en el tráfico vehicular.

La intensidad del ruido del tráfico vehicular y su propagación, no son iguales en todos los escenarios, estas varían según un número determinado de variables que las aumentan o disminuyen según sea el caso. Según investigaciones realizadas (Cammarata *et al.*, 1995; Arana *et al.*, 2000; FHWA, 2004; Li y Tao, 2004; Alimohammadi *et al.*, 2005; Austroads, 2005; FTA, 2006), las variables que se consideran como las más importantes en diferentes modelos matemáticos y



estadísticos para la estimación del ruido vehicular son: el flujo, la proporción de vehículos pesados y la velocidad.

La primera es apenas obvia, en tanto más vehículos transitan de forma simultánea por una vía hay mayor cantidad de fuentes de emisión de ruido, y aunque el ruido no es aditivo en escala aritmética sino logarítmica, la adición de dos ruidos de igual intensidad incrementa el valor final en 3 dBA.

En relación con la velocidad y como regla general, se acepta que si se dobla ésta se incrementa el ruido de 9 a 12 dBA. Por tanto, mientras el flujo y la velocidad crecen en forma geométrica, el nivel de ruido medido en decibeles, lo hace en forma aritmética (Austroads, 2005). Así, por ejemplo, si se reduce la velocidad de un camión de 90 a 60 Km/h, se disminuye el nivel máximo de ruido en 5 dBA y el nivel equivalente en 4 dBA; un resultado similar ocurre si se reduce la velocidad de los carros de 140 a 100 Km/h (OMS, 1999).

Vale notar que la fricción entre el vehículo y el aire genera ruido que se incrementa con la velocidad y es superior al de fricción de las llantas a velocidades mayores a 60 Km/h (OMS, 1999). De igual modo, en los autos pequeños suele ser más importante el ruido proveniente de la interacción llanta-pavimento, mientras que en buses y camiones predomina el ruido de los motores (Meiarashi *et al.*, 1996). El ruido vehicular proveniente de la fricción entre las llantas y el piso está afectado por el número de llantas y su ancho (correlación +), el tamaño de la llanta (correlación -), el patrón de ranuras, la presión, los materiales con que ha sido construida la llanta y la presencia de agua en la vía (correlación +) (Austroads, 2005). El tipo de asfalto también es importante, y para reducir el ruido se emplean asfaltos porosos (Austroads, 2005), con el objeto de que absorban o refracten parte del ruido incidente. Estudios experimentales en tal sentido, muestran que los asfaltos de grano mayor (ej. 13 mm) decrecen el nivel de ruido entre 3 y 7 dBA, siendo más importante el diámetro del agregado que el grosor del pavimento (Meiarashi *et al.*, 1996).

Como otras características de la vía que inciden en los niveles de emisión de ruido, se encuentran la inclinación, el diseño de la misma y las señales de tránsito incluida la



semaforización. Esta última variable juega un rol muy importante pues conduce a una mayor cantidad de arranques y detenciones, condiciones ambas que generan mayores niveles de ruido, además que cambian el patrón de ruido continuo a cíclico, condición que requiere de distribuciones bi-Gaussianas para su estudio (Can *et al.*, 2007b).

Otras variables que inciden en el nivel del ruido proveniente del tráfico vehicular son el uso de bocinas y alarmas (correlación +), las características del motor y la transmisión, el escape, el mantenimiento del motor (correlación -), la aerodinámica (correlación -), los hábitos de manejo y la carga que se transporta (correlación +) (OMS, 1999; Austroads, 2005; FTA, 2006).

El nivel de ruido adyacente a las vías se ve afectado también por la mayor o menor facilidad de propagación, y en ello inciden la geometría de las vías, la organización del transporte y las estructuras presentes (Janczur *et al.*, 2006). A las anteriores cabría añadir los materiales empleados en dichas estructuras, pues se puede tratar de superficies que reflejen, refracten, absorban o difracten el ruido. De manera general, las superficies duras como el pavimento y el asfalto reflejan las ondas sonoras, mientras que las superficies blandas como el pasto, la hojarasca o la nieve, lo absorben. Por lo anterior, se escucha más fuerte un sonido cuando estamos cerca de superficies duras, pues llegan, por un lado, las ondas que se transmiten directamente hasta el receptor y, por otro, las que se reflejan en diversas superficies (pisos, fachadas, estructuras, etc.). En razón de lo anterior, la legislación europea ha planteado la corrección de las mediciones de ruido vehicular o ruido comunitario cuando éstas se realizan cerca de fachadas de edificaciones, por lo que se deben descontar 6 dBA cuando las mediciones se realizan a menos de 1 m de la fachada y 3 dBA si se realizan entre 1 y 2 m de ésta (EC, 2000; Memoli *et al.*, 2007).

Estudios de ruido vehicular realizados en Atenas, encontraron que la atenuación se ve disminuida en calles de cañón (estrechas y con edificaciones altas), y que inciden en tal característica el ancho de la vía, la altura de las edificaciones y la relación entre estas dos variables (Nicol y Wilson, 2004). Así mismo, investigaciones realizadas en Beijing han encontrado diferencias de hasta 3,1 dBA entre unas y otras vías, las cuales



se explican tanto en el flujo vehicular, como en el pavimento, la estructura vial, el porcentaje de vehículos pesados y las actividades urbanas inherentes (Li *et al.*, 2002). La vegetación arbustiva no constituye, a grandes rasgos, una buena barrera acústica, y por 10 metros de vegetación tupida disminuye la intensidad de 0,2 a 1,2 dBA para bajas y altas frecuencias en su orden (Harris, 1985); no obstante, Bolund y Hunhammar (1999) señalan niveles de atenuación de hasta 2 dBA para barreras de 5 m de ancho. Las áreas verdes, sin embargo, no sólo reducen la reflexión de las ondas sonoras, sino que tal y como se refirió previamente, reducen las percepciones molestas.

El nivel de ruido que llega al receptor depende, además, de la distancia a la cual se encuentra de la fuente emisora, y se reduce en fuentes puntuales 6 dBA cada vez que se duplica la distancia en campo libre y en ausencia de superficies reflectantes (Harris, 1985; Austroads, 2005). Para fuentes lineales como el tráfico, se reduce en 3 dBA el L_{Aeq} y el L_{dn} , y de 3 a 6 dBA el $L_{Máx}$ (FTA, 2006).

Vale referir que la presión barométrica no afecta la atenuación del sonido, mientras que la incidencia de las condiciones meteorológicas es muy baja y, de manera general, la atenuación por el aire se reduce cuando aumenta la humedad. Sin embargo, las mediciones de ruido que se realizan a menos de 100 m de distancia, se consideran independientes de las condiciones meteorológicas (Harris, 1985).

En 2009, Morales y Fernández define un conjunto de variables que influyen en el ruido vehicular, las cuales son:

Intensidad del tráfico:

Se debe diferenciar entre intensidad y volumen, ya que ambos conceptos cuantifican cuantos vehículos pasan por una sección de una carretera durante de un intervalo de tiempo predeterminado. Se definirán los conceptos de ambos para su identificación.

Intensidad de circulación: Es el número de vehículos que pasan por un perfil dado o sección de carril o carretera dividido por el tiempo considerado (normalmente 15 minutos). La intensidad sería el volumen real de vehículos que pasan por una sección durante un intervalo, pero expresados a través de una intensidad horaria equivalente.



Esta se obtiene dividiendo el número de vehículos observados durante un periodo subhorario entre el tiempo de observación (en horas).

En consecuencia, un volumen de 100 vehículos observados durante 15 minutos implica una intensidad de tráfico de $100 / 0.25$ H. es decir, 400 vehículos/ hora. La intensidad de circulación varía en cada periodo de 15 minutos.

Intensidad Media Diaria Anual.

Es el número de vehículos que pasan por una sección durante un año, dividido por 365. Puede considerarse en España como IMD como la intensidad de tráfico que corresponde al día medio del año. La IMD se usa para el planteamiento, clasificación de vías, cálculos de índices de accidentes, programas de mejora, determinación de tendencias en el uso de las vías, estudios económicos, proyectos de señalización e iluminación.

Intensidad Horaria Punta.

Es el número de vehículos que pasan por una sección durante la hora que se considera representativa de las condiciones de mayor circulación.

La intensidad horaria es utilizada para el proyecto y la ordenación; la capacidad de las vías, características de las intersecciones y enlaces, control del tráfico, coordinación de semáforos y ordenación de la circulación.

La intensidad del tráfico modifica los niveles sonoros de la zona en dos aspectos principales:

- _ Produce una modificación del nivel de fondo, en el mismo sentido en el que se modifica la intensidad de tráfico (a mayor intensidad de tráfico, mayor nivel sonoro de fondo)
- _ Produce una modificación de la diferencia entre los valores punta producidos y el nivel de fondo, en sentido contrario del que se modifica la intensidad de tráfico (a mayor intensidad de tráfico, menor diferencia entre el nivel de fondo y niveles punta).



Reducción de tráfico	Reducción de ruido
10%	0,5 dBA
20%	1,0 dBA
30%	1,6 dBA
40%	2,2 dBA
50%	3,0 dBA
75%	6,0 dBA

Tabla1.2: Reducción del nivel de ruido debido a la reducción de tráfico.

Volumen de circulación: Es el número total de vehículos que pasan a través de un perfil determinado o sección de un carril o carretera durante un intervalo de tiempo dado; los volúmenes se pueden expresar en relación a periodos anuales, diarios, horarios o subhorarios.

Cambiar el volumen de tráfico afecta a los niveles de ruido. Dado que, en la composición de tráfico, y manteniendo los patrones de velocidades y formas de conducción sin cambios, la naturaleza logarítmica de la escala decibeles significa que una reducción del 50% del volumen de tráfico se traduce a unos 3 dBA de reducción en los niveles de ruido. Una reducción en los volúmenes de tráfico en una vía a menudo puede conducir a aumentos en la velocidad, porque el resto de los vehículos puede conducir más libremente, a menos que las medidas se tomen para mantener la velocidad reducida, por su influencia directa con el sonido transmitido.

Si el tráfico fluye más libremente, pudiera generar un cambio en patrón de conducción. La disminución en el número de aceleraciones y deceleraciones son probablemente un resultado que genere unos niveles de ruido más bajos. Sin embargo, más espacio para la conducción también puede dar lugar a más aceleraciones, que aumentarán las emisiones de ruido. La reducción de los volúmenes de tráfico es una medida que es aplicable principalmente en vías secundarias donde unas variedades de medidas pueden ser utilizadas para movilizar el tráfico a las carreteras principales. En Gleisdorf,



Austria, se ha implementado un sistema interactivo, el cual reduce la velocidad cuando se pasado los límites de ruido.

En condiciones normales, el límite de velocidad para coches y vehículos pesados es de 130 Km/h. En el primer es estadio de límites de ruidos excedidos, la velocidad es reducida a 100 Km/h para coches y a 80 Km/h para vehículos pesados. Esto implica una reducción de ruido de 1 a 2 dBA(A). En el siguiente estadio, la velocidad para vehículos pesados se limita a 60 Km/h, pero solo es cumplido por un 10% de estos vehículos. Por esto, no se ven mejoras en la reducción de ruido posteriores a la primera. (Bendtsen et al. 2004)

Se exponen un conjunto genérico de medidas de gestión del tráfico, con unos potenciales valores de reducción de nivel sonoro. Cada medida va encaminada a actuar sobre una o varias de las fuentes generadoras el sonido.

Tabla1.3: Efectos de la gestión sobre el tráfico en la disminución del ruido.

Medidas del gestión del tráfico	Reducción potencial del ruido (LAeq)
Tráfico calmado. Carreteras adaptadas al medio ambiente	Hasta 4 dBA
Zona de 30 Km/h	Hasta 2 dBA
Glorietas	Hasta 4 dBA
Reductores de velocidad de borde redondeado	Hasta 2 dBA
Límites de velocidad combinados con señales de molestias de ruido	1 – 4 dBA
Restricciones de noche de vehículos pesados	Hasta 7 dBA por las noches
Tiras de termoplástico en el asfalto	Incrementos de hasta 4 dBA
Áreas de adoquines	Incrementos de hasta 3 dBA
Reductores de velocidad de borde aplanado	Incrementos de hasta 6 dBA
Mitigadores para reducir la velocidad	Incrementos de hasta 1 dBA
Reductores de velocidad sinusoidales	0 dBA

Fuente:(Morales, 2009)

Composición del tráfico:

Se trata de la clasificación de los vehículos en varias categorías, más o menos detalladas;

Motocicletas: Pequeños vehículos con 2 y 3 ruedas



Vehículos Ligeros: Coches, furgonetas y camionetas con 4 ruedas

Vehículos pesados: Autobuses y camiones con 6 o más ruedas.

La composición del tráfico varía de unas carreteras a otras. En zonas urbanas el porcentaje de vehículos ligeros es mayor que en carreteras, llega a ser superior al 90% en las calles céntricas de las grandes ciudades. En carreteras próximas de grandes ciudades, son frecuentes porcentajes de vehículos pesados entre 15 y 20%, mientras que lejos de centros urbanos especialmente en itinerarios importantes, son frecuentes porcentajes de vehículos pesados entre el 30 y 40% y aún superiores en algunos casos.

Parece lógico pensar que, a mayor porcentaje de vehículos especialmente ruidosos, o más ruidosos que los considerados como normales en una circulación rodada, producirá mayores niveles sonoros. Sin embargo, esa elevación de niveles varía en su forma de expresión en función del tipo de valor de dicho porcentaje. Para porcentajes bajos de vehículos ruidosos, el nivel sonoro sólo se modifica por la existencia de valores punta o cresta, que destacan sobre el nivel sonoro medio, pero sin que éste se vea sensiblemente modificado. A medida que el porcentaje de vehículos ruidosos aumenta, el nivel sonoro medio producido por la circulación se incrementa paulatinamente, además de aparecer las correspondientes crestas. (European commission. Inventory of Noise mitigation methods. 2002) (figura 1.1)

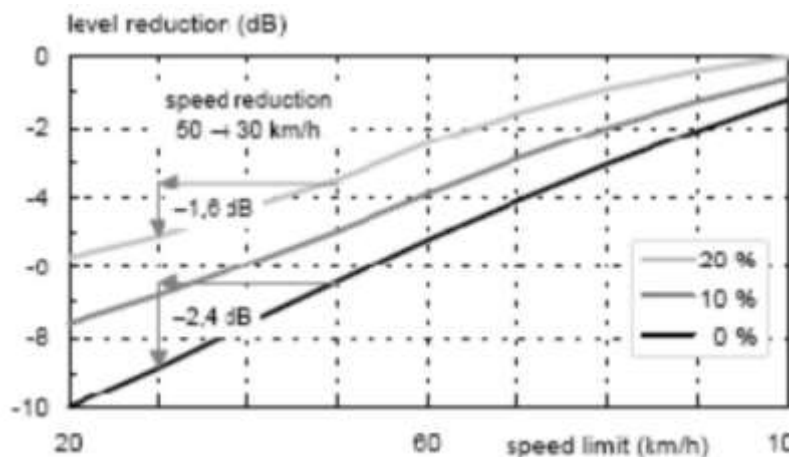


Figura1.1: Efectos de la reducción de la velocidad sobre ruido para diferentes porcentajes de vehículos pesados.

Es costumbre hablar de forma errónea de porcentajes de vehículos ruidosos, en lugar de vehículos pesados. La razón es que, si es cierto que en condiciones análogas de funcionamiento los vehículos pesados son más ruidosos, pero los vehículos mal mantenidos, mal conducidos o dotados de sirenas, pueden llegar a ser a más ruidosos que los pesados.

Características de la calzada

La configuración geométrica de la calzada influye considerablemente en el comportamiento acústico de la circulación. Según el artículo de Plácido Perera, (Perea Melero, revista del Colegio de Caminos, Canales y Puertos nº 12: 1989) la existencia de pendientes origina elevaciones de niveles sonoros, especialmente en los vehículos pesados, al tener una peor relación peso/potencia, que les obliga a aumentar ésta para tratar de mantener la velocidad. El signo de la pendiente influye menos, debido a que, en pendientes negativas, y si los vehículos circulan correctamente éstos deben rodar en la misma marcha en que lo harían si la pendiente fuese de signo positivo, y a igual marcha e igual número de vueltas del motor, niveles sonoros semejantes, pero además hay que añadir ruidos producidos por las frenadas.

Existen distintas relaciones entre la pendiente de las vías y la emisión de los vehículos, sin embargo, la literatura muestra algunos elementos comunes, como que para pendientes inferiores al 3% la incidencia no es significativa (< 1dBA) por lo que en su trazado deben evitarse pendiente superiores a estos valores, ya que pendientes superiores al 3% en áreas sensibles al ruido, por cada incremento de un punto en la pendiente, el nivel de ruido se incrementa aproximadamente en 2 dB(A), por su efecto sobre los vehículos pesados .(Sociedad Española de Acústica 1991).



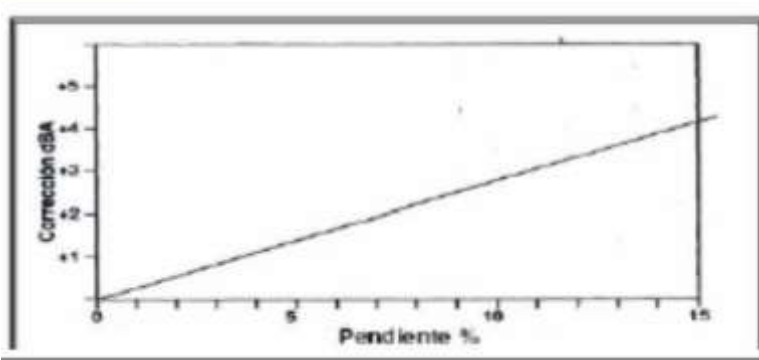


Figura1.2: Relación entre la pendiente de una vía y su emisión sonora. (Sociedad Española de Acústica 1991).

Si el sonido proviene de una lineal, éste se propagará en forma de ondas cilíndricas, obteniéndose una diferente relación de variación de la energía en función de la distancia. Una infraestructura de transporte (carretera o vía ferroviaria), considerada desde el punto de vista acústica, puede asimilarse a una fuente lineal. Este artificio es una simplificación del problema, y solamente es válida si se razona en niveles de presión sonora equivalente integrados sobre un tiempo superior a la duración del paso de un vehículo. En los estudios de ruido del transporte se trabaja normalmente en esta condición.

Configuración urbanística:

La configuración urbanística, entendiéndolo como tal el entorno que rodea a la callada, produce distintos comportamientos en el proceso de propagación de las ondas acústicas. Cuando un vehículo circula por una calzada situado en espacios abiertos, las ondas sonoras emitidas por éste no encuentran obstáculos para su propagación, lo que origina una disminución relativamente rápida de los niveles una vez desaparecida la fuente que los originó. Pero cuando el vehículo circula por una vía típicamente urbana, las edificaciones que la flanquean originan dos fenómenos:

Un apantallamiento que entorpece, y en muchos casos impide, la propagación de las ondas, y, por tanto, evita que en la parte superior de la edificación se modifiquen los niveles sonoros existentes. Este fenómeno podría ser beneficioso, pero en la mayoría de los casos, no tiene ninguna relevancia, puesto que la parte posterior de una



edificación es a su vez fachada de una nueva calle. Un fenómeno de múltiples reflexiones de la onda acústica entre las fachadas de las edificaciones de ambos lados de la calzada, mayores cuanto más reflectantes sean aquellas, que origina un aumento de los niveles sonoros incluso en altura. Este fenómeno denominado efecto cañón, puede originar aumentos de niveles sonoros de hasta 5 dBA.

La relación anchura de calzada y altura de edificaciones es importante. En el congreso de la Sociedad Española de Acústica, en el año 2001, se expuso un trabajo del Departamento de Física Aplicada de la Universidad Politécnica de Valencia que se titula "Impacto Acústico de la Nacional 332 a su paso por la Ciudad de Oliva", en la cual se estudió entre otras cosas, la variación de nivel de ruido en función de la altura media de los edificios y de la anchura de las calles, obteniendo los siguientes resultados:

- Se produce una reducción de unos 0.1 dBA, por cada metro de anchura de calle, para una altura media dada.
- Se produce un aumento de 0.6 dBA, de nivel de ruido por cada metro de altura media, para una anchura de calle dada.

Velocidad de circulación:

Los valores medios de velocidad pueden obtenerse de distintas formas con resultados distintos. En relación a las velocidades de circulación hay que distinguir dos campos: para velocidades superiores a 50-60 Km/h, en que se supone que el vehículo circula de forma fluida y continua, y para las velocidades inferiores a las citadas, en las que las interrupciones, paradas, arrancadas se dan frecuentemente, como es el caso de la circulación urbana. La circulación urbana ideal sería aquella que conjugue fluidez, velocidad constante y valores de ésta de entre 40-50 Km/h. Para velocidades superiores a 60 Km/h, los niveles sonoros aumentan a medida que aumentan su velocidad, llegan a producirse para velocidades superiores a 80 km/h un cambio de protagonismo de las fuentes sonoras del vehículo, pasan a ser el ruido producido por la interacción entre neumático y calzada la fuente principal, frente al ruido del motor y escape, que es el predominante para velocidades inferiores. Normalmente, el ruido del

motor es el que predomina hasta la segunda marcha, y a partir de esta prevalece el ruido de rodadura.

Existe una correlación entre aceleración y ruido de los vehículos de todo tipo, aunque fundamentalmente de pasajeros. A bajas velocidades de alrededor de 30 Km/h, el promedio de aumento de ruido debido a la aceleración es de 2dB. Para velocidades de alrededor de 50 a 60 km/h, el incremento es de 1 a 1,5 dBA. Es posible conducir con el motor bajo de revoluciones, si uno no utiliza la aceleración total potencial del vehículo. Los valores de aceleración potencial del vehículo. La conducción menos agresiva se cree que puede reducir el ruido en promedio de aproximadamente 5 dB para coches y vehículos comerciales y 7 dBA para las motocicletas. Por otra parte, esto se traduce en considerable ahorro de combustible, en mejorar el tráfico y reducir la seguridad y las emisiones de gases de escape. Las condiciones de tráfico urbano (flujo de semáforos, zonas de aceleración, zonas de frenado, rotondas, congestión, etc.) determinan que los niveles de ruido emitido por los vehículos dependan de la velocidad, de la relación de marchas y de la aceleración o desaceleración.

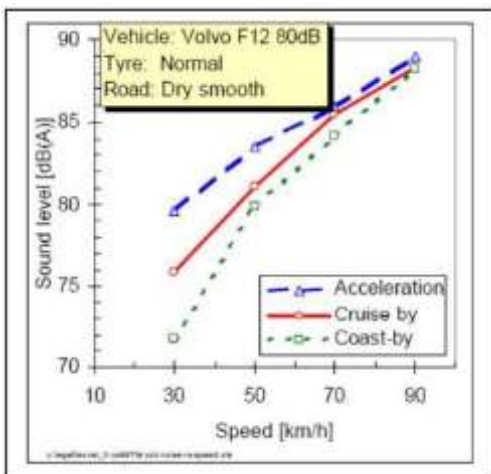


Figura1.3: De variación del nivel de ruido de vehículos pesados en tráfico continuo.

Por otra parte, ya nadie discute la potencialidad de reducción de ruido al disminuir la velocidad del vehículo, este es fundamentalmente de tres tipos:

- Ruido originado por la propulsión del propio vehículo.



- Ruido aerodinámico
- Ruido de rodadura

En el ruido del propio vehículo, a veces denominado como ruido de la unidad de potencia, intervienen los elementos vibrantes que participan en la propulsión, salvo los neumáticos: motor, transmisión, sistemas de admisión, escape y suspensión, etc. El ruido aerodinámico o de turbulencia se produce por la interacción entre la carrocería del vehículo y el aire. Depende de la forma de la carrocería y aumenta con la velocidad. Se suele medir en túneles de viento, con el motor parado con objetivo de estudiar individualmente esta fuente de ruido.

Tabla 1.4: De Localización de las principales fuentes sonoras de los vehículos a diferentes velocidades. Evaluación del ruido de rodadura en carreteras.

Fuente de ruido	V = 50 km/h		V = 80 km/h	
	Vehículos ligeros	Vehículos pesados	Vehículos ligeros	Vehículos pesados
Motor	20 - 50%			
Transmisión	5 - 35%	10 - 80%		
Tubo de escape	10 - 35%	20 - 80%		
Ventilador/radiador	0 - 30%	0 - 85%	15 - 35%	50 - 70%
Admisión/escape	10 - 35%	0 - 10%		
Rodadura	10 - 15%	10 - 15%	35 - 85%	30 - 60%

Fuente: (Morales,2009)

En la tabla anterior se muestran datos de contribución al ruido de los principales elementos de los vehículos con un pavimento de mezcla bituminosa convencional.

Tabla 1.5: Variación del nivel de ruido de vehículos con la reducción de velocidad.

Reducción de velocidad (10% de tráfico pesado)	
110 a 100 Km/h	0.7 dBA
100 a 90 Km/h	0.7 dBA
90 a 80 Km/h	1.3 dBA
80 a 70 Km/h	1.7 dBA
70 a 60 Km/h	1.8 dBA
60 a 50 Km/h	2.1 dBA
50 a 40 Km/h	1.4 dBA
40 a 30 Km/h	0 dBA



Fuente: (Morales,2009)

Tipo de firme:

La importancia del firme, al igual que la velocidad de circulación, es menor en el caso de circulación urbana que en el caso a alta velocidad. Según los estudios del Centro Estudios de transporte perteneciente al CEDEX (Centro de Estudios de Experimentación de Obras Públicas), a velocidades superiores a 50 Km/h, aproximadamente, el componente preponderante es el ruido debido a la rodadura, es decir el producido por la interacción entre la banda de rodadura de los neumáticos y la superficie de la carretera. Los principales mecanismos de producción del ruido de rodadura son los fenómenos de compresión-expansión de aire en el contacto neumático-pavimento, junto con las vibraciones del neumático; y las propiedades del pavimento que intervienen en su generación, tales como la textura en la gama de 1 a 100 mm y la absorción acústica del pavimento.

Desde el punto de vista de la construcción y conservación de carreteras, es muy conveniente disponer de datos de emisión de ruido que permitan caracterizar las distintas capas de rodadura, con objetivo de fijar las estrategias de reducción del ruido de tráfico de carretera en zonas pobladas. Para el caso de circulación urbana, los firmes rígidos pueden originar valores de nivel sonoro entre 2 y 4 dBA superiores a los firmes elásticos. No obstante, el firme adoquinado, del que todavía existen muchas muestras en nuestras ciudades, origina elevaciones mayores, pudiéndose llegar a valores de entre 8 y 10 dBA, en función de su estado de mantenimiento. La rugosidad del pavimento también tiene importancia para altas velocidades, siendo aconsejable no superar los 0,8 mm de profundidad con el ensayo de mancha de arena. El factor agua en el pavimento origina niveles sonoros superiores en hasta 10-12 dBA, a los originados en pavimentos secos. Por ello es importante que las ciudades dispongan de un buen drenaje.

Vehículos:

El ruido producido por un vehículo tiene su origen en el funcionamiento de sus diferentes órganos, es decir, un vehículo no es una fuente puntual de ruidos, sino el



resultado de la combinación de numerosas fuentes. Es en si un elemento radiante, compuesto por infinidad de fuentes elementales de ruido. Los principales focos generadoras son: Grupo motor, escape y ventilador. Aunque los vehículos parecen cada vez más silenciosos, en realidad no se han producido muchos avances tecnológicos en esa dirección, ya que el esfuerzo de las últimas décadas se ha centrado en el ahorro de combustible y la disminución de la contaminación atmosférica. (Alfonso, 2003). El ruido generado por la interacción de la vía (pavimento/ rueda), que es la predominante en la circulación a altas velocidades por encima del resto de emisiones sonoras.

Otras variables:

En las zonas urbanas, el ruido del tráfico no es solo debido a ruido de la intersección neumático/vehículo/carretera/pavimento, los equipos y/o discontinuidades establecidas en la vía pueden contribuir a nivel global al ruido del tráfico.

Otros tipos de elementos que pueden generar ruidos indeseables, no son algo infrecuente en nuestras poblaciones, los podríamos agrupar en dos grandes grupos, discontinuidades marcadas en el pavimento y equipos instalados en el pavimento y en las siguientes gráficas se expone su forma de medición y tratamiento a fin de poder tratarlos si estos valores resultasen elevados. (figura 1.4)



Figura 1.4: Discontinuidades generadoras de ruido, (Reductores de velocidad, tapas, raíles) Discontinuities and maintenance methods for quieter road surfaces. Michel Bérengier, LCPC (2008).

Tabla 1.6: Nivel de severidad del Impacto acústico de las discontinuidades. Discontinuities and maintenance methods for quieter road surfaces. Michel Bérengier, LCPC (2008).

Type of disc.	disc (Disc)	ΔLden (Disc)				
		One disc. on each lane	Disc. on lane #1 only	Disc. on lane #2 only	4/5 of traffic passes across the disc. on lane #1	4/5 of traffic passes across the disc. on lane #2
Paved hump	10.6dB(A) important	10.0dB(A) important	8.4 dB(A) important	6.2 dB(A) important		
Sewer manhole	[5.1-4.3] dB(A) important	[4.4-3.2] [3.3-2.4] dB(A) significant	[3.3-2.4] [2.4-1.7] dB(A) significant Low	[2.1-1.5] [1.6-0.9] dB(A) significant Low	[2.8-2.0] [2.0-1.4] dB(A) significant Low	[1.7-1.2] [1.1-0.5] dB(A) Low/ Negligible
Paved pedestrian crossing	8.5 dB(A) important	8.7 dB(A) important				
Fromway crossing	3.8 dB(A) significant	4.0 dB(A) significant				
Railway crossing	7.7 dB(A) important	7.0 dB(A) important				
Alligator cracking	2.6 dB(A) significant	1.8/1.2 dB(A) Low	1.2/0.5 dB(A) Low	0.4/0.4 dB(A) Negligible	1.0/0.7 dB(A) Negligible	0.5/0.3 dB(A) Negligible
Patch French	[2.0-0.7] dB(A) Low/ Negligible	[1.3-0.2] [0.8-0.5] dB(A) Low/ Negligible	[0.9-0.5] [0.6-0.3] dB(A) Negligible	[0.5-0.3] [0.2-0.1] dB(A) Negligible	[0.8-0.4] [0.5-0.3] dB(A) Negligible	[0.4-0.2] [0.2-0.1] dB(A) Negligible
> Telecom > manhole	5.1 dB(A) significant	4.4/3.3 dB(A) significant	3.3/2.4 dB(A) significant	2.1/1.4 dB(A) significant Low	2.8/2.0 dB(A) significant	1.7/1.1 dB(A) Low

Fuente: (Morales,2009)

1.4 Caracterización socioeconómica de la ciudad de Holguín y su efecto en el ruido vehicular.

El ruido ambiental depende del país, nivel de desarrollo socio cultural, economía y política. La ciudad de Holguín, es la urbe principal de la provincia Holguín, tiene una amplia estructura económica tanto industrial como de servicios. Cuenta con una superestructura de avenidas, circunvalaciones, aeropuerto, centros de comunicaciones telefónicas y otras instalaciones necesarias para el desarrollo de la economía y la vida urbana en general. Posee diversas industrias, mecánicas (destacan dos fábricas "60 Aniversario de la Revolución de Octubre" y "Héroes del 26 de Julio"),



una de materiales de la construcción, en los alimentos (destacan el lácteo y el cárnico), así como talleres para atender el transporte automotor, reparaciones de equipos eléctricos y otras diversas ramas del desarrollo industrial. Se encuentra entre las más importantes como atracción turística y cuenta con una amplia red hotelera y de servicios comerciales en las diversas especialidades para esta actividad.

Además, alberga importantes centros de salud, entidades financieras, centros educativos. Se realizan distintos eventos culturales populares a lo largo de todo el año, como las noches holguineras, carnavales, semana de la cultura, romerías de mayo, entre otras que se desarrollan en plazas y parques centrales. Todo esto genera una gran expansión urbana de la ciudad, un mayor aumento de ruido ambiental, debido a la gran generación de actividades potencialmente ruidosas.

En las construcciones de viviendas y edificaciones que se encuentran en los alrededores de las zonas donde se realizan dichas actividades, existen por lo general diversos factores perturbantes (fuentes de ruido), que atentan con la privacidad, tranquilidad y bienestar de las personas que allí habitan, tales como: el tránsito vehicular en zonas adyacentes, la vibración de ductos hidrosanitarios, la transmisión por ruido de impacto y de baja frecuencia, los agentes atmosféricos, causas esporádicas (el paso de transporte aéreo, sirenas, ladridos, sistemas de sonido, etc.), entre otros.

El tráfico vehicular es uno de los elementos que más influyen en la generación del ruido. Es cada vez mayor la dificultad que presentan sus habitantes para trasladarse, así como los problemas existentes de conectividad vial y los deterioros en la misma. La estructura interna de la ciudad genera importantes necesidades que no son satisfechas en la actualidad por los medios empleados, principalmente hacia el centro de la ciudad que es el punto de convergencia de la estructura vial radial concéntrica, el centro de atracción y transferencia de los pasajeros urbanos. El servicio de ómnibus da cobertura a que toda la ciudad circule por las arterias principales y todas pasan por el centro de la ciudad (zona de mayor demanda de transporte) por la alta concentración de servicios y empleos que presenta convirtiéndose en un nudo de transporte para los



diferentes medios. Las condiciones de circulación se agravan más, por la falta de espacio para el aparcamiento (vías estrechas de 6 m como promedio), añadido a esto el incremento de coches, carretones de tracción animal y bicicletas. El transporte automotor la mayoría están en mal estado y envejecidos por lo general data de la primera mitad del siglo XX por lo que tienen más de 50 años de explotación. (Colectivo de autores, 2008).

Todavía en el municipio no son suficientes la aplicación de leyes o normas y planes de acción para disminuir la contaminación sonora. Un porcentaje elevado de las viviendas soporta niveles superiores a 65 dB(A) del nivel equivalente sonoro. De ahí la necesidad de realizar un estudio de índices que describan el ruido teniendo en cuenta criterios sanitarios, límites máximos admisibles y criterios de calidad ambiental para elaborar los mapas estratégicos de ruido de la ciudad de Holguín.

Conclusiones del capítulo

- Luego de la revisión bibliográfica se puede determinar que las variables que influyen en el ruido vehicular son: la intensidad del tráfico, de circulación, volumen de circulación, composición del tráfico, características de la calzada, la configuración urbanística, la velocidad de circulación, el tipo de pavimento, entre otras.
- El desarrollo socio-económico de Holguín es importante con varias industrias y centros de importancia económica que intensifican el flujo vehicular en la ciudad.



CAPÍTULO 2. ESTUDIO DE LAS VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL RUIDO PRODUCIDO POR EL TRÁFICO VEHICULAR EN LA CIUDAD DE HOLGUÍN.

En el capítulo 1 se realiza un análisis de las diversas variables que influyen el ruido vehicular en un ambiente urbano. Para el estudio de estos parámetros en la ciudad de Holguín, en primer lugar, se definen cuáles son las zonas con mayores volúmenes de tráfico y se realiza el estudio en las más críticas. Luego se proponen medidas para mitigar el efecto del ruido en estas zonas.

El tráfico en Cuba no está exento de problemas y no se puede comparar con los países desarrollados e incluso con otros de Latinoamérica, porque aquí el volumen es menor, el parque automotor en circulación consta del más del 50% de carros antiguos según plantea el capitán Yoandris Serrano Infante, oficial de trámite de la oficina de Tránsito Provincial, Holguín en entrevista realizada. Además, se puede percibir una gran diversidad de medios de transporte en una misma viabilidad (vehículos pesados, ligeros, motorinas, ciclos, y medios de transporte por tracción animal).

A continuación, se realiza un análisis de las zonas con mayor afectación por ruido vehicular.

2.1 Determinar las zonas de mayor afectación por ruido vehicular en la ciudad de Holguín.

En la ciudad de Holguín hay varias zonas con gran afluencia de tráfico vehicular. Sin embargo, el presente estudio se enfoca en el centro de la ciudad ya que es el lugar más populoso por la cantidad de comercios y empresas de servicios que existen en el lugar. A continuación, se muestran las características geométricas de las ocho intersecciones seleccionadas como casos de estudio.





Figura 2.1. Localización de las intersecciones más críticas en el centro de la ciudad. Fuente: Elaboración propia.

• **Intersección 1.** Calle Máximo Gómez- Calle Cuba

Tabla 2.1: Características geométricas de la intersección.

Característica	Acceso	
	Máximo Gómez	Cuba
Ancho de calzada (m)	5.0	5.0
Ancho medio de carril (m)	2.5	2.5
Contanes (m)	0.5	0.5
Acera (m)	1.20	1.60
Pendiente longitudinal %	1.0	0.6
Tipo de pavimento	Flexible	Flexible
Sentido de circulación	1	1
Cantidad de carriles	2	2
Movimientos permitidos	Recto, izquierdo	Recto, derecho
Paradas de ómnibus	Si	No
Estacionamientos	No	No



Fuente: (Soler, Portales, 2017)

Tabla 2.2: Volumen horario de máxima demanda

Acceso	Mov.	Volúmenes por tipo de vehículos						Total del acceso	Total de la intersección
		Camió n	Ómnibus	Auto	Moto	Ciclo	Coche		
Máximo Gómez	Recto	9	8	269	177	189	85	737	974
	Izquierda	4	2	165	41	21	4	237	
Cuba	Recto	8	13	230	72	121	98	542	928
	Derecha	12	14	178	84	47	51	386	

Fuente: Yelena Gómez Gómez (2021)

• **Intersección 2.** Calle Garayalde- Calle Máximo Gómez

Tabla 2.3: Características geométricas de la intersección



Característica	Acceso	
	Garayalde	Máximo Gómez
Ancho de calzada (m)	4.6	5.0
Ancho medio de carril (m)	2.3	2.5
Contenes (m)	0.5	0.5
Acera (m)	1.17	1.20
Pendiente longitudinal %	-1.03	1.0
Tipo de pavimento	Flexible	Flexible
Sentido de circulación	1	1
Cantidad de carriles	2	2
Movimientos permitidos	Recto, izquierdo	Recto, derecha
Paradas de ómnibus	no	Si
Estacionamientos	si	No



Fuente: Yelena Gómez Gómez (2021)

Tabla 2.4: Volumen horario de máxima demanda

Acceso	Mov.	Volúmenes por tipo de vehículos						Total del acceso	Total de la intersección
		Camión	Ómnibus	Auto	Moto	Ciclo	Coche		
Garayalde	Recto	1	2	257	231	72	1	564	1265
	Izquierda	1	0	141	117	18	2	279	
Máximo Gómez	Recto	20	26	448	296	240	132	1168	2108
	Derecha	0	0	20	48	35	0	103	

Fuente: Yelena Gómez Gómez (2021)

- **Intersección 3. Calle Cuba- Calle Carbó**

Tabla 2.5: Características geométricas de la intersección

Característica	Accesos	
	Cuba	Carbó
Ancho de calzada (m)	5.0	5.0
Ancho medio de carril (m)	2.5	2.5
Contenes (m)	0.5	0.5
Acera (m)	1.60	1.50
Pendiente longitudinal %	0.6	0.8
Tipo de pavimento	Flexible	Flexible
Sentido de circulación	1	1
Cantidad de carriles	2	2
Movimientos permitidos	Recto, derecho	Recto, derecho
Paradas de ómnibus	No	Si
Estacionamientos	No	No



Fuente: Yelena Gómez Gómez (2021)

Tabla 2.6: Volumen horario de máxima demanda




Acceso	Mov.	Volúmenes por tipo de vehículos							Total del Acceso	Total de la intersección
		Camión	Ómnibus	Auto	Moto	Ciclo	Coche	total		
Cuba	Recto	14	15	260	156	242	0	687	1045	1694
	Izquierda	11	3	182	85	77	0	358		
Carbó	Recto	3	2	98	65	103	88	359	649	
	Derecha	1	6	106	89	30	58	290		

Fuente: Yelena Gómez Gómez (2021)

- **Intersección 4. Calle Morales Lemus- Calle Cuba**

Tabla 2.7: Características geométricas de la intersección

Característica	Acceso	
	Morales Lemus	Cuba
Ancho de calzada (m)	5.0	5.0
Ancho medio de carril (m)	2.5	2.5
Contenes (m)	0.5	0.5
Acera (m)	1.00	1.20
Pendiente longitudinal %	1.0	0.6
Tipo de pavimento	Flexible	Flexible
Sentido de circulación	1	1
Cantidad de carriles	2	2
Movimientos permitidos	Recto, derecho	Recto, izquierdo
Paradas de ómnibus	no	si
Estacionamientos	No se permite	No



Fuente: Yelena Gómez Gómez (2021)

Tabla 2.8: Volumen horario de máxima demanda

Acceso	Mov.	Volúmenes por tipo de vehículo							Total del acceso	Total de la intersección
		Camión	Ómnibus	Auto	Moto	Ciclo	Coche	total		
Morales Lemus	Recto	21	12	479	297	311	0	1120	1345	2014
	Derecha	3	1	92	81	48	0	225		
Cuba	Recto	8	4	238	44	96	34	424	669	
	Izquierda	4	1	113	74	53	0	245		

Fuente: Yelena Gómez Gómez (2021)

- **Intersección 5. Calle Aricochea- Calle Máximo Gómez**

Tabla 2.9: Características geométricas de la intersección



Característica	Acceso	
	Aricochea	Máximo Gómez
Ancho de calzada (m)	5.0	5.0
Ancho medio de carril (m)	2.5	2.5
Contenes (m)	0.5	0.5
Acera (m)	1.11	1.20
Pendiente longitudinal %	-1.0	1.0
Tipo de pavimento	Flexible	Flexible
Sentido de circulación	1	1
Cantidad de carriles	2	2
Movimientos permitidos	Recto, izquierdo	Recto, derecho
Paradas de ómnibus	No	no
Estacionamientos	No	no



Fuente: Yelena Gómez Gómez (2021)

Tabla 2.10: Volumen horario de máxima demanda


Accesos	Mov.	Volúmenes por tipo de vehículos							Total del acceso	Total de la intersección
		Camión	Ómnibus	Auto	Moto	Ciclo	Coche	total		
Aricochea	Recto	30	51	548	443	110	27	1209	1291	2498
	Izquierda	2	0	20	27	33	0	82		
Máximo Gómez	Recto	10	9	431	259	200	50	959	1207	
	Derecha	4	2	106	109	27	0	248		

Fuente: Yelena Gómez Gómez (2021)

- **Intersección 6. Calle Cable- Calle Máximo Gómez**

Tabla 2.11: Características geométricas de la intersección

Característica	Acceso	
	Cable	Máximo Gómez
Ancho de calzada (m)	4.90	5.00
Ancho medio de carril (m)	2.45	2.5
Contenes (m)	0.5	0.5
Acera (m)	1.18	1.20
Pendiente longitudinal %	-1.20	-1.0
Tipo de pavimento	Flexible	Flexible
Sentido de circulación	1	1
Cantidad de carriles	2	2
Movimientos permitidos	Recto, derecho	Recto, izquierdo
Paradas de ómnibus	no	no
Estacionamientos	no	no



Fuente: Yelena Gómez Gómez (2021)

Tabla 2.12: Volumen horario de máxima demanda




Accesos	Movimientos	Volúmenes por tipo de vehículos							Total del Acceso	Total de la intersección
		Camión	Ómnibus	Auto	Moto	Ciclo	Coche	total		
Cable	Recto	42	26	389	271	118	62	908	1059	2422
	Derecha	4	3	55	54	35	0	151		
Máximo Gómez	Recto	16	9	493	312	254	48	1132	1363	
	Izquierda	4	2	89	109	27	0	231		

Fuente: Yelena Gómez Gómez (2021)

- **Intersección 7. Calle Morales Lemus- Calle Arias**

Tabla 2.13: Características geométricas de la intersección

Característica	Acceso	
	Morales Lemus	Arias
Ancho de calzada (m)	5.0	5.0
Ancho medio de carril (m)	2.5	2.5
Contenes (m)	0.5	0.5
Acera (m)	1.00	1.30
Pendiente longitudinal %	0	0.4
Tipo de pavimento	Flexible	Flexible
Sentido de circulación	1	1
Cantidad de carriles	2	2
Movimientos permitidos	Recto, derecho	Recto, izquierdo
Paradas de ómnibus	no	no
Estacionamientos	No se permite	no



Fuente: Yelena Gómez Gómez (2021)

Tabla 2.14: Volumen horario de máxima demanda

Accesos	Mov	Volúmenes por tipo de vehículos							Total del Acceso	Total de la intersección
		Camión	Ómnibus	Auto	Moto	Ciclo	Coche	total		
Morales Lemus	Recto	18	13	449	256	295	0	1031	1272	2210
	Izquierda	1	0	65	97	78	0	241		
Arias	Recto	21	14	276	282	187	39	819	938	
	Derecha	4	1	39	35	40	0	119		

Fuente: Yelena Gómez Gómez (2021)

- **Intersección 8. Calle Máximo Gómez- Calle Arias**

Tabla 2.15: Características geométricas de la intersección



Característica	Acceso	
	Máximo Gómez	Arias
Ancho de calzada (m)	5.0	5.0
Ancho medio de carril (m)	2.5	2.5
Contenes (m)	0.5	0.5
Acera (m)	1.20	1.30
Pendiente longitudinal %	0.9	0.4
Tipo de pavimento	Flexible	Flexible
Sentido de circulación	1	1
Cantidad de carriles	2	2
Movimientos permitidos	Recto, derecho	Recto, izquierdo
Paradas de ómnibus	no	no
Estacionamientos	no	no



Fuente: (Soler, Portelles, 2017)

Fuente: Yelena Gómez Gómez (2021)

Tabla 2.16: Volumen horario de máxima demanda

Accesos	Mov.	Volúmenes por tipo de vehículos							Total del Acceso	Total de la intersección
		Camión	Ómnibus	Auto	Moto	Ciclo	Coche	total		
Máximo Gómez	Recto	18	21	531	260	116	93	1039	1224	2067
	Derecha	4	0	40	31	75	35	185		
Arias	Recto	4	3	225	153	95	63	543	843	
	Izquierda	4	3	120	156	15	2	300		

Fuente: Yelena Gómez Gómez (2021)

De acuerdo a las características presentadas para cada caso de estudio, es común en todas, que en no se permite el estacionamiento según señales establecidas. Pero estas señales no son respetadas y es muy cotidiano presenciar en cualquier horario del día que se produzcan parqueos. También se puede apreciar, que los anchos de calzada no sobrepasan los 5.0 m. Estas dos condiciones que fundamentalmente reducen la posibilidad de que se puedan formar dos corrientes vehiculares que circulen simultáneamente, por lo que se puede considerar que estas calles se comporten como de un solo carril de ancho 5,0 m, pues los conductores tienden a transitar por la parte central de la calzada como se puede percibir en la figura 2.2





Figura 2.2. Intersección Máximo Gómez-Frexes. (Soler, 2018)

Luego de analizar cada una de las intersecciones con sus características y el volumen de máxima demanda, se definen tres tramos de vía como los más críticos de la zona seleccionada. Las mismas son:

Tramo 1. Calle Morales Lemus entre calle Cuba y calle Arias

Tramo 2. Calle Máximo Gómez entre calle Cuba y calle Arias

Tramo 3. Calle Cables entre calle Máximo Gómez y calle Morales Lemus

2.2 Identificación de las variables presentes en la zona de estudio.

Como se plantea en el capítulo anterior, hay una gran variedad de factores que influyen en el incremento o no del ruido vehicular. Sin embargo, cada zona de estudio tiene sus particularidades. En el presente trabajo se estudia cada tramo de calle que se seleccionó en el epígrafe anterior, por lo que se exponen a continuación las variables identificadas en cada una de ellas.

Flujo vehicular: Al ser vías urbanas el flujo vehicular se afecta por los conflictos que se generan en la vía, las posibilidades de maniobra y el tipo de vehículo que transita por la misma. Esto genera un aumento de los decibeles en la zona; una reducción del 50% del volumen de tráfico se traduce a unos 3 dBA de reducción en los niveles de ruido.

Velocidad: en las calles del centro de la ciudad los límites de velocidad son inferiores a 50km/h, por lo que se analizan los cambios de velocidad que existen dentro de este rango y su influencia en los decibeles. La velocidad es reducida para coches y vehículos pesados implica una reducción de ruido de 1 a 2 dBA.



Proporción de vehículos pesados (Vehículos pesados: Autobuses y camiones con 6 o más ruedas): En estas calles el vehículo pesado más común son los autobuses, aunque en uno de los tramos también circulan vehículos pesados.

Características de la vía: en general estos tramos son de preferencia en la circulación vial con ninguna señal de Pare, excepto en las intersecciones donde concurren dos vías principales que aparece un semáforo para organizar el tránsito.

Geometría de las vías: se tiene en cuenta el ancho de las calzadas, que en este caso van de 4 a 5 metros y anchos de las aceras 1.20 m, las características de la superficie de las mismas que tienen gran incidencia en la transferencia y aumento del ruido vehicular.

Fachadas de edificios: Se escucha más fuerte un sonido cuando estamos cerca de superficies duras, las ondas que se transmiten directamente hasta el receptor y, por otro, las que se reflejan en diversas superficies (pisos, fachadas, estructuras, etc.) cerca de fachadas de edificaciones, por lo que se deben descontar 6 dBA cuando las mediciones se realizan a menos de 1 m de la fachada y 3 dBA si se realizan entre 1 y 2 m de ésta.

Configuración urbanística:

La configuración urbanística, entendiendo como tal el entorno que rodea a la calzada, produce distintos comportamientos en el proceso de propagación de las ondas acústicas. Cuando un vehículo circula por una calzada situado en espacios abiertos, las ondas sonoras emitidas por éste no encuentran obstáculos para su propagación, lo que origina una disminución relativamente rápida de los niveles una vez desaparecida la fuente que los originó. Pero cuando el vehículo circula por una vía típicamente urbana, las edificaciones que la flanquean originan dos fenómenos:

Un fenómeno de múltiples reflexiones de la onda acústica entre las fachadas de las edificaciones de ambos lados de la calzada, mayores cuanto más reflectantes sean aquellas, que origina un aumento de los niveles sonoros incluso en altura. Este fenómeno denominado efecto cañón, puede originar aumentos de niveles sonoros de hasta 5 dBA.



- Se produce una reducción de unos 0.1 dBA, por cada metro de anchura de calle, para una altura media dada.
- Se produce un aumento de 0.6 dBA, de nivel de ruido por cada metro de altura media, para una anchura de calle dada.

Existe una correlación entre aceleración y ruido de los vehículos de todo tipo, aunque fundamentalmente de pasajeros. A bajas velocidades de alrededor de 30 Km/h, el promedio de aumento de ruido debido a la aceleración es de 2dB. La conducción menos agresiva se cree que puede reducir el ruido en promedio de aproximadamente 5 dB para coches y vehículos comerciales y 7 dBA para las motocicletas.

Las condiciones de tráfico urbano (flujo de semáforos, zonas de aceleración, zonas de frenado, rotondas, congestión, etc.) determinan que los niveles de ruido emitido por los vehículos dependan de la velocidad, de la relación de marchas y de la aceleración o desaceleración.

Tabla 2.17: Variación del nivel de ruido de vehículos con la reducción de velocidad.

Reducción de velocidad (10% de tráfico pesado)	
110 a 100 Km/h	0.7 dBA
100 a 90 Km/h	0.7 dBA
90 a 80 Km/h	1.3 dBA
80 a 70 Km/h	1.7 dBA
70 a 60 Km/h	1.8 dBA
60 a 50 Km/h	2.1 dBA
50 a 40 Km/h	1.4 dBA
40 a 30 Km/h	0 dBA

Fuente: Den Boer, L.C., Schroten, A. (2007)

Tipo de firme: Para el caso de circulación urbana, los firmes rígidos pueden originar valores de nivel sonoro entre 2 y 4 dBA superiores a los firmes elásticos.

Otras variables:

En las zonas urbanas, discontinuidades marcadas en el pavimento y equipos instalados en el pavimento pueden contribuir a nivel global al ruido del tráfico, el impacto sobre las tapas de alcantarillas puede llegar a los 5.1dBA y la interacción de



las ruedas con el pavimento agrietado es de 2.6dBA, los cuales son valores significativos. El factor agua en el pavimento origina niveles sonoros superiores en hasta 10-12 dBA, a los originados en pavimentos secos. Por ello es importante que las ciudades dispongan de un buen drenaje y unas excelentes condiciones del pavimento.

2.3 Análisis de la influencia de las variables en el ruido vehicular.

En cada tramo que se estudia, se analizan las diversas variables que influyen en el ruido vehicular, a continuación, se expone cada uno de ellos.

Tramo 1. Calle Morales Lemus entre calle Cuba y calle Arias

Flujo vehicular: En este tramo el flujo es constante, se afecta por los conflictos que se generan en la vía, los vehículos ocupan un gran espacio ya que la calzada es de un solo sentido lo que genera un aumento de flujo; una reducción del 50% del volumen de tráfico se traduce a unos 3 dBA de reducción en los niveles de ruido.

Velocidad: La velocidad en estas zonas son inferiores a 50km/h. Si se reduce la para coches y vehículos pesados implica una reducción de ruido de 1 a 2 dBA.

Tabla 2.18: Velocidades promedio obtenidas en intersección Morales Lemus – Aguilera

Accesos	Velocidad promedio (km/h)	
	Autos	Ciclos
Aguilera	25	15
Morales Lemus	34	19

Fuente: Soler y Portal (2017)

En este tramo la velocidad promedio es de 34km/h, ya que la ciudad carece de espacios de estacionamientos fuera de la calzada, por lo que, al desarrollarse esta acción en uno de los carriles de circulación, las maniobras de rebase se limitan y por tanto los conductores se supeditan a las velocidades de los vehículos que les anteceden. A bajas velocidades de alrededor de 30 km/h, el promedio de aumento de ruido debido a la aceleración es de 2dB.

Características de la vía: Este tramo es de preferencia en la circulación vial, con ninguna señal de Pare, excepto en las intersecciones donde concurren dos vías



principales que aparece un semáforo para organizar el tránsito. Por lo que en este tramo la velocidad y flujo de vehículos es constante.

Geometría de las vías: El ancho de la calzada en estos tramos van de 4 a 5 metros y anchos de las aceras 1.20 m. Esto incrementa el ruido por ser una vía de poca amplitud.

Fachadas de edificios: las fachadas de los edificios son de paredes rígidas por lo que las ondas que se transmiten chocan con las mismas y se reflejan en diversas superficies, por lo que aumenta el nivel de ruido en 3 dBA.

Configuración urbanística: este tramo tiene una configuración tipo pantalla a ambos lados de la calzada con edificaciones de más de 4m de altura, lo que trae como consecuencia que las ondas choquen con otros obstáculos, genera que no se disipe el ruido con rapidez. En este caso los decibeles aumentan en un rango de hasta 2.4dBA.

Tipo de firme: el tipo de firme que presenta la vía es flexible por lo que no hay un aumento considerable de los decibeles.

Otras variables: en este caso existen discontinuidades en la vía como son las tapas de alcantarillas ya que el nivel de la capa de rodadura se ha incrementado por un deficiente mantenimiento en la calzada por lo que genera un impacto en los vehículos que caen en estos huecos. Esto produce aumentos del ruido de hasta 5.1dBA. Por lo demás hay un drenaje adecuado y el estado de la vía es bueno.

Proporción de vehículos pesados: Transitan aproximadamente un 3% de vehículos pesados (camiones y ómnibus), lo que según datos anteriores si disminuyen su velocidad de marcha hay una reducción de hasta 7dBA.

Tramo 2. Calle Máximo Gómez entre calle Cuba y calle Arias

Flujo vehicular: En este tramo el flujo es constante, se afecta por los conflictos que se generan en la vía la presencia de vehículos de tracción animal, los vehículos ocupan un gran espacio ya que la calzada es de un solo sentido lo que genera un aumento de flujo.



Velocidad: al igual que el Tramo 1 la velocidad en esta vía son inferiores a 50km/h. Si se reduce para coches y vehículos pesados implica una reducción de ruido de 1 a 2 dBA.

Tabla 2.19: Velocidades promedio obtenidas en intersección Cuba - Máximo Gómez.

Accesos	Velocidad promedio (km/h)	
	Autos	Ciclos
Cuba	25	15
Máximo Gómez	34	19

Fuente: Soler y Portal (2017)

Este tramo también carece de espacios de estacionamientos fuera de la calzada y la velocidad promedio es de 34km/h, las maniobras que pudieran realizar los conductores se limitan y por tanto los conductores se supeditan a las velocidades de los vehículos que les anteceden, en este caso predominan los retrasos por la existencia de vehículos de tracción animal. A bajas velocidades de alrededor de 30 km/h, el promedio de aumento de ruido debido a la aceleración es de 2dB.

Características de la vía: Este tramo es de preferencia en la circulación vial, sin embargo, existe una señal de Pare en la intersección con la calle Garayalde que detiene el tránsito y provoca aumento de ruido con la arrancada de los vehículos.

Geometría de las vías: El ancho de la calzada en estos tramos van de 4 a 5 metros y anchos de las aceras 1.20 m. Esto incrementa el ruido por ser una vía de poca amplitud.

Fachadas de edificios: al igual que el anterior las fachadas de los edificios son de paredes rígidas por lo que las ondas que se transmiten chocan con las mismas y se reflejan en diversas superficies, por lo que aumenta el nivel de ruido en 3 dBA.

Configuración urbanística: este tramo tiene una configuración tipo pantalla a ambos lados de la calzada con edificaciones de más de 4m de altura, lo que trae como consecuencia que las ondas choquen con otros obstáculos, genera que no se disipe



el ruido con rapidez. En este caso los decibeles aumentan en un rango de hasta 2.4dBA.

Tipo de firme: el tipo de firme que presenta la vía es flexible por lo que no hay un aumento considerable de los decibeles.

Otras variables: en este caso existen discontinuidades en la vía como son las tapas de alcantarillas ya que el nivel de la capa de rodadura se ha incrementado por un deficiente mantenimiento en la calzada por lo que genera un impacto en los vehículos que caen en estos huecos. Además, existen deterioros en la vía que provocan un aumento de los decibeles en 2.6dBA. Esto produce aumentos del ruido de hasta 5.1dBA. Por lo demás hay un drenaje adecuado y el estado de la vía es bueno.

Proporción de vehículos pesados: Transitan aproximadamente un 3,9% de vehículos pesados (camiones y ómnibus), lo que según datos anteriores si disminuyen su velocidad de marcha hay una reducción de hasta 7dBA.

Tramo 3. Calle Cables entre calle Máximo Gómez y calle Morales Lemus

Flujo vehicular: En este tramo el flujo es constante por ser una calle preferencial, se afecta por los conflictos que se generan en la vía, los vehículos ocupan un gran espacio ya que la calzada es de un solo sentido lo que genera un aumento de flujo; una reducción del 50% del volumen de tráfico se traduce a unos 3 dBA de reducción en los niveles de ruido.

Velocidad: La velocidad en estas zonas son inferiores a 50km/h. Si se reduce la para coches y vehículos pesados implica una reducción de ruido de 1 a 2 dBA. En este tramo la velocidad promedio es de aproximadamente de 38km/h, ya que la ciudad carece de espacios de estacionamientos fuera de la calzada, por lo que, al desarrollarse esta acción en uno de los carriles de circulación, las maniobras de rebase se limitan y por tanto los conductores se supeditan a las velocidades de los vehículos que les anteceden. A bajas velocidades de alrededor de 30 km/h, el promedio de aumento de ruido debido a la aceleración es de 2dB.

Características de la vía: Este tramo es de preferencia en la circulación vial, con ninguna señal de Pare, excepto en las intersecciones donde concurren dos vías



principales que aparece un semáforo para organizar el tránsito. Por lo que en este tramo la velocidad y flujo de vehículos es constante.

Geometría de las vías: El ancho de la calzada en estos tramos van de 4 a 5 metros y anchos de las aceras 1.20 m. Esto incrementa el ruido por ser una vía de poca amplitud.

Fachadas de edificios: las fachadas de los edificios son de paredes rígidas por lo que las ondas que se transmiten chocan con las mismas y se reflejan en diversas superficies, por lo que aumenta el nivel de ruido en 3 dBA.

Configuración urbanística: este tramo tiene una configuración tipo pantalla a ambos lados de la calzada con edificaciones de más de 4m de altura, lo que trae como consecuencia que las ondas choquen con otros obstáculos, genera que no se disipe el ruido con rapidez. En este caso los decibeles aumentan en un rango de hasta 2.4dBA.

Tipo de firme: el tipo de firme que presenta la vía es flexible por lo que no hay un aumento considerable de los decibeles.

Otras variables: en este caso existen discontinuidades en la vía como son las tapas de alcantarillas ya que el nivel de la capa de rodadura se ha incrementado por un deficiente mantenimiento en la calzada por lo que genera un impacto en los vehículos que caen en estos huecos. Esto produce aumentos del ruido de hasta 5.1dBA. Por lo demás hay un drenaje adecuado y el estado de la vía es bueno.

Proporción de vehículos pesados: Transitan aproximadamente un 3% de vehículos pesados (camiones y ómnibus), lo que según datos anteriores si disminuyen su velocidad de marcha hay una reducción de hasta 7dBA.

En general, estado de los tres tramos es similar en cuanto a características y configuración de la calzada, características de la fachada y el pavimento, las velocidades y flujo del tráfico vehicular. Según este estudio en los tres tramos, cada una de las variables no tienen una incidencia muy marcada en el aumento del ruido vehicular; sin embargo, la influencia de todas al mismo tiempo puede generar un incremento considerable del ruido en la zona, como se pudo evidenciar en las



entrevistas realizadas al principio de la investigación. En las variables analizadas las más significativas son las de las discontinuidades en la vía y el tráfico vehicular.

2.4 Propuesta de soluciones para mitigar el efecto del ruido vehicular.

Después de realizar un análisis sobre las principales variables que influyen en el ruido por el tráfico, en zonas urbanas, se analizan unas posibles medidas a aplicar para mejorar el ruido producido por el tráfico. A continuación, se proponen algunas medidas que se pueden aplicar por cada variable.

Tabla 2.20: Efectos de la gestión sobre el tráfico en la disminución del ruido.

Medidas del gestión del tráfico	Reducción potencial del ruido (LAeq)
Tráfico calmado. Carreteras adaptadas al medio ambiente	Hasta 4 dBA
Zona de 30 Km/h	Hasta 2 dBA
Glorietas	Hasta 4 dBA
Reductores de velocidad de borde redondeado	Hasta 2 dBA
Límites de velocidad combinados con señales de molestias de ruido	1 – 4 dBA
Restricciones de noche de vehículos pesados	Hasta 7 dBA por las noches
Tiras de termoplástico en el asfalto	Incrementos de hasta 4 dBA
Áreas de adoquines	Incrementos de hasta 3 dBA
Reductores de velocidad de borde aplanado	Incrementos de hasta 6 dBA
Mitigadores para reducir la velocidad	Incrementos de hasta 1 dBA
Reductores de velocidad sinusoidales	0 dBA

Fuente: (Morales,2009)

Intensidad del tráfico:

Reducir el volumen de tráfico que circula por una calzada parece ser el camino más obvio para reducir los niveles sonoros generados por el mismo, pero esto solo se puede conseguir:

- Se desvía el tráfico, por un trayecto alternativo menos sensible al ruido. (Intentar hacer peatonales los centros históricos).
- Estableciendo limitaciones, que impidan el paso de determinados vehículos (limitaciones sólo para vehículos comerciales, vehículos de transporte público, etc.)

Composición del tráfico:



La limitación a vehículos especiales, normalmente muy ruidosos en horas de la tarde noche para evitar las molestias por ruido en las horas de descanso.

Características de la calzada:

Es el punto donde menos se puede influenciar, ya que las ciudades están ya conformadas, por lo que no se puede variar los anchos de calzada, fachadas de edificios, etc. Por lo que se debe tener en cuenta estos aspectos en las implantaciones de las nuevas urbanizaciones.

Configuración urbanística:

A corto plazo es difícil incidir en este apartado. Pero toda modificación debe ir dirigida a mejorar el coeficiente de altura de las calles (coeficiente entre la altura de los edificios y la anchura de la calle). A menor coeficiente de altura mejor acústica de la vía. También se debe favorecer la realización de fachadas mediante materiales más absorbentes o menos reflectantes. Si son zonas de nueva creación se podría actuar de verdad. El urbanismo es la mejor y más adecuada solución para la ciudad silenciosa. En concreto, en planes parciales, planes especiales y proyectos de urbanización, que contengan actividades sensibles al ruido, se considerará la utilización de las siguientes medidas:

Medidas sobre la fuente

Normas de emisión. Cumplir con las regulaciones y mecanismos de control para las motocicletas en lo que compete al ruido producido por escapes y motores, ya que sigue constituyendo la principal causa de ruido.

El ruido generado por los camiones, por su parte, se debe restringir su movilización a ciertas avenidas donde evita su paso por zonas residenciales, vías angostas, etc. y elaborar disposiciones sobre el uso de cornetas y frenos de aire para este tipo de transporte al interior de las ciudades.

Normas de uso de bocinas. El uso de este aditamento vehicular debe ser exclusivo de situaciones en que se corre peligro de colisión o accidente. No obstante, en ciudades congestionadas se convierte en un medio de expresión de molestia e inconformidad con el tráfico, donde aumenta más el problema de contaminación acústica. A la par



con esta norma, cabrían otras relativas al uso de silenciadores y alarmas, unas y otras requieren en esencia de campañas contra el ruido o, en su defecto, de medidas de control y penalización.

Pavimento. Otra medida se refiere al uso de pavimentos que absorban el ruido y reflejen bajos niveles acústicos y aunque no debería representar por sí misma dificultades para su ejecución, puede chocar con los materiales y las técnicas tradicionales usadas en cada país y ciudad. Además, mejorar el estado de las vías, eliminar los deterioros y las tapas de alcantarilla a un nivel más bajo que el de la rasante de la vía.

Medidas sobre la propagación

Medidas sobre el receptor

Insonorización de viviendas. Esta medida más que actuar sobre la fuente emisora y el ruido ambiental urbano, mitiga los niveles de ruido al interior de las residencias.

Control del ruido vehicular

Sobre la base de la premisa anterior, hay que recalcar como primera medida, que el ruido vehicular, junto con otros tipos de ruido, es un contaminante ambiental que constituye un factor de *riesgo* para la salud de las personas, en especial en aquellas situaciones en que se sobrepasan los umbrales permisibles.

Otros lineamientos para abordar el riesgo generado por el ruido vehicular y procedente de otras fuentes, han sido planteados por la Organización Mundial de la Salud, que estableció límites de 30 a 35 dBA dentro de las viviendas y 45 dBA como nivel de referencia para que no se presenten molestias o daños auditivos. Algunos otros parámetros definidos por esta Organización precisan que la exposición a 50 dBA durante 16 horas genera malestares moderados y de 55 dBA durante 16 horas conlleva a malestares fuertes. Recalca que la sensación de desagrado ante el ruido es mayor en horarios nocturnos e inicia en niveles sonoros de 37 a 42 dBA.

Modelación

La planificación urbana constituye una de las herramientas más importantes con que cuenta un gobierno para la prevención de riesgos ambientales, sin embargo, en países



en vía de desarrollo ésta suele ir décadas atrás de las necesidades vigentes, por lo que no aporta, por regla general, medidas eficientes y preventivas, sino medidas tardías de choque y correctivas. Los problemas no se prevén, se presentan como hechos consumados que desbordan a las administraciones, y por ello con frecuencia resultan incluso más costosos de solucionar.

Conclusiones del capítulo

- Se analizan ocho intersecciones de las calles más transitadas de la ciudad y se eligen las de mayor flujo vehicular en un horario pico. De las cuales se seleccionan tres tramos de calle para el presente estudio.
- Con el análisis de las variables que influyen en el tráfico de la ciudad de Holguín se llegan a proponer medidas para disminuir el efecto del ruido en la zona.



CONCLUSIONES GENERALES

El tema objeto de investigación relacionado con el estudio de las variables que influyen en el ruido por el tráfico vehicular ha sido escogido para investigar específicamente en la ciudad de Holguín debido a la gran cantidad de calles altamente transitables y asociado a esto un porcentaje elevado de pobladores afectados por el exceso de ruidos vehiculares en dichas calles.

- El estudio del marco teórico referencial permitió la identificación de qué factores o variables influyen en el aumento del ruido vehicular en las calles más transitables de la ciudad.
- Mediante el análisis del tráfico vehicular, la afluencia de población y la actividad económica de la ciudad, se definen como zonas de estudio tres tramos de las calles más críticas por este concepto en la ciudad de Holguín, las cuales son: Máximo Gómez, Cables y Morales Lemus.
- Se definen varios factores que influyen en la variación del ruido vehicular, entre los que se encuentran: características y configuración de la calzada, características de la fachada y el pavimento, las velocidades y flujo del tráfico vehicular, de las cuales las más significativas son las discontinuidades en la vía y el tráfico vehicular.
- Se proponen medidas para mitigar el efecto del ruido vehicular en las variables que se puedan modificar. En este caso se propone como medidas principales la desviación de parte del tráfico fundamentalmente el de tipo pesado y mejorar las condiciones de la vía.



RECOMENDACIONES

A las entidades de Tránsito y Medio Ambiente que realizan investigaciones:

1. Continuar el estudio de otras calles de Holguín que presenten un amplio tránsito vehicular a modo que se pronuncien en las entidades que deban contribuir a la aplicación de medidas para reducir el ruido vehicular que afecta la comunidad.
2. Continuar la divulgación de esta investigación a otras zonas y municipios hasta ser expansiva la aplicación de estas medidas a toda nuestra provincia para disminuir en gran medida las afectaciones producidas por este tipo de ruido a la población.
3. Hacer extensivas estas afectaciones provocadas por el exceso de Ruido vehicular a entidades como tránsito para que hagan énfasis en exigir a los choferes el cumplimiento de las leyes relacionadas con los ruidos que afectan al medio ambiente y la salud mental de las personas aledañas a la zona de estudio.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alemañy, M. (2019). Mapa estratégico de ruido del tráfico rodado en la ciudad de Holguín.
- ALSINA, Antoni; Cardona, Joan; Jiménez, Santiago; Romeu, Jordi; Sánchez, Ángel;(2006). Ruido de tráfico, movilidad y planificación urbanística. Laboratorio de Ingeniería Acústica y Mecánica. Universidad Politécnica de Cataluña y Ayuntamiento de Terrassa. Medio Ambiente y Sostenibilidad.
- Committee to Review the NIOSH Hearing Loss Research Program, 2006.
- Den Boer, L.C., Schroten, A. (2007) Traffic Noise reduction in Europe. Health effects, social costs and technical and policy options to reduce road and rail Traffic Noise. P-43
- Evaluación del Ruido producido por el transporte automotor en un tramo en la Avenida de las Américas del Microdistrito 9 del Distrito José Martí en Santiago de Cuba.
- Gómez, Y., (2021) análisis de brechas críticas y tiempo de seguimiento en intersecciones no semaforizadas, con transporte de tracción animal, en la ciudad de Holguín.
- Mastrapa, A., (2021) Procedimiento para la zonificación acústica en el centro histórico de la ciudad de Holguín.
- Morales, J., Fernández, J. (2009) Estudio de la influencia de determinadas variables en el ruido urbano producido por el tráfico de vehículos. Tesis doctoral
- Muñoz Sanz, Jorge (2006). Evaluación del ruido de rodadura en carreteras. Centro de Estudio del Transporte (CEDEX).
- Muñoz, Rodrigo; (1995). Ruido: Principios- Clasificación – Control, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Ingeniería Acústica.



- OCDE Organización para el Desarrollo y la Cooperación Económica (1995). Programa de Investigación en Carreteras y transportes. Reducción del Ruido en el Entorno de Carreteras.
- Perera Melero, Plácido. (1989). Ruido de Tráfico. Revista del Colegio de Caminos, Canales y Puertos. Nº 12: Tráfico en la Ciudad.
- Proyecto Imagine (2006) The Noise Emission Model for European Road Traffic. Improved Methods for the Assessment of the Generic Impact of Noise in the Environment.
- Ramírez, A., Domínguez E. A. (2011) El ruido vehicular urbano: problemática agobiante de los países en vías de desarrollo. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Ramírez, A., Domínguez, E., Borrero, I. (2009). El ruido vehicular urbano y su relación con medidas de restricción del flujo de automóviles.
- Sánchez, J., (1995) Curso de contaminación atmosférica. Seminario taller contaminación acústica y control de ruido urbano: Desafíos y perspectivas. USACH.
- Santos de la Cruz, Eulogio; (2007). Contaminación sonora por ruido vehicular en la Avenida Javier Prado.
- Segués Echazarreta, Fernando. Rubio Alférez, Jesús. (2008). Desarrollo de los Planes de Protección frente al ruido. XI Jornadas de conservación de carretera. Tarragona.
- Sharon Solansh Sarmiento Castillo, (2019) Ruido ambiental y su influencia en el estado de estrés de los estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería ambiental y recursos naturales de la universidad tecnológica de los andes, ABANCAY- APURÍMAC, 2018.
- Sociedad española de acústica. (1991). Ruido en la Ciudad. Gestión y Control.



Soler, E., Campos S., Silva, M. (2022) Evaluación de la incidencia de los ciclos sobre el nivel de servicio de intersecciones no semaforizadas en la ciudad de Holguín.

Suárez, E., (2002), Metodologías Simplificadas para Estudios en Acústica Ambiental: Aplicación en la Isla de Menorca, Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.

VARAS H. y Cols.; (1994) Epidemiología del Ruido Comunitario en la Comuna de Providencia, Universidad de Chile, Facultad de Medicina, Escuela de Salud Pública.



ANEXOS

Encuestas realizadas a la población que vive en la zona de estudio:

ENCUESTA # 1:

Pregunta # 1. ¿Qué tipo de ruido considera que afecta más a las personas en la zona donde reside?

Respuesta # 1: El ruido que más afecta a los vecinos es el de los carros.

Pregunta # 2. ¿Cuáles son las mayores afectaciones que le ha provocado este ruido?

Respuesta # 2: No me deja escuchar la televisión, tengo que hablar alto cuando converso con otras personas, no duermo bien.

Pregunta # 3. ¿Consideras que se han tomado medidas por parte de las entidades correspondientes que contribuyan a la disminución de este tipo de ruido?

Respuesta # 3: No se han tomado medidas ya que continuamos con las mismas afectaciones.

ENCUESTA # 2:

Pregunta # 1. ¿Qué tipo de ruido considera que afecta más a las personas en la zona donde reside?

Respuesta # 1: Los ruidos vehiculares.

Pregunta # 2. ¿Cuáles son las mayores afectaciones que le ha provocado este tipo de ruido?

Respuesta # 2: Me ha traído estrés, alteraciones en el sueño, hablo alto cuando estoy comunicándome con otra persona y me ha afectado la audición.

Pregunta # 3. ¿Consideras que se han tomado medidas por parte de las entidades correspondientes que contribuyan a la disminución de este tipo de ruido?

Respuesta # 3: Los autos causan mucho ruido cuando tienen que frenar muy seguido por los baches y estos no son reparados en las calles. Los choferes pitan innecesariamente y otros transitan con música alta en sus autos. Esto está prohibido y no se le da seguimiento y sanción a quienes infringen la ley del tránsito

ENCUESTA #3



Pregunta # 1. ¿Qué tipo de ruido considera que afecta más a las personas en la zona donde reside?

Respuesta # 1: El ruido de las ambulancias, el pito de los carros y el ruido de los camiones grandes cuando frenan a causa de los baches

Pregunta # 2. ¿Cuáles son las mayores afectaciones que ha provocado este tipo de ruido?

Respuesta # 2: Afectaciones constructivas leves en las paredes de la casa debido a las vibraciones principalmente de los carros grandes. Afectaciones en la audición. No duermo bien

Pregunta # 3. ¿Consideras que se han tomado medidas por parte de las entidades correspondientes que contribuyan a la disminución de este tipo de ruido?

Respuesta # 3. Hace muchos años tenemos éstas afectaciones y ninguna entidad se proyecta en base a disminuirlas

