



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA  
PROGRAMA DE DOCTORADO EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Modelización de la Emisión y Percepción del ruido urbano:  
Aplicación en la comuna de Ñuñoa-Santiago de Chile**

**Tesis Doctoral de:  
Matías Saavedra Achurra**

**Dirigida por:  
Dr. Jordi Romeu Garbí**

Terrasa, 2008

# ÍNDICE

<b>I</b>	<b>INTRODUCCION</b>	1
	• 1.1 Antecedentes de Acústica Ambiental	1
	• 1.1.1 Contaminación Acústica	2
	• 1.1.2 El Ruido en la ciudad	4
	• 1.1.3 Efectos adversos del Ruido	8
	• 1.2 Justificación de la Investigación	9
	• 1.3 Objetivo	10
	• 1.4 Metodología de Trabajo	11
	1.4.1 Definición del problema a estudiar	11
	1.4.2 Medición de variables en terreno	12
	1.4.3 Análisis de mediciones realizadas	13
<b>II</b>	<b>MARCO CONCEPTUAL</b>	15
2.1	Nivel de Intensidad. El Decibel	15
2.2	Propagación Sonora y medida del Sonido	18
	2.2.1 Nivel Equivalente	18
	2.2.2 Percentiles	19
	2.2.3 TNI	19
	2.2.4 Escalas de Ponderación	19
2.3	Evaluación de Variables asociadas a la medición y percepción del ruido	20
	2.3.1 Estudio Sicosocial del Ruido	20
	2.3.2 Encuestas	21
	2.3.3 Trabajos de Síntesis	23
2.4	Variables en la obtención del NPS en terreno	32
	2.4.1 Fuentes de Emisión de ruido	32
	2.4.2 Trayectoria de Transmisión	36
	2.4.3 Receptor	36

<b>III</b>	<b>DESARROLLO DE LA INVESTIGACION</b>	<b>38</b>
• 3.1	Descripción y Justificación de la Zona de Trabajo	38
• 3.2	Medición del Nivel de Presión Sonora del Ruido	46
• 3.3	Determinación de la Percepción Social del ruido	52
<b>IV</b>	<b>RESULTADOS DE LA INVESTIGACION</b>	<b>56</b>
4.1	Mediciones del Nivel de Presión Sonoro	56
4.1.1	Medición de Leq-día	58
4.1.2	Medición del ruido de Fondo (L <sub>90</sub> )	60
4.1.3	Medición del Percentil L <sub>10</sub>	61
4.1.4	Valores del TNI – día	62
4.2	Resultado de Encuestas	63
4.2.1	Características de los Encuestados	66
4.2.2	Nivel de Molestia de los encuestados	67
4.3	Tipos de Vías de circulación	69
<b>V</b>	<b>ANALISIS DE RESULTADOS</b>	<b>71</b>
5.1	Análisis Multivariante	72
5.1.1	Análisis de Correlaciones de Variables	72
5.1.2	Análisis de Cluster	74
5.2	Relación Niveles Sonoros y Tráfico Vehicular	77
5.2.1	Leq y Tráfico Vehicular (Q)	80
5.2.1.1	Relación Ki y tráfico V. Pesados	82
5.2.1.2	Relación Ki y tráfico de Motos	84
5.2.2	Relación TNI y Tráfico Vehicular total	85
5.2.3	Relación TNI e Indicadores Acústicos	90
5.2.4	Relación L10 y Leq	93

5.2.5 Relación L10 y Tráfico total	94
5.2.6 Relación Li y Tráfico Vehículos Pesados	96
5.2.7 Relación Li y Tráfico de Motos	98
5.3 Relación Molestia con Indicadores Acústicos	100
5.4 Relación del nivel de Molestia con Tráfico vehicular	104
5.4.1 Nivel de molestia V. Livianos y Tráfico total	104
5.4.2 Nivel de molestia V. Livianos y Tráfico V. livianos	106
5.4.3 Nivel de molestia V. Pesados y Tráfico total	107
5.4.4 Nivel de molestia V. Pesados y Tráfico V. pesados	108
5.4.5 Nivel de molestia de Motos y Tráfico total	109
5.4.6 Nivel de molestia de Motos y Tráfico de motos	110
5.5 Relación Indicadores acústico y Tipología de calles	112
5.5.1 Leq y Tipología de calle	112
5.5.2 L90 y Tipología de calle	113
5.5.3 L10 y Tipología de calle	114
5.5.4 TNI y tipología de calle	115
<b>VI CONCLUSIONES</b>	117
<b>VII APORTE DE LA INVESTIGACIÓN Y PROPOSICIONES</b>	124
7.1 Aportes de la Investigación	124
7.2 Proposición líneas de Investigación	124
7.3 Recomendaciones	125
<b>VIII REFERENCIAS</b>	126

## INDICE DE GRAFICOS

4.1 Frecuencias absolutas acumuladas en porcentaje, Leq	59
4.2 Frecuencias absolutas acumuladas en porcentaje, L90	60
4.3 Frecuencias absolutas acumuladas en porcentaje, L10	61
4.4 Frecuencias absolutas acumuladas en porcentaje, TNI	62
4.5 Curva de distribución de Percentiles	64
5.1 Dispersión de variables	77
5.2 Relación Leq y Log Q	82
5.3 Relación Ki y Tráfico porcentual V. Pesados	84
5.4 Relación Ki y Tráfico de Motos	85
5.5 Relación TNI y porcentaje tráfico Vehículos Pesados	87
5.6 Relación TNI y porcentaje tráfico Vehículos Livianos	88
5.7 Relación TNI y Tráfico total	88
5.8 Relación TNI y Tráfico de Motos	89
5.9 Relación TNI y Leq	90
5.10 Relación TNI y L10	90
5.11 Relación TNI y L90	91
5.12 Relación TNI y Li	91
5.13 Relación Leq y L10	93
5.14 Relación Li y Tráfico total	96
5.15 Relación Li y porcentaje Vehículos Pesados	98
5.16 Relación entre Li y el flujo de tráfico de Motos	99
5.17 Polígono de frecuencia de molestia Vehículos livianos y Leq	102
5.18 Polígono de frecuencia de molestia Vehículos Livianos y L10	102
5.19 Polígono de frecuencia de molestia Vehículos Livianos y L90	103
5.20 Polígono de frecuencia de molestia Vehículos Livianos y TNI	103
5.21 Tráfico total porcentual y nivel de molestia V. Livianos	105
5.22 Tráfico porcentual Vehículos livianos y porcentaje molestia V. Livianos	106
5.23 Tráfico total porcentual y porcentaje de molestia Vehículos Pesados	107
5.24 Tráfico porcentual V. Pesados y porcentaje de molestia V. Pesados	108
5.25 Porcentaje Tráfico total porcentual y porcentaje de molestia por Motos	109
5.26 Tráfico porcentual de Motos y porcentaje de Molestia por Motos	110
5.27 Leq y Tipología de calle	112
5.28 L <sub>90</sub> y Tipología de calle	113
5.29 L <sub>10</sub> y Tipología de calle	114
5.32 TNI y Tipología de calle	115

## INDICE DE TABLAS

1.1 Valores Guías para el ruido urbano en ambientes específicos	5
2.1 Niveles de intensidad del ruido	17
2.2 Coeficiente E en función de la pendiente, tipo U	33
2.3 Coeficiente E en función de la pendiente de la calle, tipo L	34
2.4 Tipos de Circulación	34
3.1 Hogares por grupo socio económico de la comuna	42
3.2 Uso de la calle	48
3.3 Tipo de calle	49
3.4 Características de carpeta de rodado	51
4.1 Medición del nivel de ruido y y flujo vehicular	56
4.2 Valores agrupados de Leq	59
4.3 Valores agrupados de L90	60
4.4 Valores agrupados de L10	61
4.5 Valores agrupados de TNI	62
4.6 Encuestados por género	66
4.7 Rango de edad de los encuestados	66
4.8 Tiempo de residencia	66
4.9 Nivel educacional	67
4.10 Molestia encuestados Vehículos Livianos	67
4.11 Molestia encuestados Vehículos Pesados	68
4.12 Molestia encuestados Motos	68
4.13 Equivalencia entre tabla numérica y concepto de molestia	68
5.1 Variables en análisis de correlaciones	73
5.2 Correlación entre variables	73
5.3 Valores para determinar Km	78
5.4 Medidas de Leq y Tráfico total	80
5.5. Relación entre Ki y Tráfico de Vehículos Pesados	83
5.6 Relación entre Ki y Tráfico de Motos	84
5.7 Relación TNI, Tráfico Vehículos e Indicadores Acústicos	86
5.8 Valores de Percentiles y porcentaje de Tráfico	94
5.9 Li y Tráfico Vehículos Pesados	97

5.10 Relación entre $L_i$ y flujo de Motos	99
5.11 Molestia Vehículos Livianos y $L_{eq}$	100
5.12 Molestia Vehículos Livianos y $L_{10}$	101
5.13 Molestia vehículos Livianos y $L_{90}$	101
5.14 Molestia vehículos Livianos y TNI	101
5.15 Tráfico total porcentual y nivel de molestia vehículos Livianos	105
5.16 Tráfico porcentual de vehículos Livianos y porcentaje de Molestia	106
5.17 Tráfico total porcentual y porcentaje de molestia tráfico vehículos Pesados	107
5.18 Tráfico porcentual de V. Pesados y porcentaje de molestia por tráfico de Vehículos Pesados	108
5.19 Tráfico total por rango y porcentaje de de molestia por tráfico de Motos	109
5.20 Tráfico porcentual Motos y porcentaje de molestia por tráfico de Motos	110
5.21 $L_{eq}$ y Tipología de calle	112
5.22 $L_{90}$ y Topología de calle	113
5.23 $L_{10}$ y Tipología de calle	114
5.24 TNI y Tipología de calle	115

#### INDICE DE FIGURAS

3.1 Comuna de Ñuñoa	39
3.2 Localización sectores socio-económicos	46
3.3 Receptor libre de obstáculos	47
4.1 Localización de puntos medidos en terreno	58
4.2 Localización de encuestas	63
4.3 Localización de mediciones y encuestas	64
4.4 Nivel del $L_{eq}$ observado en las vías de mayor circulación	65
4.5 Tipología de calles de circulación	70

#### INDICE DE IMAGENES

3.1 Sector residencial (calle de destino)	40
3.2 Eje de circulación (Av. Irarrazabal)	40
3.3 Eje de circulación (Av. Grecia)	41
3.4 Calle de Distribución	41

## **CONTEXTO**

En este documento se presenta la Tesis Doctoral, denominada “Modelización de la Emisión y Percepción del ruido urbano: Aplicación en la comuna de Ñuñoa-Santiago de Chile “; que se elabora dentro del programa de Doctorado en Ingeniería Ambiental, bajo la Dirección del Dr. Jordi Romeu Garbí, Académico del Departamento de Ingeniería Mecánica, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Terrasa de la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España y como Co-Director el Dr. Pedro Vergara Vera, Académico Titular, Departamento de Industria, Universidad Tecnológica Metropolitana de Chile

Vº Bº

DR. Jordi Romeu Garbí

## **Publicaciones en Congresos**

Saavedra Achurra Matías; Capdevila Pagés Ramón; Vergara Vera Pedro; Jiménez Díaz, Santiago, “Análisis multivariable de mediciones de nivel de ruido”. TecniAcústica 2005, Terrasa, Barcelona, España

Saavedra M., Capdevila R., Vergara P., Jiménez S. “Análisis Multivariado de Mediciones de Nivel de Presión Sonora del Ruido de Tránsito Urbano y Variables Asociadas en su Entorno. V Congreso Iberoamericano de Acústica- 2006, Santiago de Chile

Jiménez S., Romeu J., Vergara P., Saavedra M. “Ruido Urbano, Planes de Movilidad y Transformaciones Urbanísticas”. V Congreso Iberoamericano de Acústica- 2006, Santiago de Chile

## RESUMEN

Las grandes ciudades son cada día un atractivo polo de inmigración de población de centros rurales y de concentraciones urbanas más pequeñas, principalmente por las mejores posibilidades económicas que piensa la población que puede encontrar en estas grandes urbes, es esto lo que produce grandes concentraciones, muchas veces no en condiciones muy favorables de vida, lo anterior, conlleva la expansión de la ciudad lo que trae como consecuencia el aumento del tránsito de vehículos privados y de locomoción pública, generándose con esto un mayor impacto acústico en la población.

El estudio de este contaminante ambiental comienza en los años sesenta, orientado a determinar los niveles de ruido a que las personas se encontraban expuestas, principalmente en sus fuentes laborales, este aspecto objetivo del impacto acústico generó las primeras leyes y reglamentos tendientes a proteger a la población de este impacto ambiental. Este aspecto en los cuales se enfocaron los primeros estudios de ruido, dejó de lado el aspecto subjetivo, el cual se centra en la percepción que cada una de las personas tiene respecto a la valorización de este estímulo, el que se encuentra sujeto a la forma de concebir el medio que cada uno construye para sí en función de su entorno, sus valores y cultura.

La investigación se realizó en un sector urbano de la comuna de Ñuñoa, en Santiago de Chile, en función de realizar una valorización de la percepción del ruido de la población, se consideraron variables tales como: la medición del Nivel de Presión Sonoro del ruido producido en el sector como consecuencia del tráfico de vehículos y las características físicas del entorno y la elaboración de encuestas como una forma de medir la respuesta subjetiva de la población frente a las variables objetivas obtenidas en el medio.

La medición de Indicadores acústicos y su valorización subjetiva por parte de la población involucrada en la zona de estudio, permitió realizar un análisis cuantitativo del nivel de molestia que las personas percibían en la medida que estos Indicadores variaban. El estudio del TNI y su correlación con las variables acústicas, del entorno y

la percepción subjetiva de la población, permitió valorizar como este Indicador determinaba en que nivel las personas presentaban un mayor nivel de molestia.

En resumen, la investigación plantea una metodología de análisis de mediciones objetivas del ruido y su correlación respecto a la valoración subjetiva de las personas respecto a este contaminante ambiental en una zona urbana de características

## **ABSTRACT**

Big cities have become a true attraction for people coming from rural areas and smaller urban communities, due to the potential economical improvements suitable to be found in the large populated areas. This phenomenon conveys to massive people concentrations, usually sharing poor living conditions instead of the desired conditions. The problem is also referred to the private and public vehicle number present in large cities, which constitutes a permanent source of noise and acoustic pollution.

The study of noise as source of pollution started at the sixties decade, aimed to assess noise levels amounts absorbed by people at their respective work places. These primary studies allowed to establish rules and laws for people protection against this negative environmental impact. Subjective elements for impact assessment (based on individual noise level perception and valuation) were no longer valid according to new methodologies, supported by objective measurements and well defined indicators.

The current research was carried out in one of Santiago de Chile districts, called Ñuñoa. The aim of this study was to determine noise levels perceived by the local population. Variables such as noise pressure levels caused by vehicles and landscape features in one hand (acting as objective indicators) and population consulting on the other, as subjective elements, enabled to compare both type of outputs. These two different data type allowed to undertake a quantitative rejection level analysis from population with respect of noise. The TNI study, its environmental acoustic correlations, and subjective population perception established an effective indicator for people noise level rejection.

## **I INTRODUCCION**

### **1.1 Antecedentes de Acústica Ambiental**

Se define como sonido “la sensación producida en el órgano del oído por el movimiento vibratorio de los cuerpos, transmitido por un medio elástico, como el aire”; o también como: “efecto de la propagación de las ondas producidas por cambios de densidad y presión en los medios materiales, y en especial el que es audible”<sup>[1]</sup>.

La contaminación acústica no es causa directa de males inmediatos severos, salvo en casos extremos como explosiones o ruidos de gran potencia. Sin embargo, la pérdida de audición paulatina, el deterioro de la salud mental de la población y el progresivo aumento de enfermedades de tipo nervioso, convierten al ruido en un foco responsable de contaminación ambiental.

Los sonidos pueden clasificarse también por su respuesta subjetiva; así los más usuales, como por ejemplo la palabra, pueden considerarse como sonidos, siempre que los niveles de presión sonora que producen no sean excesivos, ya que en este caso se denominan ruidos. Ciertos sonidos agradables se clasifican generalmente como musicales, aunque pueden convertirse en ruidos, de acuerdo a la definición anterior. Por lo tanto, vemos que la diferencia entre sonido agradable y sonido molesto depende tanto del nivel de presión sonora como de la respuesta subjetiva.<sup>[2]</sup>

La Organización Mundial de la Salud (OMS), que menciona el ruido como la primera molestia ambiental en los países industrializados, creó en 1990 el programa "Inter Salud", que tiene por objetivo advertir a todos los países sobre las enfermedades relacionadas al estilo de vida y exhortarlos a tomar medidas urgentes contra estas enfermedades no transmisibles producidas por el hombre.

Las consecuencias generales y calculables que puede tener el ruido intenso en el ser humano son múltiples y afectan los sistemas vegetativo y neuroendocrino. Sin embargo, estos efectos fisiológicos son menos importantes que las consecuencias del ruido (difíciles de medir) en el campo psicológico, donde el daño es menos aparente.

Si es cierto que el ruido irritante es cada vez más un agente contaminante de nuestro ambiente, afortunadamente la tecnología moderna, una de las principales causas del problema, cuenta con los medios de disminuir su producción, propagación y consecuencia en el hombre<sup>[3]</sup>

### **1.1.1 Contaminación Acústica**

En la ciudad griega de Sibaris, en el siglo VI antes de Cristo, estaba prohibido cuidar gallos que perturbaran el descanso nocturno de los ciudadanos, y también los artesanos que ejercían oficios especialmente ruidosos debían trabajar fuera de la ciudad. En una época posterior, el emperador Julio Cesar prohibió la circulación de carruajes en Roma a determinadas horas del día para anular las molestias que causaba el ruido que producía su tránsito por las calzadas empedradas. Lucio Anneo Séneca (Córdova 4 a.c., Roma, 65 d.c.), recoge el sentir de la ciudad de Roma, oponiendo la tranquilidad con la que algunos pueden “entregarse al sueño y a la dulce vagancia, que no viene a interrumpirle la más leve voz humana”, mientras que “a mí gozar de sueño no dejan las risotadas de la turba transeúnte, y toda Roma, se halla próxima a mi cabecera”(Libro 12, epigrama 57).<sup>[4]</sup> Sin embargo, los problemas de ruido del pasado no se comparan con los de la sociedad moderna. Un gran número de autos transitan regularmente por nuestras ciudades y campos. Las aeronaves y trenes también contribuyen al ruido ambiental. En la industria, la maquinaria emite altos niveles de ruido y los centros de esparcimiento y juegos perturban la tranquilidad

El ruido siempre ha sido un problema ambiental importante para el ser humano, es así como se tiene antecedentes que en la antigua Roma existían normas para controlar el ruido emitido por las ruedas de hierro de los vagones que golpeaban las piedras del pavimento y perturbaban el sueño y molestaban a los romanos. En algunas ciudades de Europa medieval no se permitía usar carruajes ni cabalgar durante la noche para asegurar el reposo de la población<sup>[5]</sup>

Una de las primeras declaraciones de organismos internacionales respecto a este tipo de contaminación se encuentra en la Declaración de la Asociación Médica Mundial (AMM) sobre Contaminación, adoptada en Sao Paulo en 1976 y revisada en Singapur en 1984, en la que contiene un párrafo relativo a la contaminación acústica que dice: "niveles excesivamente altos de sonidos producidos por instalaciones industriales, sistemas de transporte, sistemas de audio y otros medios, pueden producir una pérdida permanente de la audición, otros efectos patofisiológicos y problemas emocionales."

En comparación con otros contaminantes, el control del ruido ambiental se ha limitado por la falta de conocimiento de sus efectos sobre los seres humanos, la escasa información sobre la relación dosis-respuesta y la falta de criterios definidos. Si bien se considera que la contaminación acústica es principalmente un problema de "lujo" en los países desarrollados, no se puede pasar por alto que la exposición es a menudo mayor en los países en desarrollo debido a la deficiente planificación de los asentamientos humanos. Los efectos del ruido y sus consecuencias de largo plazo sobre la salud se están generalizando. Por ello, es esencial tomar acciones para limitar y controlar la exposición al ruido ambiental. Esas acciones deben estar respaldadas por una adecuada evaluación científica de los datos disponibles sobre los efectos del ruido, en particular, la relación dosis-respuesta. Esa relación constituye la base del proceso de evaluación y gestión de riesgos.

La dimensión del problema del ruido es amplia. La Organización Mundial de la Salud en 1999<sup>[5]</sup> expresa que en la Unión Europea, el porcentaje de un 40% de la población se encuentra expuesta al ruido del tránsito con un nivel equivalente de presión sonora que excede 55 dB(A) en el día y 20% están expuestos a más de 65 dB(A), en su declaración la OMS hace mención que respecto a la exposición total al ruido del tránsito, se puede calcular que aproximadamente la mitad de los europeos vive en zonas de gran contaminación sonora, agregando que más del 30% de la población están expuestos durante la noche a niveles de presión sonora que exceden 55 dB(A) y que les trastornan el sueño. Se hace mención en la misma declaración que el problema también es grave en ciudades de países en desarrollo y se debe principalmente al tránsito. Las carreteras más transitadas registran niveles de presión sonora de 75 a 80 dB(A) durante las 24 horas.

### 1.1.2 El Ruido en la ciudad

El objetivo que tuvo la Organización Mundial de la Salud al preparar las *Guías para el ruido urbano* <sup>[5]</sup> fue consolidar el conocimiento científico sobre las consecuencias del ruido urbano en la salud y orientar a las autoridades y profesionales de salud ambiental que tratan de proteger a la población de los efectos del ruido en ambientes no industriales. En una publicación de la serie *Criterios de Salud Ambiental* se brindó orientación acerca de los efectos sobre la salud de la exposición al ruido ambiental, se evaluaron sus riesgos y se establecieron valores guías. El tema del control del ruido y protección de la salud se abordó brevemente.

En la reunión del grupo de trabajo de la WHO/EURO en Düsseldorf, Alemania, en 1992, se revisaron los criterios y valores guía para la salud y se actualizaron las guías por consenso. Los resultados esenciales de las deliberaciones de este grupo fueron publicados por la Stockholm University y el Karolinska Institute en 1995. En la reunión del grupo de trabajo de expertos convocada en abril de 1999 en Londres <sup>[6]</sup>, Reino Unido, se ampliaron las guías para el ruido urbano para que tuvieran una mayor cobertura y aplicación y se abordaron los aspectos de evaluación y control del ruido en mayor detalle, en tabla 1 se entregan los criterios adoptados en esa oportunidad.

La naturaleza por siempre ha constituido una fuente inagotable de sonidos, los cuales varían desde el punto de vista de la intensidad del sonido, desde el trinar de un pájaro o el flujo de una vertiente, hasta el estruendo de un trueno o una erupción volcánica, quedando de manifiesto su variedad timbrística y de intensidad. Pero sin lugar a dudas, los entornos civilizados superan ampliamente los ejemplos mencionados, ya sea en la cantidad de fuentes generadoras, como en la periodicidad en que se manifiestan.

La totalidad de autores y estudios, señalan a los vehículos motorizados, como las fuentes de ruido de mayor trascendencia en las grandes ciudades del mundo. Los niveles y espectros del ruido están en función de diversos parámetros tales como: tipo de vehículos, carga transportada, condiciones de utilización, estado de la infraestructura urbana (naturaleza del pavimento, regulación del tráfico, estructura urbanística), siendo ésta última significativa.

Tabla 1.1 Valores Guías para el ruido urbano en ambientes específicos

<b>Ambiente Específico</b>	<b>Efecto(s) crítico (s) sobre la Salud</b>	<b>L<sub>eq</sub> (dB(A))</b>	<b>Tiempo Horas</b>	<b>L<sub>max</sub> Fase (dB(A))</b>
Exteriores	Molestia Grave en el día y al anochecer Molestia moderada en el día y al anochecer	55	16	
		50	16	
Interior de la vivienda, dormitorio	Interferencia en la comunicación oral y molestia moderada en el día y al anochecer Trastorno del sueño durante la noche	35	16	
		30	8	45
Fuera de los dormitorios	Trastorno del sueño, ventana abierta (valores en exteriores)	45	8	60
Salas de clases e interiores de centros preescolares	Interferencia en la comunicación oral, disturbios en el análisis de información y comunicación del mensaje	35	Durante clases	
Dormitorios de centros preescolares	Trastornos del sueño	30	Durante el descanso	
Escuelas, áreas exteriores de juegos	Molestia (frente externo)	55	Durante el descanso	45
Hospitales, pabellones, interiores	Trastornos del sueño durante la noche Trastornos del sueño durante el día y al anochecer	30	8	40
		30	16	
Hospitales, salas de tratamientos, interiores	Interferencia en el descanso y la recuperación	* 1		
Áreas industriales, comerciales y de tránsito, interiores y exteriores	Deficiencia auditiva	70	24	110
Ceremonias, festivales y eventos de entretenimientos	Deficiencia auditiva /patrones < 5 veces al año)	100	4	110
Discursos públicos, interiores y exteriores	Deficiencia auditiva	85	1	110
Música y otros sonidos a través de audífonos o parlantes	Deficiencia auditiva (valor de campo libre)	85 *4	1	110
Sonidos de impulso de juguetes, fuegos artificiales y armas	Deficiencia auditiva (adultos)			140 *2
	Deficiencia auditiva (/niños)			120 *2
Exteriores de parques de diversión y áreas de conservación	Interrupción de la tranquilidad	* 3		

Fuente: Organización Mundial de la Salud, 1999<sup>[6]</sup>

- \*1 Lo más bajo posible
- \*2 Presión sonora máxima (no LAF. Máx) medida a 100 mm. Del oído
- \*3 Se debe preservar la tranquilidad de los parques y áreas de conservación y se debe mantener baja la relación entre el ruido intruso y el sonido natural de fondo
- \*4 Con audífonos, adaptado a valores de campo libre.

En el ambiente laboral, las personas expuestas a altos niveles de ruido son susceptibles a sufrir pérdida auditiva o sordera, lo que las hace ser especialmente susceptibles a ruidos fuera del ambiente laboral. Las estadísticas indican que la hipoacusia neurosensorial es una de las enfermedades profesionales más comunes. En el ambiente extralaboral, las manifestaciones más importantes de ruido surgen indudablemente en las ciudades, lugares en los cuales se concentra la mayor cantidad de actividad y de población, y por lo tanto un mayor número de personas afectadas. Actualmente se sabe que aproximadamente el 70 % del ruido presente en las ciudades es responsabilidad del tránsito vehicular. <sup>[7]</sup>

De los parámetros anteriormente mencionados es, sin duda, la intensidad del tráfico, el parámetro de mayor relevancia. En segundo lugar dentro del ámbito del transporte está el tráfico aéreo, utilizados frecuente y crecientemente por un gran número de personas y mercancías, por constituir un medio eficiente en términos de seguridad y rapidez, y por estar convirtiéndose cada vez más en vehículos de recreación. Por último tenemos los ferrocarriles, en los que la emisión fundamental de ruido no ocurre en los vehículos motrices, la mayoría eléctricos y por lo tanto silenciosos, sino, en la interacción entre ruedas y rieles, siendo dependiente de la velocidad de los trenes y su carga. Por otra parte, existe un segundo grupo de objetos del ámbito acústico, habitualmente conocidas en nuestro país como "fuentes fijas", y que dice relación con las industrias, talleres, centros de recreación.

En el caso de las industrias, se ubican en un principio en zonas periféricas, pero, con el rápido y desordenado crecimiento de las grandes ciudades, especialmente de las ciudades chilenas, vuelven a caer dentro del anillo urbano. En el caso de la pequeña y mediana industria y los talleres, están dispersas por toda la ciudad, produciendo un impacto indirecto de gran importancia sobre el ambiente sonoro, generado por el movimiento de materias primas, flujo

de personas movilizadas y traslado de productos elaborados, además del impacto directo provocado por su funcionamiento. Otros costos acústicos asociados al progreso son las obras públicas y las construcciones, que con sus compresores, excavadoras, martillos neumáticos y vehículos pesados, producen niveles tan elevados que se transforman en motivo de frecuentes quejas.<sup>[7]</sup>

Por último señalamos los agentes de menor gravitación, de una variada gama de intensidad y de ocurrencia esporádica como: gritos de los niños que juegan en calles y parques, conciertos al aire libre, ferias y vendedores callejeros, sonidos de animales domésticos, fuegos artificiales.

Todas las fuentes de ruido que se han citado, y otras más, contribuyen en mayor o menor medida al "ambiente sonoro" que caracteriza nuestras ciudades. Por este motivo, incluso en el caso de que en algún momento determinado, no nos consideremos afectados por un suceso acústico claramente identificable, siempre percibiremos un cierto rumor general, producido por la actividad global de la comunidad urbana en que nos encontramos y que solemos denominar, ruido de fondo.

El ruido urbano es, cada vez más, uno de los problemas importantes en las ciudades. Esta situación ha provocado que un gran número de investigadores hayan centrado sus esfuerzos en realizar estudios concernientes a esta materia, estudiando sus causas y elaborando mapas acústicos que permitan caracterizar, desde el punto de vista sonoro las diferentes situaciones que se presentan en diversas ciudades del mundo.

La elaboración de los mapas acústicos ha de contribuir a la gestión ambiental asociada con la contaminación acústica, al establecer el estado sonoro de la ciudad y permitir la determinación de las fuentes de ruido para, posteriormente, establecer los planes de actuación que permitan efectuar las acciones tendientes a la reducción de la contaminación acústica en general. Así mismo, es importante la realización de encuestas paralelas que permitan correlacionar; la sensación de molestia con parámetros de medidas objetivas y el uso del territorio (ambientes educacionales, laborales, residenciales y de ocio).

La salud de las persona, la calidad de vida y, como consecuencia, el precio de las viviendas y las reacciones de la comunidad respecto a la identificación de sectores de mayor o menor valorización, son variables que justifican la realización del estudio del nivel sonoro y su evolución horaria. Estudios realizados en una Municipalidad de la Región Metropolitana de Santiago de Chile (Providencia) demostraron, entre otras cosas, que los propietarios de edificios de departamentos y casas piensan que el ruido no puede compensarse con dinero, ya que el silencio y la tranquilidad son un derecho. <sup>[8]</sup>

El carácter subjetivo del ruido, hace que en su apreciación se encuentran presentes variables asociadas al receptor tales como: la edad, el sexo, sensibilidad personal ante el ruido, nivel cultural, nivel educacional, religión, nivel económico, costumbres vitales, horarios, de la población expuesta.

Por otra parte el hecho de tratarse el sonido de una propagación ondulatoria a través de un medio material hace que deban incluirse también otras variables; tales como, tipología y uso de la calle, perfil transversal y longitudinal, geometría de la calle, anchura de la calzada, materiales del pavimento, flujo y composición del tráfico, tipo de circulación, etc.

### **1.1.3 Efectos adversos del Ruido sobre la Salud**

Las consecuencias de la contaminación acústica definidas por la Organización Mundial de la Salud se describen en el capítulo 3 de las **Guías para el ruido urbano** <sup>[6]</sup> bajo diversos títulos según sus efectos específicos: deficiencia auditiva causada por el ruido; interferencia en la comunicación oral; trastorno del sueño y reposo; efectos psicofisiológicos, sobre la salud mental y el rendimiento; efectos sobre el comportamiento; e interferencia en actividades. También considera los grupos vulnerables y los efectos combinados de fuentes mixtas de ruido, se transcribe un listado de los principales efectos mencionados en la Guía.

1. *Efectos sobre la audición.*
2. *Efectos sobre el sueño.*
3. *Efectos sobre las funciones fisiológicas.*

4. *Efectos sobre la salud mental.*
5. *Efectos sobre el rendimiento.*
6. *Efectos sociales y sobre la conducta. La molestia del ruido.*
7. *Efectos combinados del ruido de fuentes mixtas sobre la salud. Subgrupos vulnerables.*
8. Efectos específicos sobre la salud
  - *Interferencia en la percepción del habla.*
  - *Deficiencia auditiva.*
  - *Trastornos del sueño.*
  - *Adquisición de la lectura.*
  - *Molestia.*
9. *Comportamiento social.*
  - *Ambientes específicos*
  - *Viviendas.*
  - *Escuelas y Centros Preescolares.*
  - *Hospitales.*
  - *Ceremonias, festivales y eventos recreativos.*
  - *Juguetes, fuegos artificiales y armas de fuego.*
  - *Parques y áreas de conservación.*

## **1.2 Justificación de la Investigación**

La evidencia respecto a diversos estudios realizados relativos a los efectos del ruido sobre la salud de las personas, el costo de las viviendas y la reacción de la comunidad no han sido suficientemente consistentes en lo que dice relación con sus resultados. La valoración de este contaminante en relación al precio de las viviendas ha sido difícil de cuantificar ya que las personas estiman que el ruido no puede compensarse, debido fundamentalmente a que el silencio y la tranquilidad son un derecho.

La medición de la presión sonora del ruido, las molestias de la población y las medidas adoptadas por esta, no siempre muestran una correlación muy alta. Esto puede deberse a que

el ruido es subjetivo, en su apreciación influyen una cantidad de variables independientes entre si, tales como: el sexo, la edad, nivel cultural y sensibilidad y tolerancia ante ruido.

Debido al carácter eminentemente subjetivo del ruido, y considerando a éste como un contaminante que impacta en forma negativa en las personas, se hace necesario realizar estudios que permitan deducir indicadores relevantes en la determinación de la evaluación del efecto de este contaminante en la sociedad y en especial en el medio urbano.

La investigación del efecto de este contaminante y su impacto en las personas es relevante para aquellos que deban tomar decisiones en la ciudad. La planificación de nuevas vías de comunicación, cambio de sentido del tránsito, variaciones en los flujos vehiculares por calles y vías principales, deben estar apoyados por el conocimiento de las condiciones en que se encuentran sus vías urbanas, la percepción de la población respecto al ruido y el impacto que se puede producir sobre una determinada población. En el transcurso de esta investigación se ha podido detectar el reclamo de numerosas personas, que se sentían afectadas por el cambio del flujo vehicular de sus calles, ya que al incorporar al tránsito de vehículos la locomoción pública, el ruido se había intensificado alterando notoriamente su calidad de vida.

### **1.3 Objetivo**

El objetivo de la Tesis es investigar si es posible establecer una correlación que permita relacionar el nivel de emisión de ruido urbano en función de las diferentes variables implicadas en la zona y la percepción social de este.

Este objetivo se desglosa en unos objetivos parciales:

- Conocer la percepción de la población respecto al efecto del ruido como contaminante ambiental.
- Conocer la relación de Molestia de la población con el Tráfico de Vehículos y las características de los mismos.

- Relacionar los Indicadores Acústicos ( $L_{eq}$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{90}$  y TNI) con la molestia subjetiva.
- Relacionar los tipos de calles en el sector en estudio: ejes de acceso, distribución y destino, respecto a los índices acústicos.
- Relacionar los índices acústicos con el flujo de tráfico y las características de los vehículos que lo componen

## **1.4 Metodología de Trabajo**

La metodología de trabajo se puede resumir en tres áreas; La primera corresponde a la formación de un marco conceptual o teórico que da sustento a la investigación que se va a realizar y la definición de variables relevantes que puedan definir un modelo, la segunda etapa corresponde a la medición en terreno de variables definidas en la etapa de formulación teórica del problema, y la última comprende el análisis de resultados, formulación del modelo a implementar y la presentación de resultados finales.

### **1.4.1 Definición del problema a estudiar**

- Estudio de antecedentes bibliográficos relacionados con el problema del ruido y su impacto ambiental en la población.
- Estudio de antecedentes anteriores existentes relativos al ruido y su influencia en zonas urbanas, realizadas por instituciones estatales o privadas.
- Estudio de antecedentes relativos a experiencias realizadas en entornos similares o parecidos.

- Análisis de los instrumentos legales existentes, tanto a nivel local como a nivel nacional o internacional.
- Formulación de un modelo aplicable incorporando las variables establecidas.
- Definición de variables relevantes que presenten vinculación con la emisión de ruido.

#### **1.4.2 Medición de variables en terreno**

- Seleccionar el área geográfica a estudiar. En este caso se considera una zona urbana dentro del área Metropolitana de Santiago de Chile, debido al alto nivel de flujo vehicular existente y la concentración de una parte importante de la población urbana en ella. .
- Preparación de Cartografía digital del área de estudio. Se dispone de cartografía comunal georreferenciada al sistema Geodésico SAD-69 Chua, del Instituto Geográfico Militar de Chile, a escala 1: 5000, año 2000.
- Efectuar mediciones con sonómetro Integrador, realizando mediciones puntuales en la mañana.
- Procesar la información de las mediciones de Nivel de Presión Sonora;  $L_{10}$ ,  $L_{90}$ , y  $L_{eq,t}$ , obtenida en las mediciones de terreno, en mediciones puntuales de día.
- Realizar encuestas en la comunidad que permitan identificar indicadores de molestia de la población respecto al ruido, identificando variables, tales como: grupos etarios, nivel educacional, género de la población encuestada, cantidad de personas que habitan en la residencia, tipo de vivienda. La encuesta se ha diseñado considerando la Norma ISO/TS 15666 <sup>[9]</sup>

- Determinar la frecuencia de vehículos motorizados que circula por las zonas en estudio. Se hará un levantamiento del flujo vehicular en la oportunidad en que se proceda a realizar las mediciones

### **1.4.3 Análisis de las mediciones realizadas desde el punto de vista de los Objetivos.**

Los análisis se realizan considerando tanto las observaciones del NPS de  $L_{10}$ ,  $L_{90}$  y  $L_{eq}$ , como la evaluación de la percepción del Ruido Subjetiva de la población mediante la evaluación de las encuestas realizadas y su relación con el Indicador de Molestia de Transito (TNI), y se resumen en los siguientes procesos:

- Evaluación estadística de la información obtenida de los parámetros:
  - Flujo vehicular
  - Índices acústicos.
  - Tipo de vehículos y frecuencia.
  - horarios de mayor tráfico y de calles o avenidas con mayor densidad de movimiento vehicular.
  - Encuestas de percepción del ruido en la población
- Clasificación sectorial de acuerdo a características de arquitectura de la zona.
- Ordenamiento sectorial de acuerdo a tipos de carpetas de rodado de las diferentes calles y avenidas.
- Procesamiento y evaluación de las encuesta realizadas a los vecinos que habitan el sector de acuerdo a los diferentes niveles de percepción de la intensidad del nivel sonoro existente en el área. Se estudiará mediante un análisis estadístico que permita evaluar tendencias de la información obtenida en terreno. Se utilizará el software estadístico SPSS 11.5.

- Análisis multivariable considerando las características y tipología de las calles, las mediciones del NPS de los percentiles  $L_{10}$ ,  $L_{90}$  y del  $L_{eq}$ , y los niveles de molestia expresados por la población encuestada. Para este análisis se utilizará el Software estadístico Statistica 8 versión 1995).
- Preparar los antecedentes que permitan predecir variaciones en la percepción del ruido de la personas en función de variaciones de presión acústica en zonas urbanas.

## II MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 Nivel de Intensidad. El Decibel.

La intensidad del sonido percibido, o propiedad que hace que éste se capte como fuerte o como débil, está relacionada con la intensidad de la onda sonora correspondiente, también llamada intensidad acústica. La intensidad acústica es una magnitud que da idea de la cantidad de energía que está fluyendo por el medio como consecuencia de la propagación de la onda. Se define como la energía que atraviesa por segundo una superficie unidad dispuesta perpendicularmente a la dirección de propagación. Equivale a una potencia por unidad de superficie y se expresa en  $W/m^2$ . La intensidad de una onda sonora es proporcional al cuadrado de su frecuencia y al cuadrado de su amplitud y disminuye con la distancia al foco.<sup>[10][11]</sup>

#### Factores que determinan la intensidad del sonido<sup>[12]</sup>

1. La **amplitud** del movimiento vibratorio de la fuente que lo produce, pues cuanto mayor sea la amplitud de la onda, mayor es la cantidad de energía (potencia acústica) que genera y, por tanto, mayor es la intensidad del sonido.
2. La **superficie** de dicha fuente sonora. El aumento de la amplitud de la fuente y el de la superficie vibrante hacen que aumente simultáneamente la energía cinética de la masa de aire que está en contacto con ella; esta energía cinética aumenta, en efecto, con la masa de aire que se pone en vibración y con su velocidad media (que es proporcional al cuadrado de la amplitud).
3. La **distancia** a la fuente sonora. La energía vibratoria emitida por la fuente se distribuye uniformemente en ondas esféricas cuya superficie aumenta proporcionalmente al cuadrado de sus radios; la energía que recibe el oído es, por consiguiente, una fracción de la energía total emitida por la fuente, tanto menor cuanto más alejado está el oído.

4. La intensidad depende también de la **naturaleza del medio elástico** interpuesto entre la fuente y el oído. Los medios no elásticos, como la lana, el fieltro, etc., debilitan considerablemente los sonidos.

Debido al gran intervalo de intensidades para las cuales es sensible el oído, y también al hecho de que el oído humano desde el punto vista subjetivo, tiene una respuesta de tipo logarítmico, es más conveniente utilizar una escala logarítmica que una escala natural. De acuerdo con esto, se define el Nivel de Intensidad  $L_I$  de una onda sonora por la ecuación.

$$L_I = 10 \log I/I_0$$

Siendo  $I_0$  una intensidad arbitraria de referencia que se toma igual a  $10^{-16} \text{ W/m}^2$ , y que corresponde aproximadamente al sonido más débil que puede oírse. Los niveles de intensidad se expresan en decibeles (dB).

Si la intensidad de una onda sonora es igual a  $I_0$ , su nivel de intensidad es cero. La intensidad máxima que el oído puede tolerar es de unos  $10^{-4} \text{ w/m}^2$ , que corresponde a un nivel de intensidad de 120 dB.

Ya que la intensidad y la presión eficaz están relacionadas para las ondas planas, se puede escribir:

$$L_p = 20 \log \left( \frac{P}{P_0} \right) dB$$

donde  $p_0 = 0,00002 \text{ N/m}^2$ , es la presión de referencia que se utiliza para calcular los niveles de presión acústica en el aire.

El nivel de potencia acústica se encuentra dado por:

$$L_p = 10 \log \left( \frac{P}{P_0} \right) dB$$

Donde  $P_0 = 10^{-12}$  w.

Tabla 2.1. Niveles de intensidad de ruidos

Origen del ruido	Nivel de Intensidad (dB)
Umbral de sensación de desagrado	120
Máquina remachadora	95
Tren elevado	90
Calle de mucho tráfico	70
Conversación ordinaria	65
Automóvil de marcha moderada	50
Radio funcionando moderadamente en casa	40
Conversación en voz baja	20
Murmullo de las hojas	10
Umbral de la sensación sonora	0

Fuente: F. Sears <sup>[10]</sup>

La intensidad de una onda sonora es una característica de la onda puramente objetiva o física, y puede medirse con aparatos acústicos sin utilizar el sentido del oído de un observador humano. Sin embargo, si escuchamos una onda sonora cuya intensidad va aumentando gradualmente, la sensación que describimos como *Sonoridad* aumenta también. El término sonoridad se reserva para la sensación, y por ser una sensación o atributo subjetivo de la onda sonora la sonoridad no puede medirse con aparatos físicos. Sin embargo, es posible establecer una escala numérica para evaluarla.

## 2.2 Propagación Sonora y medida del Sonido

Los niveles de presión, se mueven en el intervalo de los  $2 \cdot 10^{-5} P_a$  hasta los  $200 P_a$ . Las intensidades se encuentran entre los  $10^{-12} W/m^2$  y los  $10 W/m^2$ . Si a esto se agrega que las personas juzgan las sensaciones auditivas por comparación de amplitudes, puede entenderse la introducción de escalas logarítmicas, que comprimen los rangos de variación de las magnitudes y la utilización de los decibelios como indicador de niveles por comparación con un valor de referencia.

### 2.2.1 Nivel Equivalente

Es un indicador de nivel que se utiliza en la mayor parte de las aplicaciones industriales o medio ambientales relacionadas con el sonido. Se trata de un nivel promedio temporal que además de tener en cuenta los niveles de presión sonora pondera su importancia en función del tiempo que ha durado cada episodio sonoro.

En términos de energía indica el nivel de presión sonora de una onda que, mantenida constante durante un período de tiempo, ha transportado la misma energía por unidad de superficie en una determinada posición del espacio.

$$L_{eqt} = 10 \log \left( \frac{1}{T} \int_0^T \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \right)$$

Donde T es el intervalo de tiempo total y  $T_i$  son las duraciones de los episodios sonoros de nivel  $L_i$  respectivamente.

### 2.2.2 Percentiles

Este parámetro es una medida estadística que indica con qué frecuencia se sobrepasa un nivel concreto de sonido. El ruido variable en el tiempo se puede también cuantificar en términos de los niveles excedidos durante los diferentes porcentajes de la duración de la medición.

- $L_{A90,t}$ : Es el nivel ponderado “A” excedido para el 90 % de tiempo t
- $L_{A10,t}$ : Es el nivel ponderado “A” excedido para el 10% de tiempo t

### 2.2.3 TNI

Descriptor característico para estudiar la molestia causada por el tráfico. Se trata de una combinación ponderada de  $L_{10}$  y  $L_{90}$  promediadas a lo largo de un tiempo t

$$TNI = 4*(L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30$$

### 2.2.4 Escalas de Ponderación

El oído humano no es igualmente sensible a todas las frecuencias, para las bajas frecuencias la percepción sonora es menor que para las frecuencias medias o altas, en el rango de las frecuencias medias es donde el oído humano es más sensible. Con el fin de aproximar los resultados objetivos, consecuencia de las mediciones, a la sensibilidad subjetiva del oído de las personas, se establecieron tres escalas de ponderación que debían aplicarse, en función del nivel sonoro global, para adecuar la medición a la sensación del oído.

La gran mayoría de la normativa internacional se basa en el uso de la escala de ponderación A, que modifica la importancia de los contenidos energéticos de las diferentes bandas de octava.

## 2.3 Evaluación de variables asociadas a la medición y percepción del ruido

### 2.3.1 Estudio Sicosocial del Ruido

El medio ambiente no es un espacio neutro y excepto de valores, sino que está culturalmente marcado. El medio ambiente vincula significaciones que son parte integrante del funcionamiento cognitivo y de comportamiento del individuo. La relación a un espacio dado es, más allá del presente, tributario de su pasado y del futuro: el contexto ambiental, objeto de percepciones, de actitudes y de comportamientos desplegados en su seno, toma toda su significación en referencia a la dimensión temporal. <sup>[13]</sup>

La determinación de la sonoridad subjetiva vendría plasmada luego en la Norma ISO 532. <sup>[14]</sup> Sin embargo, la sonoridad no constituye por sí misma una indicación del grado de molestia, como lo prueba el ejemplo de la gota de agua de un grifo que pierde en contraste con las millones de gotas de la lluvia. En 1974 la Agencia de Protección Ambiental Norteamericana publicó un documento sobre los niveles de ruido aceptables para proteger la salud y el bienestar (encargado en 1972 por ley del Congreso). En el mismo, conocido como *el documento de los niveles* (The Levels Document) <sup>[15]</sup> se consideran detalladamente cuestiones como el daño auditivo y la molestia. Una de las primeras consideraciones se refiere a la elección del indicador más ventajoso. Condiciones tan específicas conducen rápidamente a que el indicador sea el nivel equivalente  $L_{Aeq}$ , o alguna de sus variantes como el nivel día-noche,  $L_{dn}$ , definido como el nivel equivalente al cual se le ha aplicado una *penalización* (incremento) de 10 dB a los ruidos ocurridos durante la noche:

Según el documento *Position paper on EU noise indicators* <sup>[16]</sup> emitido por la Comisión Europea, los indicadores deberían tener varios atributos para su adopción generalizada. El primero de ellos es la *validez*, es decir que se correlacione con los efectos que se pretenden controlar. Debe tenerse en cuenta que el objetivo de estos indicadores es, en la mayoría de los casos, fijar una base numérica sobre la cual regular, controlar, reprimir o prevenir actividades causantes de ruido, de allí que los efectos a considerar dependan de cuestiones contextuales y políticas además de técnicas. Por ejemplo, en ambientes laborales, particularmente en ciertos tipos de industria, es muy difícil lograr niveles de ruido muy bajos, por lo cual los efectos

pertinentes son el daño auditivo y otras enfermedades derivadas de la exposición a ruidos intensos (estrés, hipertensión, daños de la voz, etc.). En estos casos hay recursos para detectar tempranamente los individuos más susceptibles. En ambientes urbanos, donde está en juego una población mucho más extensa (y sobre la cual es impráctica la realización de exámenes otológicos periódicos), los criterios son siempre más exigentes, prestándose atención a efectos tales como la molestia.

El segundo atributo es la *aplicabilidad práctica*, es decir la facilidad para calcularlo a partir de mediciones efectuadas con equipamiento ampliamente disponible. Esto conlleva la desventaja de que los equipos más difundidos permiten medir el nivel sonoro ponderado y el nivel equivalente, lo cual restringe otras posibilidades.

Otros atributos son la *transparencia*, es decir que resulte sencillo de explicar y usar, la *consistencia* con las prácticas habituales más ampliamente difundidas, y la factibilidad de su uso para comprobación de cumplimiento o no de límites reglamentarios.

Se propone como indicador recomendado para los informes sobre ruido en toda la Unión Europea el valor  $L_{den}$  definido como donde  $L_{día}$ ,  $L_{tarde}$ ,  $L_{noche}$ , son, respectivamente, los niveles equivalentes extendidos a periodos de 12, 4 y 8 horas respectivamente, seleccionados apropiadamente a las características regionales de cada país.<sup>[16] [17]</sup>

### 2.3.2 Encuestas

Uno de los primeros enfoques, y, en consecuencia uno de los más transitados, ha sido el de llevar a cabo encuestas a poblaciones expuestas a diferentes tipos y niveles de ruido, para luego intentar correlacionar los resultados de estas encuestas con las mediciones efectuadas. El recurrir a las cifras de protestas espontáneas tiene el inconveniente de que no permite un adecuado control de las variables involucradas, por lo cual las conclusiones obtenidas pueden estar contaminadas por interferencia de variables, especialmente si los resultados han de extrapolarse a otras situaciones. La ventaja es que permite una evaluación interesante desde el punto de vista político a nivel municipal, ya que con muy baja inversión se puede determinar

la magnitud del problema social vinculado al ruido, particularmente el proveniente de fuentes específicas como discotecas, autopistas o fábricas.

La primera gran encuesta propiamente dicha que se halla descrita en el exhaustivo catálogo de Fields es la *Encuesta de Ruido en el Hogar* (British Home Noise Survey)<sup>[16]</sup> realizada en 1943 a 2017 personas en 40 ciudades de Gran Bretaña, orientada hacia los ruidos comunitarios y los generados en el propio hogar. Otras importantes encuestas han sido la *Encuesta Nacional Canadiense sobre Ruido Comunitario* de 1978, con 8838 encuestados, la *Encuesta sobre Ruido Comunitario* a 13.000 personas en Inglewood, California, Estados Unidos, hecha en 1969, y las *Encuestas Anuales sobre Vivienda* realizadas por la Oficina de Censos de los Estados Unidos, que durante varios años (1976, 1977, 1979, 1981 y 1983.) contuvieron dos preguntas sobre ruido, se extendieron a alrededor de 70.000 personas de zonas geográficas estadísticamente representativas. Como ejemplo de una encuesta realizada con gran control sobre las variables, en la primavera de 1974 la Agencia de Protección Ambiental Norteamericana llevó a cabo una importante encuesta nacional cuyos resultados fueron dados a conocer en 1977 por la Agencia Ambiental de Estados Unidos de Norteamérica (EPA) y en 1978 por Fidell<sup>[16]</sup>.

La encuesta se extendió a más de 2037 personas cuidadosamente seleccionadas en 24 sitios de 7 ciudades (Atlanta, Boston, Chicago, Los Ángeles, San Francisco, Seattle, Washington) cubriendo virtualmente todos los tipos de fuentes (pero no predominantemente de origen aeronáutico o de auto-pistas), a diferencia de otros estudios previos, así como todos los estilos de vida. Los sitios se seleccionaron entre cien zonas en toda la nación en los cuales existían detalladas mediciones de ruido previas. Además, al mismo tiempo en que se efectuaban los cuestionarios se tomaron mediciones de ruido extendidas a 24 horas. Se adoptó como criterio encuestar a un número similar de personas en cada rango de 5 dB de exposición  $L_{dn}$ , cubriendo los rangos 50, 55, ..., 75 dB. Como segundo criterio, se entrevistaron personas representativas de cuatro rangos de densidades poblacionales: 2000, 6300 (suburbano), 2000 y 63000 (céntrico) habitantes por milla cuadrada. El tercer criterio fue que el número de habitantes en cada densidad tuviera igual distribución que a nivel nacional. Finalmente, se seleccionaron ciudades representativas de las grandes áreas geográficas del país. Las preguntas fueron administradas por teléfono y en algunos casos personalmente. Algunas

conclusiones fueron que había una conexión entre el ruido típico en la población norteamericana y la molestia generalizada, la interferencia a la palabra y la interferencia al sueño. Además se obtuvo una relación dosis-efecto que permitía predecir el porcentaje de personas altamente molestas por el ruido. También se concluyó que la predominancia de problemas de interferencia a la palabra es un buen predictor de la predominancia de la molestia por ruido. Finalmente, el porcentaje de personas que realmente protestan en forma espontánea es un indicador poco efectivo de la predominancia de la molestia. El cuidadoso control de las variables y un adecuado tratamiento estadístico permitió reducir la cantidad de encuestados pero al mismo tiempo obtener conclusiones significativas.

La Organización Internacional de Normalización (ISO) ha hecho circular hacia fines de 2000 el borrador de una Norma Internacional (ISO 15666) <sup>[9]</sup> sobre encuestas sociales y acústico-sociales. Este documento exige la comunicación de ciertos datos para las encuestas con fines científicos. En cuanto a las preguntas específicas con respecto al grado de molestia, propone una redacción normalizada, con versiones en 9 idiomas. Las palabras en cada uno de ellos han sido seleccionadas de manera que pueda considerarse que el significado será el mismo en los 9 idiomas. Por ejemplo, una de las preguntas para el castellano dice: “Tomando en consideración los últimos (12 meses), indique Vd. en qué cuantía le molesta o perturba el ruido producido por (indicar la fuente de ruido), cuando se encuentra en su casa: absolutamente nada, ligeramente, medianamente muy, o extremadamente <sup>[16]</sup>

### 2.3.3 Trabajos de Síntesis

El siguiente paso natural lo constituyen los trabajos denominados de *síntesis*, como los de Schultz. <sup>[17]</sup> En este estudio se ha procurado reunir los resultados de diferentes encuestas para las que además se tuviera información detallada del nivel de ruido, medido de acuerdo a algún indicador relativamente común, para obtener las denominadas *relaciones dosis-efecto*, es decir, curvas que permitieran determinar la proporción de personas molestas o altamente molestas en función del nivel provisto por el indicador.

La mayor dificultad con que se han encontrado los investigadores que encararon este tipo de investigación fue la manifiesta discrepancia en los criterios seguidos por los diferentes autores

en cuanto al tipo de preguntas, documentación, metodologías de medición, interpretación, etc. Así, Schultz,<sup>[18]</sup> el primero en efectuar una síntesis abarcativa, señala algunas de las dificultades encontradas. En primer lugar, la correlación entre las medidas objetivas de exposición y la reacción subjetiva individual es mucho más débil ( $r^2 = 0,3$ ) que si se agrupan previamente los individuos en grupos expuestos en forma similar ( $r^2 = 0,8$ ). En segundo lugar, la forma en que se redactan las preguntas, aún las que son sustancialmente parecidas (por ejemplo responder en una escala de molestia que va desde “no molesto” a “altamente molesto”), puede tener una influencia importante en la respuesta, sobre todo cuando la pregunta se efectúa en diferentes países, y por lo tanto diferentes idiomas. En tercer lugar, la importancia de las variables no acústicas ha sido subestimada en muchos de los estudios disponibles, siendo difícil reconstruirlas por su insuficiente documentación. La importancia de dichas variables no acústicas se manifiesta en mayor grado cuando la exposición es baja. En cuarto lugar, no en todos los casos se ha justipreciado la relación entre el ruido medido y aquél al que verdaderamente está expuesto el encuestado. Así, si se mide el ruido en la esquina, donde paran los vehículos y donde luego aceleran, pero se consulta a quien vive en la mitad de la cuadra, puede estar respondiendo a una realidad diferente de la que se ha medido. Este factor tiene menos incidencia en el caso de los que manifiestan estar “altamente molestos”, por esa razón se ha propuesto utilizar como indicador de la respuesta el porcentaje de individuos altamente molestos.<sup>[16]</sup>

La Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, presenta un trabajo en el Congreso de Tecniacústica de 1997 relativo al "Análisis de las repercusiones sociales y económicas de los niveles de ruido en la principales ciudades de Andalucía". Entre otros objetivos del trabajo pretendía determinar de qué forma se afecta y se manifiesta la opinión pública en Andalucía ante el creciente grado de contaminación acústica urbana existente en las ciudades de más de 50.000 habitantes de esta Comunidad. El conocimiento de esta respuesta se consideró de gran valor para el establecimiento de límites de niveles de ruido en la legislación autonómica, así como en el establecimiento de la política ambiental en su conjunto.

En líneas generales el trabajo consistió en la medición de niveles sonoros urbanos en continuo durante periodos superiores a 24 hrs., a nivel de fachadas de edificios, valorando los

principales índices acústicos tales como:  $L_{eq}$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{90}$ , para periodos diurnos y nocturnos, así como el  $L_{dn}$ , midiéndose un total de 1.000 puntos, en 18 ciudades con más de 50.000 habitantes.

En paralelo, en 250 ubicaciones se procedió a realizar encuestas sociológicas a la población sobre distintas manifestaciones ambientales y de calidad de vida preguntando en último lugar sobre la situación respecto al ruido. Por cada uno de los puntos de medidos se realizaban 10 encuestas en la calle, la mitad a hombres y la mitad a mujeres, distribuidas en función de las edades de los encuestados. Así mismo, por cada punto se realizaban dos encuestas en el interior de las casa del edificio donde se media, evitando siempre la medición en los pisos donde se llevaban a cabo las encuestas, para evitar comportamientos mediatizados por las mediciones. El total de encuestas validadas fue de 493 en el hogar y 2.470 en calle.

En Tecniacústica 2003,<sup>[19]</sup> Bilbao, M<sup>a</sup> A. Martín Bravo et al, .del Dpto. de Termodinámica y Física Aplicada de la E. U. Politécnica Universidad de Valladolid, presentaron un estudio psicosocial en la población de Valladolid. El objetivo principal del estudio era buscar algún tipo de relación entre el coste de las acciones encaminadas a reducir los niveles de ruido y el beneficio, tanto económico como social, que con ellas se consigue. Para ello se realizó una encuesta a una muestra amplia y heterogénea, definida mediante una cuadrícula de 250 m de lado que se ha superpuesto al plano de Valladolid. Para lograr relaciones del tipo coste-beneficio se ha añadido a la encuesta inicial un bloque de preguntas para intentar obtener el coste de algunas acciones de mejora en relación al ruido. En las preguntas que se hacen a los encuestados se trata de saber cuánto están dispuestos a pagar o cuál es su valoración de una serie de beneficios o mejoras en relación con el ruido.

En un trabajo anterior, efectuado por los mismos investigadores, relativo al estudio psicosocial de la población de Valladolid, se había comprobado que la fuente de ruido que provoca mayor molestia entre los ciudadanos es “el tráfico rodado en general”. Tanto es así, que podemos considerarlo como la fuente de ruido más importante para el ciudadano y se ha tomado como referencia para identificar a los ciudadanos realmente molestos por el ruido. Se ha calificado de ‘altamente molestos’ a aquellos ciudadanos que cuantifican su molestia respecto al tráfico rodado en general como “mucho” o “bastante”. Como las encuestas se han realizado en los

mismos puntos donde se han medido los niveles acústicos cuando se elaboró el mapa sonoro de Valladolid, se ha podido comprobar que el número de personas altamente molestas aumenta con el  $L_{eq}$ .

La metodología empleada en esta investigación fue la siguiente: en la realización del “Mapa Sonoro del municipio de Valladolid” se hicieron medidas en los 490 puntos que coincidían con los vértices de una cuadrícula de 250 m de lado superpuesta al plano de la ciudad. Estos mismos puntos se utilizaron para realizar la encuesta sobre la molestia originada por el ruido. Del análisis de esta muestra por edades, por sexo, por tipo de ocupación, se comprueba que es suficientemente heterogénea y representa correctamente a la población. Como se ha comentado anteriormente, para el caso de la contaminación por ruido no existe un modelo económico que permita calcular el coste total para la sociedad, causado por la exposición al ruido. Típicamente, los beneficios están definidos desde el punto de vista de los daños que se evitan, asignando valores monetarios a los mismos.

La técnica llamada **valoración contingente** utiliza como información las repuestas dadas directamente por las personas cuando se les pregunta sobre la valoración objeto del análisis. Se utiliza esta técnica cuando no se puede establecer un vínculo entre el bien privado y la calidad del bien ambiental, o como forma de comparación con los métodos indirectos. El método consiste en preguntar a las personas cuánto estarían dispuestas a pagar por una situación hipotética. Muchas veces los ciudadanos deben hacer juicios concernientes a los costes y ventajas de una situación hipotética y es necesario que entiendan las consecuencias de esa situación. La información necesaria debe ir en la propia encuesta. Un enfoque para expresar el coste del ruido en la comunidad en términos monetarios es investigar la voluntad del ciudadano a pagar por la reducción del ruido. Esta metodología ha suscitado algunas controversias y se le critica que las respuestas no son del todo creíbles, porque muchas veces se pide a los encuestados que valoren algo que no comprenden bien y en muchos casos no lo han experimentado.

Las conclusiones de este estudio dicen: “El estudio de la relación coste-beneficio se justifica por la gran incidencia que tiene el ruido en el bienestar de las personas, y los recursos económicos, cada vez mayores, que se dedican a mejorar este problema. Por otro lado, las

estrategias y medidas propuestas para mejorar la contaminación acústica, deben tener en cuenta relaciones del tipo coste-beneficio. Del análisis de los resultados destacamos lo siguiente:

- Hay muchos aspectos relacionados con el ruido que el ciudadano no sabe valorar (en las respuestas a algunas preguntas el porcentaje de NS/NC es próximo al 25%). Los ciudadanos son conscientes de este desconocimiento y demandan información.
- Se pone de manifiesto una clara preferencia por vivir en ambientes no ruidosos, aunque eso suponga perder en el valor económico de la vivienda, aumentar la distancia al lugar de trabajo o tener que pagar un sobrepago del valor de la vivienda.
- El 50% de los encuestados están dispuestos a pagar distintas cantidades por mejorar la contaminación acústica. El valor promedio considerando la muestra total es 7,22 € por habitante al año (9,81 € según los altamente molestos).
- La opinión sobre lo que debería invertir el Ayuntamiento para mejorar la contaminación acústica es en promedio 9,54 € por habitante al año (11,54 € según los altamente molestos). Esto supone un 1,38 % del presupuesto del Ayuntamiento de Valladolid.
- De las acciones propuestas para disminuir el ruido, la que ha sido elegida mayoritariamente ha sido desviar el tráfico rodado.
- Un porcentaje importante de los ciudadanos ha tomado alguna medida para mejorar su situación en relación al ruido. Un 29% ha aislado de alguna forma su vivienda contra el ruido. Un 23% ha presentado quejas o denuncias de situaciones molestas”.

Larburu, K y Aurrekoetxea, J. presentan en el congreso de Tecniacústica de 1996, <sup>[20]</sup> Barcelona, el trabajo “Molestias producidas por el ruido ambiental urbano en Eibar y Arrasate-Mondragón”. Este trabajo ha pretendido estudiar la molestia provocada por el ruido

ambiental exterior y analizar las posibles relaciones de los diversos grados de molestia percibidos tanto con los niveles de ruido como con otras variables.

En 1991 se realizó una evaluación de la situación sonora ambiental de Eibar y Arrasate, municipios de notoria intensidad de ruido, observándose que todos los lugares de medida presentaban salvo una excepción (barrio Gesalibar de Arrasate y durante el día), niveles equivalentes ( $L_{eq}$ ) diurnos y nocturnos superiores a los recomendados por la O.M.S. en sus criterios generales relativos a la molestia.

La metodología utilizada en el estudio comprende una muestra formada por 150 personas de ambos sexos y edades comprendidas entre 20 y 70 años que, siendo vecinos de Eibar y Arrasate, residían en viviendas próximas a los “lugares de medida” considerados en el estudio sobre la evaluación de la situación sonora ambiental de estos municipios. Esta muestra se repartió por cuotas de 30 individuos, en los cinco intervalos (5 dBA en cada intervalo) que incluían los resultados del Nivel equivalente promedio para las 24 horas ( $L_{DN}$ ) obtenidos en el estudio previo de la evaluación sonora-ambiental.

La recogida de datos se realizó mediante una encuesta telefónica. El cuestionario incluía preguntas sencillas relacionadas con: variables sociodemográficas, las características de la vivienda y la satisfacción del encuestado con la misma y su municipio y por último, relacionadas con la molestia provocada por el ruido exterior.

El análisis de la información recogida se realizó mediante el paquete estadístico SPSS. La asociación entre dos variables cuantitativas o cualitativas ordinales se comprobó mediante el cálculo del coeficiente de correlación lineal y las diferencias entre las medias se contrastaron mediante la prueba de la T de Student y el análisis de la varianza de la molestia explicado por las variables del modelo.

Los resultados principales del estudio son los siguientes: la muestra quedó compuesta por dos tercios de mujeres y un tercio de hombres, y la media de edad fue de 45,5 años. En cuanto a las variables relativas a la molestia provocada por el ruido ambiental exterior, se ha observado que el 22% no sentía ningún tipo de molestia y el 78% restante si tenía esta sensación, siendo

su grado de molestia el siguiente: le molestaba “mucho” al 17%, “bastante” al 29% y “poco” al 32%. Respecto al tipo de ruido responsable de la molestia, señalar que el 62% de los encuestados consideraba que era el ruido del tráfico el causante de su molestia; el 18%, el ruido procedente de las zonas de ambiente nocturno; el 10%, el ruido derivado de la actividad comunitaria; el 7% el procedente de fábricas o zonas industriales, y el 3%, el ruido producido por el tráfico ferroviario. También se necesitó conocer cuándo se producía esta molestia, y así se vio que al 48% de los entrevistados molestos, está se les presentaba durante el día, al 31% durante la noche y al 21% restante, tanto durante el día como durante la noche.

No encontraron diferencias ( $p > 0,05$ ) entre la molestia y las variables; sexo, nivel de estudios, profesión o situación laboral. Tampoco se han observado estas diferencias entre la molestia y la altura del piso, el número de ventanas exteriores, las horas que el encuestado pasa en casa o los años que lleva residiendo en esa vivienda. Respecto al tipo de ruidos que más molesta al encuestado, el más mencionado en el estudio ha sido el procedente de las zonas de ambiente nocturno, sin embargo no se ha encontrado ninguna asociación estadística entre esta variable y la molestia.

Se encontró un gradiente significativo entre la salud percibida y la molestia producida por el ruido ( $r=0,18$ ;  $p=0,026$ ), de forma que los que se sienten más sanos refieren mayor molestia debida al ruido. Respecto a la molestia y la edad, se ha observado en este estudio, que el grado de molestia percibido por los jóvenes es menor que el percibido por los mayores ( $r=0,22$ ;  $p=0,007$ ). También se han encontrado diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre la molestia sentida por el encuestado y la satisfacción por su vivienda ( $r=0,21$ ), su municipio ( $r=0,16$ ) y los equipamientos de éste ( $r=0,23$ ) de modo que cuanto menor es la satisfacción por cualquiera de estos tres parámetros, mayor es la molestia percibida.

Existe una asociación estadística entre el grado de molestia percibida y la interrupción del sueño ( $r=0,55$ ;  $p < 0,001$ ) la dificultad a la hora de conciliar el sueño ( $r=0,53$ ;  $p < 0,001$ ) y las actividades de escucha habituales de una vivienda ( $r=0,5$ ;  $p > 0,001$ ).

Al considerar el nivel equivalente durante 24 horas, se han encontrado asociaciones estadísticamente significativas entre los  $L_{eq}$  y la dificultad a la hora de conciliar el sueño ( $r=$

0,27;  $p > 0,001$ ), las interrupciones del sueño durante la noche ( $r=0,24$ ;  $p < 0,003$ ) y las actividades de escucha habituales de una vivienda ( $r=0,28$ ;  $p < 0,001$ ).

Isabel López Barrio del Instituto de Acústica (CSIC),<sup>[21]</sup> publica una investigación respecto al “Ambiente sonoro y su valoración subjetiva”. El estudio comprende los aspectos subjetivos en el campo de la acústica lo que ha generado una serie de enfoques o aproximaciones, que constituyen el panorama actual de la investigación sobre este tema. En general, se pueden distinguir dos enfoques principales.

Un primer enfoque, analiza la respuesta ante el ambiente sonoro, desde una visión determinista, en función sólo de las características físicas del estímulo sonoro (E R). Desde este planteamiento la respuesta ante el ambiente sonoro, medida generalmente en términos de molestia, es una respuesta simple, que depende únicamente de la intensidad del estímulo sonoro. Una segunda orientación, analiza la relación estímulo respuesta desde una perspectiva transaccional y dinámica. Con este enfoque se considera que los sujetos no responden de una manera pasiva a las condiciones del ambiente sonoro sino que dichas respuestas se encuentran mediatizadas por una serie de variables no acústicas relacionadas con la situación y contexto donde es percibido el ruido, así como con las características sociales y culturales del sujeto que lo percibe.

La creciente concienciación ambiental sobre el problema del ruido ha dado lugar al desarrollo de diferentes métodos de medida dirigidos a valorar el impacto del ruido en la salud y en la calidad de vida de la población. A partir de los años sesenta, la investigación, en este campo, ha jugado un importante papel en la determinación de la molestia, así como en la elaboración de las normativas para protegerse de dichas molestias. Actualmente, la investigación ha experimentado un cambio importante, estando dirigida al desarrollo de métodos que permitan, desde una visión preventiva, introducir el tema del sonido en la concepción y diseño de la ciudad.

Las investigaciones sobre medio ambiente sonoro han centrado fundamentalmente su interés en la valoración de la realidad objetiva (cartografía sonora). Sin embargo, en esta aproximación y en su metodología, indudablemente útiles en el ámbito de la gestión

ambiental, suele quedar ausente la dimensión subjetiva es decir, el estudio de los aspectos subjetivos implicados en la aprehensión y representación del ambiente sonoro.

Sin embargo, los autores que han estudiado las transacciones hombre-medio (Garling y Colledge, 1990; Boira, 1992; Aragonés, 1998;)<sup>[21]</sup> muestran como la respuesta ante un determinado estímulo surge no sólo de sus rasgos físicos sino del significado que le es atribuido por los propios sujetos. Es decir, los sujetos perciben y reconstruyen el mundo a través de sus propios supuestos, valores y expresiones vitales; puede afirmarse en este sentido que el espacio sonoro está afectado por sentimientos, por filtros personales o culturales y por significados que permiten hablar de una dimensión subjetiva superpuesta a la realidad objetiva. Es por esto, que actualmente se señala la necesidad e importancia del análisis del medio percibido al mismo nivel que el ambiente real.

La incorporación de los aspectos subjetivos al estudio del medio ambiente sonoro no implica infravalorar el enfoque físico con el que la acústica tradicional analiza este campo. Se trata más bien de enriquecer el campo de trabajo de los físicos introduciendo una nueva dimensión: la imagen subjetiva del espacio sonoro y la interacción entre la persona, el sonido y el medio.

El ruido producido por el tráfico rodado<sup>[22]</sup> se ha consolidado como la fuente de molestia más importante en las ciudades de casi todos los países industrializados, siguiendo con la tónica de estudios realizados en este sentido, se ha realizado en la U.E. Gandia un estudio para conocer el Impacto Acústico de la N-332 a su paso por Gandia. Para este trabajo se evaluó la valoración subjetiva del ambiente acústico según los ciudadanos sometidos a los niveles de ruido, mediante una serie de encuestas, y, una valoración objetiva, tomando puntos de medida en las calles afectadas por el paso de la carretera nacional.

Una vez se conocieron ambos datos, y, como paso previo a la conclusión final, se realizó una correlación entre las respuestas obtenidas en las encuestas y las medidas de ruido tomadas, con el fin de poder cuantificar la relación entre ambos datos.

La encuesta se compone de cuatro bloques de preguntas bien diferenciadas.

- A) Bloque 1: Identificación del encuestado. Este bloque trata los aspectos más importantes de la identidad de los encuestados. Nos permitirá obtener estadísticas en función del sexo, la edad o los estudios.
- B) Bloque 2: Información a cerca de las características de la vivienda. Este bloque nos proporcionará la información que nos permita obtener estadísticas en función de la altura, la disposición de habitaciones, etc...
- C) Bloque 3: Actitud de los encuestados frente a los niveles de ruido. Este bloque constituye el tronco del estudio de la encuesta, en él, el encuestado expone su juicio a cerca de los niveles de ruido y de como este afecta a sus costumbres.
- D) Bloque 4: Tipos de ruido e influencia de la variación del ruido. En este bloque se definen los tipos de ruido que afectan al encuestado y su percepción subjetiva de la variación de los niveles de ruido en función del tiempo

## **2.4 Variables en la obtención del NPS en terreno**

### **2.4.1 Fuentes de Emisión de Ruido**

En paralelo a las mediciones en terreno se realizó el catastro de las características de las calles, su tipología, uso, geometría y pendiente, a su vez, se realizaba la medición del flujo vehicular en el tiempo de la medición del Nivel de presión Sonoro del lugar, los vehículos se clasificaron en: livianos, pesados, motos y vehículos de emergencia, la clasificación de vehículos livianos o ligeros y vehículos pesados se realiza en función de Ministère de L'Environnement Et du Cadrie de Vie<sup>[23]</sup> en se señala que:

- Vehículo Ligero : inferior o igual a 3,5 toneladas
- Vehículo Pesado : igual o superior a 3,5 toneladas
- Vehículos de dos ruedas: poseen cilindradas diferentes, debe adecuarse su importancia de acuerdo a su flujo.

De acuerdo a la normativa del Ministerio de Transportes y telecomunicaciones de Chile la clasificación se encuentra definida por su reglamentación legal que se encuentra en los Decretos Supremos N° 211/1991, N° 54/1994 y N° 55/1994. En los cuales se establece que:

- Vehículo Liviano : inferior igual a 2,7 toneladas
- Vehículo Mediano: superior a 2,7 tonelada e igual o inferior a 3,8 toneladas
- Vehículo Pesado: superior a 3,8 toneladas.

En consideración a la toma de datos en terreno en el momento de la medición es que se adoptará el criterio de L'Environnement Et du Cadrie de Vie de Francia para la clasificación de vehículos.

La relación existente entre vehículos ligeros y livianos se estima por el factor E, el cual para Ministere de L'Environnement Et du Cadrie de Vie, <sup>[23]</sup> tiene una relación en función de la pendiente de la calle y de la forma de esta, para calles en forma de U se tiene la siguiente relación:

Tabla 2.2 Coeficiente E en función de la pendiente de la calle, tipo U

	Menor o igual a 2%	3%	4%	5%	Superior a 5%
E	10	13	16	18	20

Fuente: Ministere de L'Environnement Et du Cadrie de Vie <sup>[23]</sup>

De acuerdo a la tabla 3.1 para una calle cuya pendiente es menor o igual a 2% un vehículo pesado equivale al NPS de diez vehículos ligeros. Para calles con pendiente de un 3% la relación existente entre vehículos ligeros y pesados es de 13. Se puede apreciar que existe una mayor influencia del ruido producido por un vehículo pesado respecto a uno liviano en la medida que la pendiente aumenta. En la zona en estudio las pendientes de las calles son de 2 % o menor a este valor, se puede considerar una zona urbana sin mayor pendiente, prácticamente plana. Para calles del tipo L, la equivalencia acústica existente entre vehículos ligeros y pesados, E, es la siguiente:

Tabla 2.3 Coeficiente E en función de la pendiente de la calle, tipo L

	Menor o igual a 2%	3%	4%	5%	Superior o igual a 6%
Autopistas	4	5	5	6	6
Vías rápidas urbanas	7	9	10	11	12
Vías urbanas	10	13	16	18	20

Fuente: Ministère de L'Environnement Et du Cadrie de Vie <sup>[23]</sup>

En los valores entregados por Ministère de L'Environnement Et du Cadrie de Vie <sup>[23]</sup> de Francia, tanto para calles de tipo U como de tipo L, en Vías Urbanas los valores de la relación existente para vehículos ligeros y vehículos pesados es similar.

Definida la clasificación de vehículos se ha considerado necesario identificar los tipos de circulación de acuerdo a: Circulación Pulsada y Fluida. Los valores entregados en la tabla tienen un rango de aceptación de aproximadamente un quince por ciento.

Tabla 2.4 Tipos de Circulación

Vías de Circulación Pulsada	La circulación puede ser considerada de este tipo cuando existe un flujo de 600 vehículos/hora, en una hora representativa.
Vías de Circulación Fluida	Tiene una circulación de mas de 1000 vehículos/hora, en una hora representativa
Vías de Circulación	Tienen una circulación de menos de 600 vehículos/hora, en una hora representativa

Fuente:.. Ministère de L'Environnement Et du Cadrie de Vie <sup>[23]</sup>

A la clasificación anterior se ha considerado los tipos de circulación en las zonas urbanas de los vehículos como Intermitente, Continua y Acelerada, esto viene a complementar la toma de datos en terreno de acuerdo al tipo de circulación. En las calles de Destino por lo general la circulación es Intermitente y de poca magnitud, en las calles de distribución existe una

circulación permanente o continua, con un aumento del flujo vehicular, en estas calles al existir una mayor señalización de tránsito se produce en esa zonas una circulación acelerada, principalmente al salir de la zona de señalización.

En la zona en estudio el ruido del tránsito se debe principalmente a cantidad de vehículos livianos por sobre los vehículos pesados, por lo tanto la fuente de emisión del ruido se debe en gran medida a las características de los primeros más que a los segundos.

La generación de ruido en un móvil se produce como consecuencia del funcionamiento de sus características mecánicas. Pudiendo considerarse entre las más relevantes al sistema motor - ventilador, motor propiamente tal, y caja de cambios- y tipo de desplazamiento de éste, en el que es necesario considerar las características de los neumáticos, tipo de frenos, ruido aerodinámico y tipo de calzada.

El tipo de impacto que pueda producirse debido a las fuentes antes señaladas dependerá del vehículo, la velocidad a la que circule y las condiciones de funcionamiento del motor. A baja velocidad, la fuente de ruido principal es el motor, pero a velocidades mayores serán los neumáticos con el roce de la calzada.

Respecto al ruido aerodinámico a velocidades de circulación en la ciudad se puede considerar despreciable, caso contrario, es el caso del ruido producido por el efecto del roce de los neumáticos con la calzada, el cual si es considerable, principalmente a bajas velocidades de circulación, debido al cambio del parque automotriz que se ha producido en los últimos años en el país, se puede considerar que el ruido producido por el sistema motor es constante, independiente de la velocidad del móvil, no obstante, el ruido ocasionado por el efecto neumático/calzada tiene variaciones que pueden ser relevantes al producirse una variación en la velocidad (8 a 12 dB (A), al doblar la velocidad).

En la década de los setenta Galloway<sup>[24]</sup> explicaba en su estudio de simulación y estudio en carreteras urbanas que la interacción carretera-neumático a 105 km/hora era significativo, especialmente en frecuencias altas y para las condiciones de aceleración de 56 km/hora predominaba el ruido del motor y escape, sin dejar de considerar que las condiciones de la

carpeta de rodado también son un aspecto a considerar en la interacción neumático-carpeta de rodado ya que las características de esta ocasionan que el ruido a baja velocidad 40 a 60 km/hora se amplifique

#### **2.4.2 Trayectoria de Transmisión**

En conformidad a las características urbanas de los sectores en estudio se pueden clasificar estos de acuerdo a su construcción en U o en L, de acuerdo a la identidad de la comuna esta es netamente habitacional con sectores antiguos (construcción de 1950) de baja altura, casas de 1 o 2 pisos y sectores nuevos o de remodelación de aquellos de más antigua data. Los sectores remodelados y/o nuevos en la comuna principalmente corresponden a edificación en altura, de 24 pisos en zonas principales, principalmente en calles de alta afluencia vehicular y que corresponden a vías de conexión inter comunal, y edificación de 5 pisos en calles interiores, por lo general son calles de destino y cuya afluencia vehicular aún es menor.

La densificación de la construcción en la comuna y en especial en la zona en estudio, mayor valorización del terreno y cuenta con mejor infraestructura de servicios, trae como consecuencia un aumento importante en el parque automotriz, principalmente de vehículos livianos de uso familiar. Esta situación debe provocar un aumento en la cantidad de ruido producido por el mayor volumen del tráfico vehicular.

#### **2.4.3 Receptor**

De acuerdo a la definición de la Norma ISO 1996-2: 1987<sup>[23]</sup> y NCH2502/2.n 2000<sup>[25][26]</sup>, se define como receptor a la persona o grupo que están o se espera que estén expuestas al ruido ambiental.

Si desea evaluar la reacción de la comunidad al ruido es necesario disponer de una escala de referencia que así lo permita, de esta forma es posible establecer algunos criterios que

permitan identificar cuando la exposición al ruido causa molestia en las personas. Se infiere que cuando existe la posibilidad de que la comunicación verbal no es interrumpida entonces el nivel del ruido se encuentra aceptable, situación análoga ocurre cuando en una fábrica se evita que el ruido pueda producir daños en el aparato auditivo del trabajador, o cuando en una zona de hospital el nivel de ruido no interfiere con el descanso de los pacientes que se encuentran allí recluidos o en el caso de que el ruido no interrumpa el descanso nocturno de las personas.

El receptor se encuentra cada día más sensible a las afecciones propias de las condiciones en las cuales la sociedad moderna se desenvuelve, los cambios tecnológicos, la densificación de la población debido a la fuerte migración hacia las ciudades de las poblaciones rurales, las condiciones socio-económicas que le permiten a las personas tener un mayor poder adquisitivo redundan en la adquisición de una mayor cantidad de vehículos, aumentando la proporción de vehículos por personas, la construcción de edificios de departamentos trae consigo un mayor número de personas en un área determinada, esto se transforma en una nueva fuente de ruido. El ruido de fondo en un ambiente urbano, como es el caso del área en estudio, se ve afectado permanentemente por los cambios dinámicos que se suceden en su entorno, como consecuencia de factores demográficos, sociales, económicos y tecnológicos. Un estudio realizado por el Instituto de Estadísticas de Chile respecto a la evolución del parque automotriz en la ciudad de Santiago y en el resto del país en el período 2001 al 2005,<sup>[27,28,29,30,31]</sup> demuestra como este ha aumentado en forma progresiva, siendo la Región Metropolitana (Santiago) la que acumula un 43% del total.

En la comuna de Ñuñoa la evolución del parque automotriz se no se ve acrecentada a pesar del aumento de la población y de las características socio-económicas de sectores medios y profesionales que se encuentran emigrando a esta comuna, no obstante, de acuerdo a su población, estimada en 155.000 por el Instituto Nacional de Estadísticas de Chile<sup>[32]</sup> para el año 2005, se puede apreciar que existe una relación de 0,2 autos por habitante y de 0,7 autos por domicilio, se considera para la comuna una relación aproximada de 4 personas por domicilio, Censo de Población y vivienda.<sup>[33]</sup>

### **III DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Descripción y Justificación de la zona de trabajo**

##### **Características Generales de la Comuna**

Según el Censo de población y vivienda de 2000 el 51% de las viviendas pertenece a la categoría de vivienda propia pagada, en tanto que un 26% es arrendado y un 12,7 se está pagando, siendo el 96,6% de las viviendas catalogadas como buenas. En relación al material usado en exteriores, piso y techo, el material exterior preferentemente usado es el ladrillo, concreto o bloque; en cuanto al piso las viviendas generalmente presentan radier revestido, en tanto que el material mayormente usado en techos es el zinc y el pizarreño con cielo, seguidos de la teja, tejuela y losa. En lo que atañe al abastecimiento de agua y suministro eléctrico, la totalidad de las viviendas cuentan con ambos tipos de abastecimiento. En lo que respecta a la disponibilidad de alcantarillado, prácticamente el total de las viviendas tiene alcantarillado<sup>[34]</sup>.

La comuna de Ñuñoa (figura .1.1) es un municipio antiguo en donde la expansión urbana se ha concentrado en la última década, dispone de vías principales que comunican a comunas importantes en la región Metropolitana, tales como Santiago, comuna de alta densidad de flujo vehicular y en la que se concentran las actividades de servicios públicos, comercio, y ministerios se concentran en ella, y las comunas de La Reina y Peñalolen, ambas de carácter residencial, de alta densidad poblacional

En los últimos años se ha incrementado en forma notable el desarrollo inmobiliario de la comuna, constituyéndose en el principal factor de cambio o transformación comunal tanto, desde el punto de vista espacial como del cambio de destino en el uso de los inmuebles.

La población de Ñuñoa puede clasificarse como de estrato medio, predominando los estratos C3 y C2 que concentran más del 60% de la población, pero con importante incidencia del grupo medio-alto ABC1. No obstante existen áreas muy deprimidas dentro de la comuna ubicadas principalmente al sur de Avenida. Grecia, coincidiendo con los sectores de mayor densidad representando ésta un poco más del 5% de la población total (Estratos D y E)<sup>[34]</sup>,

Figura 3.1 Comuna de Ñuñoa



Fuente: Carta IGM de Chile<sup>[35]</sup>

Las imágenes 3.1, 3.2 y 3.3 caracterizan las principales vías de circulación de la comuna. La imagen 3.1 es característica de un sector residencial de la comuna de bajo nivel de construcción, a lo más de dos pisos, la calzada tiene doble sentido de circulación y un ancho de 7 metros. Se ha denominado este tipo de calle como de destino y se asocia a ella un nivel menor de circulación.

La imagen 3.2, corresponde a una avenida principal que cruza el área en estudio y corresponde a lo que se ha denominado como un Eje, su nivel de circulación es alto supera los 1200 vehículos hora, tiene doble sentido de circulación y un ancho de 22 metros de calzada.

La imagen 3.3, es una calle de distribución de alto nivel de circulación de vehículos tanto livianos como pesados, tiene un carácter principalmente comercial, aunque algunos sectores son residenciales, su flujo vehicular supera los 1000 vehículos hora.

Imagen 3.1 Sector residencial (calle de Destino)

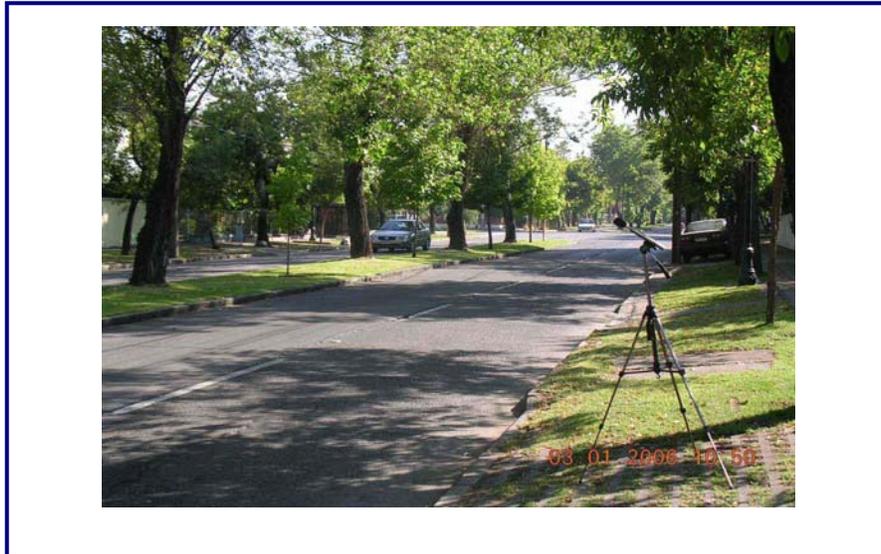


Imagen 3.2 Avenida Irarrazabal (Eje)



Imagen 3.3 Avenida Grecia (Eje)



La imagen 3.4 es una calle de Distribución con un flujo de tránsito medio, es la ruta que permite acceder a una calle de destino, por lo general comunica un eje principal con una calle de destino final de las personas en la comuna.

Imagen 3.4 Calle de Distribución

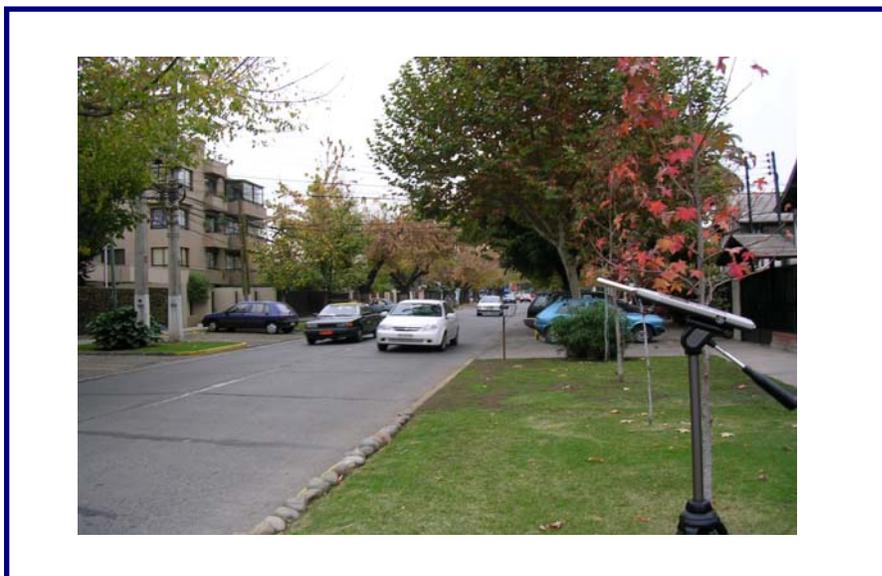


Tabla 3.1 Hogares por grupo socio-económico de la Comuna

ABC1	C2	C3	D	E	Total
13.212	19.603	10.920	7.841	1.552	53.129
24,9%	36,9%	20,6%	14,8%	2,9%	100%

Fuente: ICCOM LTDA. , 2005<sup>[36]</sup>

### Características Generales del sector en Estudio

El sector en estudio en donde se han realizado las encuestas corresponde en general a las características enunciadas para la comuna, pero se puede observar que presenta una mayor homogeneidad en cuanto a su tipo de población, nivel de ingreso, en su entorno y en su interior en los últimos años se ha producido una evolución en el sector inmobiliario, donde antiguas construcciones han dado paso a modernos edificios de departamentos, esto como es lógico de entender ha producido una mayor densificación en la población siendo más requeridas las vías de circulación y las cadenas de servicios, los que han debido multiplicarse para satisfacer una creciente población. El nivel de ingreso de la población en general corresponde a sectores medios, las construcciones son sólidas con terminaciones de buena calidad, predominando los sectores socio-económicos ABC1, C2 y C3, sectores más deprimidos económicos se encuentran en pequeños focos dentro del sector ( D y E ).

De acuerdo al último censo del 2000, la población de la comuna y en especial en el área en estudio tiende a envejecer, no obstante, debido al proceso inmobiliario de los últimos años esta situación deberá cambiar ya que junto con la modernización de las viviendas y su tipo

Llega junto con ella una población joven que deberá cambiar la variable edad de la población en un futuro cercano, lo que se verá reflejada en el próximo censo del año 2010.

De acuerdo a la Consultora de mercado ICCOM Ltda.<sup>[36]</sup>, la clasificación socio-económica de los diferentes grupos presentan las siguientes características generales:

### **ABC1:**

**BARRIO:** Se ubican en los mejores sectores de la ciudad (exclusivos), generalmente homogéneos. Áreas verdes bien ornamentadas y cuidadas. Fácil acceso a Malls y Centros comerciales como Alto Las Condes, Mall La Dehesa y Parque Arauco. Permanente mejoramiento de las vías de circulación.

**VIVIENDA:** amplias o departamentos en edificios de lujo, de construcción nueva, bonita apariencia, construcción de paredes sólidas y bien terminadas, rodeados de jardines, estacionamiento privado, citófono. Detalles de buen gusto en terminaciones. Condominios de casas independientes con guardia de seguridad. Valor sobre U.F. 4.000

Servicio doméstico 72%.

**EDUCACION:** La mayoría son profesionales universitarios con carreras tradicionales. Posibles estudios de postgrado. Promedio años de estudio del jefe de hogar profesional: 17 a 20.

**PROFESIONES:** Médicos, Abogados, Ingenieros Civiles, Ingenieros Comerciales, Agrónomos, Arquitectos y otras profesiones generalmente universitarias.

**ACTIVIDADES:** Presidentes, Gerentes Generales, Empresarios de Grandes y Medianas Empresas, Altos Ejecutivos, Profesionales liberales de éxito.

**AUTOMOVIL:** El 81% de los hogares tiene vehículo. La gran mayoría de los hogares poseen dos o más. Los autos son modernos, con 5 años o menos de uso. En general, son autos medianos y grandes con valores de 10 millones y más. Las marcas más típicas del estrato son: BMW, VOLVO, MERCEDES BENZ, ROVER, HONDA, ALFA ROMEO, AUDI, CHRYSLER.

### **C2:**

**BARRIO:** Se ubican en sectores tradicionales en conjuntos de viviendas nuevas. Calles limpia y cuidada con pavimento en buen estado. Existe preocupación por el aseo y ornato. Importantes mejoramientos viales y acceso a Malls del sector, a Centros Médicos e Hipermercados.

**VIVIENDA:** Conjuntos habitacionales, villas, bloques de departamentos. Viviendas de regular tamaño, bonita fachada, bien cuidada, sólida y bien terminada. Los valores de estas viviendas oscilan entre U.F. 2.000 y 3.500.

Servicio doméstico 43%.

**EDUCACION:** Un grupo importante son Profesionales Universitarios con carreras de primer y segundo nivel de prestigio. Promedio años de estudio del jefe de hogar profesional: 14 a 17.

**PROFESIONES:.** Ingenieros, Agrónomos, Arquitectos, Dentistas, Psicólogo, Sociólogo. Ingenieros de Ejecución, Contadores Auditores.

**ACTIVIDADES:** Empresarios de Pequeñas Empresas, Profesionales liberales jóvenes, Ejecutivos de Nivel Medio: Subgerentes, Jefes de Departamento, Jefes de Venta, Vendedores de cierto nivel. Generalmente dependientes.

**AUTOMOVIL:** El 54% de los hogares tiene vehículo. En general, son modelos medianos y pequeños. Valor bajo los 7 millones. Si tienen marcas o modelos de más status, estos son de mayor antigüedad. Las marcas más típicas de este segmento son: FIAT, DAEWOO, DAIHATSU, TOYOTA, OPEL, CHEVROLET, VOLKSWAGEN, HYUNDA

### C3

**BARRIO:** Sectores antiguos de la ciudad, populares y relativamente modestos, mezclados con C2 y otros con D; poblaciones de alta densidad. Calles medianamente limpias, césped en forma irregular. Acceden tanto a grandes supermercados como a almacenes de barrio.

**VIVIENDA:** Casa de material sólido. Si es una construcción moderna, el tamaño varía de mediana a pequeña y generalmente son pareadas. La fachada o la pintura están medianamente mantenidas, con algunos deterioros. Se observa, en general, pocos cuidados. Viviendas de valores que van de las U.F. 600 a las 2.000. Servicio doméstico: 10%.

**EDUCACION:** La mayoría son personas sin estudios de nivel superior, pero hay un grupo importante que es profesional universitario (profesores), o de institutos profesionales o centros de formación técnica. Promedio años de estudio del jefe de hogar: 10 a 14.

**PROFESIONES:.** Profesores, Ingenieros de Ejecución, Técnicos, Analistas, Programadores, Contadores.

**ACTIVIDADES:.** Comerciantes pequeños, Profesores de Colegio, Empleados Administrativos, Vendedores de Comercio, Obreros Especializados y otras actividades similares.

**AUTOMOVIL:** El 26% de los hogares tiene vehículo. Medianos y pequeños con más de 5 años de uso. En este segmento se encuentran taxistas y quienes tienen vehículo de trabajo (furgones y utilitarios). Marcas similares al nivel C2, pero de modelos de menor tasación o con bastante uso, en general el aspecto es antiguo y no refleja una manutención rigurosa

## **D**

**BARRIO:** Grandes poblaciones antiguas, en sectores viejos de Santiago, de tipo popular y gran densidad de población. Calles de veredas estrechas con pavimento en regular estado, medianamente limpias, sin áreas verdes, escasos árboles.

**VIVIENDA:** Construcción pequeña tipo económica, de material ligero con ampliaciones y agregados. Si es sólida, carece de terminaciones o se encuentra relativamente deteriorada. Valor de la vivienda que oscila entre U.F. 100 y 600. Servicio doméstico: 2%.

**EDUCACION:** La mayoría son personas con estudios básicos o medios incompletos. Hay un grupo, cada vez más importante, con estudios medios completos. Promedio años estudio del jefe de hogar: 6 a 10.

**PROFESIONES:** Sin Profesión formal.

**ACTIVIDADES:** Obreros en general, empleados de nivel bajo (junior), empleadas domésticas, lavanderas, costureras, jardineros, camareras, dependientes de comercio menor.

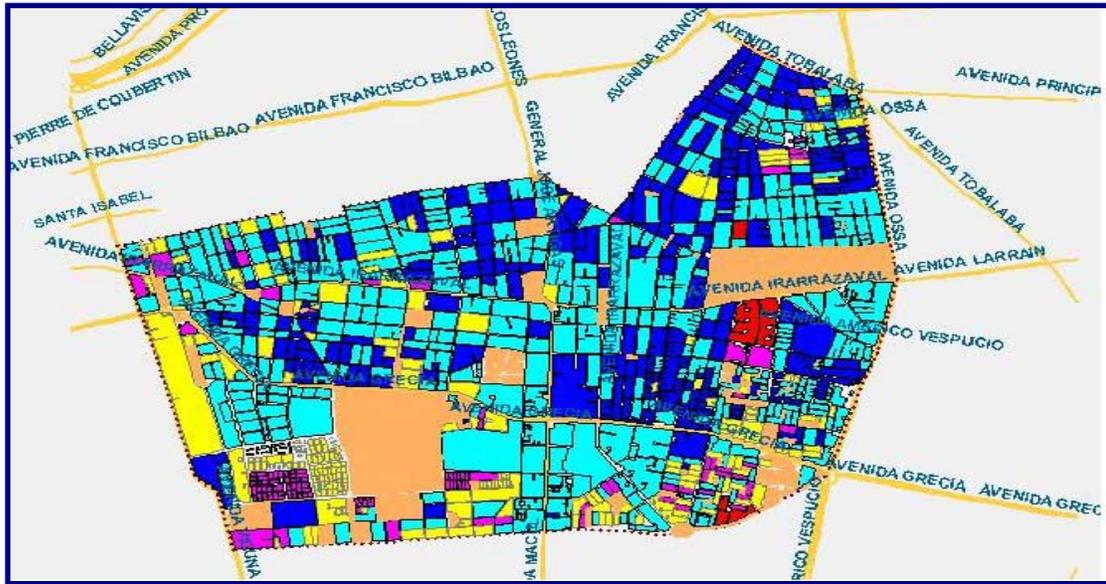
**AUTOMOVIL:** El 9% de los hogares tiene vehículo. Medianos y pequeños con más de 10 años de uso, provenientes de sucesivas reventas

## **E**

Las características de este segmento de la población casi no existe en la comuna. Corresponde a sectores pobres con escasa infraestructura y de bajo nivel educacional.

Aunque en el SIG del Municipio aparecen algunos focos de este sector, en la realidad actual prácticamente se encuentran desaparecidos debido a que han sido absorbidos por nuevas viviendas de características diferentes.

Figura 3.2 Localización sectores socio-económicos



Fuente: SIG, Ñuñoa<sup>[37]</sup>



La zona sin clasificar en Avenida Irarrázabal corresponde a una parte de áreas verdes (Plaza Egaña) y el resto a un sector comercial en un primer piso y residencial en el segundo piso, una Unidad Policial de Carabineros de Chile, y un Colegio.

### 3.2 Mediciones del Nivel de Presión Sonoro (NPS).

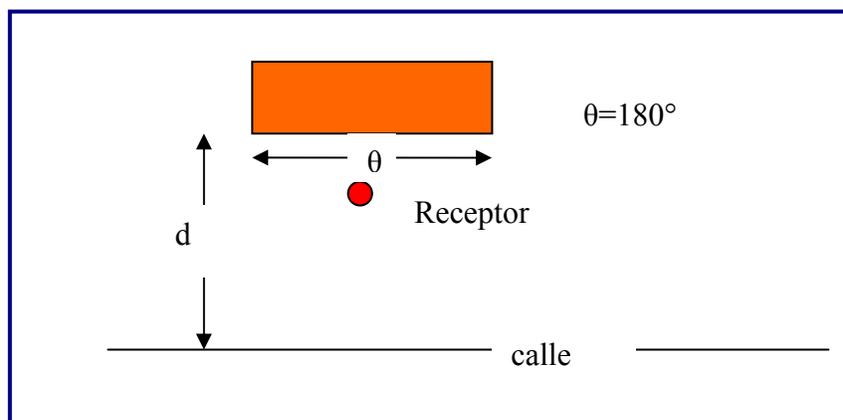
La medición de los percentiles es una medida estadística que indica la cantidad de tiempo que el ruido fue alcanzado, percentil  $L_{10}$  permite obtener el ruido ocasional que alcanza el 10% del tiempo de la medición, mientras que el  $L_{90}$  identifica el ruido de fondo existente en el lugar de la medición, la combinación de  $L_{10}$  y  $L_{90}$  permitirá encontrar en el lugar un indicador de molestia TNI ( Traffic Noise Index) mientras que el  $L_{eq,t}$  es el nivel sonoro continuo

equivalente de ponderación A , del nivel de ruido promediado durante el período de medición realizado (t).

Las mediciones del Nivel de Presión Sonoro se realizaron con un Sonómetro CESVA SC-160 tipo 2 , con el cual se obtuvo mediciones puntuales del Nivel de Presión Equivalente cada 15 minutos,  $L_{eq,t}$  y los percentiles,  $L_{10}$ , y  $L_{90}$ . La obtención de datos en terreno se realizó instalando el aparato a una distancia de 2 metros de la fachada de edificación con la finalidad de evitar el efecto de reflexión que se podría producir y a una distancia de 2 metros, por lo general, de la calzada. El sonómetro se instaló en el centro aproximado de la calle para evitar la influencia de las intersecciones de las calles circundantes.

Las mediciones del NPS de cada punto se realizaron ubicando el sonómetro en mitad de cuadra en una ubicación en la que no existiera obstáculos que pudieran interferir entre el flujo vehicular y el receptor, de esta forma el efecto de extensión queda reducido en su totalidad, tal como se muestra en la figura 3.3.

Figura 3.3 Receptor libre de obstáculos



Al no existir obstáculos entre el Receptor y la línea de la calle el efecto de difracción no se produce quedando libre la recepción de la emisión del ruido producido por el tránsito de vehículos

Los distritos censales en estudio fueron medidos en terreno en horario de 08:00 a 11 horas A.M. correspondiente al período de día, horario que se encuentra dentro de los indicado en la Directiva 2002/49/CE<sup>[38]</sup>, este horario se utilizó debido a que en la zona en estudio el movimiento de la población principalmente se produce en este período del día, luego disminuye el flujo de la población y en consecuencia el tráfico vehicular, para nuevamente crecer en intensidad en horas de la tarde.<sup>[39]</sup> La realización de encuestas a la población se orienta a tener una radiografía del impacto producido por el ruido en su medio ambiente, principalmente el ocasionado por el tráfico vehicular, tanto de vehículos livianos como del de pesado (se incluyen en esta categoría lo de mas de 3,5 toneladas y las micro o buses de la locomoción colectiva) y motocicleta y motos.

Para la programación del Plan de Mediciones se adoptó el criterio de selección de calles para las mediciones puntuales en detrimento del criterio de malla o cuadrícula, para esta selección de procedimiento se consideró que las mediciones en cuadrícula o malla pueden dejar puntos importantes que no son considerados. Se estima que la metodología de selección de calles para las mediciones es más representativa de la medición del flujo vehicular en zonas urbanas, ya que esto permite identificar tipos de calles en el sector a estudiar que sean representativas del flujo real que existe en la zona. De acuerdo a este criterio se clasificaron las calles de acuerdo a su uso y tipología de la siguiente manera:

Tabla 3.2 Uso de la calle

<b>USO DE LA CALLE</b>
Residencial
Comercial
Industrial
Recreativa
Espacio de Interés
Otros

Tabla 3.3 Tipo de Calle

<b>TIPOLOGIA DE LA CALLE</b>
Rotonda
Eje Transversal
Carretera de Acceso
Calle de Distribución
Calle de Destino

La zona en estudio corresponde a sectores principalmente habitacionales, cuyas calles mayoritariamente son de destino, con excepción de algunas avenidas principales en las cuales se encuentran la Avenida Irarrazaval, Avenida Grecia, Avenida Ossa, Avenida Macul y Avenida Chile España, las que son Ejes Transversales, y Calles de Distribución, en la comuna no se encuentra ninguna Carretera de Acceso, respecto a la tipología de Rotonda, esta situación no se presenta en el área en estudio.

Las avenidas mencionadas en el párrafo anterior concentran un gran flujo vehicular, en especial de vehículos de locomoción colectiva, la cual tiene sus principales trayectos por estas calles, las cuales comunican la comuna con el resto de la ciudad.

De acuerdo a sus características de pendiente las calles se han clasificado en: calles de subida, calles sin pendiente o planas y calles de bajada, este criterio determina el nivel de ruido esperado de acuerdo a la pendiente de la calle. Otro factor importante considerado es lo que se ha denominado la Geometría, la cual identifica calles en forma de U, de L y de J, dependiendo de la posición del sonómetro y la construcción que en ella exista. El Ministère de L'Environnement Et du Cadrie de Vie<sup>[23]</sup>, establece que se puede considerar una calle en U dependiendo del cuociente existente entre la altura media de la edificación y la distancia entre fachadas. Si este cuociente entrega un valor mayor o igual a 0,2 se puede considerar la calle en forma de U.

Las características del parque automotriz en Santiago corresponde a autos recientes, mayoritariamente de los últimos años y de fines de la década de los noventa, por lo tanto, corresponden a automóviles modernos de gasolina sin plomo y con convertidores catalíticos, aunque en el país no existe una normativa para los vehículos livianos relativa al ruido estos deben todos los años ser controlados por plantas de revisión técnica, que si bien no controlan la emisión de ruido deben controlar que su estructura se encuentre en buenas condiciones a parte de que la emisión de gases se encuentren dentro de las normas establecidas. Caso contrario es el de los buses de locomoción colectiva urbana y suburbana de la Región Metropolitana (lugar donde se encuentra el estudio que se realiza), los cuales sí deben ser controlados por la emisión de ruido tanto en estática como en dinámica de acuerdo a la normativa de ruido que rige para ellos en forma anual.

El nivel de ruido producto de la velocidad de circulación de los vehículos dependerá de entre otros factores, de la velocidad con que éstos circulen. Se ha demostrado que los mayores niveles se obtienen para altas velocidades de circulación, donde la fuente predominante es el ruido de rodado, mientras que para velocidades bajas, la fuente predominante es el ruido de motor del vehículo. Esta situación es poco común en la ciudad debido a las restricciones de velocidad a que los móviles se encuentran afectados en su circulación.

En la zona en estudio las velocidades se encuentran normadas de acuerdo a la Ley de Tránsito que no permite en zonas urbanas velocidades mayores de 40 km/hora, salvo en las avenidas principales donde la velocidad se encuentra regulada como de 60 km/hora, por lo tanto el nivel de ruido obtenido principalmente se debe al ruido del motor sin dejar de considerar el efecto producido por la relación neumático y carpeta de rodado. Las carpetas de rodado de la zona estudiada son de concreto y en general se encuentran en mal estado; por esta razón la relación el ruido del rodado tiene un efecto a considerar. En la obtención de la información de la zona donde se realizaron las mediciones se capturó la información relativa al tipo de carpeta de rodado y de sus características, como elemento a evaluar en el NPS obtenido. La tabla recoge esta información.

Tabla 3.4 Características de la Carpeta de Rodado

TIPO DE CARPETA DE RODADO	CONDICION DE LA CARPETA DE RODADO
Asfalto Normal	Bandas Rugosas
Asfalto Poroso	No Asfalto
Adoquines	Irregularidades
Otros	Buenas Condiciones

De acuerdo al tipo de calle considerado en la investigación las mediciones se pueden agrupar en mediciones realizadas en Ejes Transversales, los cuales corresponden a Avenidas que permiten comunicar a más de una comuna en la provincia de Santiago, en el caso particular del estudio se puede considerar a la Avenida Américo Vespucio que corresponde a un cordón que rodea a toda la Región Metropolitana. Estos ejes transversales tienen una circulación mayor a 1200 vehículos/hora y el ancho de la calzada corresponde a más de seis pistas, con sentido de circulación en ambos sentidos.

Otro grupo podrá ser el de Calles de Acceso o de Distribución. Este caso se ha asimilado a Avenidas que permiten el acceso a la comuna y a otras comunas de la vecinas, en el caso particular se pueden considerar las Avenidas Grecia, José Pedro Alessandri, Avenida Irarrazabal, Avenida Pedro de valdivia y las calles Simón Bolívar y Echenique. Tienen un flujo de circulación mayor de 1000 vehículos/hora. Poseen doble sentido de circulación y pueden tener un ancho de calzada de 7 o 22 metros, de acuerdo al número de pistas de circulación.

Otro grupo corresponde a las Calles de Destino. Estas son las que permiten a los residentes de la comuna acceder a su lugar de residencia, por lo general en el caso en estudio son calles de poca densidad de tráfico y esto se encuentra ratificado por los bajos niveles de presión de ruido medidos en esos lugares. Por lo general tienen un flujo vehicular que no superan los 100 vehículos/ hora, tienen doble sentido de circulación y un ancho de calzada de 7 metro. La altura de edificación no supera los cinco pisos de acuerdo a la reglamentación municipal.

En el borde este de la comuna se encuentra el denominado eje transversal, que corresponde a la Avenida Américo Vespucio, la que tiene la particularidad de conectar a todo el Gran Santiago, al interior de la comuna se aprecian una calles con un mayor grosor en su trazado, estas son las que se han denominado las carreteras de acceso, ya que por ellas es posible acceder de diversas sitios del Gran Santiago a la comuna, en su interior se encuentra un entramado de calles con líneas de menor grosor, ellas se han considerados como las calles de distribución, las de mayor longitud, y las calles de destino final, por lo general calles cortas que nacen y terminan en las consideradas como de distribución.

### 3.3 Determinación de la Percepción Social del ruido

Las encuestas realizadas a la población comprendida en el sector en estudio se realizó a los hogares de los diferentes sectores socio-económicos anteriormente definidos, de acuerdo al Censo del 2000 los hogares de la comuna tienen un promedio cercano a las cuatro personas por hogar, las encuestas efectuadas en el estudio de campo cubrió la cantidad de 233 hogares visitados durante la toma de información a la comunidad respecto a la percepción del ruido en su entorno<sup>[9]</sup>. Los ítem a considerar son los siguientes:

1. **Cuantificar la molestia que le provoca las diferentes fuentes de ruido (día/noche):** Se solicita al encuestado considerar los últimos doce meses, el que debe responder de acuerdo a su percepción el nivel de molestia que le provocan diversas actividades agrupadas en sub.-ítems, tales como:
  - Tránsito
  - Aviones
  - Trenes
  - Actividades (Industria/taller, farmacia/mercados, construcción, bares/cafeeterías, bares musicales/discoteque, música ambiental)
  - Vecindario (Infraestructura y servicios públicos, escuelas, recogida de escombros, hospitales, eventos deportivos).

Las consultas realizadas respecto a su percepción de molestia, tanto de día como de noche fueron:

- Absolutamente nada, cuantificada con un valor de 1
- Ligeramente, cuantificada con un valor de 2
- Medianamente, cuantificada con un valor de 3
- Mucho, cuantificada con un valor de 4
- Extremadamente, cuantificada con un valor de 5

## **2. Valorizar las consecuencias que le provocan el ruido en su hogar**

En este ítem el encuestado debe responder a sub-ítem relativos a:

- Falta de concentración para trabajar
- Dolor de cabeza
- Alteración nerviosa
- Irritación
- Agresividad
- Conflicto con sus vecinos
- Dificultad en la comunicación
- Escuchar equipos audiovisuales (TV)
- Dificultad o interrupción del sueño
- Otros

Las consultas de su valoración de las consecuencias que le provoca el ruido en su hogar son:

- Nada, cuantificada con un valor 1
- Poco, cuantificada con un valor 2
- Regular, cuantificada con un valor 3
- Bastante, cuantificada con un valor 4
- Demasiado, cuantificada con un valor 5

### **3 Valorizar como es el Ruido**

El encuestado en este ítem debe responder a los sub-ítems:

- En su habitación
- En su calle
- En su barrio
- En el Municipio

La valorización de cómo es el ruido en este ítem es similar al que debió responder en el ítem anterior:

- Nada, cuantificada con un valor 1
- Poco, cuantificada con un valor 2
- Regular, cuantificada con un valor 3
- Bastante, cuantificada con un valor 4
- Demasiado, cuantificada con un valor 5

### **4. Cuales de las siguientes medidas contra el ruido ha tomado**

El encuestado debe responder a los siguientes sub-ítem: en este grupo

- Cerrar las ventanas
- Dejar de usar los balcones o terrazas
- Se ha quejado alguna vez
  - Autoridades locales
  - Acción judicial
  - Ha tratado de solucionar el problema
- Aislar la habitación
- Instalar aire acondicionado
- Instalar doble ventana de vidrio
- Cambiar el lugar de residencia

- Otras

Las respuestas del encuestado en este ítem corresponden a medidas concretas que podría haber tomado frente a la molestia que le podría haber provocado el ruido en su entorno, sus respuestas están circunscritas a decir “SI” ó “NO”.

Se realizaron 233 encuestas a hogares del sector en estudio, el total de hogares en la zona es de 13794, de acuerdo al Censo de población y vivienda del año 2002. Se ha considerado obtener un margen de error de un 7% con un nivel de confianza de un 95%, para lo que se necesitan 193 encuestas de hogares en la zona de estudio, el trabajo de terreno realizado obtuvo la cantidad de 233 encuestas, número que excede el requerimiento estadístico auto impuesto.

## IV RESULTADOS DEL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

### 4.1 Medición del Nivel de Presión Sonoro

Se midieron en terreno 64 puntos en diversos lugares de la zona en estudio, principalmente considerando las características del tránsito vehicular. La figura 4.1 grafica en un plano de la comuna la ubicación de los lugares en los cuales se realizó la medición del NPS.

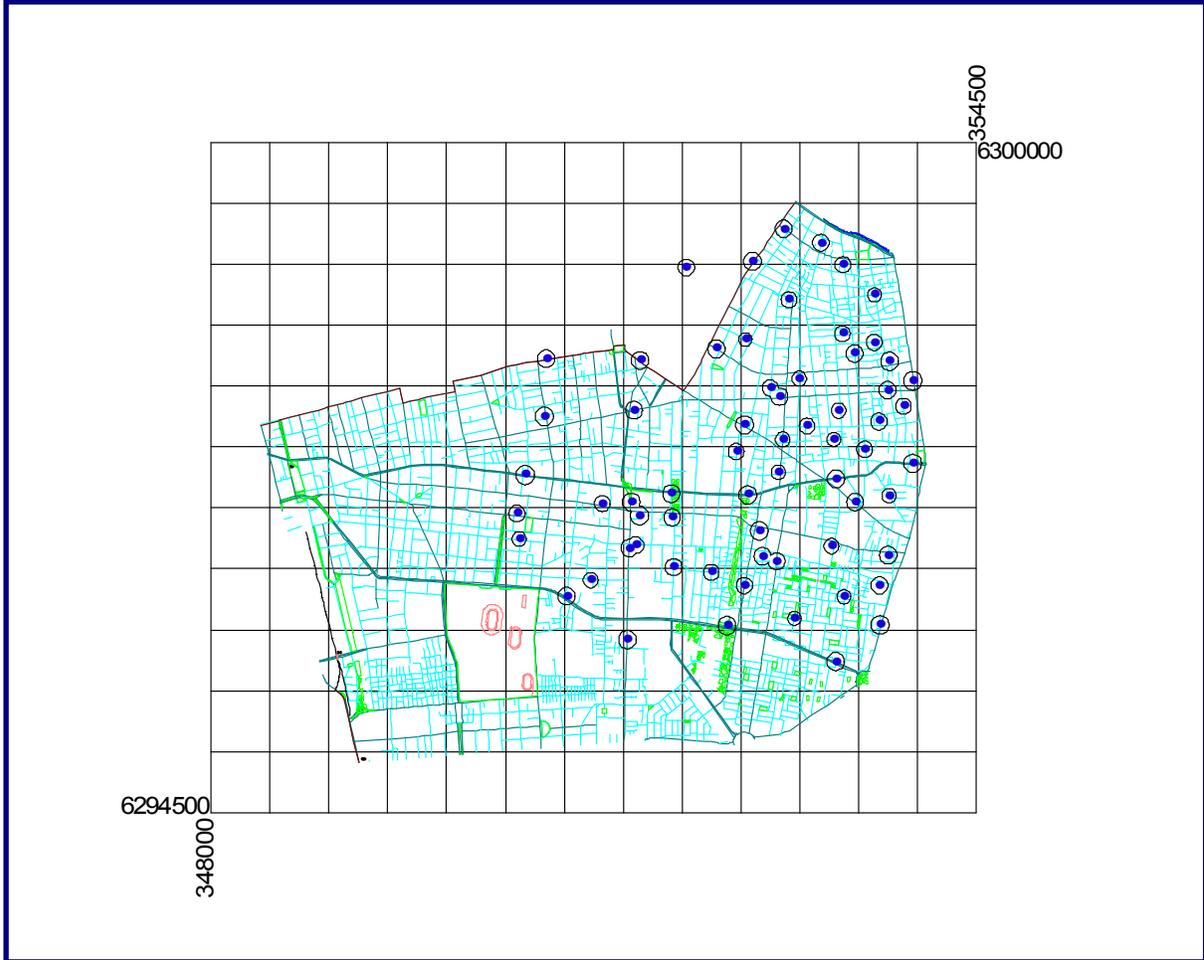
En la tabla 4.1 se muestran las mediciones del Nivel de Presión Sonoro del ruido realizadas en la zona en estudio y la cuantificación del flujo del tránsito y el porcentaje de su composición.

Tabla 4.1 Mediciones de Nivel de Presión de ruido y flujo vehicular realizadas en el período del día

Punto	$L_{eq}$	$L_{10}$	$L_{90}$	Vehículos Ligeros/h	Vehículos Pesados/h	Motos/h	Total vehículos	Porcentaje V. livianos	Porcentaje V. Pesados	Porcentaje de Motos
1	75,4	78,7	63,3	1416	140	20	1576	89,8	8,9	1,3
2	73,1	76,0	59,1	1256	132	16	1404	89,5	9,4	1,1
3	75,8	79,0	62,3	1392	284	40	1716	81,1	16,6	2,3
4	71,7	75,5	61,3	1480	240	16	1736	85,3	13,8	0,9
5	71,3	75,3	59,8	908	12	12	932	97,4	1,3	1,3
6	77,6	80,1	57,0	824	160	8	992	83,1	16,1	0,8
7	76,1	78,7	56,8	724	176	4	904	80,1	19,5	0,4
8	72,7	74,8	57,9	624	88	12	724	86,2	12,2	1,7
9	71,1	74,0	60,8	800	24	12	836	95,7	2,9	1,4
10	71,2	76,5	52,2	568	16	16	600	94,7	2,7	2,7
11R	69,6	73,3	58,2	1100	28	4	1132	97,2	2,5	0,4
12	75,3	78,6	62,1	1228	220	24	1472	83,4	14,9	1,6
13	75,5	78,8	61,3	1376	200	12	1588	86,6	12,6	0,8
14	73,1	77,1	57,0	2016	160	44	2220	90,8	7,2	2,0
15	66,5	70,1	53,5	432	16	0	448	96,4	3,6	0,0
16	74,8	77,7	58,9	2360	104	44	2508	94,1	4,1	1,8
17	68,8	72,4	54,7	892	16	12	920	97,0	1,7	1,3
18	78,9	82,4	63,8	1596	264	24	1884	84,7	14,0	1,3
19	60,1	61,4	44,7	68	4	0	72	94,4	5,6	0,0
20	62,7	65,9	46,4	96	0	4	100	96,0	0,0	4,0
21	70,8	75,1	51,8	564	4	4	572	98,6	0,7	0,7
22	64,8	68,4	46,0	96	0	0	96	100,0	0,0	0,0
23	68,3	72,8	50,1	312	8	0	320	97,5	2,5	0,0
24	71,4	74,7	56,3	284	60	8	352	80,7	17,0	2,3
25	64,1	67,4	51,6	24	4	0	28	85,7	14,3	0,0
26	57,2	60,3	48,9	20	0	0	20	100,0	0,0	0,0

Punto	$L_{eq}$	$L_{10}$	$L_{90}$	Vehículos Ligeros/h	Vehículos Pesados/h	Motos/h	Total vehículos	Porcentaje V. livianos	Porcentaje V. Pesados	Porcentaje de Motos
27	59,1	59,0	43,6	28	0	4	32	87,5	0,0	12,5
28	77,4	80,9	67,0	1968	268	12	2248	87,5	11,9	0,5
29	71,3	75,8	54,2	440	8	28	476	92,4	1,7	5,9
30	61,3	64,0	49,1	68	4	0	72	94,4	5,6	0,0
31	74,8	77,9	62,7	1772	112	68	1952	90,8	5,7	3,5
32	72,2	75,6	60,7	1096	32	4	1132	96,8	2,8	0,4
33	71,9	76,2	55,1	612	36	4	652	93,9	5,5	0,6
34	77,2	80,8	67,7	2788	436	32	3256	85,6	13,4	1,0
35	72,3	77,2	53,8	556	20	12	588	94,6	3,4	2,0
36	75,1	78,9	58,5	744	8	8	760	97,9	1,1	1,1
37	73,2	77,3	59,6	768	16	0	784	98,0	2,0	0,0
38	73,3	76,8	57,7	948	48	16	1012	93,7	4,7	1,6
39	73,3	77,2	59,3	1320	16	40	1376	95,9	1,2	2,9
40	75,8	79,1	63,2	1348	80	144	1572	85,8	5,1	9,2
41	68,6	71,0	46,4	200	4	4	208	96,2	1,9	1,9
42	68,4	72,6	50,5	248	32	4	284	87,3	11,3	1,4
43	65,0	68,4	51,1	160	8	4	172	93,0	4,7	2,3
44	60,8	61,8	45,9	68	0	4	72	94,4	0,0	5,6
45	67,0	70,4	50,1	148	16	0	164	90,2	9,8	0,0
46	58,1	55,7	44,9	32	0	0	32	100,0	0,0	0,0
47	63,3	65,2	48,4	88	0	4	92	95,7	0,0	4,3
48	60,5	61,6	47,4	24	4	0	28	85,7	14,3	0,0
49	74,0	77,2	58,1	820	56	32	908	90,3	6,2	3,5
50	66,7	68,5	44,9	64	4	16	84	76,2	4,8	19,0
51	72,8	77,2	55,9	748	8	0	756	98,9	1,1	0,0
52	66,6	70,9	52,5	556	4	4	564	98,6	0,7	0,7
53	71,2	74,4	51,1	424	0	8	432	98,1	0,0	1,9
54	57,1	58,7	39,5	48	0	0	48	100,0	0,0	0,0
55	66,2	70,5	45,9	264	12	4	280	94,3	4,3	1,4
56	64,7	67,6	45,8	36	0	4	40	90,0	0,0	10,0
57	63,3	65,3	41,8	96	8	0	104	92,3	7,7	0,0
58	65,8	69,8	47,3	244	8	4	256	95,3	3,1	1,6
59	73,6	77,5	50,6	572	12	0	584	97,9	2,1	0,0
60	69,0	72,9	54,9	676	12	8	696	97,1	1,7	1,1
61	57,9	58,8	43,8	48	0	0	48	100,0	0,0	0,0
62	69,1	72,2	48,9	176	4	0	180	97,8	2,2	0,0
63	66,3	62,6	41,2	16	0	0	16	100,0	0,0	0,0

Figura 4.1 Puntos medidos en terreno



Fuente: Carta I.G.M de Chile <sup>[35]</sup>

#### 4.1.1 Medición de $L_{eq-día}$ :

La evaluación estadística <sup>[41] [42]</sup> realizada para los Indicadores acústicos se realizó mediante el agrupamiento de mediciones en intervalos que se definen en las tablas que preceden.

Los valores de los  $L_{eq-día}$  medidos se agruparán en intervalos de 5 dB para formar una tabla de datos agrupados los cuales se muestran en la tabla 4.2

Tabla 4.2 Valores agrupados de las mediciones de  $L_{eq-día}$

Intervalo	Marca de Intervalo	Frecuencia Absoluta	Frecuencia absoluta acumulada	Frecuencia relativa en porcentaje	Desviación de punto de origen	Producto f y x'	Producto de f con X' al cuadrado
	i	f	fa	fp	x'		
75 - 79	77	11	64	100	2	22	44
71 - 75	73	22	53	82,8	1	22	22
67 - 71	69	8	31	48,4	0	0	0
63 - 67	65	13	23	35,9	-1	-13	13
59 - 63	61	6	10	15,6	-2	-12	24
55 - 59	57	4	4	6,3	-3	-12	36

$$\sum f \cdot x' = 7 \quad \sum f \cdot x'^2 = 139 \quad N = 64$$

$$\text{Promedio (X)} = 69,6 \text{ dB}$$

$$\text{Desviación Típica (s)} = \pm 3,3 \text{ dB}$$

El valor de la media de es cercano a la mediana calculada en el percentil  $C_{50}$ , la desviación típica es de  $\pm 3,3$  dB. El gráfico 4.1 muestra la distribución de las frecuencias absolutas acumuladas en porcentajes.

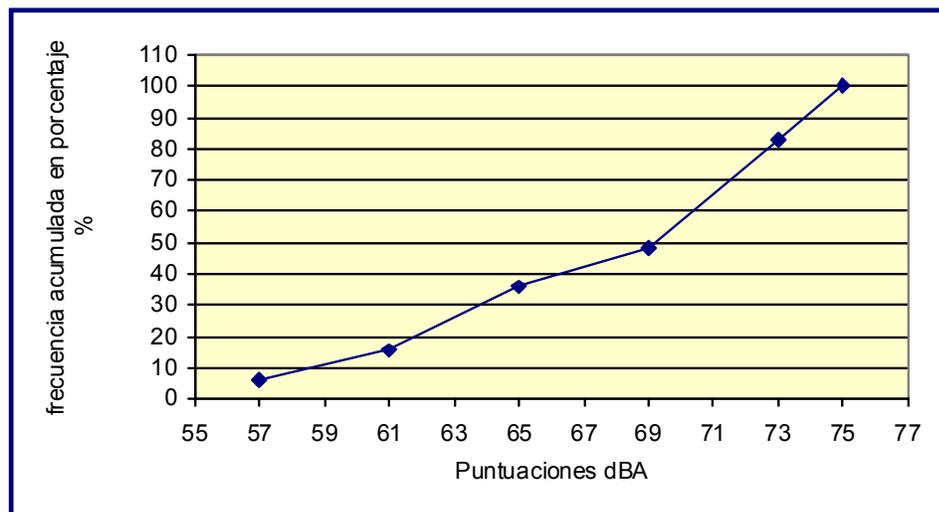
Los percentiles de 25, 50 y 75 calculados son los siguientes:

$$C_{25} = 63,3 \text{ dB}$$

$$C_{50} = 69,2 \text{ dB (Mediana)}$$

$$C_{75} = 72,9 \text{ dB}$$

Gráfico 4.1 Frecuencias absolutas acumuladas en porcentaje  $L_{eq-día}$



### 4.1.2 Medición del ruido de Fondo ( $L_{90}$ )

Las observaciones del ruido de fondo equivalente al percentil  $L_{90}$  se muestran en la tabla 4.3

Tabla 4.3 Valores agrupados de  $L_{90}$ -día

Intervalo	Marca	Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia	Desviación	Producto	Producto
	clase	f	acumulada	acumulada	Punto origen	$f \cdot x'$	Con $x'$ al cuadrado
			absoluta	porcentual	$x'$		
65 - 69	67	2	64	100	3	6	18
61 - 65	63	8	62	96,9	2	16	32
57 - 61	59	13	54	84,4	1	13	13
53 - 57	55	11	41	64,1	0	0	0
49 - 53	51	11	30	46,9	-1	-11	11
45 - 49	47	11	19	29,7	-2	-22	44
41 - 45	43	8	8	12,5	-3	-24	72

$$N = 64 \quad \Sigma f \cdot x' = -22 \quad \Sigma f \cdot x'^2 = 190$$

$$\text{Valor promedio (X)} = 53,28 \text{ dB}$$

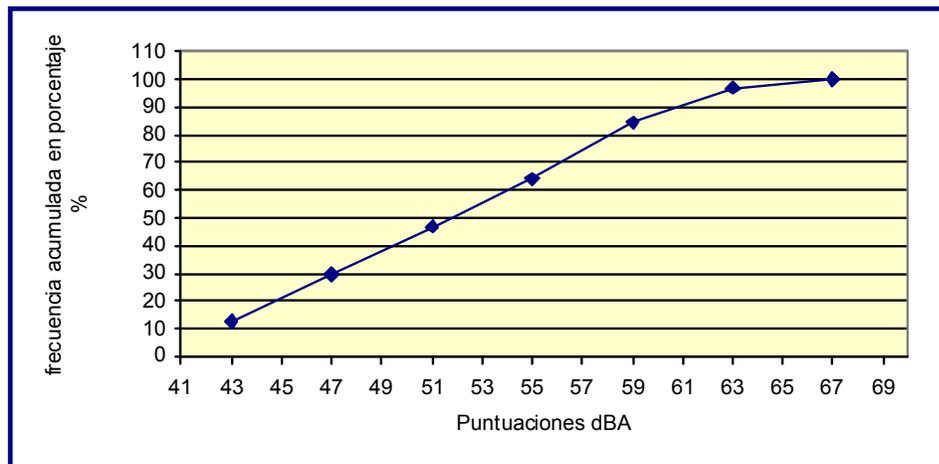
$$\text{Desviación Típica (s)} = \pm 3,78 \text{ dB}$$

$$C_{25} = 46,6 \text{ dB}$$

$$C_{50} = 51,9 \text{ dB (Mediana)}$$

$$C_{75} = 56,2 \text{ dB}$$

Gráfico 4.2 Frecuencias absolutas acumuladas en porcentajes  $L_{90}$ -día



### 4.1.3 Medición del Percentil $L_{10}$

En la tabla 4.4 se encuentran los datos de la medición del percentil  $L_{10}$  agrupados en intervalos de 5 dB.

Tabla 4.4 Valores agrupados de  $L_{10}$ -día

Intervalo	Marca de clase	Frecuencia absoluta f	Frecuencia absoluta acumulada	Frecuencia acumulada porcentaje	Variación desde el origen x'	Producto f*x'	Producto f*x'^2
81 - 85	83	1	64	100	3	3	9
77 - 81	79	19	63	98,4	2	38	76
73 - 77	75	15	44	68,8	1	15	15
69 - 73	71	11	29	45,3	0	0	0
65 - 69	67	8	18	28,1	-1	-8	8
61 - 65	63	5	10	15,6	-2	-10	20
57 - 61	59	4	5	7,8	-3	-12	36
53 - 57	55	1	1	1,6	-4	-4	16

$N = 64$        $\Sigma f \cdot x' = 22$

$\Sigma f \cdot x'^2 = 180$

Valor Promedio (X) = 72,2 dB

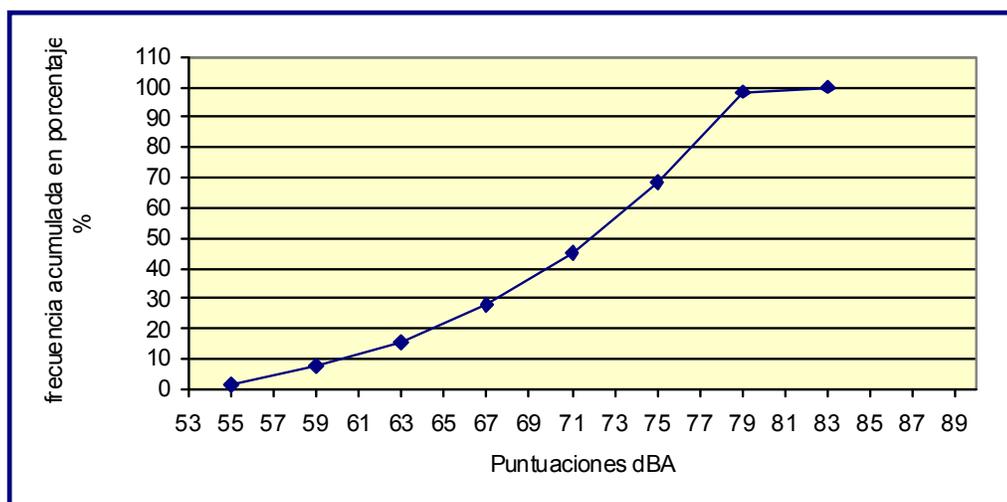
Desviación Típica (s) =  $\pm 3,67$  dB

$C_{25} = 66,8$  dB

$C_{50} = 72,0$  dB

$C_{75} = 76,0$  dB

Gráfico 4.3 Frecuencias absolutas acumuladas en porcentajes  $L_{10}$  -día



#### 4.1.4 Valores del TNI - día

Los valores calculados del TNI se presentan agrupados en intervalos de 10 dB en la tabla 4.5

Tabla 4.5 Valores agrupados de TNI - día

Intervalo	Marca de clase	Frecuencia absoluta f	Frecuencia absoluta acumulada	Frecuencia acumulada en porcentaje	Variación desde el origen x'	Producto f*x'	Producto f*x'^2
127 - 136	131,5	1	64	100	4	4	16
118 - 127	122,5	2	63	98,4	3	6	18
109 - 118	113,5	12	61	95,3	2	24	48
100 - 109	104,5	15	49	76,6	1	15	15
91 - 100	95,5	15	34	53,1	0	0	0
82 - 91	86,5	11	19	29,7	-1	-11	11
73 - 82	77,5	6	8	12,5	-2	-12	24
64 - 73	68,5	1	2	3,1	-3	-3	9
55 - 64	59,5	1	1	1,6	-4	-4	16

$N = 64$        $\Sigma f \cdot x' = 19$

$\Sigma f \cdot x'^2 = 157$

Valor Promedio (X) = 98,5 dB

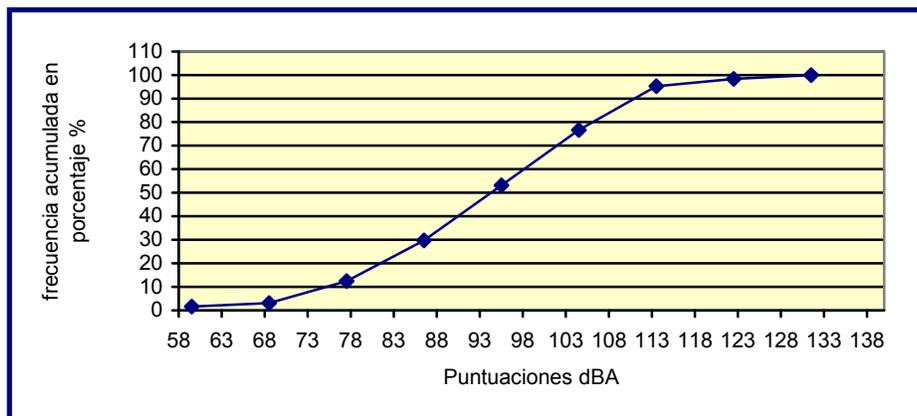
Desviación Típica (s) =  $\pm 4,9$  dB

$C_{25} = 84,8$  dB

$C_{50} = 95,2$  dB

$C_{75} = 104,8$  dB

Gráfico 4.4 Frecuencias absolutas acumuladas en porcentajes TNI - día

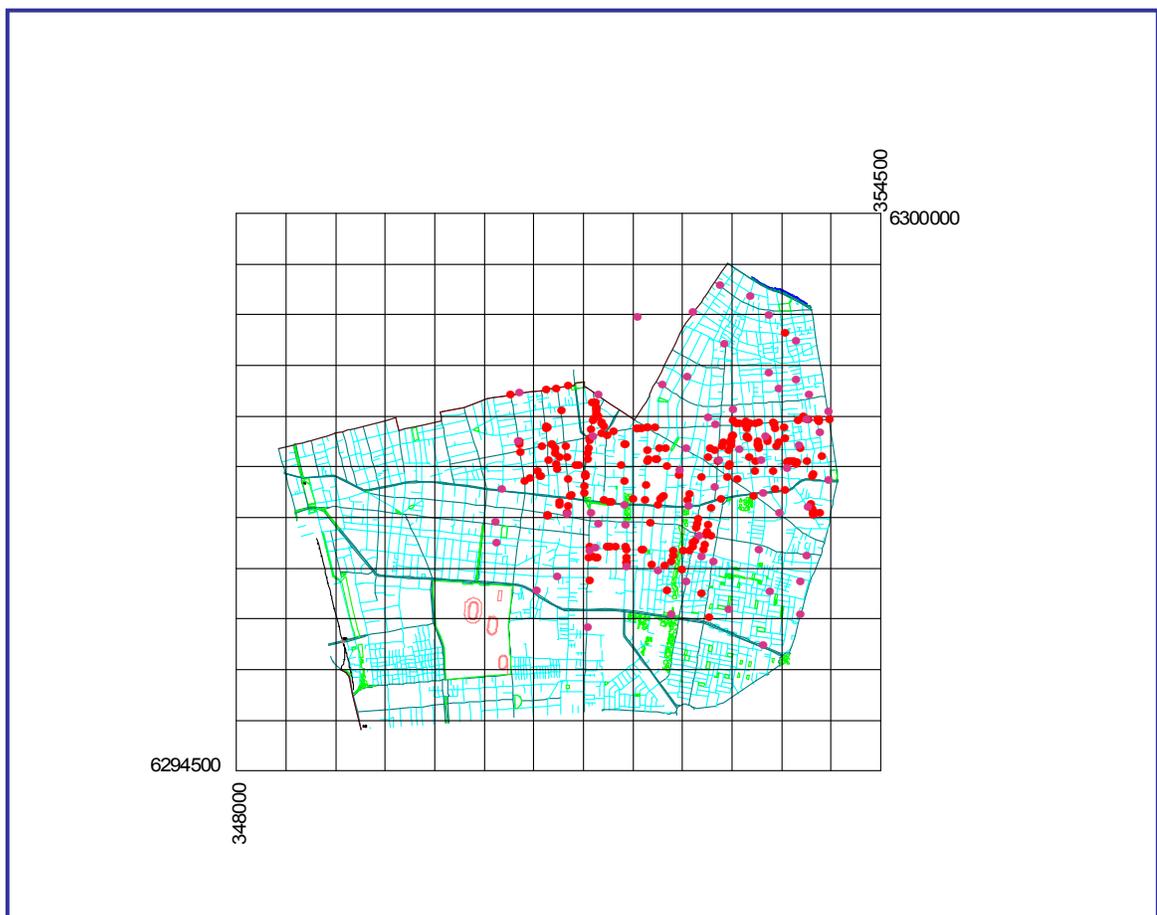


## 4.2 Resultados de Encuestas

Las encuestas realizadas a la población en estudio se han analizado mediante el software estadístico SPSS 11.5.

Se realizaron 233 encuestas a viviendas de la zona en estudio, que de acuerdo al universo de las viviendas en la zona en estudio corresponde a un nivel de confianza de un 95%, de acuerdo al Censo realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas de Chile <sup>[33]</sup>

Figura 4.2 Localización de encuestas realizadas



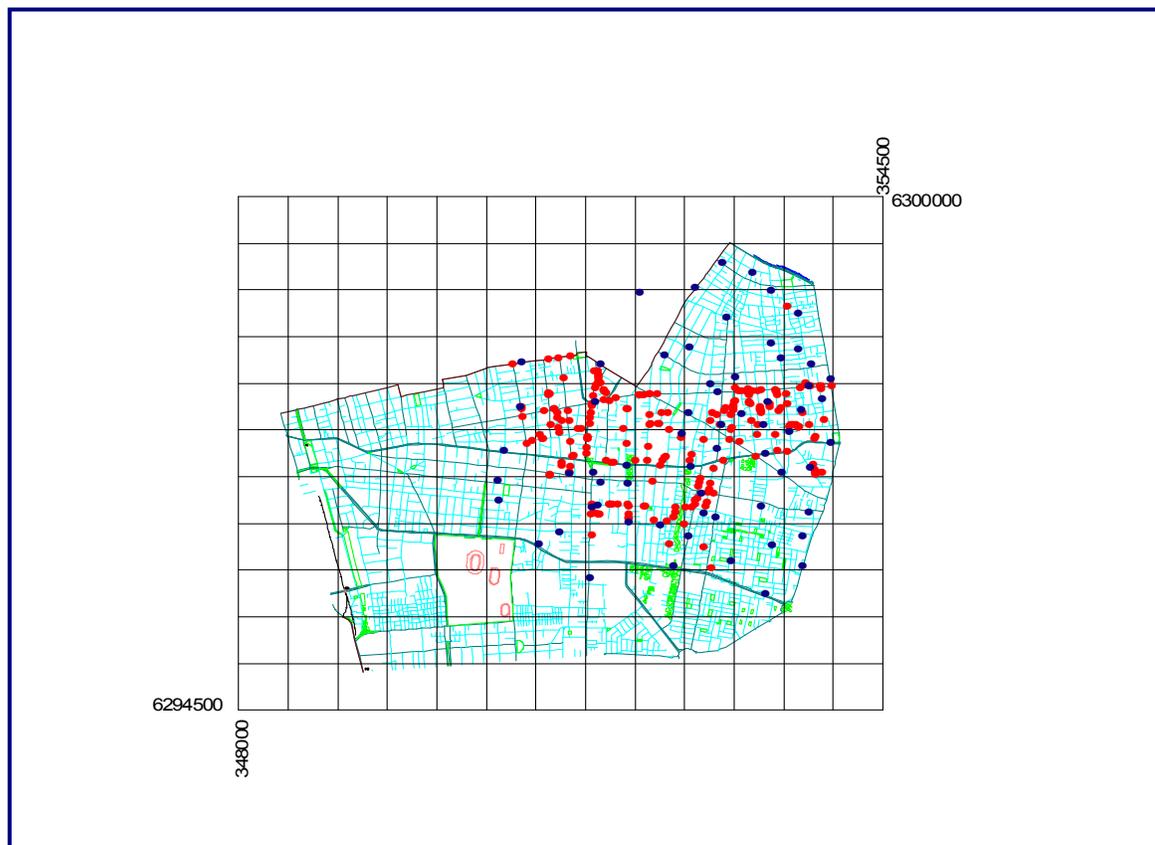
Fuente: Carta I.G.M. de Chile <sup>[35]</sup>

La figura 4.2 muestra las encuestas georreferenciadas en la cartografía base de la comuna. Cada encuesta se ha graficado con un signo de color rojo, la superficie que abarcan las encuestas corresponde a la zona en estudio.

Las 233 encuestas realizadas a la población se encuentran distribuidas en el área de investigación, la cual forma una especie de T en la zona nororiente del Municipio.

Las encuestas realizadas fueron apoyadas por las mediciones puntuales realizadas en el área en estudio y en sectores más alejados para tener una mejor perspectiva de la zona estudiada, la localización de los puntos de medición del NPS y las encuestas se encuentra graficada en una base cartográfica referida al datum geodésico SAD-69 Chua, base utilizada en las figuras 4.1, 4.2, y 4.3.

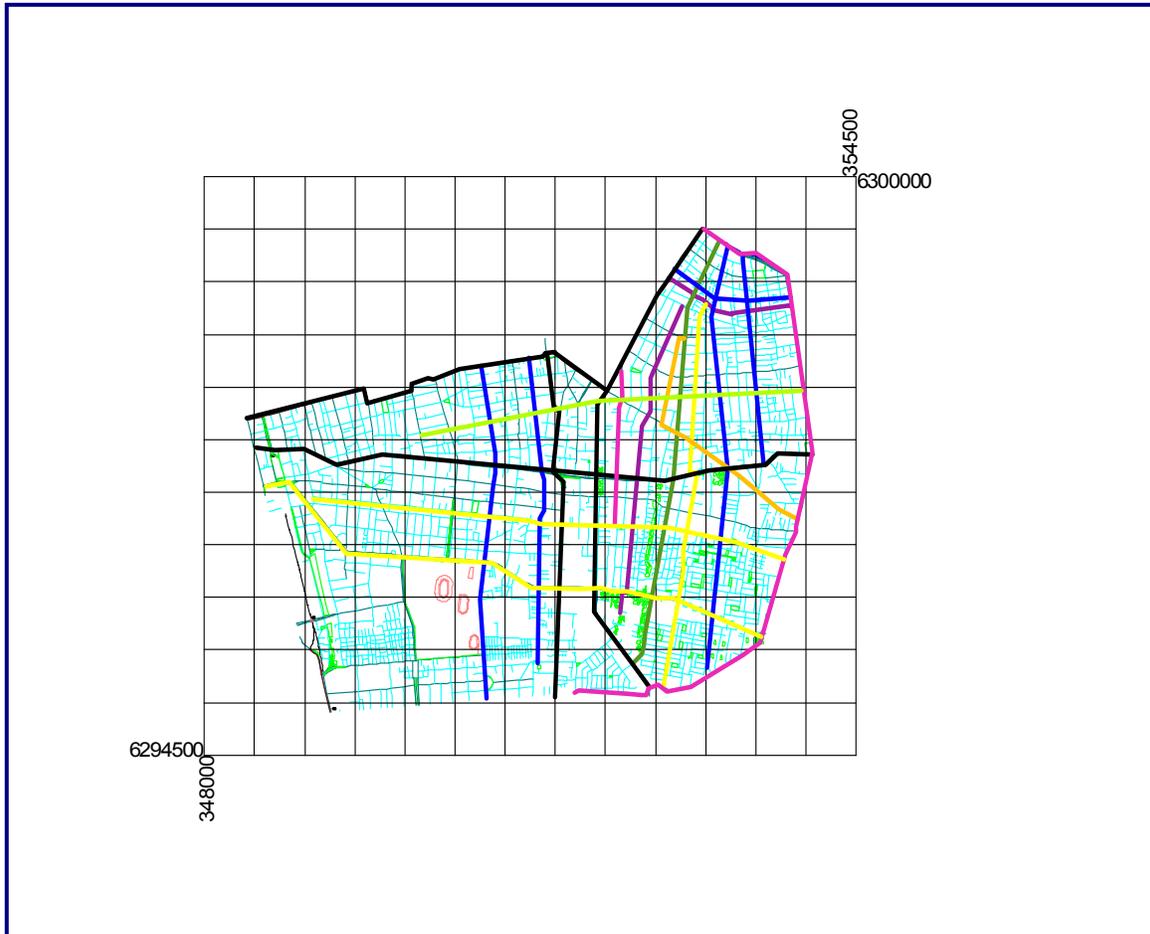
Figura 4.3 Localización de Puntos de medición del NPS y Encuestas



Fuente: Carta I.G.M. de Chile <sup>[35]</sup>

En la figura 4.3 la zona en estudio corresponde al área circunscrita por el polígono de bordes azules, las encuestas se encuentran localizadas con puntos de color verde y las mediciones de NPS corresponden a los triángulos.

Figura 4.4 Nivel del  $L_{eq}$  observado en las vías de mayor circulación



Fuente: Carta I.G.M. de Chile <sup>[35]</sup>

Las líneas de Color negro representan a Ejes de circulación con un NPS promedio de 72 dBA al igual que las de color azul, las calles de color lila tienen un NPS promedio de 74 dBA, las de color amarillo tienen un valor promedio de 70 dBA al igual que la calle con color naranja, corresponden a las avenidas más ruidosas de la zona en estudio. Las calles de distribución de color morado tienen un promedio de 60 dBA al igual que la de color verde. Las calles de color celeste son de Destino y tienen en promedio un valor menor o igual a 60 dBA.

La figura 4.4 muestra zonas de nivel de NPS correspondiente a  $L_{eq-día}$  medido en terreno, esta figura es realizada con la base cartográfica referida al sistema geodésico SAD-69 Chua (Datum Sudamericano de 1969 con origen en la localidad de Chua en Brasil).

#### 4.2.1 Característica de los encuestados

Las características demográficas de la población encuestada se presentan en las siguientes tablas, las cuales fueron procesadas con el software SPSS 11.5 en el módulo frecuencias.

Tabla 4.6 Encuestados por género

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Masculino	99	42,3	42,5	42,5
	Femenino	134	57,3	57,5	100,0
	Total	233	100	100,0	

Tabla 4.7 Rango de edad de los encuestados

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	17 a 25	33	14,1	14,2	14,2
	26 a 35	39	16,7	16,7	30,9
	36 a 45	48	20,5	20,6	51,5
	46 a 65	81	34,6	34,8	86,3
	66 a 93	32	13,7	13,7	100,0
	Total	233	100	100,0	

#### 4.8 Tiempo de residencia por rangos

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	0 a 2	41	17,5	17,6	17,6
	3 a 5	38	16,2	16,3	33,9
	6 a 10	41	17,5	17,6	51,5
	11 a 20	58	24,8	24,9	76,4
	21 a 75	55	23,5	23,6	100,0
	Total	233	99,6	100,0	

Tabla 4.9 Nivel educacional de los encuestados

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Primario	26	11,1	11,2	11,2
	Secundario	101	43,2	43,3	54,5
	Universitario	106	45,3	45,5	100,0
	Total	233	99,6	100,0	

#### 4.2.2 Nivel de Molestia de los encuestados

El nivel de molestia de los encuestados se procesa de acuerdo a las respuestas que estos entregaron frente al ruido producido por los vehículos livianos, las motos, vehículos pesados y sirenas de vehículos de emergencia, las tablas siguientes reflejan esta situación, las que fueron procesadas en el software estadístico SPSS 11.5 en el módulo tablas de contingencia

Tabla 4.10 Nivel de Molestia encuestados con vehículos livianos-día

		Vehículos Livianos - Día					Total	
		Absolutamente nada	Ligeramente	Medianamente	Mucho	Extremadamente		
	Masculino	Recuento	13	25	29	17	15	99
		% de sexo	13,1%	25,3%	29,3%	17,2%	15,2%	100,0%
	Femenino	Recuento	38	25	34	18	19	134
		% de sexo	28,4%	18,7%	25,4%	13,4%	14,2%	100,0%
Total		Recuento	51	50	63	35	34	233
		% de sexo	21,9%	21,5%	27,0%	15,0%	14,6%	100,0%

Tabla 4.11 Nivel de molestia encuestados con vehículos pesados-día

		Vehículos. Pesados -Día						
		Absolutamente nada	Ligeramente	Medianamente	Mucho	Extremadamente	Total	
	Masculino	Recuento	25	21	22	17	14	99
		% de sexo	25,3%	21,2%	22,2%	17,2%	14,1%	100,0%
	Femenino	Recuento	54	24	19	14	23	134
		% de sexo	40,3%	17,9%	14,2%	10,4%	17,2%	100,0%
Total		Recuento	79	45	41	31	37	233
		% de sexo	33,9%	19,3%	17,6%	13,3%	15,9%	100,0%

Tabla 4.12 Nivel de molestia encuestados con motos -día

		Motos Día						
		Absolutamente nada	Ligeramente	Medianamente	Mucho	Extremadamente	Total	
	Masculino	Recuento	38	13	24	14	10	99
		% de sexo	38,4%	13,1%	24,2%	14,1%	10,1%	100,0%
	Femenino	Recuento	41	36	24	16	17	134
		% de sexo	30,6%	26,9%	17,9%	11,9%	12,7%	100,0%
Total		Recuento	79	49	48	30	27	233
		% de sexo	33,9%	21,0%	20,6%	12,9%	11,6%	100,0%

En la encuesta realizada los encuestados respondían de acuerdo a los conceptos considerados respecto al nivel de molestia que ellos percibían en relación a cada una de las variables consideradas; vehículos livianos, vehículos pesados, motos y sirenas de vehículos de emergencia. Para el procesamiento de la información obtenida cada uno de estos conceptos de nivel de molestia se asimiló a una tabla de valores del 1 al 5, siendo considerado el valor de 1 como “Absolutamente Nada” y el valor de 5 como “Extremadamente”. En la tabla 4.13 se encuentra la equivalencia que se menciona.

Tabla 4.13 Equivalencia entre tabla numérica y conceptos de nivel de molestia

Concepto	Absolutamente Nada	Ligeramente	Medianamente	Mucho	Extremadamente
Valor tabla	1	2	3	4	5

### 4.3 Tipos de Vías de circulación

Las principales vías de circulación por la que los vehículos se desplazan en la zona en estudio y en particular por la unidad en investigación se clasificaron de acuerdo al diseño de la encuesta, en las siguientes:

**Eje de Circulación:** vía de un alto nivel de flujo vehicular que atraviesa la comuna y permite la comunicación con las comunas vecinas. Por lo general el NPS obtenido en este tipo de vía es de 70 dBA o mayor. En este tipo de vía el tráfico es de carácter fluido

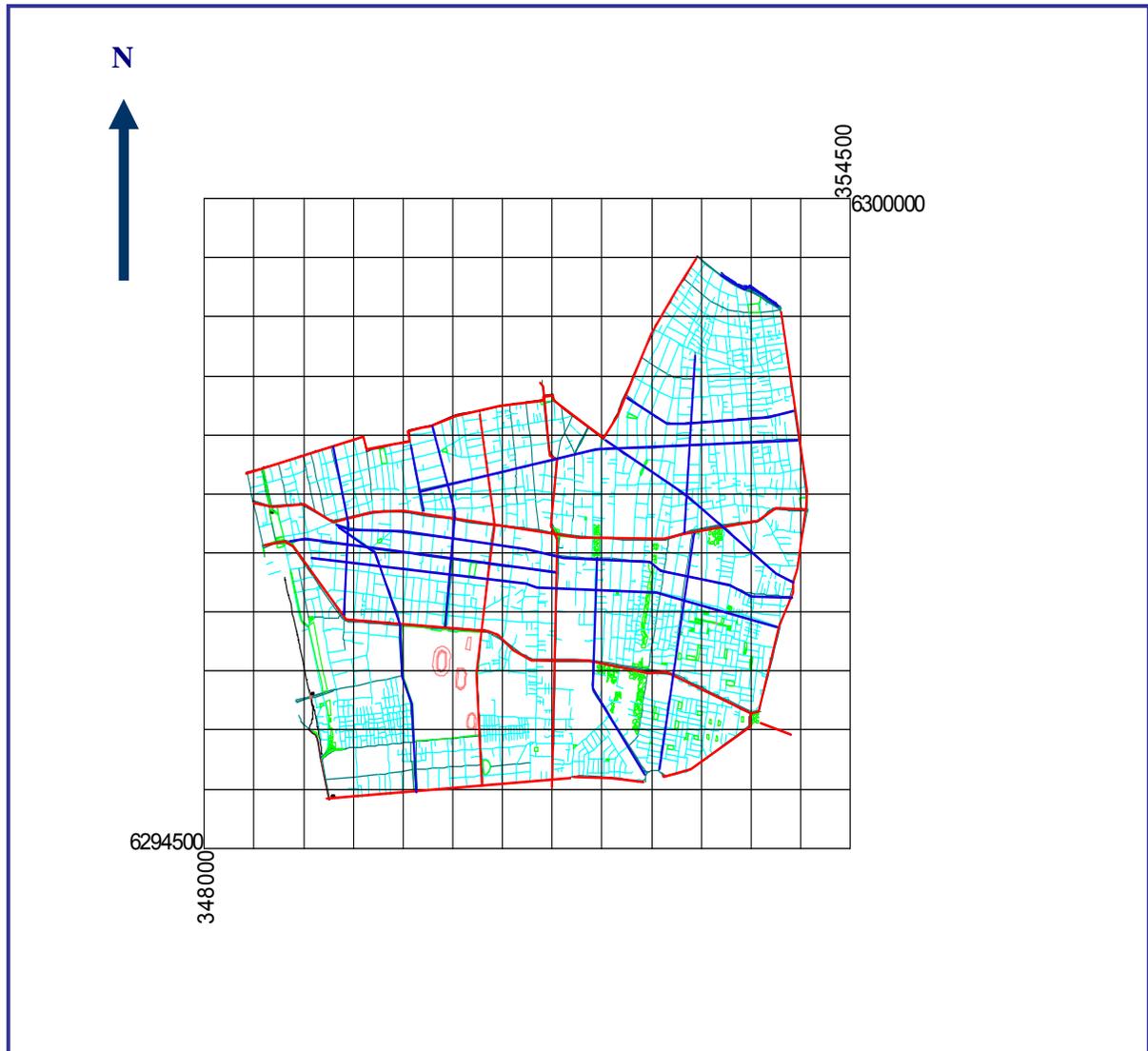
**Calle de Distribución:** es una vía que permite acceder desde los ejes de circulación a la residencia de los habitantes de la comuna, tiene un flujo vehicular menor que un eje de circulación y las mediciones en este tipo de vía del NPS suelen dar valores mayores a los 65 dBA. En este tipo de vía el tráfico es de carácter fluido como en algunas calles puede ser continuo, en ambos casos el flujo del tránsito es importante.

**Calle de Destino:** es una vía de circulación en la que la población accede a su domicilio desde las vías de distribución, el flujo vehicular es menor que en los anteriores tipos y el NPS medido suele ser menor a los 65 dBA. En este tipo de vía el tráfico es intermitente produciéndose su mayor flujo en las primeras horas del día laboral y posteriormente en el período de la tarde cuando las personas regresan de sus actividades.

La figura 4.5 grafica este tipo de vías en la comuna, mediante trazos de colores.

Las vías de color rojo representan los Ejes de Circulación y las vías de color azul son las calles de Distribución, estas tienen como característica que parten de un Eje de Circulación y terminan en otro Eje. Todas las demás calles corresponden a Calles de Destino, las que representan la mayor cantidad dentro de la comuna y el sector en estudio, el que se encuentra graficado por el polígono de color amarillo en la figura 4.5

Figura 4.5 Tipología de calles



Fuente: Carta IGM de Chile <sup>[35]</sup>

Ejes de Circulación

Calles de Distribución

Calles de destino

## V ANÁLISIS DE RESULTADOS

La Percepción del ruido y la sensación de molestia provocada en la población afectada no sólo es consecuencia de la determinación del Nivel de Presión Sonora y/o de otros parámetros físicos medidos en la zona, sino que además, se hace necesario considerar otros factores que conforman en el medio ambiente en el cual se encuentra inserta la persona, tales como parámetros demográficos, urbanísticos, sociales, culturales. En consideración a lo anterior, es que es necesario estudiar la estimación de la *dosis-efecto* como una medida relevante que permita valorar el nivel de molestia producido por el ruido a las personas. Diversos estudios y documentos manifiestan la importancia del estudio del factor *dosis-efecto* como un instrumento válido en la cuantificación y valorización de la molestia generada por el ruido.

Schulte-Fortkamp, B <sup>[43]</sup> en las Jornadas Internacionales sobre Contaminación Acústica en las Ciudades (Madrid) expresa la necesidad de realizar un mayor número de estudios tendientes a conocer de mejor forma la relación que se pueda encontrar entre las mediciones de ruido y la percepción de las personas.

La Directiva de la Unión Europea <sup>[44]</sup> en su artículo 6 apartado 3 señala “Los efectos nocivos se podrán evaluar según las relaciones dosis-efecto a las que se hace referencia en el anexo III”, el mencionado anexo dice: “Las relaciones dosis-efecto se utilizarán para evaluar el efecto del ruido sobre la población. Las relaciones dosis-efecto introducidas por futuras revisiones del presente anexo de conformidad con el apartado 2 del artículo 13 ...”.

La Unión Europea en su publicación <sup>[45]</sup> relativa a políticas futuras relacionadas con la posición que se debe adoptar sobre las relación de *dosis-respuesta* entre el ruido provocado por el transporte y la molestia generada a la población, hace mención a la necesidad de contar con medidas que permitan disminuir el efecto de la contaminación producida por el ruido de los vehículos, para los cual es prioritario conocer la importancia de la dosis del ruido producida ya que esta se encuentra directamente vinculada con el efecto que ella produce en las personas.

El procesamiento de las encuestas se realizará en el software SPSS 11.5 en el módulo Estadísticos Descriptivos – Tablas de Contingencia, para determinar el porcentaje de personas que se expresaron su nivel de molestia respecto al ruido emitido por los móviles estudiados en la zona de investigación. Se procesaron las 190 encuestas y su resultado se encuentra graficado tanto en las tablas como en los gráficos que ha continuación se muestran. La valorización numérica que se utiliza corresponde a una escala de 1 a 5 en que cada encuestado debía evaluar su percepción del ruido. El valor de 1 corresponde a la percepción de menor molestia y el número 5 corresponde a un nivel de molestia extrema

El análisis que se realizará en este estudio se relaciona con la molestia producida principalmente por el tránsito urbano y su vínculo con la percepción de las personas encuestadas, se considera para tal efecto, publicaciones realizados por Schultz<sup>[17]</sup>, documento Unión Europea<sup>[43]</sup>, ICBEN<sup>[46]</sup> y T. Sato, M. Bjoèrkman y otros<sup>[47]</sup>. Consecuente con lo anterior, los valores de 4 y 5 de la escala correspondiente a la percepción de molestia de mucho y extremadamente serán los indicadores relevantes en el análisis.

## **5.1 Análisis Multivariante**

### **5.1.1 Análisis de Correlaciones de Variables**

Se analizan 190 encuestas asociadas a mediciones de indicadores de ruido con una correlación significativa  $p < 0,05$ , se utiliza para el procesamiento de esta información el software estadístico “Statistica (versión 1995)”. Las variables consideradas en el estudio corresponden a lo que se indica en la tabla 5.1, en la que se define cada una de las variables utilizadas en el análisis Multivariado efectuado.

Tabla 5.1 Variables que intervienen en el análisis de correlaciones

Variable	Significado
Ancho	Ancho de calzada
Geometría	Geometría de la calle (L , U, J , Plano)
Circulación	Tipo de circulación de acuerdo al nivel del flujo vehicular
VehLiv	Total de circulación de vehículos Livianos
VehPes	Total de circulación de vehículos Pesados
Motos	Total de circulación de Motos
Leq	Nivel de presión Sonora equivalente
L <sub>90</sub>	Percentil del 90 %
L <sub>10</sub>	Percentil del 10 %
NmVLiv	Nivel de Molestia de vehículos Livianos en rangos ( 1...5)
NmVPes	Nivel de Molestia de vehículos Pesados en rangos ( 1...5)
NmMotos	Nivel de Molestia de Motos en rangos ( 1...5)
Construc	Nivel de Molestia por construcción en rangos ( 1...5)
MusicAmb	Nivel de Molestia por música ambiental en rangos ( 1...5)

Tabla 5.2 Correlaciones entre variables.

Correlations (Ruido-2)															
Marked correlations are significant at p < .05000															
N=190 (Case wise deletion of missing data)															
Variable	Ancho	Tipo_calle	Geometria	Circulación	VehLiv	VehPes	Motos	Leq	L90	L10	NmVLiv	NmVPes	NmMotos	Construc	MusicAmb
Ancho	1,00	0,46	-0,41	0,56	0,70	0,75	0,55	0,50	0,57	0,42	0,21	0,34	0,07	0,15	0,01
Tipo_calle	0,46	1,00	-0,24	0,77	0,76	0,51	0,46	0,76	0,83	0,76	0,33	0,37	0,26	0,08	0,05
Geometria	-0,41	-0,24	1,00	-0,28	-0,29	-0,55	-0,27	-0,18	-0,27	-0,17	-0,06	-0,21	-0,05	-0,01	0,09
Circulación	0,56	0,77	-0,28	1,00	0,93	0,61	0,52	0,79	0,91	0,74	0,34	0,37	0,24	0,08	-0,05
VehLiv	0,70	0,76	-0,29	0,93	1,00	0,68	0,69	0,79	0,93	0,73	0,34	0,40	0,18	0,14	-0,01
VehPes	0,75	0,51	-0,55	0,61	0,68	1,00	0,37	0,60	0,62	0,53	0,19	0,32	0,10	0,08	-0,04
Motos	0,55	0,46	-0,27	0,52	0,69	0,37	1,00	0,51	0,57	0,44	0,12	0,23	0,00	0,16	0,03
Leq	0,50	0,76	-0,18	0,79	0,79	0,60	0,51	1,00	0,85	0,97	0,29	0,37	0,23	0,04	-0,05
L90	0,57	0,83	-0,27	0,91	0,93	0,62	0,57	0,85	1,00	0,81	0,32	0,38	0,19	0,10	-0,00
L10	0,42	0,76	-0,17	0,74	0,73	0,53	0,44	0,97	0,81	1,00	0,31	0,38	0,23	0,02	-0,04
NmVLiv	0,21	0,33	-0,06	0,34	0,34	0,19	0,12	0,29	0,32	0,31	1,00	0,63	0,36	0,18	0,15
NmVPes	0,34	0,37	-0,21	0,37	0,40	0,32	0,23	0,37	0,38	0,38	0,63	1,00	0,38	0,17	0,05
NmMotos	0,07	0,26	-0,05	0,24	0,18	0,10	0,00	0,23	0,19	0,23	0,36	0,38	1,00	0,07	-0,02
Construc	0,15	0,08	-0,01	0,08	0,14	0,08	0,16	0,04	0,10	0,02	0,18	0,17	0,07	1,00	0,16
MusicAmb	0,01	0,05	0,09	-0,05	-0,01	-0,04	0,03	-0,05	-0,00	-0,04	0,15	0,05	-0,02	0,16	1,00

Fuente: Software Statistica (versión 1995)

Los valores en color rojo de la tabla indican que existe una correlación estimada como significativa entre variables.

El procesamiento de las variables mediante el software Statistica (versión 1995) entrega el nivel de correlación que encuentra entre las diversas variables que se evalúan. El proceso muestra como valores de correlación significativos aquellos que entrega con color rojo, no obstante, la literatura demuestra <sup>[41][42]</sup> que en la evaluación entre dos variables una correlación es significativa cuando ella se acerca al valor de 1, siendo considerado un valor mayor de 0,5 como indicativo de que existe una correlación que es necesario considerar.

En el caso de muestras multivariadas el análisis considera como relevante las correlaciones entre variables a partir de valores de 0,13, situación que se puede observar en el análisis realizado al procesar la información en el software Statistica. No obstante los valores entregados por el procesamiento de la información mediante el software, el agrupamiento de las variables en el gráfico de dispersión de variables 5.1 nos muestra que tanto el ruido por construcción como por música ambiental y geometría de las calles se encuentran apartadas del resto de las variables indicando esto que la correlación entre las variables mencionadas en primer término y el resto no es significativa en términos efectivos.

### **5.1.2 Análisis de Cluster**

El análisis de Cluster es la denominación de un grupo de técnicas multivariantes cuyo principal propósito es agrupar objetos basándose en las características que poseen <sup>[48]</sup>. El análisis de cluster permitirá identificar de acuerdo al nivel de sus correlaciones la dependencia de unas variables respecto a otras <sup>[49][50]</sup>.

El análisis de cluster permite a través de algoritmos de clasificación, agrupar un conjunto de elementos en grupos exhaustivos y excluyentes en función de un conjunto de variables de clasificación para determinar si los individuos pertenecen a grupos o conglomerados <sup>[51]</sup>.

El análisis de cluster es una técnica de análisis de datos, de carácter clasificatorio, que tiene por finalidad la formación de clases, tipos o grupos, tan similares entre sí como sea posible, partiendo de un conjunto de datos multivariados <sup>[52]</sup>.

El método de Ward consiste en un análisis de varianza aproximado para evaluar las distancias entre los cluster. Este método intenta minimizar la suma de cuadrados (SS) de dos (hipotéticos) cluster, que pueden ser formados en cada paso. En general, este método es considerado como muy eficiente, sin embargo, tiende a crear cluster de pequeño tamaño <sup>[53]</sup>.

El método de varianza mínima de Ward, en donde la distancia entre dos agrupamientos se define como el cuadrado de la distancia entre las medias de esos agrupamientos, dividida por la suma de los recíprocos de la cantidad de puntos que se encuentran dentro de cada uno de éstos <sup>[52][53][54][55]</sup>

### **Escalamiento Multidimensional (Multidimensional Scaling)**

El escalamiento multidimensional (MDS), también, conocido como mapa perceptual, es un procedimiento que permite a un investigador determinar la imagen relativa percibida como un conjunto de objetos (firmas, productos, ideas, u otros artículos asociados con percepciones comúnmente sostenidas). El objetivo de MDS es transformar los juicios de semejanza o preferencia del consumidor (por ejemplo, la preferencia por tiendas o marcas) en distancias representadas en el espacio multidimensional. El escalamiento multidimensional se basa en la comparación de objetos. Se puede pensar que cualquier objeto (por ejemplo, el producto, el servicio, la imagen, el aroma) tenga tanto dimensiones percibidas como objetivas. Dos productos pueden tener las mismas características físicas (dimensiones objetivas) pero ser visto de manera diferente, porque las marcas diferentes son percibidas para diferenciarse en la calidad (una dimensión percibida) por muchos clientes <sup>[48]</sup>.

Las medidas de bondad de ajuste son un método estadístico, que permite realizar la comparación entre los valores medidos y los valores estimados por el modelo. Una función desarrollada para determinar la bondad de este ajuste denominada Stress. Viene dada por:

$$Stress = \sqrt{\frac{\sum_i \sum_j (d_{ij} - \hat{d}_{ij})^2}{(d_{ij} - \bar{d})^2}}$$

Donde  $d_{ij}$  son los valores medidos,  $\hat{d}_{ij}$  los valores estimados por el modelo, y  $\bar{d}$  el promedio de las distancias en el gráfico. Este coeficiente varía entre 0 y 1. El cero indica ajuste perfecto y valores superiores a 0,2 se asocian a malos ajustes. En la práctica se debe considerar que valores de stress más próximo a cero indican un mejor ajuste <sup>[52]</sup>.

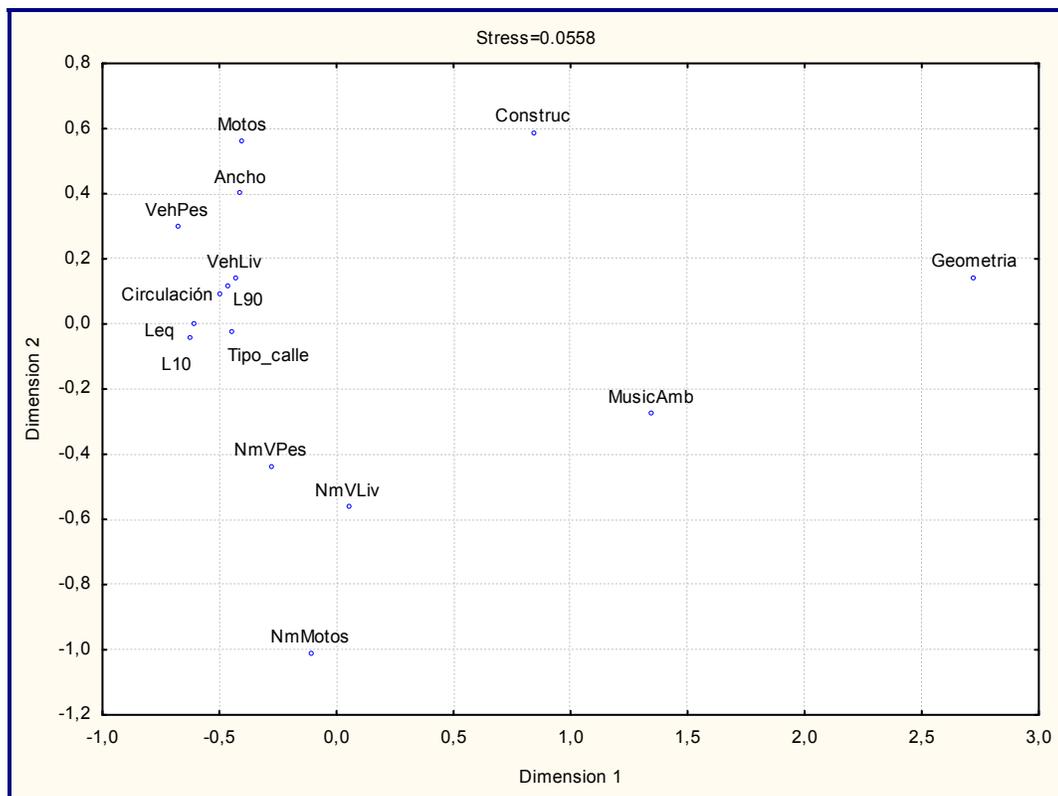
El gráfico 5.2 muestra un gráfico de dispersión de las variables aglomeradas obtenido con un nivel de stress de 0,0558. La similitud es medida mediante la Distancia Euclidiana entre cada par de observaciones. Al utilizar la distancia como medida de proximidad entre variables, las distancia más cortas indican una mayor correlación entre ellas.

El gráfico de dispersión 5.1 indica que existen variables que se encuentran con una correlación alta entre ellas lo que les encontrarse a una distancia cercana, en el sector superior izquierdo se agrupa un importante número de variables. En el sector izquierdo inferior se encuentran variables relativas al nivel de molestia percibida por las personas respecto al tráfico vehicular. Más aisladas se encuentran las variables relativas al nivel de molestia percibido respecto a actividades que ocurren en la comunidad, como: la música ambiental y la construcción. La geometría de las calles se encuentra aislada y lejana al resto de las variables

La circulación de vehículos livianos se encuentra altamente correlacionada con las características del tipo de calle, circulación ancho de calzada al igual que con los indicadores acústicos y la cantidad de vehículos pesados y motos, así queda demostrado tanto en la tabla 5.2 de correlaciones, como en el gráfico 5.1 de dispersión de variables. Los niveles de molestia tanto de vehículos livianos como de pesados y de motos presentan un valor de correlación alto entre ellos, en especial entre el nivel de molestia entre vehículos livianos y vehículos pesados. El nivel de molestia de las personas (medición subjetiva) respecto a las

mediciones objetivas tanto del entorno como de los indicadores acústicos en ningún caso supera el valor de 0,4, esto indica que la percepción de molestia de la población no depende solamente de las condiciones físicas del entorno ni del valor obtenido de los indicadores, sino que además, de condiciones subjetivas de cada una de las personas respecto a como es capaz de valora el medio que la rodea.

Grafico 5.1 Dispersión de las variables



## 5.2 Relación Niveles Sonoros y Tráfico vehicular

El objetivo del capítulo será encontrar la relación que existe entre los Indicadores Acústicos y el TNI de acuerdo a las características del tráfico.

Se analizará el comportamiento de la constante de ruido de un vehículo, K, para la zona en estudio y se estudiará su comportamiento en relación al valor de  $L_{eq}$  medido en función de la expresión siguiente:  $L_{eq} = K + 10 \log (Q)^{[22]}$ , siendo Q el total del tránsito medido en cada una de las calles. La determinación de la constante (K) se efectuará mediante la expresión:

$$K = L_{eq} - 10 * \text{Log} (Q).$$

Obtenida la constante K, tal como se expresa en el párrafo anterior, se determinará un K promedio, el que saldrá de la media de los K calculados entre las calles que se encuentren libres en un alto porcentaje de la influencia del ruido producido por vehículos pesados y motos y que la anchura de la calles, entre fachada y fachada no sea significativamente mayor o menor al del resto de las calles, este valor será el K medio ( $K_m$ ) que se utilizará para determinar un valor  $K_i$  para cada calle, el que quedará definido en la función siguiente:

$$K_i = (K - K_m).$$

La determinación de  $K_i$  permitirá determinar el comportamiento e influencia que tanto los vehículos pesados como las motos tienen en el tráfico vehicular en la zona en estudio.

Tabla 5.3 Valores para determinar  $K_m$

Total Tráfico (Q)	$L_{eq}$ Medido (dBA)	Porcentaje Vehículos Livianos	Porcentaje Vehículos Pesados	Porcentaje de Motos	K	$K_i$ (K- $K_m$ ) (dBA)	Tipo de Calle	Anchura Entre fachadas
394	75,4	89,8	8,9	1,3	49,4	0,6	Eje	28
351	73,1	89,5	9,4	1,1	47,6	-1,2	Eje	28
233	71,3	97,4	1,3	1,3	47,6	-1,2	Distribucion	17
209	71,1	95,7	2,9	1,4	47,9	-0,9	Distribución	19
150	71,2	94,7	2,7	2,7	49,4	0,6	Distribución	19
283	69,6	97,2	2,5	0,4	45,1	-3,7	Distribución	19
555	73,1	90,8	7,2	2,0	45,7	-3,2	Eje	42
112	66,5	96,4	3,6	0,0	46,0	-2,8	Distribución	19
627	74,8	94,1	4,1	1,8	46,8	-2,0	Eje	34
230	68,8	97,0	1,7	1,3	45,2	-3,6	Distribución	26
18	60,1	94,4	5,6	0,0	47,5	-1,3	Destino	19
25	62,7	96,0	0,0	4,0	48,7	-0,1	Destino	20
143	70,8	98,6	0,7	0,7	49,2	0,4	Distribución	19

Total Trafico (Q)	$L_{eq}$ Medido (dBA)	Porcentaje Vehículos Livianos	Porcentaje Vehículos Pesados	Porcentaje de Motos	K	$K_i$ (K- Km) (dBA)	Tipo de Calle	Anchura Entre fachadas
24	64,8	100,0	0,0	0,0	51,0	2,2	Destino	19
80	68,3	97,5	2,5	0,0	49,3	0,4	Distribución	19
5	57,2	100,0	0,0	0,0	50,2	1,4	Destino	19
7	59,1	100,0	0,0	0,0	50,6	1,8	Destino	11
119	71,3	92,4	1,7	5,9	50,5	1,7	Distribución	15
18	61,3	94,4	5,6	0,0	48,7	-0,1	Destino	15
488	74,8	90,8	5,7	3,5	47,9	-0,9	Eje	30
283	72,2	96,8	2,8	0,4	47,7	-1,1	Eje	28
163	71,9	93,9	5,5	0,6	49,8	1,0	Eje	28
147	72,3	94,6	3,4	2,0	50,6	1,8	Eje	28
190	75,1	97,9	1,1	1,1	52,3	3,5	Distribución	19
196	73,2	98,0	2,0	0,0	50,3	1,5	Distribución	19
253	73,3	93,7	4,7	1,6	49,3	0,4	Distribución	21
344	73,3	95,9	1,2	2,9	47,9	-0,9	Distribución	21
393	75,8	85,8	5,1	9,2	49,9	1,0	Eje	28
52	68,6	96,2	1,9	1,9	51,4	2,6	Destino	19
43	65	93,0	4,7	2,3	48,7	-0,2	Destino	19
18	60,8	94,4	0,0	5,6	48,2	-0,6	Destino	19
41	67	90,2	9,8	0,0	50,9	2,0	Destino	19
8	58,1	100,0	0,0	0,0	49,1	0,2	Destino	19
23	63,3	95,7	0,0	4,3	49,7	0,9	Distribución	19
227	74	90,3	6,2	3,5	50,4	1,6	Eje	26
189	72,8	98,9	1,1	0,0	50,0	1,2	Distribución	21
141	66,6	98,6	0,7	0,7	45,1	-3,7	Distribución	21
108	71,2	98,1	0,0	1,9	50,9	2,0	Distribución	21
12	57,1	100,0	0,0	0,0	46,3	-2,5	Destino	13
70	66,2	94,3	4,3	1,4	47,7	-1,1	Distribución	28
26	63,3	92,3	7,7	0,0	49,2	0,3	Destino	18
64	65,8	95,3	3,1	1,6	47,7	-1,1	Destino	18
146	73,6	97,9	2,1	0,0	52,0	3,1	Distribución	20
174	69	97,1	1,7	1,1	46,6	-2,2	Distribución	20
12	57,9	100,0	0,0	0,0	47,1	-1,7	Destino	14
45	69,1	97,8	2,2	0,0	52,6	3,7	Destino	19

En la tabla 5.3 se encuentran las mediciones que se encuentran libres en gran medida de la influencia del ruido producido por el tránsito de vehículos pesados y motos, lo que permite encontrar un el valor de la constante K, generada por el transito mayoritario en porcentaje, como se puede apreciar en la tabla, de vehículos livianos. Obtenido el valor de K en cada caso en función de las mediciones de  $L_{eq}$  medido y del tráfico total (LogQ), se obtuvo para

Km el valor de 48,8 dBA, medida que se aplico a cada uno casos en que se debe evaluar el  $K_i$ , tanto para los vehículos pesados como para las motos.

### 5.2.1 Relación entre $L_{eq}$ y $\text{Log } Q$

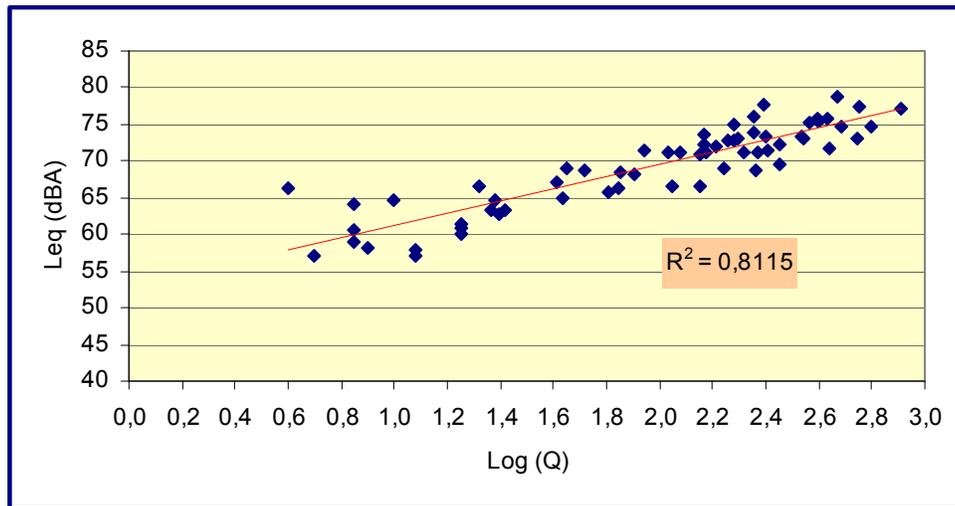
En la tabla 5.4 se encuentran los valores de las mediciones realizadas que permitirán encontrar la relación que existe entre el  $L_{eq}$  y el logaritmo del tráfico total ( $\text{Log } Q$ ).

Tabla 5.4 Medidas de  $L_{eq}$  y Trafico Total (n=64)

$L_{eq}$	$L_{10}$	$L_{90}$	TNI	Tráfico Total	$\text{Log}(Q)$
75,4	78,7	63,3	94,9	394	2,6
73,1	76	59,1	96,7	351	2,5
75,8	79	62,3	99,1	429	2,6
71,7	75,5	61,3	88,1	434	2,6
71,3	75,3	59,8	91,8	233	2,4
77,6	80,1	57	119,4	248	2,4
76,1	78,7	56,8	114,4	226	2,4
72,7	74,8	57,9	95,5	181	2,3
71,1	74	60,8	83,6	209	2,3
71,2	76,5	52,2	119,4	150	2,2
71,5	74,7	60,4	87,6	257	2,4
69,6	73,3	58,2	88,6	283	2,5
75,3	78,6	62,1	98,1	368	2,6
75,5	78,8	61,3	101,3	397	2,6
73,1	77,1	57	107,4	555	2,7
66,5	70,1	53,5	89,9	112	2,0
74,8	77,7	58,9	104,1	627	2,8
68,8	72,4	54,7	95,5	230	2,4
78,9	82,4	63,8	108,2	471	2,7
60,1	61,4	44,7	81,5	18	1,3
62,7	65,9	46,4	94,4	25	1,4
70,8	75,1	51,8	115	143	2,2
64,8	68,4	46	105,6	24	1,4
68,3	72,8	50,1	110,9	80	1,9
71,4	74,7	56,3	99,9	88	1,9
64,1	67,4	51,6	84,8	7	0,8
57,2	60,3	48,9	64,5	5	0,7
59,1	59	43,6	75,2	7	0,8
77,4	80,9	67	92,6	562	2,7
71,3	75,8	54,2	110,6	119	2,1
61,3	64	49,1	78,7	18	1,3

$L_{eq}$	$L_{10}$	$L_{90}$	TNI	Tráfico Total	$\text{Log}(Q)$
74,8	77,9	62,7	93,5	488	2,7
72,2	75,6	60,7	90,3	283	2,5
71,9	76,2	55,1	109,5	163	2,2
77,2	80,8	67,7	90,1	814	2,9
72,3	77,2	53,8	117,4	147	2,2
75,1	78,9	58,5	110,1	190	2,3
73,2	77,3	59,6	100,4	196	2,3
73,3	76,8	57,7	104,1	253	2,4
73,3	77,2	59,3	100,9	344	2,5
75,8	79,1	63,2	96,8	393	2,6
68,6	71	46,4	114,8	52	1,7
68,4	72,6	50,5	108,9	71	1,9
65	68,4	51,1	90,3	43	1,6
60,8	61,8	45,9	79,5	18	1,3
67	70,4	50,1	101,3	41	1,6
58,1	55,7	44,9	58,1	8	0,9
63,3	65,2	48,4	85,6	23	1,4
60,5	61,6	47,4	74,2	7	0,8
74	77,2	58,1	104,5	227	2,4
66,7	68,5	44,9	109,3	21	1,3
72,8	77,2	55,9	111,1	189	2,3
66,6	70,9	52,5	96,1	141	2,1
71,2	74,4	51,1	114,3	108	2,0
57,1	58,7	40,6	83	12	1,1
66,2	70,5	45,9	114,3	70	1,8
64,7	67,6	45,8	103	10	1,0
63,3	65,3	41,8	105,8	26	1,4
65,8	69,8	47,3	107,3	64	1,8
73,6	77,5	50,6	128,2	146	2,2
69	72,9	54,9	96,9	174	2,2
57,9	58,8	43,8	73,8	12	1,1
69,1	72,2	48,9	112,1	45	1,7
66,3	62,6	41,2	96,8	4	0,6

Grafico 5.2 Relación  $L_{eq}$  y  $\text{Log } Q$



La relación  $L_{eq}$  con  $\text{Log } (Q)$  tiende a tener una dependencia lineal, la nube de puntos indica que a medida que el  $\text{Log } (Q)$  aumenta,  $L_{eq}$  también lo hace. Una recta de regresión lineal ajusta con un coeficiente de Variación explicada de 0,8115 valores que indica una alta dependencia entre las variables, pues su coeficiente de correlación es de 0,9.

El resultado demuestra que la relación entre el tráfico global y el nivel sonoro es evidente como ya está contemplado en diferentes modelos de cálculo. Sin embargo, es deseable conocer si otras variables de tráfico, como por ejemplo los vehículos pesados o las motocicletas tienen incidencia cuantificable sobre el nivel sonoro urbano.

#### 5.2.1.1 Relación entre $K_i$ y Tránsito de Vehículos Pesados

La obtención del valor de  $K_i$  para este tipo de vehículo se obtiene mediante la diferencia realizada entre el valor de  $K$  calculado para cada registro en particular y el valor de  $K_m$  determinado en la tabla 5.3.

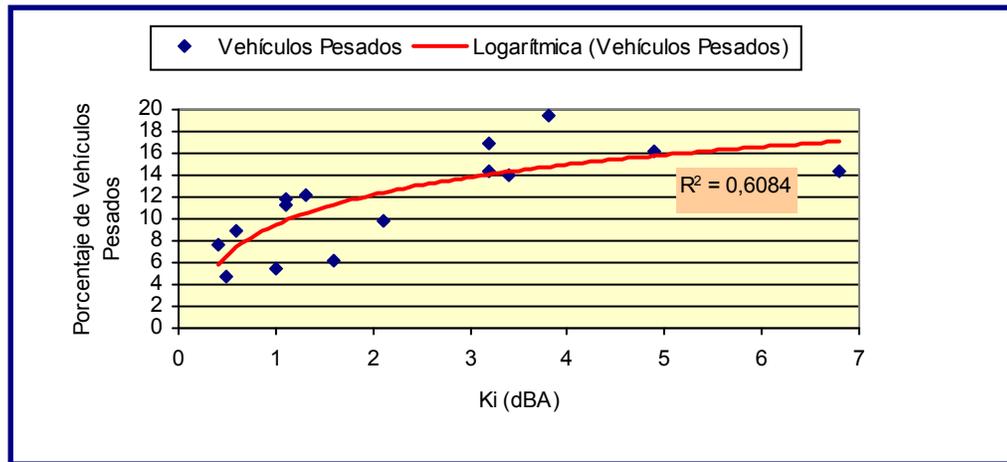
Se considerarán para determinar la relación entre  $K_i$  y el tránsito de vehículos pesados (TVP), el porcentaje de este último respecto al tránsito total (Q) y  $K_i$ , en que efectivamente el porcentaje de TVP sea significativo respecto a Q y que no exista alguna otra variable, como anchura de calle o condiciones de la carpeta de rodado, que puedan influir en la correlación entre estas dos variables consideradas. En la tabla 5.5 están los valores que se tomaran para el cálculo de correlación respectivo.

Tabla 5.5 Relación entre  $K_i$  y tráfico de Vehículos Pesados

Trafico Total (Q)	Porcentaje de Vehículos Livianos	Porcentaje de Vehículos Pesados	Porcentaje de Motos	K (dBA)	$K_i$ (dBA) (K – Km)	Tipo de Calle	Anchura entre fachadas
394	89,8	8,9	1,3	49,4	0,6	Eje	28
248	83,1	16,1	0,8	53,7	4,9	Distribución	17
226	80,1	19,5	0,4	52,6	3,8	Distribución	17
181	86,2	12,2	1,7	50,1	1,3	Distribución	17
471	84,7	14,0	1,3	52,2	3,4	Eje	28
88	80,7	17,0	2,3	52,0	3,2	Distribución	19
7	85,7	14,3	0,0	55,6	6,8	Destino	19
562	87,5	11,9	0,5	49,9	1,1	Eje	26
163	93,9	5,5	0,6	49,8	1,0	Eje	28
253	93,7	4,7	1,6	49,3	0,5	Distribución	21
71	87,3	11,3	1,4	49,9	1,1	Distribución	19
41	90,2	9,8	0,0	50,9	2,1	Destino	19
7	85,7	14,3	0,0	52,0	3,2	Destino	19
227	90,3	6,2	3,5	50,4	1,6	Eje	26
26	92,3	7,7	0,0	49,2	0,4	Destino	18

La tabla 5.5 muestra los valores tanto del porcentaje de vehículos pesados (PVP) como el  $K_i$  asociado a cada registro, los valores de PVP representan un porcentaje a considerar en el total del tráfico (Q) en cada caso.

Gráfico 5.3 Relación entre Ki y tráfico porcentual de Vehículos Pesados



En el gráfico 5.5 se ve la tendencia que tiene la nube de puntos, en la cual se puede apreciar que al aumentar el porcentaje de vehículos pesados en el tránsito por una calle en una zona urbana el Ki también aumenta. La nube de puntos genera una curva logarítmica la que queda ajustada con un Coeficiente de Variación explicada de 0,61, situación que indica que existe un grado de correlación importante entre ambas variables.

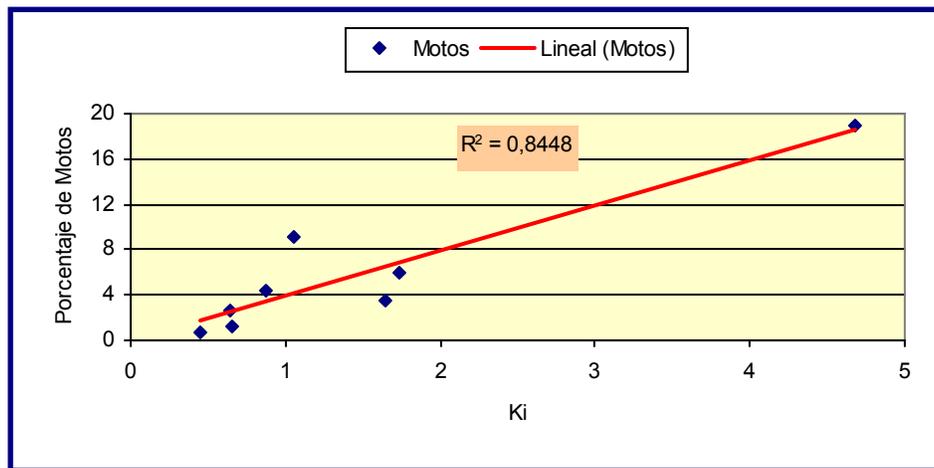
### 5.2.1.2 Relación entre Ki y Tránsito de Motos

En la tabla 5.6 se han agrupado los datos que permitirán estudiar la relación que hay entre Ki y el tránsito de Motos en el sector urbano en estudio y la importancia del impacto que el tráfico de este tipo de móvil produce en el ambiente.

Tabla 5.6 Relación entre Ki y tráfico de Motos

Trafico Total (Q)	Porcentaje Vehículos Ligeros	Porcentaje Vehículos Pesados	Porcentaje de Motos	K (dBA)	Ki (dBA)	Tipo de Calle	Anchura entre Fachadas
394	89,8	8,9	1,3	49,4	0,65	Eje	28
150	94,7	2,7	2,7	49,4	0,64	Distribución	19
143	98,6	0,7	0,7	49,2	0,45	Distribución	19
119	92,4	1,7	5,9	50,5	1,74	Distribución	15
393	85,8	5,1	9,2	49,9	1,06	Eje	28
23	95,7	0,0	4,3	49,7	0,88	Distribución	19
227	90,3	6,2	3,5	50,4	1,64	Eje	26
21	76,2	4,8	19,0	53,5	4,68	Destino	19

Gráfico 5.4 Relación entre Ki y tráfico de Motos



La nube de puntos que permite identificar la relación entre el Ki y el tránsito de motos en una zona urbana, indica que existe una tendencia a demostrar que a medida que el flujo de este tipo de móvil se aumenta en la ciudad, tiende a aumentar el ruido sobre la media de la zona afectada. La muestra es pequeña, pero la tendencia es clara sobre la influencia de las motos en el ruido urbano.

En el gráfico, la nube de puntos se orienta a generar una forma de recta, esta situación se ve refrendada en la curva de ajuste que se le ha aplicado a los puntos de la gráfica la cual toma la forma de una recta y presenta un coeficiente de Variación explicada ( $r^2$ ) igual a 0,84, valor alto si se considera que dicho coeficiente fluctúa entre 0 y 1, siendo el valor de 1 un ajuste perfecto y el nivel máximo de Dependencia entre dos variables, no obstante, es necesario considerar que la muestra analizada en este caso es pequeña.

### 5.2.2 Relación TNI con Tráfico Total (Q)

Se evalúan las mediciones realizadas en terreno para obtener la relación entre estas dos variables. La tabla 5.7 agrupa las mediciones que servirán para evaluar este Indicador Acústico y el tráfico vehicular.

Tabla 5.7 Relación entre TNI y tráfico de Vehículos e Indicadores Acústicos

TNI (dBA)	Trafico Total (Q)	Porcentaje Vehículo Livianos	Porcentaje Vehículos Pesados	Porcentaje de Motos	L <sub>eq</sub> (dBA)	L <sub>10</sub> (dBA)	L <sub>90</sub> (dBA)
94,9	394	89,8	8,9	1,3	75,4	78,7	63,3
96,7	351	89,5	9,4	1,1	73,1	76	59,1
99,1	429	81,1	16,6	2,3	75,8	79	62,3
88,1	434	85,3	13,8	0,9	71,7	75,5	61,3
91,8	233	97,4	1,3	1,3	71,3	75,3	59,8
119,4	248	83,1	16,1	0,8	77,6	80,1	57
114,4	226	80,1	19,5	0,4	76,1	78,7	56,8
95,5	181	86,2	12,2	1,7	72,7	74,8	57,9
83,6	209	95,7	2,9	1,4	71,1	74	60,8
119,4	150	94,7	2,7	2,7	71,2	76,5	52,2
87,6	257	96,5	1,6	1,9	71,5	74,7	60,4
88,6	283	97,2	2,5	0,4	69,6	73,3	58,2
98,1	368	83,4	14,9	1,6	75,3	78,6	62,1
101,3	397	86,6	12,6	0,8	75,5	78,8	61,3
107,4	555	90,8	7,2	2,0	73,1	77,1	57
89,9	112	96,4	3,6	0,0	66,5	70,1	53,5
104,1	627	94,1	4,1	1,8	74,8	77,7	58,9
95,5	230	97,0	1,7	1,3	68,8	72,4	54,7
108,2	471	84,7	14,0	1,3	78,9	82,4	63,8
81,5	18	94,4	5,6	0,0	60,1	61,4	44,7
94,4	25	96,0	0,0	4,0	62,7	65,9	46,4
115	143	98,6	0,7	0,7	70,8	75,1	51,8
105,6	24	100,0	0,0	0,0	64,8	68,4	46
110,9	80	97,5	2,5	0,0	68,3	72,8	50,1
99,9	7	80,7	17,0	2,3	71,4	74,7	56,3
84,8	5	85,7	14,3	0,0	64,1	67,4	51,6
64,5	7	100,0	0,0	0,0	57,2	60,3	48,9
75,2	562	100,0	0,0	0,0	59,1	59	43,6
92,6	119	87,5	11,9	0,5	77,4	80,9	67
110,6	18	92,4	1,7	5,9	71,3	75,8	54,2
78,7	488	94,4	5,6	0,0	61,3	64	49,1
93,5	283	90,8	5,7	3,5	74,8	77,9	62,7
90,3	163	96,8	2,8	0,4	72,2	75,6	60,7
109,5	814	93,9	5,5	0,6	71,9	76,2	55,1
90,1	147	85,6	13,4	1,0	77,2	80,8	67,7
117,4	190	94,6	3,4	2,0	72,3	77,2	53,8
110,1	196	97,9	1,1	1,1	75,1	78,9	58,5
100,4	253	98,0	2,0	0,0	73,2	77,3	59,6
104,1	344	93,7	4,7	1,6	73,3	76,8	57,7
100,9	393	95,9	1,2	2,9	73,3	77,2	59,3
96,8	52	85,8	5,1	9,2	75,8	79,1	63,2
114,8	71	96,2	1,9	1,9	68,6	71	46,4

TNI (dBA)	Trafico Total (Q)	Porcentaje Vehículo Livianos	Porcentaje Vehículos Pesados	Porcentaje de Motos	L <sub>eq</sub> (dBA)	L <sub>10</sub> (dBA)	L <sub>90</sub> (dBA)
108,9	43	87,3	11,3	1,4	68,4	72,6	50,5
90,3	18	93,0	4,7	2,3	65	68,4	51,1
79,5	41	94,4	0,0	5,6	60,8	61,8	45,9
101,3	8	90,2	9,8	0,0	67	70,4	50,1
58,1	23	100,0	0,0	0,0	58,1	55,7	44,9
85,6	7	95,7	0,0	4,3	63,3	65,2	48,4
74,2	227	85,7	14,3	0,0	60,5	61,6	47,4
104,5	21	90,3	6,2	3,5	74	77,2	58,1
109,3	189	76,2	4,8	19,0	66,7	68,5	44,9
111,1	141	98,9	1,1	0,0	72,8	77,2	55,9
96,1	108	98,6	0,7	0,7	66,6	70,9	52,5
114,3	12	98,1	0,0	1,9	71,2	74,4	51,1
83	70	100,0	0,0	0,0	57,1	58,7	40,6
114,3	10	94,3	4,3	1,4	66,2	70,5	45,9
103	26	90,0	0,0	10,0	64,7	67,6	45,8
105,8	64	92,3	7,7	0,0	63,3	65,3	41,8
107,3	146	95,3	3,1	1,6	65,8	69,8	47,3
128,2	174	97,9	2,1	0,0	73,6	77,5	50,6
96,9	12	97,1	1,7	1,1	69	72,9	54,9
73,8	45	100,0	0,0	0,0	57,9	58,8	43,8
112,1	4	97,8	2,2	0,0	69,1	72,2	48,9
96,8	4	100,0	0,0	0,0	66,3	62,6	41,2

Gráfico 5.5 Relación TNI y porcentaje de tráfico de Vehículos Pesados

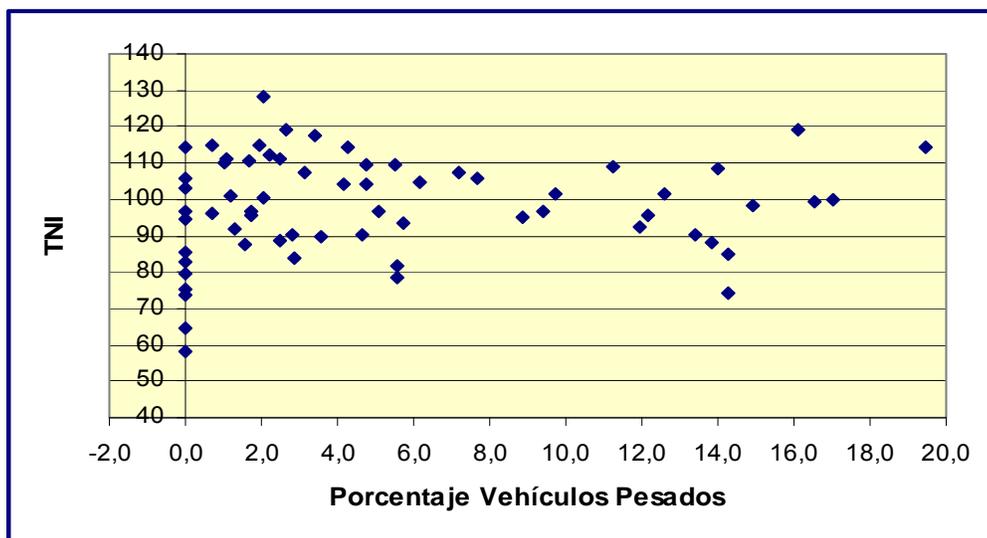


Gráfico 5.6 Relación TNI y porcentaje de tráfico de Vehículos Livianos

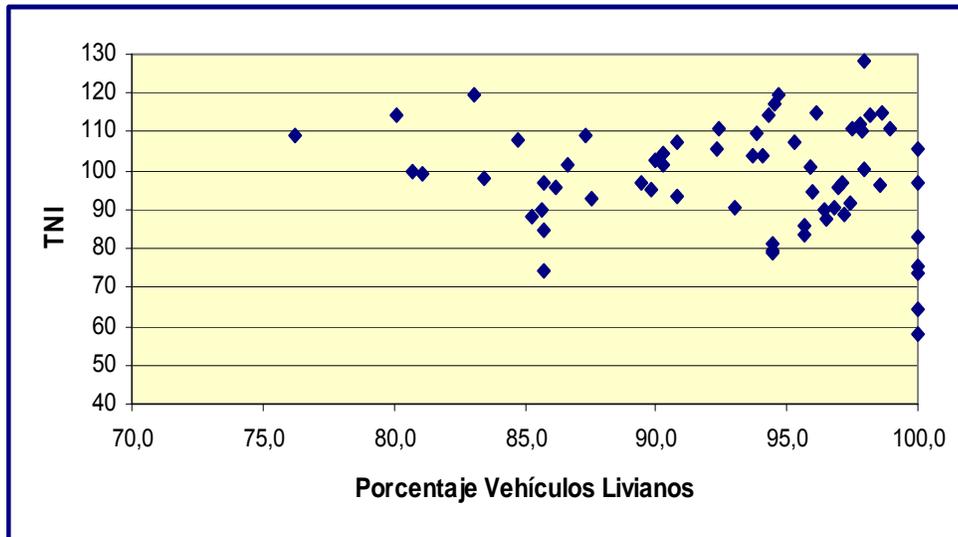
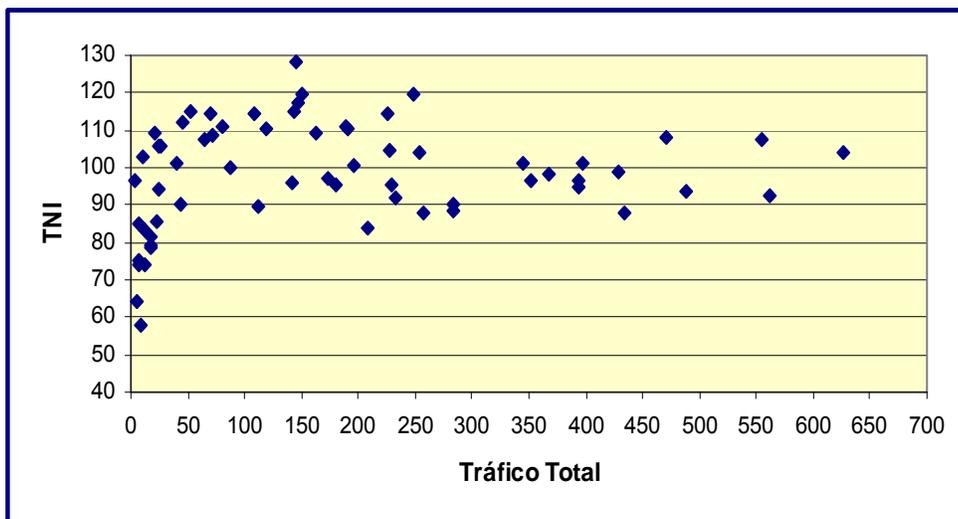


Gráfico 5.7 Relación TNI y Tráfico Total

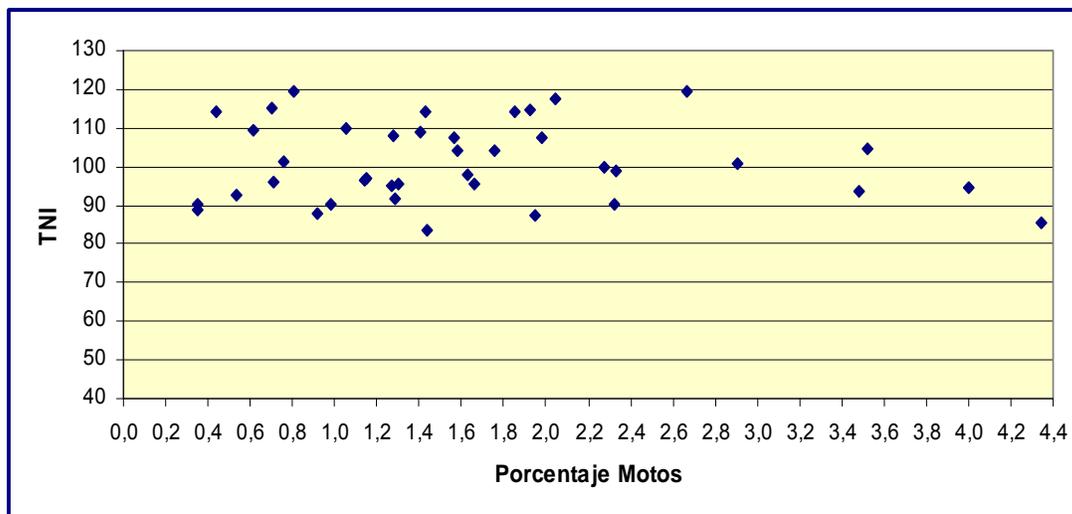


Las graficas 5.5, 5.6, que relacionan el TNI con los diversos tipos de tráfico muestran que no existe una correlación directa entre este Indicador Acústico y el tráfico vehicular, los valores de Coeficientes de Variación explicada obtenidos para rectas o curvas exponenciales o

logarítmicas son de un valor pequeño, no sobrepasan un  $R^2$  de 0,1. Los valores obtenidos de las mediciones tienden a agruparse en una medida de valor central sin mostrar claramente una tendencia definida que permita inferir un patrón de conducta que este Indicador pueda tener respecto a un determinado porcentaje de vehículos en el total.

La gráfica 5.7 representa la relación del TNI y el total del Tránsito, la nube de puntos en este caso tiende a marcar una cierta tendencia, en la que el valor del TNI comienza a subir en la medida que la intensidad de Q comienza a aumentar hasta un cierto valor límite, de aproximadamente 250 vehículos/tiempo, para luego decrecer a pesar que el flujo vehicular aumente en forma considerable. El ajuste de una curva logarítmica muestra un Coeficiente de Variación explicada de 0,21 lo que implica que su coeficiente de correlación se encuentra cercano a 0,45, estos valores tampoco son muy significativos como determinar que existe una correlación directa entre ambas variables.

Gráfico 5.8 Relación TNI y Tráfico de Motos



El gráfico 5.8 indica que el valor del TNI con un bajo porcentaje de motos sube para mantenerse constante en un intervalo entre los 90 a 120 dBA, sin tener una mayor variación a

pesar de que el porcentaje de motos pueda aumentar. La influencia de la circulación de motos (> 2%) tiende a mantener un TNI alto, siempre por encima de 90 dBA

### 5.2.3 TNI e Indicadores Acústicos

La tabla 5.7 contiene la información que permite evaluar la relación que existe entre el TNI y los Indicadores Acústicos, tales como:  $L_{eq}$ , Percentiles  $L_{10}$  y  $L_{90}$

Gráfico 5.9 Relación TNI y  $L_{eq}$

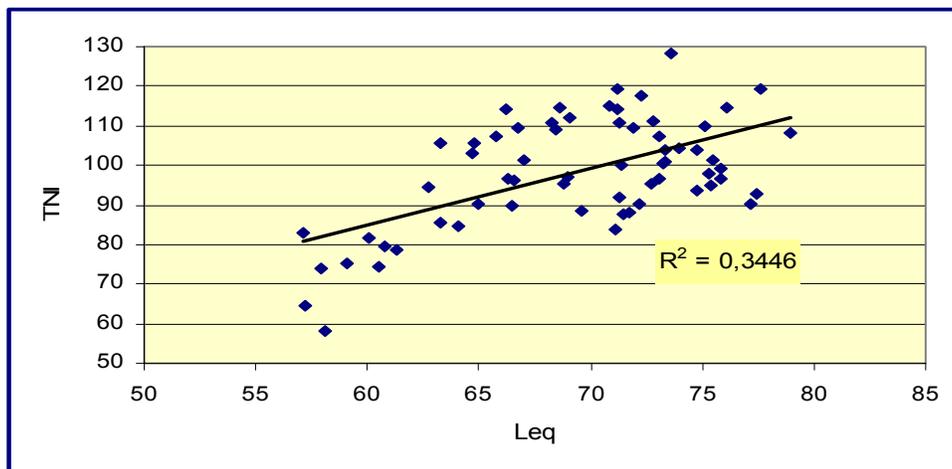


Gráfico 5.10 Relación TNI y  $L_{10}$

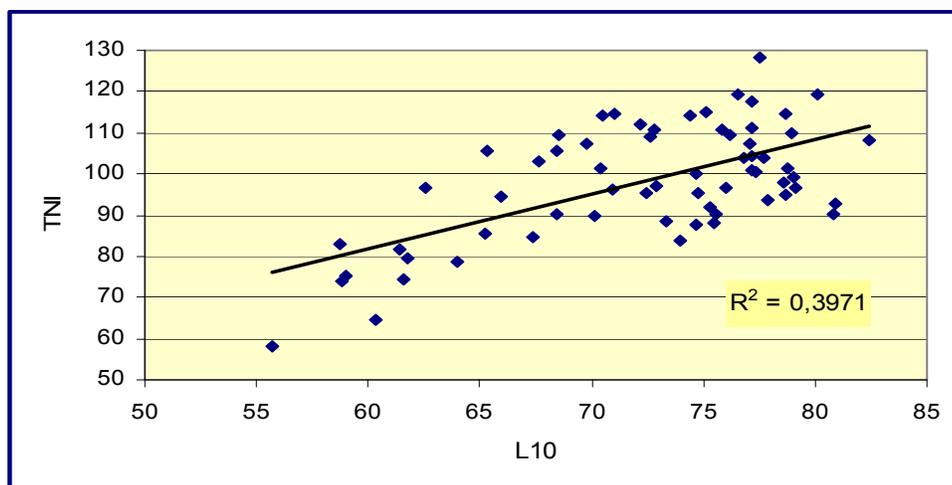


Gráfico 5.11 Relación TNI y  $L_{90}$

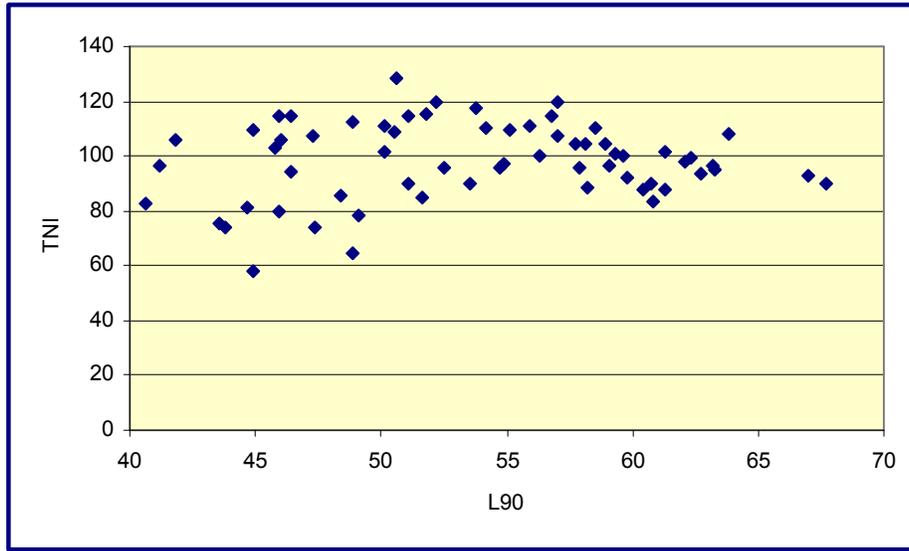
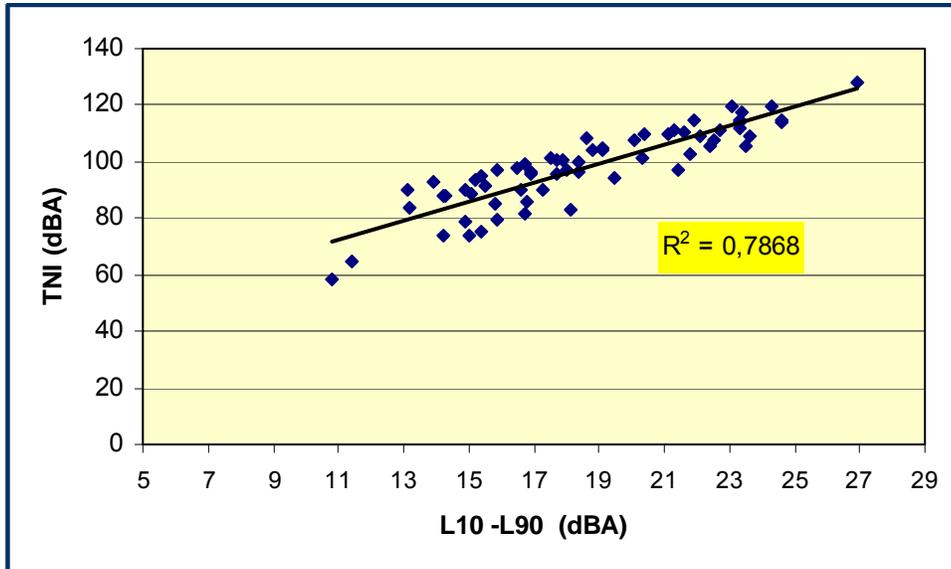


Gráfico 5.12 Relación TNI y  $L_i (L_{10} - L_{90})$



Los gráficos 5.9, 5.10 y 5.11 muestran la relación existente, en las mediciones realizadas en la zona en estudio, entre el TNI y los Indicadores Acústicos  $L_{eq}$ ,  $L_{10}$  y  $L_{90}$ .

En las gráficas 5.9 y 5.10, correspondientes a la relación TNI y  $L_{eq}$  y  $L_{10}$  respectivamente, se puede apreciar que existe una tendencia del TNI a aumentar en la medida que tanto el  $L_{eq}$  como el  $L_{10}$  aumentan, la nube de puntos tiene una clara tendencia a orientarse en forma ascendente de menor a mayor.

La relación entre el TNI y el  $L_{eq}$  (gráfico 5.9), muestra que entre estas dos variables existe un nivel de relación que las vincula. El modo ascendente de la nube de puntos confirma la aseveración anterior. Sin embargo, el coeficiente de Variación explicada que resulta de la recta de regresión es bajo ( $r^2=0,3446$ ), esto implica un Coeficiente de Correlación de 0,59 valor que a pesar de no ser significativo, no obstante, indica que la relación entre ambas variables tiende a ser directa.

En el caso de la relación entre el TNI y el  $L_{10}$  (gráfico 5.10), se puede ajustar una recta de regresión lineal con un coeficiente de Variación explicada,  $r^2$ , equivalente a un valor de 0,397 y coeficiente de correlación de un valor de 0,63, estos valores indican que existe una cierta dependencia entre ambas variables y su relación es vinculante, en la medida que aumenta una también lo realiza la otra variable.

En el caso de la relación entre el TNI y el percentil  $L_{90}$  (gráfica 5.11), se produce una situación diferente al caso anteriormente comentado, la nube de puntos se agrupa en forma horizontal al eje del percentil  $L_{90}$ , no muestra una tendencia a variar el valor del TNI a medida que el valor del percentil  $L_{90}$  aumenta. Esto indica que el TNI no tiende a variar con el incremento del ruido de fondo en un lugar determinado.

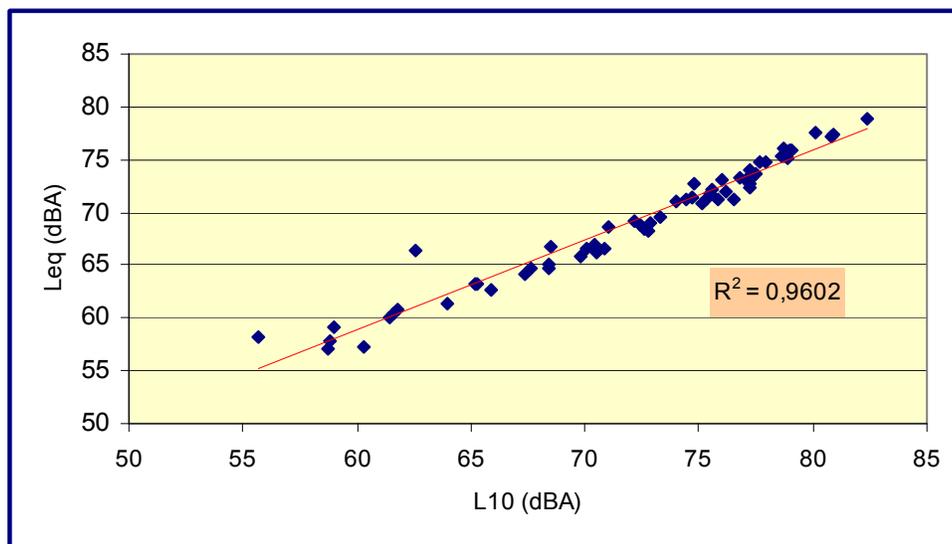
El gráfico 5.12 indica la relación existente entre el TNI y la diferencia entre los percentiles  $L_{10}$  y  $L_{90}$ , la nube de puntos presenta una tendencia a agruparse entorno a una dirección ascendente, indicando que a medida que aumenta el valor de  $L_i$  el TNI tiende a aumentar, tienen una relación de dependencia positiva, es decir tienden a aumentar en la misma

dirección. El coeficiente de Variación explicada de la recta de ajuste es de 0,7868 y el coeficiente de correlación de la matriz de datos de ambas variables es de 0,89. Esto demuestra que el TNI es mucho más dependiente de la diferencia entre  $L_{10}$  y  $L_{90}$  que no de  $L_{90}$ .

#### 5.2.4 Relación $L_{10}$ y $L_{eq}$

La tabla 5.7 contiene los registros con los valores necesarios para relacionar el percentil  $L_{10}$  con el  $L_{eq}$ . En el gráfico 5.13 se encuentra la relación para estas dos variables. En el gráfico se puede ver que el nivel de correlación entre las variables estudiadas es muy alto, el cálculo del Coeficiente de Variación explicada como el coeficiente de correlación así lo indica.

Gráfico 5.13 Relación de  $L_{eq}$  y  $L_{10}$



El  $L_{eq}$  se encuentra correlacionado con el  $L_{10}$  (gráfico 5.13), la nube de puntos presenta un perfil ascendente agrupado con una pequeña dispersión respecto a su línea de tendencia. La línea roja es una recta de regresión lineal que muestra que existe un coeficiente de Variación

explicada entre ambas variables de 0,96, este alto valor se debe a que la matriz de ambas variables genera un coeficiente de correlación de 0,98.

### 5.2.5 Relación entre $L_{10}$ y Tránsito total

La relación entre el percentil  $L_{10}$  y el flujo de tránsito da una tendencia, la que dice relación con la condición de que al aumentar el Flujo de tránsito también aumenta el percentil  $L_{10}$ . No obstante lo anterior, se analizará la relación que puede existir entre un diferencial para cada calle determinado por:  $Li = (L_{10} - L_{90})$  y el de tránsito total, como también, para vehículos pesados y motos. Se utilizarán los datos medidos en terreno (n=64).

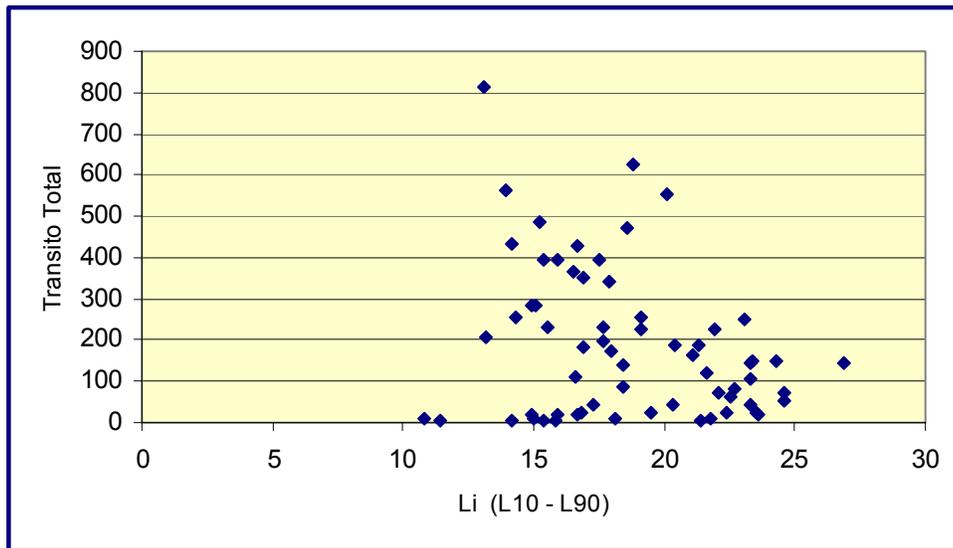
La Tabla 5.8 muestra la información base para el cálculo de la relación entre  $Li$  el flujo de total de tránsito y el de pesados y motos.

Tabla 5.8 Valores de percentiles y porcentajes de Tráfico

$L_{10}$	$L_{90}$	$Li$ ( $L_{10} - L_{90}$ )	Log Q	Tráfico Total (Q)	Porcentaje Vehículos Livianos	Porcentaje Vehículos Pesados	Porcentaje Motos
78,7	63,3	15,4	2,6	394	89,8	8,9	1,3
76	59,1	16,9	2,5	351	89,5	9,4	1,1
79	62,3	16,7	2,6	429	81,1	16,6	2,3
75,5	61,3	14,2	2,6	434	85,3	13,8	0,9
75,3	59,8	15,5	2,4	233	97,4	1,3	1,3
80,1	57	23,1	2,4	248	83,1	16,1	0,8
78,7	56,8	21,9	2,4	226	80,1	19,5	0,4
74,8	57,9	16,9	2,3	181	86,2	12,2	1,7
74	60,8	13,2	2,3	209	95,7	2,9	1,4
76,5	52,2	24,3	2,2	150	94,7	2,7	2,7
74,7	60,4	14,3	2,4	257	96,5	1,6	1,9
73,3	58,2	15,1	2,5	283	97,2	2,5	0,4
78,6	62,1	16,5	2,6	368	83,4	14,9	1,6
78,8	61,3	17,5	2,6	397	86,6	12,6	0,8
77,1	57	20,1	2,7	555	90,8	7,2	2,0
70,1	53,5	16,6	2,0	112	96,4	3,6	0,0
77,7	58,9	18,8	2,8	627	94,1	4,1	1,8
72,4	54,7	17,7	2,4	230	97,0	1,7	1,3

L <sub>10</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>i</sub> (L <sub>10</sub> - L <sub>90</sub> )	Log Q	Tráfico Total (Q)	Porcentaje Vehículos Livianos	Porcentaje Vehículos Pesados	Porcentaje Motos
82,4	63,8	18,6	2,7	471	84,7	14,0	1,3
61,4	44,7	16,7	1,3	18	94,4	5,6	0,0
65,9	46,4	19,5	1,4	25	96,0	0,0	4,0
75,1	51,8	23,3	2,2	143	98,6	0,7	0,7
68,4	46	22,4	1,4	24	100,0	0,0	0,0
72,8	50,1	22,7	1,9	80	97,5	2,5	0,0
74,7	56,3	18,4	1,9	88	80,7	17,0	2,3
67,4	51,6	15,8	0,8	7	85,7	14,3	0,0
60,3	48,9	11,4	0,7	5	100,0	0,0	0,0
59	43,6	15,4	0,8	7	100,0	0,0	0,0
80,9	67	13,9	2,7	562	87,5	11,9	0,5
75,8	54,2	21,6	2,1	119	92,4	1,7	5,9
64	49,1	14,9	1,3	18	94,4	5,6	0,0
77,9	62,7	15,2	2,7	488	90,8	5,7	3,5
75,6	60,7	14,9	2,5	283	96,8	2,8	0,4
76,2	55,1	21,1	2,2	163	93,9	5,5	0,6
80,8	67,7	13,1	2,9	814	85,6	13,4	1,0
77,2	53,8	23,4	2,2	147	94,6	3,4	2,0
78,9	58,5	20,4	2,3	190	97,9	1,1	1,1
77,3	59,6	17,7	2,3	196	98,0	2,0	0,0
76,8	57,7	19,1	2,4	253	93,7	4,7	1,6
77,2	59,3	17,9	2,5	344	95,9	1,2	2,9
79,1	63,2	15,9	2,6	393	85,8	5,1	9,2
71	46,4	24,6	1,7	52	96,2	1,9	1,9
72,6	50,5	22,1	1,9	71	87,3	11,3	1,4
68,4	51,1	17,3	1,6	43	93,0	4,7	2,3
61,8	45,9	15,9	1,3	18	94,4	0,0	5,6
70,4	50,1	20,3	1,6	41	90,2	9,8	0,0
55,7	44,9	10,8	0,9	8	100,0	0,0	0,0
65,2	48,4	16,8	1,4	23	95,7	0,0	4,3
61,6	47,4	14,2	0,8	7	85,7	14,3	0,0
77,2	58,1	19,1	2,4	227	90,3	6,2	3,5
68,5	44,9	23,6	1,3	21	76,2	4,8	19,0
77,2	55,9	21,3	2,3	189	98,9	1,1	0,0
70,9	52,5	18,4	2,1	141	98,6	0,7	0,7
74,4	51,1	23,3	2,0	108	98,1	0,0	1,9
58,7	40,6	18,1	1,1	12	100,0	0,0	0,0
70,5	45,9	24,6	1,8	70	94,3	4,3	1,4
67,6	45,8	21,8	1,0	10	90,0	0,0	10,0
65,3	41,8	23,5	1,4	26	92,3	7,7	0,0
69,8	47,3	22,5	1,8	64	95,3	3,1	1,6
77,5	50,6	26,9	2,2	146	97,9	2,1	0,0
72,9	54,9	18	2,2	174	97,1	1,7	1,1
58,8	43,8	15	1,1	12	100,0	0,0	0,0
72,2	48,9	23,3	1,7	45	97,8	2,2	0,0
62,6	41,2	21,4	0,6	4	100,0	0,0	0,0

Grafico 5.14 Relación Li con tráfico total (Q)



El gráfico indica que no existe una tendencia en la nube de puntos, la cual tiende a agruparse en el Li comprendido entre los 10 a 25 dBA sin indicar una determinada orientación respecto a su variación relativa a una de las dos variables.

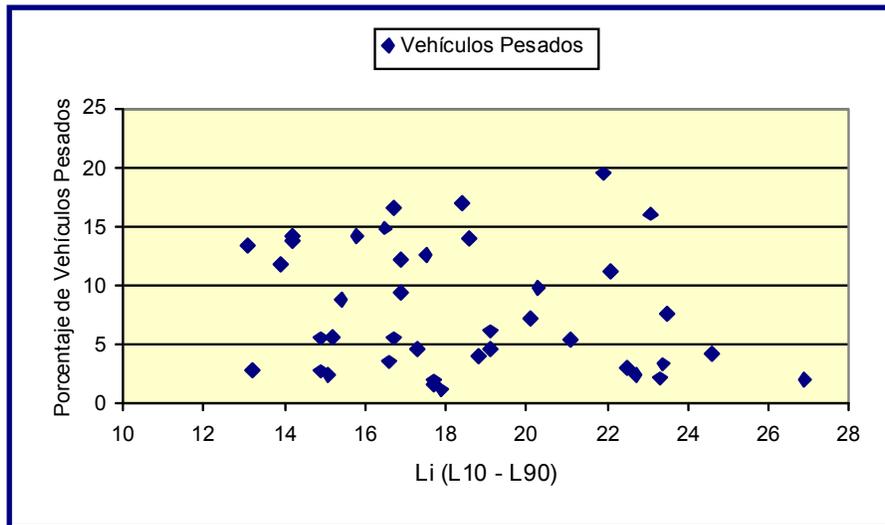
### 5.2.6 Relación entre Li ( $L_{10}$ - $L_{90}$ ) y tráfico de vehículos pesados

La Tabla 5.9 muestra la información base para el cálculo de la relación entre la diferencia entre los percentiles y el flujo de tránsito de vehículos pesados. En esta tabla se representan los registros de medición en los cuales el porcentaje de vehículos pesados se evaluará respecto a la diferencia de los percentiles  $L_{10}$  y  $L_{90}$ , se ha considerado además que los registros no tengan un porcentaje superior al 3,5% de motos, de acuerdo al gráfico 5.15, de manera que el análisis de la relación entre la diferencia de  $L_{10}$  menos  $L_{90}$  y el porcentaje de vehículos pesados no se encuentre alterada por la influencia del nivel de presión de ruido que puedan ejercer las Motos en cada una de las mediciones evaluadas.

Tabla 5.9 Relación entre Li (L<sub>10</sub>-L<sub>90</sub>) y flujo de Tráfico de Vehículos Pesados

L <sub>10</sub> (dBA)	L <sub>90</sub> (dBA)	Li L <sub>10</sub> - L <sub>90</sub> (dBA)	Tráfico Total	Porcentaje Vehículos Livianos	Porcentaje Vehículos Pesados	Porcentaje Motos
78,7	63,3	15,4	394	89,8	8,9	1,3
76	59,1	16,9	351	89,5	9,4	1,1
79	62,3	16,7	429	81,1	16,6	2,3
75,5	61,3	14,2	434	85,3	13,8	0,9
80,1	57	23,1	248	83,1	16,1	0,8
78,7	56,8	21,9	226	80,1	19,5	0,4
74,8	57,9	16,9	181	86,2	12,2	1,7
74	60,8	13,2	209	95,7	2,9	1,4
73,3	58,2	15,1	283	97,2	2,5	0,4
78,6	62,1	16,5	368	83,4	14,9	1,6
78,8	61,3	17,5	397	86,6	12,6	0,8
77,1	57	20,1	555	90,8	7,2	2,0
70,1	53,5	16,6	112	96,4	3,6	0,0
77,7	58,9	18,8	627	94,1	4,1	1,8
72,4	54,7	17,7	230	97,0	1,7	1,3
82,4	63,8	18,6	471	84,7	14,0	1,3
61,4	44,7	16,7	18	94,4	5,6	0,0
72,8	50,1	22,7	80	97,5	2,5	0,0
74,7	56,3	18,4	88	80,7	17,0	2,3
67,4	51,6	15,8	7	85,7	14,3	0,0
80,9	67	13,9	562	87,5	11,9	0,5
64	49,1	14,9	18	94,4	5,6	0,0
77,9	62,7	15,2	488	90,8	5,7	3,5
75,6	60,7	14,9	283	96,8	2,8	0,4
76,2	55,1	21,1	163	93,9	5,5	0,6
80,8	67,7	13,1	814	85,6	13,4	1,0
77,2	53,8	23,4	147	94,6	3,4	2,0
77,3	59,6	17,7	196	98,0	2,0	0,0
76,8	57,7	19,1	253	93,7	4,7	1,6
77,2	59,3	17,9	344	95,9	1,2	2,9
72,6	50,5	22,1	71	87,3	11,3	1,4
68,4	51,1	17,3	43	93,0	4,7	2,3
70,4	50,1	20,3	41	90,2	9,8	0,0
61,6	47,4	14,2	7	85,7	14,3	0,0
77,2	58,1	19,1	227	90,3	6,2	3,5
70,5	45,9	24,6	70	94,3	4,3	1,4
65,3	41,8	23,5	26	92,3	7,7	0,0
69,8	47,3	22,5	64	95,3	3,1	1,6
77,5	50,6	26,9	146	97,9	2,1	0,0
72,2	48,9	23,3	45	97,8	2,2	0,0

Gráfico 5.15 Relación Li con porcentaje de vehículos pesados



El gráfico muestra que las mediciones se agrupan en torno a una curva en forma de arco, en el cual su brazo izquierdo tiene un sentido ascendente de izquierda a derecha hasta aproximadamente el valor de 18 dBA en el eje de las ordenadas, a partir de este punto las mediciones comienzan a descender.

La relación gráfica muestra que al aumentar la diferencia entre los percentiles, no necesariamente esto es indicativo de un mayor porcentaje de flujo de vehículos pesados en las calles. La correlación entre las variables y esto no permite ajustar una curva con un coeficiente de Variación explicada ( $r^2$ ) significativo.

### 5.2.7 Relación entre Li ( $L_{10}$ - $L_{90}$ ) y tráfico de motos

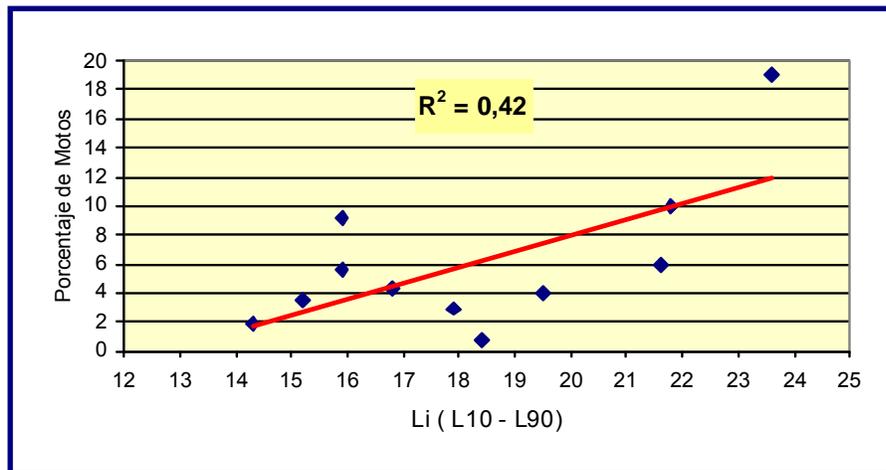
La tabla 5.10 muestra los registros que se utilizan para determinar la relación entre los percentiles  $L_{10}$ - $L_{90}$  y el flujo de tránsito de motos. Similar al caso anterior se utilizarán en el análisis los registros el porcentaje de motos respecto al total del tráfico vehicular y que además estos registros no tengan un elevado porcentaje de vehículos pesados, de forma de

poder evaluar la relación que existe entre estas dos variables sin ser afectadas significativamente por otras.

Tabla 5.10 Relación entre  $L_i$  ( $L_{10}-L_{90}$ ) y el flujo de Motos

$L_{10}$	$L_{90}$	$L_{10} - L_{90}$	total	% ligeros	% pesados	% motos
74,7	60,4	14,3	257	96,5	1,6	1,9
65,9	46,4	19,5	25	96,0	0,0	4,0
75,8	54,2	21,6	119	92,4	1,7	5,9
77,9	62,7	15,2	488	90,8	5,7	3,5
77,2	59,3	17,9	344	95,9	1,2	2,9
79,1	63,2	15,9	393	85,8	5,1	9,2
61,8	45,9	15,9	18	94,4	0,0	5,6
65,2	48,4	16,8	23	95,7	0,0	4,3
68,5	44,9	23,6	21	76,2	4,8	19,0
70,9	52,5	18,4	141	98,6	0,7	0,7
67,6	45,8	21,8	10	90,0	0,0	10,0

Grafico  
 Relación  
 ( $L_{10}-L_{90}$ )y  
 de Motos



5.16  
 entre  $L_i$   
 el flujo

El diferencial de los percentiles  $L_{10}$  y  $L_{90}$  mostrado en el gráfico indica que los puntos medidos siguen una tendencia ascendente. Al aumentar el porcentaje de motos en el tráfico en las calles la diferencia entre  $L_{10}$  y  $L_{90}$  también aumenta, esta tendencia mostrada en la nube de puntos tiene una recta de tendencia que ajusta con un coeficiente de Variación explicada de 0,42 y coeficiente de correlación de 0,65. A pesar de que la nube de puntos no es grande la tendencia que siguen los puntos en la gráfica es clara, esto indica que la presencia de motos si es relevante en el ruido producido en el tráfico urbano.

### 5.3 Relación Molestia con Indicadores Acústicos

En el análisis de la relación de molestia experimentada por las personas con los indicadores acústicos:  $L_{eq}$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{90}$  y TNI se realizará mediante el procesamiento de la información obtenida de las encuestas realizadas a la población y las mediciones del nivel de presión Sonoro realizadas en terreno. El cálculo se efectuará mediante el software estadístico SPSS en su versión 11.5 considerando la valorización de molestia consolidada en el concepto de “molesto”, el cual comprenderá los rangos de “mucho” y extremadamente molesto” de la encuesta realizada a la población (valores de 4 y 5 de la tabulación de la encuesta), Se mostrarán tablas resumen del análisis realizado mediante las tablas de contingencia del software.

Las mediciones del Nivel de Presión Sonoro realizado en las calles de la zona en estudio se extrapolaran a aquellas calles que presentan características similares, por lo cual se evaluarán 190 encuestas del total de 233 realizadas.

#### **Resumen de Tablas de Contingencia de Relación Molestia Vehículos Livianos e Indicadores Acústicos (n=190).**

Tabla 5.11 Molestia vehículos livianos y  $L_{eq}$

Indicador Acústico $L_{eq}$ (dBA)	Porcentaje de Molestia (%)	Personas molestas (%)
55 a 60	4,5	1,6

61 a 66	7,6	2,6
67 a 71	10,6	3,7
72 a 77	77,3	26,8

Tabla 5.12 Molestia vehículos livianos y L<sub>10</sub>

Indicador Acústico L <sub>10</sub> (dBA)	Porcentaje de Molestia (%)	Personas molestas (%)
55 a 60	4,5	1,6
61 a 66	4,5	1,1
67 a 71	6,2	2,6
72 a 80	84,8	29,5

Tabla 5. 13 Molestia vehículos livianos y L<sub>90</sub>

Indicador Acústico L <sub>90</sub> (dBA)	Porcentaje de Molestia (%)	Personas molestas (%)
41 a 47	12,0	4,2
48 a 53	19,7	6,8
54 a 60	31,8	11
61 a 66	36,4	12,6

Tabla 5.14 Molestia vehículos livianos y TNI

Indicador Acústico TNI (dBA)	Porcentaje de Molestia (%)	Personas molestas (%)
58 a 68	6	2,1
69 a 79	0	0,0
80 a 90	19,7	6,8
91 a 101	36,4	12,6
102 a 120	37,9	13,2

Grafico 5.17 Polígono de frecuencia de Molestia vehículos livianos y  $L_{eq}$  (dBA)

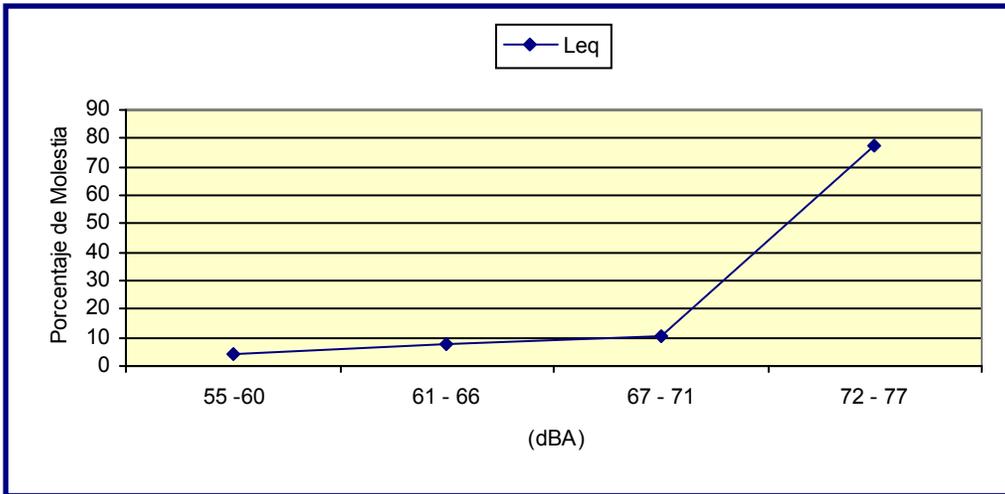


Grafico 5.18 Polígono de frecuencia de Molestia vehículos livianos y  $L_{10}$

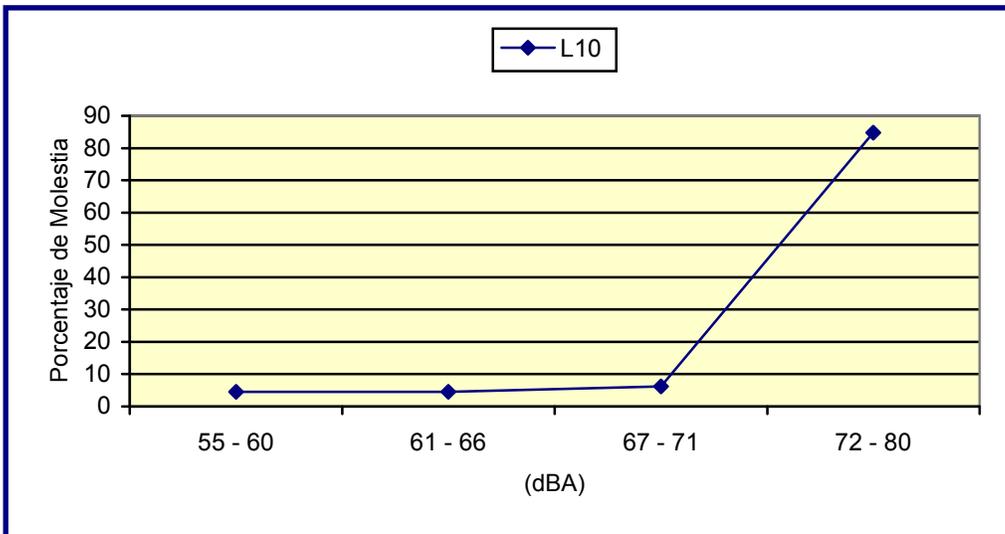


Grafico 5.19 Polígono de frecuencia de Molestia vehículos livianos y L<sub>90</sub>

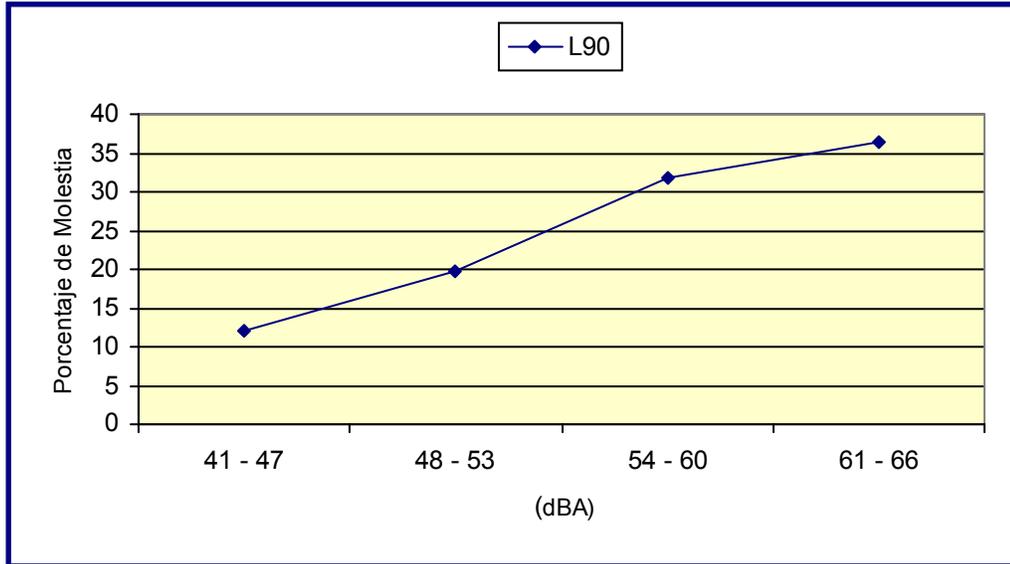
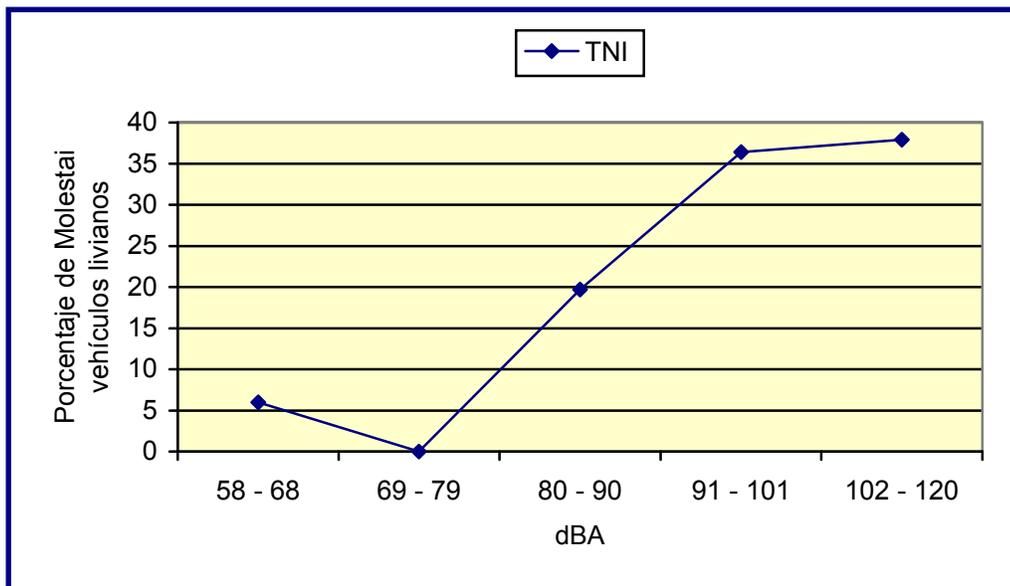


Grafico 5.20 Polígono de frecuencia de Molestia vehículos livianos y TNI



Las gráficas de los niveles de molestia en los vehículos livianos y los indicadores acústicos muestran que en el caso del  $L_{eq}$  como en el del percentil  $L_{10}$  la percepción de molestia de las personas tiende a aumentar en forma progresiva hasta el margen de los 67 a 71 dBA, desde este umbral en ambos indicadores se ve que hay un fuerte aumento de personas que se sienten molestas, llegando este porcentaje en ambos casos al límite del 80% de los encuestados que se sienten molestos o muy molestos.

En el caso del percentil  $L_{90}$ , el porcentaje de gente molesta por el ruido de vehículos livianos es menor a pesar que la curva tiene como característica un perfil ascendente. Sin embargo, es necesario considerar que los niveles de ruido son bastante menores que los evaluados tanto para  $L_{eq}$  como para  $L_{10}$ .

En los niveles de TNI, los niveles de ruido son bastante más altos que para los otros Indicadores. Respecto al porcentaje de personas que manifiestan sentirse molestas cuando se producen estos valores del TNI (obtenidos de las mediciones de los percentiles  $L_{10}$  y  $L_{90}$ ) es menor, alcanzando valores del 36 y 37 % de las personas encuestadas (tabla 5.14). La forma de la curva tiende a indicar que a partir del intervalo comprendido entre los 91 a 101 dBA el nivel de molestia se mantiene, esta tendencia puede indicar que las personas a partir de este intervalo de ruido mostrado por este Indicador la sensación de molestia no tienen un gran incremento.

## **5.4 Relación del Nivel de Molestia con el Tráfico vehicular**

### **5.4.1 Nivel de Molestia de Vehículos Livianos y Trafico Total**

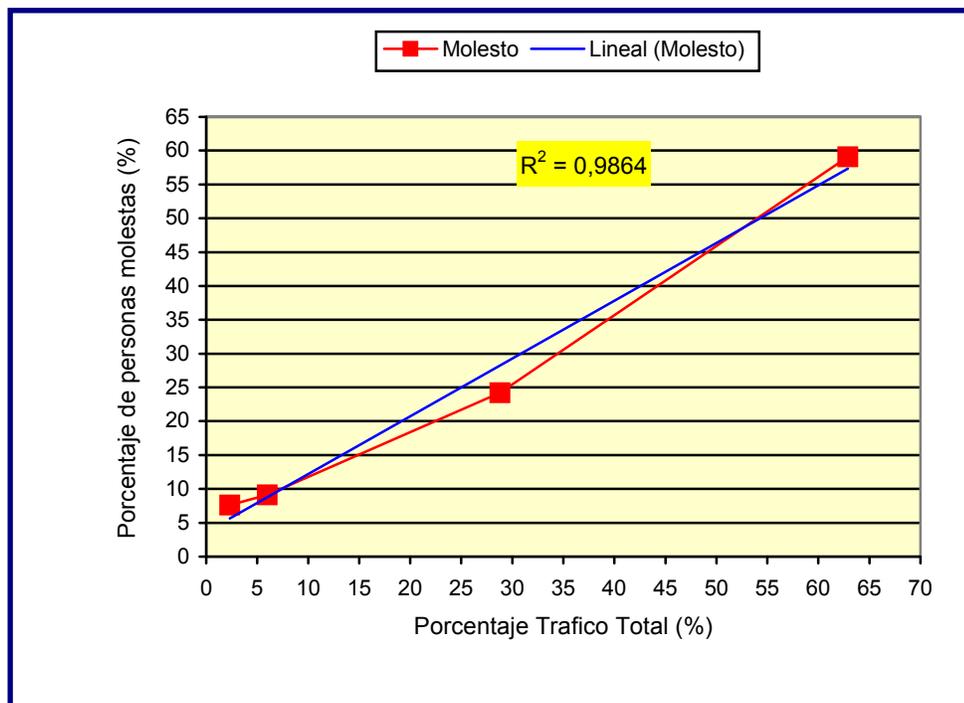
Las tabla 5.15 a 5.20 indican el tráfico vehicular en rangos (primera columna), el porcentaje de tráfico en ese rango (segunda columna), el nivel de molestia que percibe la población respecto al tráfico de vehículos (tercera columna) y en la última columna se encuentra el

porcentaje de personas que han expresado su nivel de molestia respecto al total de encuestas procesadas (n= 190), en cada uno de los rangos del tráfico vehicular.

Tabla 5.15 Tráfico total porcentual y Nivel de Molestia por tráfico de Vehículos Livianos

Tráfico Total de vehículos en rangos	Porcentaje de Tráfico Total (%)	Nivel de Molestia de las personas (%)	Porcentaje de Personas molestas (%)
1 - 150	2,3	7,6	2,6
151 - 500	6,0	9,1	3,2
501 - 1000	28,8	24,2	8,4
1001 -2000	62,9	59,1	20,5
Total	100%	100%	

Gráfico 5.21 Trafico total porcentual y porcentaje de molestia Vehículos livianos

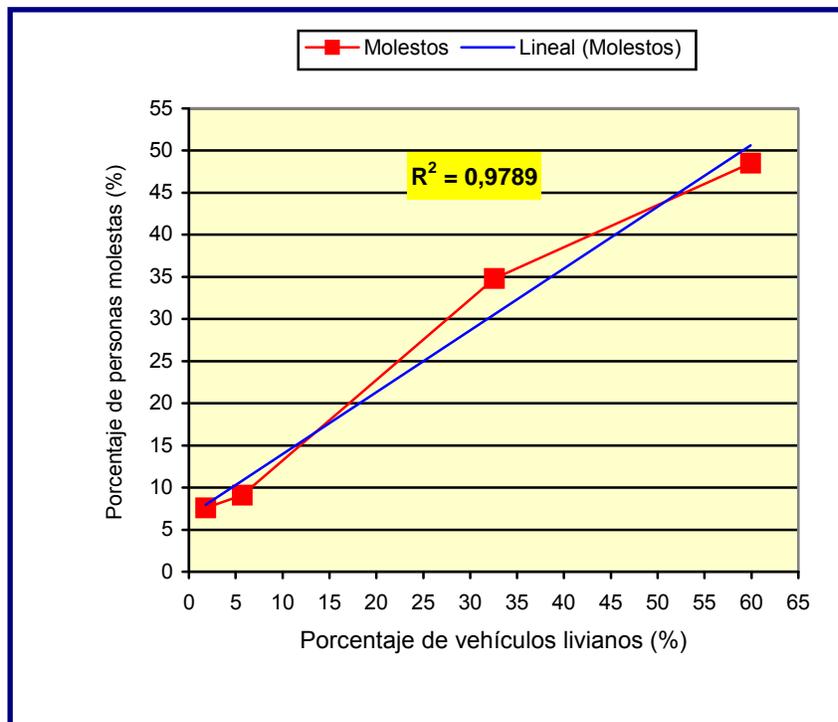


### 5.4.2 Nivel de Molestia de Vehículos Livianos y Tráfico de Vehículos Livianos

Tabla 5. 16 Tráfico porcentual de Vehículos Livianos y porcentaje de molestia por tráfico de Vehículos Livianos

Tráfico de vehículos livianos en rangos	Porcentaje de Vehículos Livianos (%)	Nivel de Molestia de las personas (%)	Porcentaje de personas molestas (%)
1 - 150	1,8	7,6	2,6
151 - 500	5,7	9,1	3,2
501 - 1000	32,6	34,8	12,1
1001 - 2000	59,9	48,5	16,8
Total	100 %	100 %	

Gráfico 5.22 Trafico porcentual Vehículos Livianos y porcentaje de molestia Vehículos Livianos

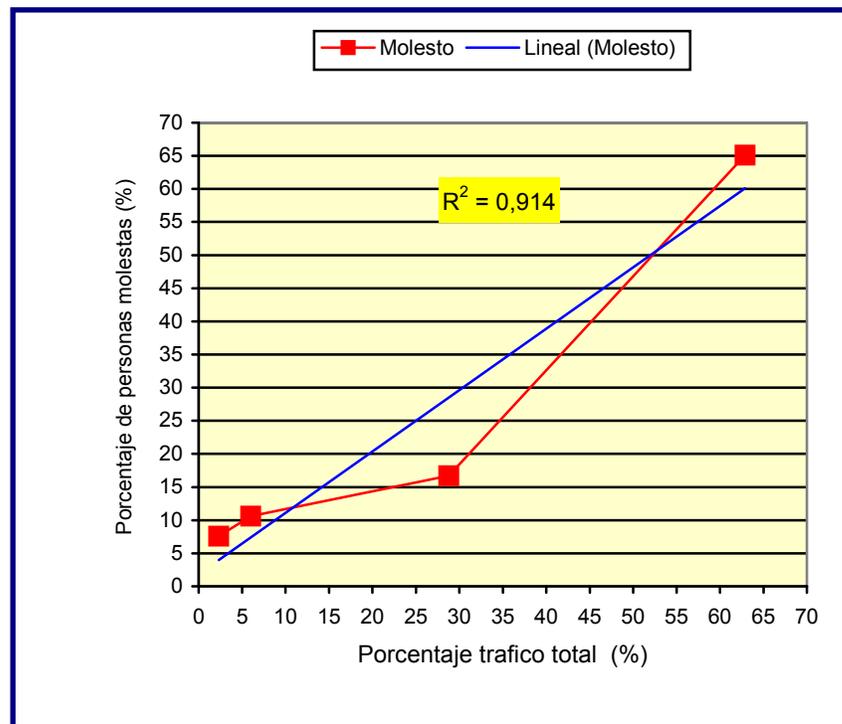


### 5.4.3 Nivel de Molestia de Vehículos Pesados y Tráfico Total

Tabla 5.17 Tráfico Total Porcentual y Nivel de Molestia por tráfico de Vehículos Pesados

Tráfico Total de vehículos en rangos	Porcentaje tráfico Total (%)	Nivel de Molestia de las personas (%)	Porcentaje de personas molestas (%)
1 – 150	2,3	7,6	2,6
151 -500	6,0	10,6	3,7
501 – 1000	28,8	16,7	5,8
1001 - 2000	62,9	65,1	22,6
Total	100 %	100 %	

Grafico 5.23 Tráfico total porcentual y porcentaje de molestia por tráfico de Vehículos Pesados

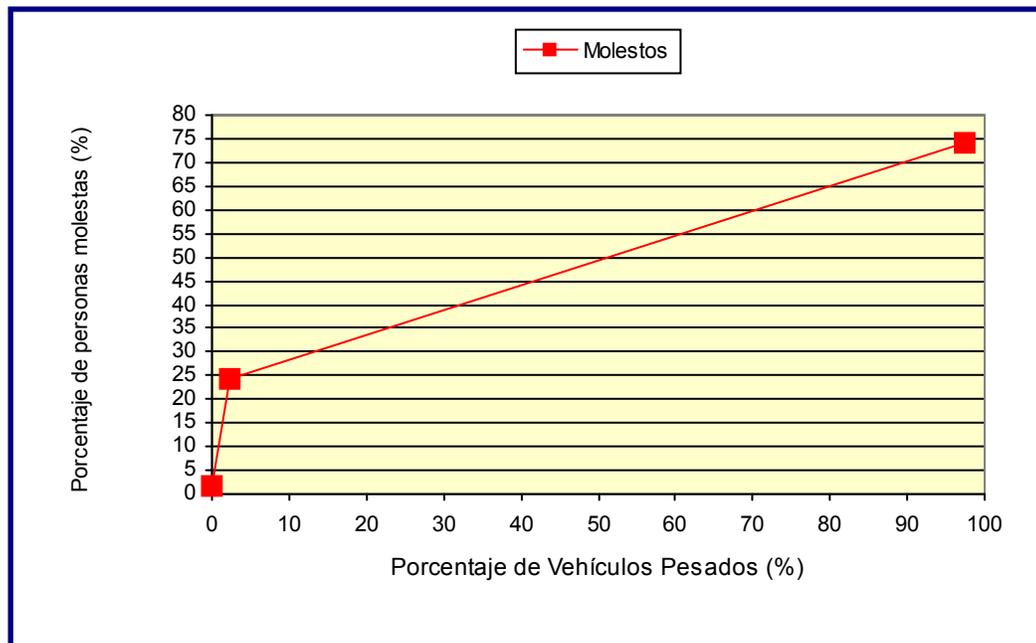


#### 5.4.4 Nivel de Molestia de Vehículos Pesados y Tráfico de Vehículos Pesados

Tabla 5.18 Tráfico Porcentual de Vehículos Pesados y Nivel de Molestia por tráfico de Vehículos Pesados

Tráfico de vehículos pesados en rangos	Porcentaje de Vehículos Pesados (%)	Nivel de Molestia de las personas (%)	Porcentaje de personas molestas (%)
1 -3	0,1	1,5	0,5
4 - 16	2,4	24,3	8,4
17 - 290	97,5	74,2	25,8
Total	100 %	100 %	

Grafico 5.24 Tráfico porcentual de Vehículos Pesados y porcentaje de Molestia por tráfico de Vehículos Pesados

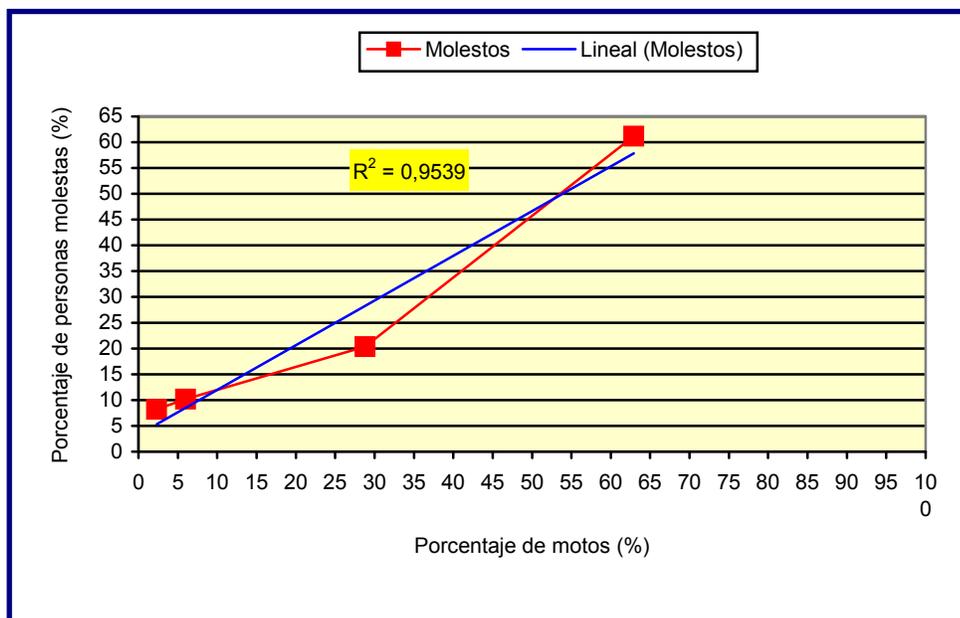


### 5.4.5 Nivel de Molestia de Motos y Tráfico Total

Tabla 5.19 Tráfico Total por rango y Nivel de Molestia por tráfico de Motos

Tráfico Total de vehículos en rangos	Porcentaje de Tráfico Total (%)	Nivel de molestia de las personas (%)	Porcentaje de personas molestas (%)
1 - 150	2,3	8,2	2,1
151 - 500	6,0	10,2	2,6
501 - 1000	28,8	20,4	5,3
1001 - 2000	62,9	61,2	15,8
Total	100 %	100 %	

Gráfico 5.25 Porcentaje de tráfico total porcentual y porcentaje de Molestia por tráfico de Motos

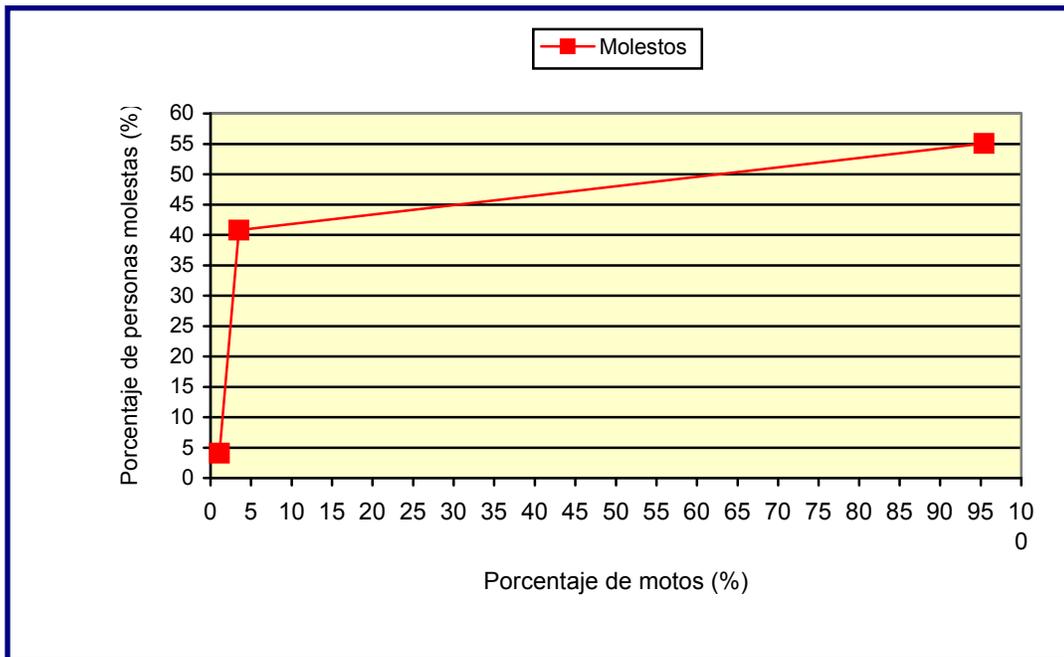


### 5.4.6 Nivel de Molestia de Motos y Tráfico de Motos

Tabla 5.20 Tráfico Porcentual de Motos y porcentaje de nivel de Molestia por tráfico de Motos

Tráfico de Motos en rangos	Porcentaje de Motos (%)	Nivel de Molestia de las personas (%)	Porcentaje de personas molestas (%)
1 -3	1,1	4,1	1,1
4 – 10	3,5	40,8	10,5
11- 290	95,4	55,1	14,2
Total	100 %	100 %	

Grafico 5.26 Tráfico porcentual de Motos y porcentaje de Molestia por tráfico total de Motos



El procesamiento de las encuestas relativas al nivel de molestia de la población en función del tráfico vehicular se encuentra desarrollado en las tablas 5.15 a 5.20 y en los gráficos 5.21 a 5.26.

La tendencia mostrada en las gráficas en todos los casos estudiados muestra que el nivel de molestia de la población tiende a aumentar en la medida que el flujo del tráfico aumenta. El nivel de flujo vehicular se encuentra directamente correlacionado con el nivel de molestia de la población.

En las graficas 5.21 y 5.23, se muestra el comportamiento del porcentaje de molestia debido al tráfico de los vehículos livianos respecto al tráfico total y al tráfico porcentual de este tipo de móvil, las gráficas indican que existe una relación lineal positiva entre estas dos variables, demostrando el nivel significativo de correlación entre ellas.

En el grafico 5.23, el porcentaje de molestia de las personas por el tráfico de vehículos pesados respecto al tráfico total tiende a aumentar en la medida que el porcentaje de este tipo de vehículo es mayor en el total del tráfico vehicular circulante.

La gráfica 5.24 indica el porcentaje de molestia de la población por vehículos pesados respecto al tráfico de este tipo de vehículos y la gráfica 5.25 indica el nivel de molestia de la población respecto al tráfico de motos en relación al tráfico total. En ambos casos, se puede ver que los niveles de molestia de las personas se ven aumentados en la medida que este tipo de móviles aumenta su presencia en el flujo vehicular total.

El trafico de motos y el porcentaje de molestia (gráfico 5.28), se ve que existe una tendencia definida a aumentar el porcentaje de molestia de la población en la medida que el número de motos aumenta en el tráfico urbano.

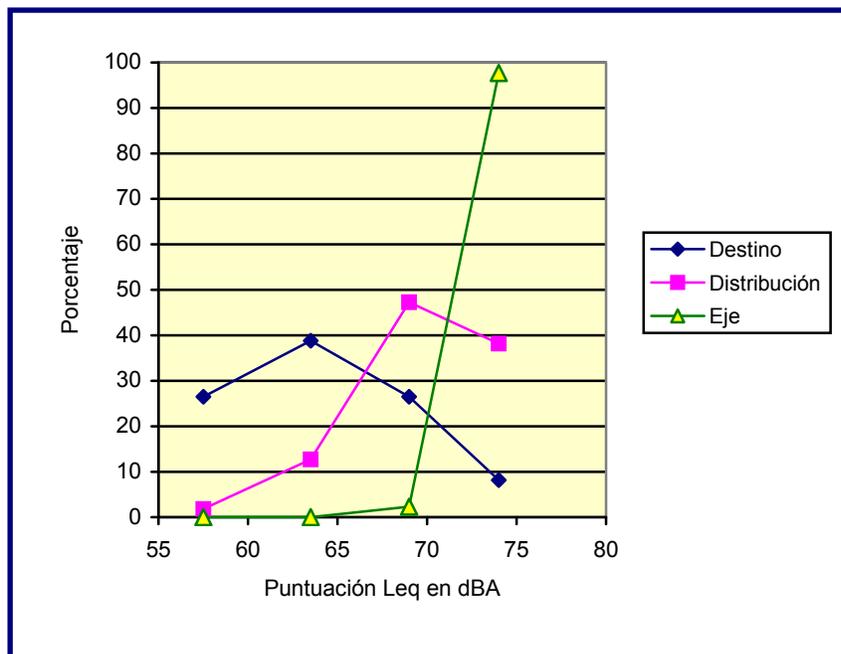
## 5.5 Relación Niveles Sonoros y Tipología de Calle

### 5.5.1 $L_{eq}$ y Tipo de Calle

Tabla 5.21  $L_{eq}$  y Tipología de Calle

$L_{eq}$ en rangos (dBA)			Tipología de calles			Total
			Destino	Distribución	Eje	
55 a 60	Recuento	13	1	0	14	
	Porcentaje	26,5%	1,8%	0%	7,4%	
61 a 66	Recuento	19	7	0	26	
	Porcentaje	38,8%	12,7%	0%	13,7%	
67 a 71	Recuento	13	26	2	41	
	Porcentaje	26,5%	47,3%	2,3%	21,6%	
72 a 76	Recuento	4	21	84	109	
	Porcentaje	8,2%	38,2%	97,7%	57,4%	
Total		Recuento	49	55	86	190
		Porcentaje	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Grafico 5.27  $L_{eq}$  y Tipología de Calle

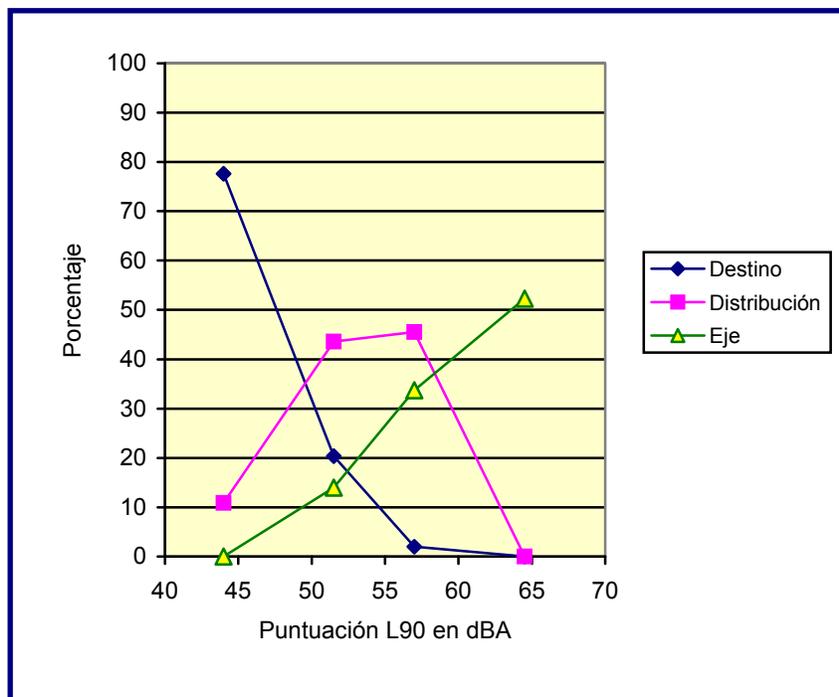


### 5.5.2 L<sub>90</sub> y Tipología de calle

Tabla 5.22 L<sub>90</sub> y Tipología de calle

L <sub>90</sub> en rangos (dBA)			Tipología de calles			Total
			Destino	Distribución	Eje	
	41 a 47	Recuento	38	6	0	44
		Porcentaje	77,6%	10,9%	0 %	23,2%
	48 a 53	Recuento	10	24	12	46
		Porcentaje	20,4%	43,6%	14,0%	24,2%
	54 a 60	Recuento	1	25	29	55
		Porcentaje	2,0%	45,5%	33,7%	28,9%
	61 a 66	Recuento	0	0	45	45
		Porcentaje	0 %	0 %	52,3%	23,7%
Total		Recuento	49	55	86	190
		Porcentaje	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Grafico 5.28 L<sub>90</sub> y Tipología de Calle

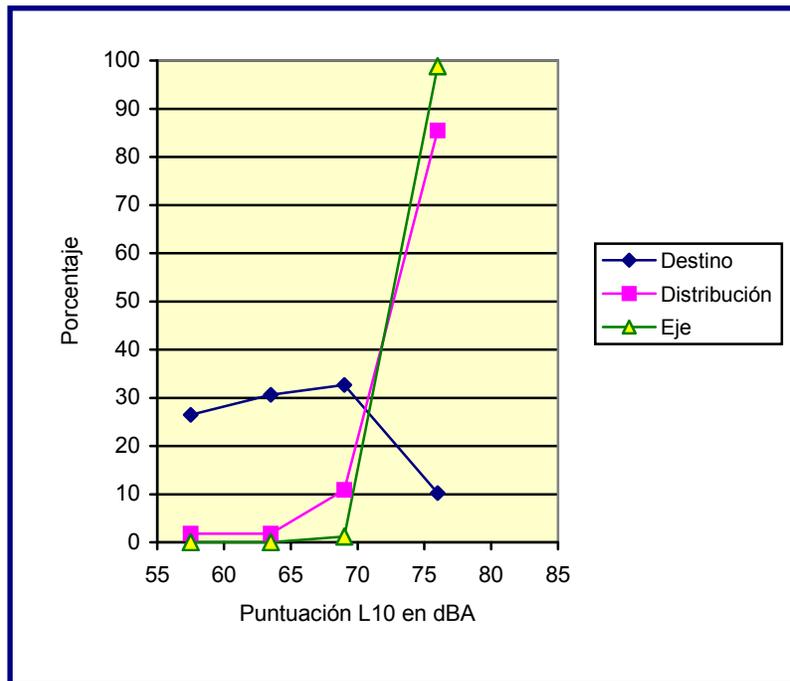


### 5.5.3 Percentil L<sub>10</sub> y Tipología de Calle

Tabla 5.23 L<sub>10</sub> y Tipología de Calle

L <sub>10</sub> en rangos (dBA)			Tipología de calles			Total
			Destino	Distribución	Eje	
55 a 60	Recuento	13	1	0	14	
	Porcentaje	26,5%	1,8%	0%	7,4%	
61 a 66	Recuento	15	1	0	16	
	Porcentaje	30,6%	1,8%	0%	8,4%	
67 a 71	Recuento	16	6	1	23	
	Porcentaje	32,7%	10,9%	1,2%	12,1%	
72 a 80	Recuento	5	47	85	137	
	Porcentaje	10,2%	85,5%	98,8%	72,1%	
Total		Recuento	49	55	86	190
		Porcentaje	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Gráfico 5.29 L<sub>10</sub> y Tipología de Calle

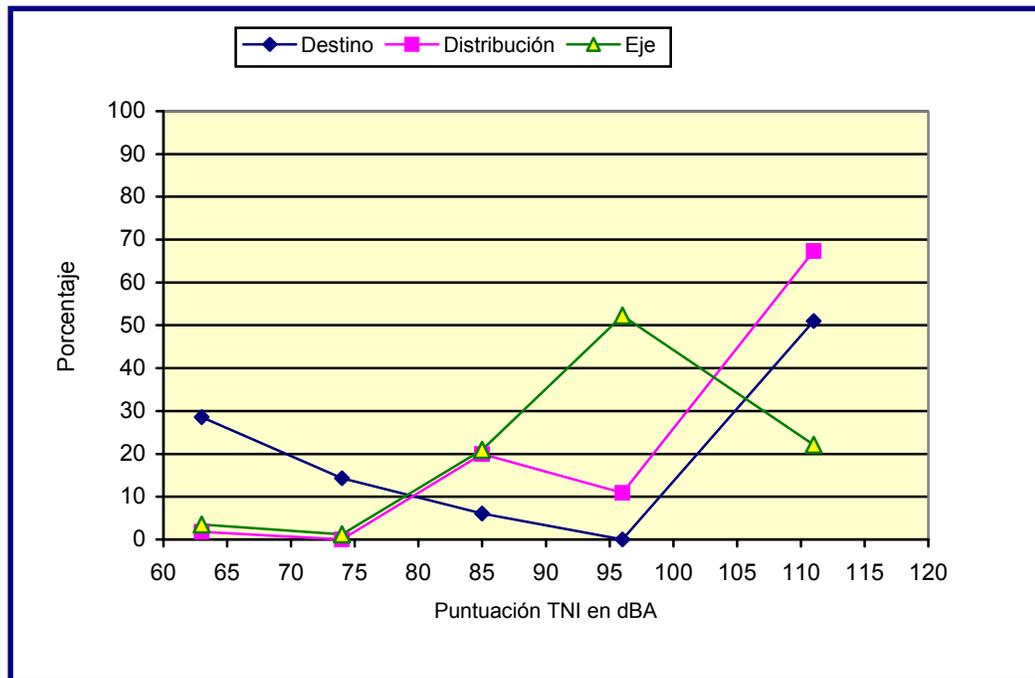


### 5.5.4 Índice de Molestia de Tránsito (TNI) y Tipología de Calle

Tabla 5.24 TNI y Tipología de Calle

TNI en rangos (dBA)			Tipología de calles			Total	
			Destino	Distribución	Eje		
	58 a 68,9	Recuento	14	1	3	18	
		Porcentaje	28,6%	1,8%	3,5%	9,5%	
	69 a 79,9	Recuento	7	0	1	8	
		Porcentaje	14,3%	0%	1,2%	4,2%	
	80 a 90	Recuento	3	11	18	32	
		Porcentaje	6,1%	20,0%	20,9%	16,8%	
	91 a 101,9	Recuento	0	6	45	51	
		Porcentaje	0%	10,9%	52,3%	26,8%	
	102 a 120	Recuento	25	37	19	81	
		Porcentaje	51,0%	67,3%	22,1%	42,6%	
	Total		Recuento	49	55	86	190
			Porcentaje	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Gráfico 5.30 TNI y Tipología de Calle



De acuerdo a las graficas se puede apreciar que la relación de tipología de las calles y los Indicadores Acústicos tiene el siguiente comportamiento:

En el grafico 5.27 se encuentra la relación entre el  $L_{eq}$  y la tipología de las calles. En él se puede ver que las calles denominadas como Ejes de circulación tienen un mayor porcentaje de ruido, un 97,7 % en el rango de los 70 a 80 dBA, que las calles de Distribución y de Destino, en estas últimas el porcentaje mayor de ruido se encuentra en el rango de los 60 a 65 dBA.

En el gráfico 5.28 se encuentra la relación entre el  $L_{90}$  (ruido de fondo) y la tipología de calles. Las calles denominadas Ejes de circulación tienden a ser las más ruidosas, alcanzando un valor máximo en el rango de los 61 a 66 dBA, las calles de distribución tienen su porcentaje máximo de ruido en el rango de los 54 a 60 dBA, mientras que las calles de Destino tienen su máximo nivel de ruido en el rango de los 41 a 47 dBA.

El grafico 5.29 muestra la relación entre el percentil  $L_{10}$  y la tipología de calles. En este grafico se puede apreciar que las calles Ejes de circulación mantienen un nivel mayor de ruido en el rango de los 72 a 80 dBA en el 98,8 % de sus calles, las calles de Distribución también se encuentran en el rango anterior con un 85,5 % de sus calles, las calles de Destino tienen su mayor nivel de ruido en el rango de los 67 a 71 dBA con un 32,7 % de sus calles.

La relación entre el TNI y la tipología de calles se encuentra en el grafico 5.31. En este grafico se puede ver que el comportamiento de las calles Ejes tiene un menor porcentaje de calles de este tipo con un nivel alto de TNI, que las calles de Destino y Distribución.

En las calles Eje hay un 52,3 % de ellas que tienen un nivel de TNI en el rango de los 91 a 120 dBA, este es el porcentaje más alto de este tipo de calles, en este tramo (tabla 5.24), en el caso de las calles de Distribución el 67,3 % de ellas se encuentran con un nivel de TNI en el tramo de los 102 a 120 dBA, y el caso de las calles de Destino, un 51,0 % de ellas se encuentran en un nivel de TNI en el tramo de 102 a 120 dBA.

## VI CONCLUSIONES

1. El análisis de Cluster realizado determinó la existencia de correlación existente entre las variables correspondientes a los indicadores acústicos y las condiciones ambientales del entorno. La Dispersión de variables muestra que en el análisis se logra con un stress de 0,0558, valor que indica un elevado nivel de correlación entre las variables asociadas al estudio.

Las variables tales como Tipo de circulación, Ancho de calzada, Tipo de calle tienen un nivel de correlación con los indicadores acústicos medidos y el número de vehículos livianos y pesados mayor a 0,42. El nivel de molestia producido por vehículos livianos respecto al tipo de circulación es de  $r=0,34$ , ancho de calzada  $r=0,21$  y tipo de calle  $r=0,33$ . Situación similar ocurre con el nivel de molestia producido por vehículos pesados y las variables antes señaladas. Las correlaciones antes señaladas son significativas en un análisis multivariable. El software de procesamiento estadístico utilizado (Statistica) considera que para este tipo de análisis una correlación de 0,13 ya es significativa.

En síntesis, el análisis Multivariable realizado indica que el nivel de molestia producido por el tráfico vehicular se encuentra relacionado tanto al Nivel de Presión Sonora que ocurre en el ambiente como también de las condiciones físicas del entorno. Por lo tanto, si se mejoran las condiciones urbanísticas y de movilidad de una zona es perfectamente posible mitigar el impacto ambiental producido por el ruido <sup>[56]</sup>.

2. Respecto al Nivel de Presión Sonora Equivalente ( $L_{eq}$ ) el estudio concluyó lo siguiente:
  - Que el tráfico vehicular total (Q) (vehículos livianos, pesados y motos) determina el Nivel de Presión Sonora Equivalente ( $L_{eq}$ ) con una correlación de  $r=0,9$  y coeficiente de dependencia de  $r^2=0,81$ .

- Se ha concluido que el  $L_{eq}$  tiene una directa relación con el valor del percentil  $L_{10}$ , la evaluación estadística muestra que existe un coeficiente de correlación del  $(r)$  0,98 y un coeficiente de dependencia  $(r^2)$  de 0,96.
  - El análisis de la información obtenida en la investigación permitió concluir que las personas comienzan a sentir molestia respecto al tráfico de vehículos livianos cuando el  $L_{eq}$  registra un Nivel de Presión Sonoro comprendido en el intervalo de los 67 a 71 dBA.
3. Respecto a la determinación del efecto de los vehículos pesados y motos en el ruido de tráfico, en la investigación se propone la introducción de la variable  $K_i$ , la que permite identificar las calles que presentan un mayor nivel de ruido respecto a la media. Esta constante corresponde a la diferencia existente entre un valor medio determinado para la constante de ruido de un vehículo liviano en la zona en estudio y el  $K$  determinado en cada medición efectuada. Esta constante propuesta permite determinar que calles son más ruidosas respecto a la media, lo que ha permitido encontrar que tanto vehículos pesados como las motos tienen un efecto significativo en el ruido producido por el tráfico en una zona urbana. Este efecto se describe en los puntos que ha continuación se señalan:
- a. El aporte del ruido de los vehículos pesados en una zona urbana respecto al porcentaje de ellos que transitan por ésta, tiene un coeficiente de dependencia de  $(r^2)$  0,61 y un coeficiente de correlación  $(r)$  de 0,78.
  - b. En el caso de las motos se obtuvo una línea de tendencia (a pesar de contar con pocos datos, para este caso) que marca una directa relación entre el aporte de este tipo de móvil y el ruido.

4. Procesado (n=190) e las encuestas utilizadas en la relación entre los niveles de molestia producida por el tráfico de vehículos livianos y los Indicadores acústicos se ha determinado la siguiente relación:
  - a. En relación al porcentaje de molestia por el tráfico de vehículos livianos y el  $L_{eq}$ , el 77,3 % se encuentra en el tramo comprendido entre los 72 a 76 dBA. Este porcentaje corresponde al 26,8% del total de los casos procesados.
  - b. En relación al porcentaje de molestia por el tráfico de vehículos livianos y el  $L_{10}$ , el 84,8 % se encuentra en el tramo comprendido entre los 72 a 80 dBA. Este porcentaje corresponde al 29,5 % del total de los casos procesados
  - c. En relación al porcentaje de molestia por el tráfico de vehículos livianos y el  $L_{90}$ , el 36,4 % se encuentra en el tramo comprendido entre los 61 a 66 dBA. Este porcentaje corresponde al 12,6 % del total de los casos procesados
  
5. Respecto a la relación entre el nivel de molestia de la población y el tráfico vehicular se encontró que:
  - Cuando el porcentaje de vehículos livianos representa el 43,7 % del tráfico total el nivel de molestia corresponde a un 59,1%.
  - Cuando el porcentaje de vehículos pesados representa el 43,7 % del tráfico total el nivel de molestia corresponde a un 65,1 %.
  - Cuando el porcentaje de motos representa un 43,7% del tráfico total el nivel de molestia corresponde a un 61,2 %.

Consecuente con los resultados obtenidos, se pudo verificar en la investigación que el tráfico es uno de los factores que determina el nivel de molestia de la población, en especial cuando aumenta el porcentaje de vehículos pesados y las motos. Lo

anterior, es un antecedente que permite inferir que, conociendo las características y composición del tráfico en una zona urbana es posible determinar la variación del nivel de molestia de la población.

6. La relación encontrada entre los Indicadores acústicos y la tipología de calles es la siguiente:

a. Relación  $L_{eq}$  y tipología de calles:

- i. El 65,3 % de la calles de Destino se encuentran entre los 55 a 66 dBA, rango en el cual las personas encuestadas no manifestaron sentirse molestas.
- ii. El 85,5 % de las calles de Distribución se encuentran entre los intervalos de 67 a 76 dBA, rango en el cuales las personas manifiestan sentir molestia.
- iii. El 100% de las calles denominadas Ejes de circulación se encuentran entre los intervalos de 67 a 76dBA, rangos en los que la población manifiesta sentir molestia.

• Relación Percentil 90% y tipología de calles

- i. El 98% de las calles de Destino se encuentran entre los 41 a 53 dBA.
- ii. El 89,1 % de las calles de Distribución se encuentran entre los 48 a 60 dBA.
- iii. El 86 % de las calles Ejes de circulación se encuentran entre los intervalos de 54 a 66 dBA.

• Relación Percentil 10% y tipología de calles:

- i. El 57,1% de las calles de Destino se encuentran entre los 55 a 66 dBA.
- ii. El 96,4 % de las calles de Distribución se encuentran entre los 67 a 80 dBA, rango en el que se produce molestia en la población.

- iii. El 100 % de las calles Ejes de Distribución se encuentran entre los 67 a 80 dBA, rango en el cual la población manifiesta sentirse molesta.

El resultado del procesamiento que permite vincular la tipología de las calles con los Indicadores acústicos estudiados muestra que existe una relación directa entre este tipo de variables y los indicadores. Las calles denominadas Ejes de circulación son las que porcentualmente son las más ruidosas, encontrándose estas en niveles de presión sonora por sobre el nivel de los 66 dBA, considerados en el estudio como el límite que define el nivel de ruido que ocasiona molestia en la población. Las calles de Distribución presentan un nivel menor de ruido que las calles Eje, sin embargo, un alto porcentaje de éstas se encuentran en niveles altos de ruido. De acuerdo a los datos del análisis realizado las calles de Destino en un alto porcentaje se encuentran en niveles de ruido bajo.

7. En relación al parámetro de Indicador de Molestia por tráfico vehicular (**TNI**), Indicador propuesto como una medida del nivel de molestia producido por el tráfico urbano en diferentes legislaciones municipales sobre ruido <sup>[57][58][59]</sup>. Se ha determinado en el estudio las variables que son significativas en relación con este parámetro de molestia y cuales no lo son. Al respecto el análisis determinó las siguientes conclusiones:
  - a. El estudio determinó que el **TNI** tiene una orientación creciente en la medida que la diferencia entre los percentiles  $L_{10}$  y  $L_{90}$  aumenta ( $L_i = L_{10} - L_{90}$ ). El análisis estadístico determina que la relación entre el TNI y el delta ( $L_i$ ) de los percentiles tiene un coeficiente de relación de 0,89 y un coeficiente de dependencia de 0,79.
  - b. La investigación demostró que el valor obtenido del **TNI** no presenta correlación con los indicadores acústicos:  $L_{eq}$ ,  $L_{10}$  y  $L_{90}$ .

- c. De acuerdo a los resultados de las mediciones el porcentaje de personas que declaran sentirse molestas no es relevante cuando el **TNI** se encuentra en el intervalo comprendido entre los 58 a 68 dBA.
- d. El cálculo del **TNI** muestra que el nivel de molestia de las personas se presenta en el intervalo comprendido entre los 91 a 101 dBA. A partir de este valor del Indicador la percepción de molestia tiende a mantenerse alta sin tener un mayor incremento.
- e. Al presentar el tráfico vehicular la presencia de motos el valor del **TNI** aumenta a valores comprendidos entre los 90 a 120 dBA, manteniéndose en este rango en forma lineal.
- f. La Tipología de calle (destino, distribución o eje) correlaciona bien con las variables acústicas estudiadas, en relación a la determinación del **TNI**, se encontró las siguientes relaciones:
  - i. En el caso de las calles Ejes de circulación (mayor flujo de tránsito) el 52,3 % de ellas se encontraban en un rango de **TNI** entre los 91 a 102 dBA y en el intervalo superior (102 a 120 dBA) un 22,1%. En este tipo de calle un 74,4 % de ellas se encuentran en un nivel considerado como de molestia para la población.
  - ii. En las calles de Distribución (flujo de tránsito intermedio) el valor del **TNI** se encuentran en el intervalo de los 91 a 101,9 dBA en un porcentaje de un 10,9% y en el intervalo de los 102 a 120 dBA, en un 67,3%. De acuerdo a los porcentajes anteriores en este tipo de calle un 78,2 % de ellas están en un nivel considerado como molesto para la población

- iii. En las calles de Destino (menor flujo de tránsito) el valor del **TNI** se encuentran en el intervalo de los 102 a 120 dBA, en un 51%. El 49% de las calles de este tipo se encuentran en los intervalos comprendido entre los 58 a 90 dBA, intervalos en los cuales se ha determinado que la población no expresa nivel de molestia.

Como conclusión de este punto que se refiere al Indicador de Molestia TNI, se puede decir que este Indicador es un factor a considerar en el proceso de determinar el nivel de molestia de la población que se encuentra afectada por el impacto ambiental producido por el ruido del tráfico vehicular en una zona urbana.

10. El nivel de emisión de ruido se encuentra correlacionado con el nivel del flujo del tránsito y la composición de este. En la investigación se determinó que en la medida que en la composición del tránsito se encontraban presentes tanto los vehículos pesados como las motos el nivel del ruido se incrementaba. La tipología de calles es también un factor que determina el nivel del ruido en una zona urbana.

La investigación encontró que la percepción de molestia de las personas aumentaba en la medida que el ruido por el tránsito vehicular se incrementa a partir de un rango determinado, este nivel de molestia aumenta en la medida que el flujo vehicular se incrementa y la composición de este se encuentra conformado por un mayor porcentaje de vehículos pesados y motos.

El Indicador de ruido por Tráfico vehicular (TNI), como medida del nivel de molestia que las personas pueden percibir como consecuencia del ruido emitido por el tráfico de vehículos en una zona urbana, en la investigación se encontró que existe correlación en un valor alto con el delta de la diferencia entre los percentiles  $L_{10}$  y  $L_{90}$ , y con la tipología de la calle, esto último, implica que el TNI también se encuentra relacionado con el nivel del tránsito vehicular y su composición. El estudio determinó, además, que a un determinado nivel del TNI en dBA las

personas se sentían molestas, esto permite considerar a este Indicador como un elemento que permite determinar el nivel de molestia que impacta a la población expuesta al ruido ambiental.

En síntesis, de acuerdo al objetivo planteado en la investigación se puede concluir que efectivamente el impacto del ruido en una zona urbana se encuentra en función de variables del entorno y que la percepción de éste por las personas se encuentra correlacionada con estas variables.

## **VII APORTES DE LA INVESTIGACIÓN REALIZADA Y PROPOSICIÓN DE LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN**

### **7.1 Aportes de la Investigación**

1. Estudio de los Indicadores acústicos y su relación con la percepción de molestia de la población.
2. Se ha determinado que el Indicador de Ruido de Transito TNI tiene una importante dependencia del factor comprendido por los percentiles ( $L_{10}$ - $L_{90}$ ) y no así del factor  $L_{90}$  -30.
3. determinación de los valores de  $K_i$  como indicadores del nivel de aportación de las motos y vehículos pesados al nivel total de ruido

### **7.2 Proposición de línea de Investigación**

1. Se propone como línea futura de investigación el estudio del TNI y su modelización como una posibilidad de poder predecirlo con un cierto nivel de certeza en las vías urbanas.
2. Estudio del aporte de las motos en el total del ruido urbano

### **7.3 Recomendaciones**

1. El aumento del parque de motos hace necesario tener un tipo de control del silenciador de este tipo de móvil como una forma de controlar el ruido que puedan aportar al tráfico urbano.
2. Control de las condiciones de funcionamiento de los vehículos particulares, de manera de tener un control sobre los niveles de emisiones de ruido que estos vehículos puedan emitir.
3. Las construcciones, en especial de edificios en altura, son generadores estacionales (mientras dura la obra) de ruido, por lo tanto la Municipalidad debe controlar el movimiento de vehículos pesados y maquinaria mientras duren los trabajos de construcción.
4. Respecto a las mediciones de ruido en estaciones puntuales, se sugiere considerar un tiempo mínimo de 30 minutos, en especial en calles de destino donde el flujo vehicular es esporádico.

## VIII REFERENCIAS

- [1] Capdevila R., Jimenez Santiago, Romeu Jordi (2003) “ Acústica Aplicada”, Laboratorio de Ingeniería Acústica y Mecánica, Universidad Politécnica de Cataluña, España, Universidad Tecnológica de Chile, Santiago de Chile.
- [2] Recuero Manuel (1994), “ Ingeniería Acústica”, Editorial Paraninfo, Madrid-España, Capítulos 11-13, 403-406, p. 655
- [3] Asociación Medica Mundial (1992), “Declaración de la Asociación Médica Mundial sobre la Contaminación Acústica”, Adoptada por la 44ª Asamblea Médica Mundial Marbella, España, Septiembre de 1992
- [4] García S. Benjamín y Garrido Francisco Javier (2003). La contaminación acústica en nuestras ciudades. Colección Estudios Sociales, Nº 12, Fundación “la Caixa”, Barcelona.
- [5] WHO (2000). Guidelines for Community Noise. Geneva: World Health Organization, Guideline
- [6] Organización Mundial de la Salud (OMS/1999) . "*Guidelines for Community Noise.*" (<http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html>), 2005. Ginebra.
- [7] Comisión Nacional del Medio Ambiente de Chile. (2003). “ El Ruido”. [www.conama.cl](http://www.conama.cl), 2003.
- [8] Varas Hernán et al (1999). Epidemiología del ruido comunitario en la comuna de Providencia, 1993, en Revista Chilena de Salud Pública, Vol. 3(2-3): 99-106. Universidad de Chile, Facultad de Medicina. Escuela de Salud Pública.
- [9] Technical Specification ISO/TS15666, first edition 2003-02-01 Acoustics –Assessment of noise
- [10] Sears, Francis W. (1960 ). Mecánica, Calor y Sonido. Versión española, Editorial Aguilar , tercera edición. Capítulos XXVI – XXVIII.
- [11] Resnick, Robert. (1995). Física volumen I. Editorial Continental, México, tercera edición. Capítulos 19 – 20.
- [12] Gómez Nieto M., Hontoria García E.(2003). Técnicas Analíticas en el control de la Ingeniería Ambiental, Cáp. 6. Universidad de Granada, España.
- [13] Navarro C, Oscar E (2004). Psicología Ambiental: visión crítica de una disciplina desconocida. Artículo Publicado 06/Diciembre/2004, Laboratorio de Psicología Ambiental de la Universidad René Descartes, Paris.
- [14] ISO 532 (1975). Acústica -- método para calcular el nivel de intensidad

- [15] Environmental Protection Agency (1974), Levels Document, <http://www.nonoise.org/library/levels/levels.htm>, 2005
- [16] Miraya Federico (2000). Paradigmas para la investigación de las molestias por ruido. Laboratorio de Acústica y electroacústica. Universidad de Rosario, Argentina.
- [17] Comisión Europea (1996). Libro Verde, Bruselas 1996
- [18] Schultz, T.J. (1978). Synthesis of social surveys on noise annoyance. Journal of the Acustical Society of America, 64, 377-405.
- [19] Bravo Martín Ma. A. y otros (2003). Estudio Psicosocial en la Población de Valladolid. Evaluación Coste-Beneficio. TecniAcustica 2003, Bilbao, España.
- [20] Larburu K, Aurrekoetxea J. (1996). Molestia producida por el ruido ambiental urbano en Eibar y Arrasate-Mondragón. TecniAcústica 1996, Barcelona, España.
- [21] López Barrio I. (2000). Medio Ambiente sonoro y su valorización subjetiva. Instituto de Acústica, Consejo Superior de Investigación Científica (CSIC), Madrid, España.
- [22] Aguilera de Maya Juan Luís (1989). “Correlación entre la valoración subjetiva y la valoración objetiva de los niveles de ruido de la N-332 a su paso por Gandia “. Congreso de TecniAcústica, 1989, Oviedo, España.
- [23] Ministère de L’Environnement Et du Cadrie de Vie (1980), Guide du bruit des Transports Terrestres- Prevision Des Niveaux Sonores, Ministère des Transports, France
- [24] Galloway , W.J. Clark, W.E., and Kerrick,J.S. (1968), Urban Highway Noise-Measurement, Simulation, and Mixed reaction. Bolt Beranet and Newman, INC. Technical Report N° 1505, 1968.
- [25] ISO 1996-2. (1987). Acústica- Descripción y medición del ruido ambiental-Parte 2: Recolección de datos pertinentes al uso del suelo.
- [26] NCh 2502/2.n 2000 (200). Acústica- Descripción y medición del ruido ambiental-parte 2.
- [27] Instituto Nacional de Estadísticas de Chile( 2005), Parque de vehículos en circulación
- [28] Instituto Nacional de Estadísticas de Chile( 2004), Parque de vehículos en circulación
- [29] Instituto Nacional de Estadísticas de Chile( 2003), Parque de vehículos en circulación
- [30] Instituto Nacional de Estadísticas de Chile( 2002), Parque de vehículos en circulación
- [31] Instituto Nacional de Estadísticas de Chile( 2001), Parque de vehículos en circulación

[32] Instituto Nacional de Estadística de Chile, Estadísticas Demográficas y Vitales, Proyecciones de población 1990 al 2020

[33] Instituto Nacional de Estadística de Chile (2003), Censo de Población y Vivienda 2002

[34] Ilustre Municipalidad de Ñuñoa (1999), “Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO) 1999 a 2008

[35] Instituto Geográfico Militar de Chile, Carta 1:5.000 de la Comuna de Ñuñoa, sistema geodésico SAD69, sistema Cartográfico Proyección UTM,

[36] ICCOM Ltda.. (2205) . Estudios de Mercado. Clasificación socio económica de los diversos grupos de hogares.

[37] Ilustre Municipalidad de Ñuñoa, “Sistema de Información Geográfico de la comuna (SIG)”, [www.nunoa.cl](http://www.nunoa.cl), 2007

[38] Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002 “sobre evaluación y gestión del ruido ambiental”

[39] Subsecretaria de Transporte y Transito de Chile(2001), Encuesta Origen y destino de Viajes de Santiago.

[40] Unión Europea “Documento : políticas futuras relacionadas con la posición que se debe adoptar sobre las relación de *dosis-respuesta* entre el ruido provocado por el transporte y la molestia (febrero 2002)

[41] John B. Kennedy, Adam M. Neville (1976). Basic Statistical methods for Engineers and Scientist, Second Edition, ThomasY. Crowell CompanY, INC. New York

[42] Alfonso Novales (1997). Estadística y Econometría. Primera edición. McGraw-Hill/ Interamericana de España, S.A.

[43] Schulte-Fortkamp, B. “Effects of Urban Acoustic Pollution”. Jornadas Internacionales sobre Contaminación Acústica en las Ciudades. Madrid (España) (2002).

[44] Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, Bruselas, 26.07.2000 COM(2000) 468 final 2000/0194(COD), Comisión de las Comunidades Europeas

[45] Unión Europea (2002). Position Paper Dose response relationships between transportation noise and Annoyance.

[46] International Commission on the Biological Effects of Noise (ICBEN) (2001). Standardized General-Purpose Noise Reaction Questions for Community Noise Surveys: Research and a Recommendation. Journal of Sound and Vibration (2001) 242(4), 641-679.

- [47] T. Yano, T Sato and M. Bjorkman (2002). Comparison of community response to road traffic noise in Japan and Sweden- Part II: Path Analysis. *Journal of Sound and Vibration* (2002) 250(1), 169-174
- [48] Hair Joseph F. et al (1999), “Análisis Multivariante”, Prentice Hall Iberia, Madrid, 5ª Edición. (1999),
- [49] Saavedra Achurra Matías, Capdevila Pagés, Ramón; Vergara Vera Pedro; Jiménez Díaz Santiago (2005), Análisis Multivariable de Mediciones de Nivel de Ruido. *Tecniacustica* Terrassa, Barcelona, España
- [50] Saavedra Achurra Matías, Capdevila Pages Ramón, Vergara Vera Pedro, Jiménez Díaz Santiago (2006), Análisis Multivariado de Mediciones de Nivel de Presión Sonora del Ruido de Tránsito Urbano y Variables Asociadas en su Entorno. V Congreso Iberoamericano de Acústica, Santiago de Chile, 2006
- [51] Baldasano JM, Jorba O, Perez C, Rocabosch F,. Cluster analysis of 4-day back trajectories arriving in the Barcelona area, Spain, from 1997 to 2002. *Journal of Applied Meteorology* 43 (6): 887-901 JUN 2004
- [52] Sierra, M. 1986. Análisis Multivariante. Teoría y Aplicaciones en Economía. Barcelona, Ediser
- [53] Ward, J.H. 1963 Hierarchical grouping to optimize and Objective function. *Journal of the American Statistical Association*, 58,236.
- [54] Johnson, D. 1998. *Applied Multivariate Methods for Data Analysts*. Duxbury Press
- [55] Kruskal, J. and Wish, M. 1978. *Multidimensional Scaling*. Beverly Hill.
- [56] Jiménez Díaz Santiago, Romeo Jordi, Vergara Vera Pedro, Saavedra Achurra Matías (2006), Ruido Urbano, Planes de Movilidad y Transformaciones Urbanísticas. V Congreso Iberoamericano de Acústica, Santiago de Chile, 2006
- [57] Ayuntamiento de Sevilla (abril de 2001). Ordenanza de Protección del Medio Ambiente en materia de Ruidos y Vibraciones.
- [58] Provincia de Cádiz (marzo de 2000). Ordenanza Municipal de Protección del Medio Ambiente contra los Ruidos y Vibraciones.
- [59] Andalucía (1996). Proyecto de Ordenanza Municipal de Protección del Medio Ambiente contra Ruidos y Vibraciones.