

INFORME FINAL

FASE II

ESTUDIO ELABORACIÓN DE MAPAS DE RUIDO MEDIANTE SOFTWARE DE MODELACIÓN, PARA CASO PILOTO (COMUNAS DE ANTOFAGASTA Y PROVIDENCIA)

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE CONAMA
CONTRATO CONEXO A CONTRATO N° 01-059/09.

22 DE MARZO DE 2010

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
INSTITUTO DE ACÚSTICA

EQUIPO CONSULTOR

DR. ING. ENRIQUE SUÁREZ S. INSTITUTO DE ACÚSTICA UACH.
DR. ING. JOSÉ LUIS BARROS R. INSTITUTO DE ACÚSTICA UACH.
DR. EST. RAIMUNDO VEGA V. INSTITUTO DE INFORMÁTICA UACH.
ARQ. MAG. GUSTAVO RODRÍGUEZ J. INSTITUTO DE ARQUITECTURA UACH.

JOAQUÍN STEVENS C. INGENIERO CIVIL ACÚSTICO UACH.
RUBÉN ROMERO G. INGENIERO ACÚSTICO UACH.
JUAN PABLO ÁLVAREZ R. INGENIERO CIVIL ACÚSTICO (E) UACH.
CLAUDIO GONZÁLEZ R. INGENIERO CIVIL ACÚSTICO (E) UACH.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. OBJETIVOS.....	5
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
3. ACTIVIDADES DEL PLAN DE TRABAJO.....	6
3.1. ELABORACIÓN DE MAPAS DE RUIDO PARA LAS COMUNAS DE PROVIDENCIA Y ANTOFAGASTA.....	6
3.1.1. Análisis de la información de la Fase I.....	7
3.1.2. Calibración de la modelación comunas de Providencia y Antofagasta.....	12
3.1.3. Mapas de Ruido por modelación en caso Piloto: Comunas de Providencia y Antofagasta.....	21
3.2. DETERMINACIÓN DE LA PERCEPCIÓN DEL RUIDO POR PARTE DE LA COMUNIDAD.....	27
3.2.1. Población total y tamaño de la muestra.....	27
3.2.2. Equipo encuestador y aplicación de la encuesta.....	29
3.2.3. Empadronamiento de conglomerados.....	30
3.2.4. Análisis de los datos de la encuesta.....	38
3.3. CORRELACIÓN DE LA ENCUESTA CON LA MODELACIÓN.....	95
3.3.1. Correlación entre la percepción del ruido y niveles de Ruido.....	95
3.3.2. Porcentaje de personas altamente molestas %HA.....	99
3.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA MODELACIÓN Y DE LA ENCUESTA.....	104
3.4.1. Análisis urbano en base a los mapas de Ruido.....	106
3.4.2. Conclusiones análisis urbano.....	119
3.4.3. Análisis de exposición al Ruido de las fachadas de edificaciones.....	121
3.5. PROPUESTA DE GESTIÓN DE RUIDO AMBIENTAL.....	124
3.5.1. Integración de los planes de reducción del ruido en los procesos de planificación urbanística.....	124
3.5.2. Elaboración de planes de acción contra el ruido.....	125
3.5.3. Valores límite de ruido.....	127
3.5.4. El Ruido como indicador de Sostenibilidad.....	127
3.5.5. Análisis de la percepción del ruido y la molestia – Paisajes sonoros.....	131
3.5.6. Recomendaciones para la gestión y el control del ruido.....	133
3.5.7. Para combatir el ruido: 20 ideas.....	144
3.7. CONSIDERACIONES REFERIDAS AL DISEÑO Y PUBLICACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	153
3.8. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	154
3.9. ANÁLISIS DE LA LÍNEA DE TRABAJO DE MAPAS DE RUIDO Y SUS PROYECCIONES.....	155
3.9.1. Análisis de proyecciones de línea de trabajo en Mapas de Ruido.....	155
3.9.2. Propuesta de priorización de capitales regionales en las que se elaborarán los mapas de ruido.....	158
3.9.3. Propuesta de criterios de corte para fuentes de ruido en mapas de ruido.....	159
3.9.4. Opinión de expertos con experiencia en mapas de ruido.....	160

4. BIBLIOGRAFÍA 163

La siguiente es la lista de Anexos incluidas en el CD adjunto.

- Anexo I. Muestra de Publicación de los Resultados del Estudio (Polidiptico y CD).
- Anexo II. Registro Gráfico de Principales Reuniones y Actividades
- Anexo III. Respuestas en Extenso de Expertos Consultados
- Anexo IV. Valores Medidos y Modelados Para Ambas Comunas.
- Anexo V. Análisis Descriptivo Encuestas Comuna de Providencia
- Anexo VI. Análisis Descriptivo Encuestas Comuna de Antofagasta
- Anexo VII. Protocolo de Elaboración de Mapas de Ruido con Software de Modelación Cadna/A
- Anexo VIII. 20 Ideas Para Combatir el Ruido a Nivel Local
- Anexo IX. Análisis de los Instrumentos de Planificación Territorial
- Anexo X. Análisis Adicional de Encuestas Según Fuentes de Ruido en Comunas de Providencia y Antofagasta

1. INTRODUCCIÓN.

Este documento corresponde al Informe Final elaborado por el Instituto de Acústica de la Universidad Austral de Chile en acuerdo a lo establecido en los Términos de Referencia del Proyecto N° 1588-117-LE09 *Elaboración de Mapas de Ruido mediante Software de Modelación, para Caso Piloto (Comunas de Antofagasta y Providencia)*, según lo ofertado en la Propuesta Técnica en el proceso de licitación, y de acuerdo al contrato N° 01-059/09, y al Contrato Conexo al mismo. El desarrollo del Proyecto corresponde a la metodología y cronograma planteados en el Informe de Plan de Trabajo v.0.2 (30 de septiembre de 2009).

Como parte del desarrollo del Proyecto se han realizado las siguientes reuniones cuyas actas se entregaron oportunamente a la Contraparte Técnica. El registro gráfico respectivo se encuentra en el Anexo II.

Tabla 1. Principales reuniones realizadas durante el transcurso del Proyecto.

Fecha	Motivo de la Reunión	Participantes
16 / 09 / 2009	Presentación Plan de Trabajo a Contraparte Técnica	Equipo Consultor (algunos integrantes vía videoconferencia), Contraparte Técnica CONAMA.
02 / 10 / 2009	Presentación Plan de Trabajo a Municipalidad de Providencia	Equipo Consultor, Coordinador Proyecto, Contraparte Técnica Regional y Comunal.
02 / 10 / 2009	Capacitación Equipo de Encuestadores Etapa Providencia	Equipo Consultor, grupo de encuestadores Etapa Providencia..
22 / 10 / 2009	Reunión de Coordinación del Proyecto	Coordinador del Equipo Consultor, Coordinador Proyecto CONAMA.
02 / 11 / 2009	Presentación Plan de Trabajo a Municipalidad de Antofagasta	Equipo Consultor, Coordinador Proyecto, Contraparte Técnica Regional y Comunal.
02 / 11 / 2009	Capacitación Equipo de Encuestadores Etapa Antofagasta	Equipo Consultor, grupo de encuestadores Etapa Antofagasta.
03 / 11 / 2009	Reunión de Presentación de Informe de Avance	Equipo Consultor, Contraparte Técnica CONAMA
18 / 11 / 2009	Reunión de Coordinación del Proyecto	Jefe Equipo Consultor, Contraparte Técnica CONAMA
26 / 11 / 2009	Reunión de Coordinación del Proyecto (Gestión Ruido Ambiental)	Equipo Consultor, Contraparte Técnica CONAMA
27 / 11 / 2009	Reunión de Coordinación del Proyecto (Modelación de Ruido)	Equipo Consultor, Contraparte Técnica CONAMA
18 / 12 / 2009	Presentación informe final versión 1.0	Jefe Equipo Consultor, Contraparte Técnica CONAMA
14 / 01 / 2010	Reunión de Coordinación del Proyecto	Equipo Consultor, Contraparte Técnica CONAMA

2. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo general.

- Elaborar mapas de ruido urbano para un caso piloto, mediante la aplicación de un modelo de predicción de ruido.

2.2. Objetivos específicos.

- Obtener un mapa de ruido para el caso piloto (comunas de Antofagasta y Providencia), utilizando el software de modelación Cadna/A Noise Mapping (Cadna/A Estándar + extensión BMP + extensión XL).
- Determinar la percepción del ruido de la comunidad en el caso piloto, mediante la aplicación de la encuesta elaborada en la Fase I del Estudio.
- Proponer una metodología para correlacionar la respuesta de la comunidad con los descriptores de ruido obtenidos mediante la modelación, y aplicarla.
- Analizar los resultados y realizar un cruce de información, estableciendo recomendaciones en materia de gestión en control de ruido ambiental.
- Dotar de capacidades de aplicación del software de modelación Cadna/A Noise Mapping (Cadna/A Estándar + extensión BMP + extensión XL) al Coordinador del Estudio, profesional del Área de Control de Ruido Ambiental de CONAMA.

3. ACTIVIDADES DEL PLAN DE TRABAJO.

En esta sección se describe los resultados de las actividades consideradas en el Plan de Trabajo v2.0. La presentación de las actividades mantiene el orden establecido en los Términos de Referencia. Se incluyen la metodología utilizada, los datos obtenidos, su discusión y conclusiones.

3.1. Elaboración de Mapas de Ruido para las comunas de Providencia y Antofagasta.

Elaborar los Mapas de Ruido para las comunas de Providencia y Antofagasta, mediante el Software de Modelación Cadna/A Noise Mapping (Cadna/A Estándar + extensión BMP + extensión XL), cuyos resultados deben presentarse en un sistema de información geográfica.

Se han elaborado los Mapas de Ruido de ambas comunas del caso piloto mediante modelación utilizando el software Cadna/A Noise Mapping que posee CONAMA. El trabajo se ha desarrollado en oficinas de la institución, en los tiempos de ejecución planteados y considerando los formatos establecidos por los Términos de Referencia.

De manera general, se destacan las siguientes actividades:

- Se ingresó la información de entrada al software de modelación para ambas ciudades.
- Se modificaron los nombre de atributos en el archivo original .GIS, con el fin de que fueran compatibles con el formato de entrada al software Cadna/A.
- Se ingresó los puntos de calibración en el modelo Cadna/A para el mapa de Providencia.
- Se ingresó los puntos de calibración en el modelo Cadna/A para el mapa de Antofagasta.
- Se desarrolló el proceso de validación entre valores medidos y simulados mediante los diferentes modelos.
- Se realizaron correcciones de flujo vehicular de datos de la Fase I, según datos de etapa de mediciones de la Fase II, de acuerdo a lo convenido en el desarrollo del proyecto con la Contraparte Técnica del Estudio.
- Se obtuvieron los mapas de ruido para ambas comunas del caso piloto en base a la información de la Fase I y la complementada en la Fase II.

3.1.1. Análisis de la información de la Fase I.

Se realizó la revisión del Informe Final de la Fase I [1] Mapas de Ruido Antofagasta – Providencia y de la información disponible de acuerdo a los puntos siguientes.

- Cartografía y Topografía.
 - Modelo digital de terreno (archivo formato *.dwg, *.dxf, *.shp, base de datos, archivos de texto, u otro compatible con las opciones de importación en Cadna/A), el cual contiene la siguiente información:
 - Curvas de nivel.
 - Edificios (altura).
 - Calles.
 - Información anexa (nombre de calles, etc.).
- Meteorología.
 - Datos estadísticos anuales.
 - Temperatura (°C).
 - Humedad relativa (%).
 - Velocidad de viento y dirección.
- Tráfico.
 - Descripción de carreteras.
 - Identificación (nombre, ubicación).
 - Número de calles, sentido de circulación.
 - Ancho de calles y pendiente.
 - Tipo de carpeta
 - Flujo de Tráfico.
 - Conteo de vehículos para diversos períodos.
 - Tipo de circulación: fluida, acelerada, desacelerada y pulsada.
 - Velocidades de circulación de vehículos.
- Otros.
 - Plan regulador.
 - Etc.

3.1.1.1. Respeto a la información cartográfica

En la revisión de la base de datos ArcGIS se encontraron inconsistencias entre la información en formato Excel y ArcGIS, fundamentalmente los valores de flujo vehicular son diferentes. Esta diferencia se genera porque se utilizaron diferentes períodos de tiempo (24 horas y 16 horas respectivamente) para extrapolar el flujo diario. Respecto al flujo nocturno, se ha estimado en el 30% del valor flujo diario, según lo definido en el Informe de la Fase I. En este informe se indica que *“Los valores de horario nocturno son estimados en base a estimaciones de la UOCT que indican que el flujo vehicular nocturno es un 30% del valor promedio diario”*. Para todos los efectos de la modelación se ha considerado la base de datos .GIS. Los archivos originales GIS presentan incompatibilidad entre nombres de atributos y formato de entrada a Cadna/A lo que se solucionó y se obtuvo una base de datos adecuada para los fines de este Estudio. Con el fin de solucionar este tipo de problemas, se han comentado estos aspectos en el documento Protocolo de Elaboración de Mapas de Ruido correspondiente al Anexo VII del presente informe.

Como resultado del análisis de la información cartográfica de entrada para las edificaciones de la comuna Providencia, se concluyó que tal información se encuentra incompleta. Lamentablemente la falta de información para efectos del estudio es importante, ya que la modelación de ruido de tráfico requiere del levantamiento de todas las edificaciones que existen en el área de estudio para realizar los cálculos apropiadamente. Es necesario comentar que durante el desarrollo de la Fase II no fue posible obtener la información faltante, ya que estaba fuera del alcance del Proyecto (tanto por el tiempo necesario como por los costos). Sin perjuicio de lo anterior, los resultados de los mapas de ruido obtenidos son confiables en sus resultados, pero tienen las limitaciones que aquí se comentan.

Como recomendación para futuros estudios en estas materias se sugiere efectuar un exhaustivo análisis preliminar de las edificaciones presentes en el área a modelar, estableciendo los criterios de selección y las limitaciones observadas del caso. El equipo consultor trabajó en la presente Fase II solamente con la información levantada durante la Fase I en cuanto a las edificaciones para ambas comunas del caso piloto. Es pertinente también sugerir que en estudios futuros, quien efectúe las modelaciones sea el mismo que levanta la información. Lo anterior permitirá asumir la responsabilidad del proceso completo, y de solucionar aquellas deficiencias de información de mejor manera, en resguardo de un buen desarrollo del Proyecto.

Con el fin de ilustrar la mencionada falta de información, se muestra en la Figura 1 un sector de la comuna de Providencia donde se aprecian los datos cartográficos disponibles para la modelación según la Fase I del proyecto (polígonos blancos en la figura), sobre una fotografía satelital de Google Earth donde se muestran las edificaciones existentes en el mismo sector.

En este sentido cabe mencionar que considerando la primera línea de edificaciones, la modelación en estas áreas no presenta deficiencias. Los valores de espacios interiores de las manzanas y de otros que no se tiene

información, han sido estimados en base a los datos disponibles. Para el caso de las comunas modeladas, se realizaron los cálculos obteniendo valores que se estiman aceptables de acuerdo a los datos de entrada considerados.



Figura 1. Ejemplo de información de edificaciones disponible en un sector de la comuna de Providencia.

Posterior a la revisión de la información cartográfica disponible, se procedió a optimizar la información para su utilización como dato de entrada al software de modelación. Este proceso ha considerado fundamentalmente la eliminación de información innecesaria, no considerada en el modelo de ruido de tráfico seleccionado (RLS-90, cuya discusión se presenta más adelante en este informe), en archivos cartográficos. En virtud de lo anterior, no se ha considerado, la siguiente información de la Fase I,

- Información meteorológica.
- N° de vías por sentido.

- N° de sentidos.
- Ancho de banda de emisión.
- Sentido de tránsito.

3.1.1.2. Respecto a la información de Flujo Vehicular.

La relevancia de la determinación del flujo vehicular requiere un análisis detallado en cuanto a la metodología a emplear en su cuantificación. El procedimiento utilizado en la Fase I no parece el más apropiado a la luz de los resultados obtenidos en el desarrollo del presente estudio. Las razones son las siguientes:

1. La metodología utilizada no se explica con claridad, dejando dudas en ciertos aspectos relevantes. Las mediciones realizadas en la Fase I fueron de 15 minutos, y se llevaron a cabo en dos horarios durante el horario diurno: Horario Punta y Horario Valle. Con tales datos se procedió a extrapolar los datos promedios diarios. Este procedimiento no es suficiente para explicar situaciones en donde puede existir más de un horario punta o valle. Además, presume que todos los horarios punta y valles son iguales. El conteo de 15 minutos y su proyección a la cantidad promedio anual lleva implícito un alto riesgo de imprecisión, ya que una muestra de quince minutos es muy sensible al horario, día de la semana, mes y hasta año que se quiere caracterizar.
2. Se encontraron diferencias extremadamente significativas en los conteos de flujo vehicular de la Fase I en la ciudad de Antofagasta respecto a los conteos que se realizaron en esta Fase con el fin de validar los modelos de predicción de ruido de tráfico. Estas diferencias podrían obedecer a que la variación del flujo vehicular en la ciudad de Antofagasta respecto a la hora, día, semana y mes del año es mucho más sensible que en Providencia. En este caso, se debieron considerar acciones que permitieran cautelar la veracidad de la información obtenida, ya que de esto depende la modelación acústica a realizar. Otro elemento que se identifica sensible al obtener el valor del flujo vehicular, es el proceso de conteo mismo. En este sentido, es necesario incluir un mecanismo de comprobación de la veracidad de los datos recogidos y de su variabilidad y representatividad temporal. De existir algún indicio que identifique una variación relevante en la información obtenida, se debería adecuar el proceso de obtención de datos, y aportar información que permita recoger esta variación o dispersión de datos al momento de modelar.

Tomando en consideración que los mapas de ruido se elaboran a partir de los datos de flujo vehicular obtenidos, se sugiere para estudios futuros que se incluya justamente un análisis de datos de flujo en cuanto a la representatividad temporal, de manera de poder asegurar la validez de la caracterización realizada.

A continuación se detallan algunos ejemplos de las diferencias de flujo vehicular para la comuna de Antofagasta a partir de los conteos de 15 minutos realizados en ambas Fases del Estudio.

Tabla 2. Diferencias de conteo de flujo vehicular entre Fases I y II, comuna de Antofagasta.

Nombre Vía	Vehículos Fase II				Vehículos Fase I			
	Hora Valle		Hora Punta		Hora Valle		Hora Punta	
	Livianos	Pesados	Livianos	Pesados	Livianos	Pesados	Livianos	Pesados
Séptimo de Línea	702	72	829	59	460	31	515	80
José Manuel Balmaceda	573	45	553	32	104	2	137	6
Avenida Argentina	313	44	371	44	87	2	160	11
Avenida Grecia	537	45	668	33	54	0	164	10
Avenida Antonio Rendic	105	4	109	2	286	17	422	56

Otro aspecto necesario de comentar es que en la Fase I se mal interpretó un criterio de corte para definir las vías que deben ser caracterizadas en una modelación de una zona poblada. El criterio utilizado en la Fase I hace referencia a la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de junio de 2002 sobre Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental [13], donde se entrega un valor (3.000.000 de vehículos por año), pero refiriéndose a las autopistas que deben elaborar un mapa de ruido, y no a las vías de una ciudad que deben ser modeladas. Por lo tanto, la Fase I descartó la caracterización de vías a modelar en base a un criterio no diseñado para tales efectos, y por lo tanto, de dudosa validez.

La recomendación europea para definir las vías que deben ser caracterizadas para la modelación, depende del grado de complejidad asociado, la precisión y el costo de los datos que se deseen obtener [23]. En primer lugar, se recomienda obtener el conteo vehicular de todas las vías como mejor solución. Como segunda alternativa, asignar valores por defecto para el flujo de carreteras con flujos que se conocen, o que probablemente tengan flujos menores de cierta cifra por día o por año. Esta solución tiene en cuenta todas las vías. Y como tercera alternativa, sólo modelar las vías que tengan flujo superior a cierto valor determinado. Este es la solución más sencilla, pero tiene el riesgo de subestimar la exposición del ruido ambiental. Justamente el criterio utilizado en la Fase I corresponde a la tercera alternativa, pero se utilizó el valor anual de corte para determinar aquellas carreteras a ser modeladas para definir las calles de una ciudad a modelar (página 158 y siguientes del informe de la Fase I).

En virtud que la presente Fase II contempló realizar mediciones para validar la modelación, tales antecedentes han permitido corregir la estimación de flujo en donde fue posible y necesario, e incluir conteo y medición de calles adicionales con el fin de caracterizar de mejor manera la zona de estudio. Esta corrección se concretó en considerar los flujos vehiculares levantados en la presente Fase II en lugar de los flujos vehiculares levantados en la Fase I. Es necesario comentar que esta corrección tiene la limitante que los datos fueron obtenidos con el fin de validar mediciones con modelación y con el de caracterizar el flujo

vehicular para ser modelado, por lo tanto pueden adolecer de cierta representatividad temporal que debió realizarse respecto al flujo vehicular. Sin perjuicio de ello, el equipo consultor lo considera como una corrección aceptable para los fines de este estudio como caso piloto, ya que cuantifica el campo acústico y el flujo vehicular asociado en un punto de medición para un mismo momento e intervalo de tiempo.

Para estudios futuros se debe analizar y diseñar una metodología para la determinación del flujo vehicular a modelar. Este método deberá ponderar apropiadamente factores como la nocturnidad, la estacionalidad, influencia de festivos, y la variación de mediciones en ciertos horarios, etc. En principio se debería realizar una etapa preliminar de análisis de flujo, agrupando las calles de características similares y realizando conteos de vehículos de 24 horas en una calle de cada tipo, por ejemplo. Estos conteos diarios permitirían optimizar la metodología de conteo (horarios y duración de los períodos de conteo, según tipo de calle) para el resto de las calles.

3.1.2. Calibración de la modelación comunas de Providencia y Antofagasta.

- Mediciones.

Durante el desarrollo de la presente Fase II se realizaron mediciones de ruido que permitieron validar el modelo computacional. Las campañas se llevaron a cabo entre el 05 y 23 de octubre de 2009 en la comuna de Providencia y entre el 02 y 20 de noviembre de 2009 en la comuna de Antofagasta.

En virtud que este Proyecto es continuación de otro ya ejecutado, es que el criterio tanto para determinar los puntos de medición como la duración de las mediciones, está en armonía con los utilizados en la Fase previa. Se han considerado criterios planteados en la Fase I para la determinación de la ubicación de las estaciones de monitoreo (Punto 6.1.5 en [1]), los que son compatibles con el objetivo de las mediciones de la presente Fase. En este mismo sentido, se ha seguido en ambas comunas los criterios de la Fase I respecto al establecimiento de las estaciones móviles de medida (según Fase I de acuerdo a la información analizada).

- Ubicación de puntos de medición.

Para la selección de los puntos de medición se han considerando los siguientes criterios.

- La carpeta de rodado no debe poseer alteraciones tales como hoyos, tapas de cámaras sueltas y reductores de velocidad.
- Se han descartado sectores con actividades de esparcimiento en la cercanía.

- El punto de medición se ha ubicado generalmente a una distancia de 7.5 m perpendicular al eje de la calzada; de no ser posible se consideró una distancia mayor dentro de una cota máxima de 25 m.
- Los puntos de medición se encuentran suficientemente alejados de cruces con semáforos, Disco Pare, y Ceda el Paso, pues afectan el flujo vehicular (velocidad, frenado, etc.).
- No debe existir apantallamiento acústico de elementos sólidos entre la fuente de ruido (tránsito vehicular) y el punto de medición.

La definición de cada punto de medición definitivo se realizó en terreno, donde se verificó que efectivamente se cumplía con los criterios planteados y que el punto de medición no se viera afectado por otras fuentes de ruido distintas a la que se desea evaluar.

Respecto a este aspecto es necesario comentar que se descartó utilizar el criterio propuesto en la Fase I, el que define el cumplimiento de $L_{10} - L_{eq} > 3.8$, basado en un estudio español [16]. Los resultados de ese mismo estudio no permiten concluir tal afirmación, de hecho se concluye que se puede estimar el nivel equivalente a partir del L_{10} dado que en promedio se obtiene $L_{10} - L_{eq} = 2.5$. Sin duda que la afirmación establecida en la Fase I corresponde a una confusión.

- **Duración de cada medición.**

La duración de cada medición depende fundamentalmente del flujo vehicular existente. En situaciones de alto flujo vehicular es posible reducir el intervalo de medición incluso a 5 minutos con el fin de obtener valores acústicos confiables. Algunas normas establecen la necesidad de asegurar una cantidad mínima de paso de vehículos para establecer la duración de la medición. Otro criterio que se puede considerar a modo de referencia, es aquel relacionado con la estabilización de la lectura de sonómetro (por ejemplo, el criterio para medición de ruido de fondo de D.S.146/97 de MINSEGPRES [17]). Tomando en cuenta que el objetivo de las mediciones es realizar comparaciones que permitan validar el modelo computacional, que el conteo de vehículos de la Fase I se realizó en períodos de 15 minutos, y que hay recomendaciones para 15 minutos como tiempo mínimo de medición [18], se decidió utilizar este intervalo para las mediciones en las comunas del caso piloto.

Se consideraron los siguientes descriptores para cada medición de ruido: L_{eq} dBA (nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A), L_{max} y L_{min} (nivel máximo y nivel mínimo), y los niveles percentiles L_{10} , L_{50} y L_{90} . Además, durante cada medición se realizó un conteo de vehículos diferenciado vehículos livianos y pesados, con el objetivo de cuantificar y descartar el efecto de la variable flujo vehicular sobre la relación entre valor de L_{eq} medido y modelado.

- **Número de puntos de medición.**

Los puntos de medición deben permitir comparar, realizar ajustes y validar el modelo de predicción de ruido en cuanto al nivel generado por cada fuente (vía de tráfico vehicular) considerada en el Estudio (Metodología de Calibración). En consecuencia, se determinó un punto de medición por cada vía considerada como fuente de ruido en la modelación computacional (se consideró las vías señaladas en la base de datos ArcGIS de la Fase I del Estudio), realizando una medición en horario punta (7:00 – 9:00/ 18:00 – 20:00) y una en horario valle (9:00 – 18:00/ 20:00 – 21:00) en cada punto.

Además, se ha contemplado un control de los resultados de la modelación en puntos donde cobra importancia los parámetros relacionados con la propagación sonora. En consecuencia, se incorporaron 5 puntos de medición en cada comuna ubicados estratégicamente para considerar dicho efecto (barreras, reflexiones, etc.). Con estas mediciones y los escenarios definitivos de modelación para cada comuna del caso piloto, se estimó la desviación o incertidumbre de los Mapas de Ruido.

De acuerdo al Plan de Trabajo, para la comuna de Providencia se establecieron 53 puntos de medida y para la comuna de Antofagasta 43 puntos de medida, con el fin de establecer la emisión de las vías seleccionadas respectivamente. Con el fin de evaluar principalmente la fuente de ruido de tráfico, fue necesario ajustar el número de puntos de medición de vías a 48 en el caso de Providencia. Esta disminución de los puntos de medida corresponde a la dificultad de cuantificar sólo el ruido producido por el tránsito vehicular, única fuente considerada en la modelación. Los puntos descartados presentaban construcciones, estacionamientos, colegios y actividades de esparcimiento en las cercanías de las vías consideradas en la Fase I.

En el caso de Antofagasta se aumentó el número de puntos a 49. Se agregaron 4 puntos para calles incluidas en la información en formato Excel, pero que no se encontraban en la información de referencia en formato GIS, y 2 puntos para caracterizar dos vías con un alto flujo vehicular las cuales no fueron consideradas en la Fase I.

En el Anexo IV se indican los niveles medidos y niveles modelados para ambas comunas del caso piloto.

Con respecto al instrumental necesario para realizar las mediciones del Estudio, se utilizaron los equipos pertenecientes al Instituto de Acústica de la UACH, los que corresponden a dos sonómetros marca RION tipo 2 modelos NL20 y NL22. Todos los equipos cumplen con la normativa IEC 61672, y fueron debidamente calibrados.

- Validación de los resultados.

Respecto a la validación de los mapas de ruido en base a comparaciones entre valores simulados y medidos en los puntos de calibración, se siguieron las recomendaciones de la guía de buenas prácticas (*Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure*, Pág. 59, 61 y 67) [23], que entrega una guía con la información necesaria para ingresar al modelo. Dependiendo a su precisión, tiene asociado un cierto grado de incerteza.

En esta guía se indican valores de inexactitud asociados a cada parámetro de entrada que se ingresa al modelo predictivo (flujos, velocidades, topografía, edificaciones, etc.). Dado que la validación se realiza principalmente en base a mediciones en puntos ubicados junto a las vías modeladas, la exactitud de los niveles obtenidos mediante la modelación estarán determinados fundamentalmente por los parámetros Flujo Vehicular, Velocidad y Tipo de Carpeta.

En el caso del flujo vehicular la categoría de mayor exactitud corresponde al caso en que los flujos se han obtenido realizando conteos de vehículos en todos los períodos del día (día, tarde y noche). El siguiente intervalo de exactitud corresponde al caso en que se realizan conteos en algunas calles y se extrapolan a las calles similares, a cuya condición se le asocia una inexactitud de 2 dB. Se ha considerado que el conteo de períodos de solo 15 minutos en dos tipos de horario (punta y valle) es comparable, en el mejor de los casos, a este último nivel de precisión. Es decir, se asocia una inexactitud de 2 dB en el nivel modelado debido a la imprecisión en los flujos vehiculares establecidos.

Respecto a la velocidad, se emplean los valores máximos establecidos para cada calle o valores estimados con muy baja precisión (estimaciones realizadas en la inspección visual durante las mediciones). A este grado de precisión se le asocia una inexactitud de 2 dB.

La inexactitud asociada a imprecisiones en el establecimiento del tipo de carpeta es menor, y en el caso de la inspección visual se le asocia una inexactitud de 1 dB.

Finalmente, considerando que en los niveles obtenidos mediante modelación se mezclan el efecto de inexactitud de los tres parámetros mencionados anteriormente (Flujo, Velocidad, Carpeta), se ha establecido como criterio de validación que la desviación entre los resultados simulados y los esperados (medidos en este caso) serán de ± 5 dB, debido a la calidad de la información de entrada al modelo.

- Con respecto a las simulaciones en Cadna/A.

Selección de un modelo

Se han obtenido los niveles simulados para cada punto de medición mediante los modelos predictivos de ruido de tráfico rodado, en particular, la normativa francesa NMPB-96, alemana RLS-90 e inglesa CoRTN, con el fin de elegir el modelo a utilizar en los mapas definitivos.

Para el análisis de resultados se modelaron en ambas comunas los niveles día, nivel en horario punta y nivel en horario valle. Las tablas con los valores obtenidos de modelación y medición se incluyen en Anexo IV.

En los siguientes gráficos se puede observar de manera resumida el comportamiento de los diferentes modelos para el caso en estudio. En la Figura 2 se muestran las diferencias promedio entre nivel medido y nivel modelado para cada situación (Nivel día, Horario punta y Horario Valle) y cada modelo. El nivel día se obtiene a partir del flujo equivalente día, obtenido a partir de los conteos en horario valle y punta, según la siguiente expresión:

$$F_{día} = \frac{1}{16} (12 \cdot 4 \cdot N_{valle} + 4 \cdot 4 \cdot N_{punta}) \quad (3.1.1)$$

Donde, $F_{día}$ es el flujo promedio estimado para el período día, N_{valle} es el número de vehículos contados en horario valle y N_{punta} el número de vehículos en horario punta. Claramente los valores obtenidos para distintos escenarios reflejan un mejor comportamiento para el modelo RLS-90.

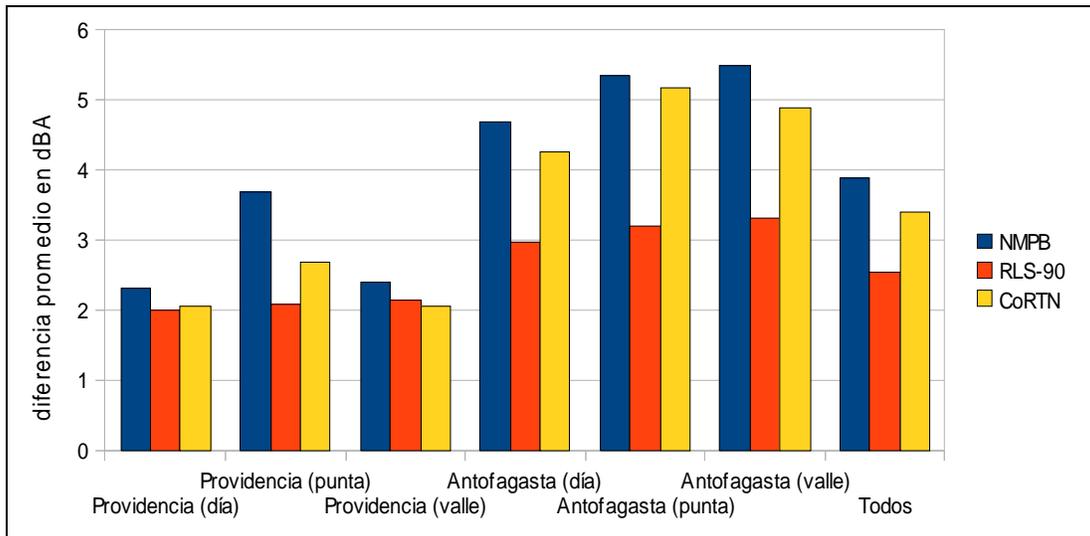


Figura 2. Diferencia promedio en dBA entre valor medido y modelación; "Todos" corresponde a considerar todos los datos en su conjunto.

En las Figuras 3 y 4, se representa el porcentaje de valores o puntos de medición que superaron una diferencia entre modelo y medición de 3 dBA y 5 dBA respectivamente. También estos resultados confirman el modelo RLS-90 como el más apropiado.

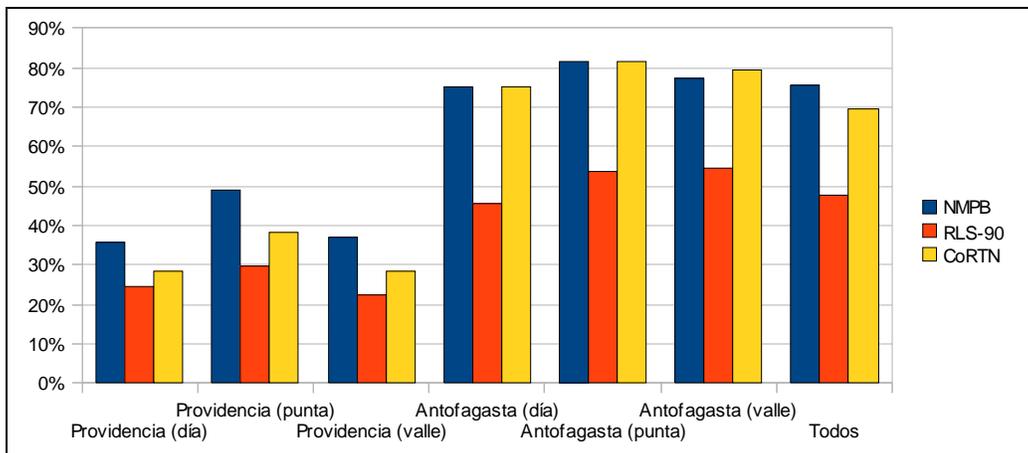


Figura 3. Porcentaje de puntos para los cuales se obtuvo una diferencia mayor o igual a 3 dBA entre valor medido y modelación. "Todos" corresponde a considerar todos los datos en su conjunto.

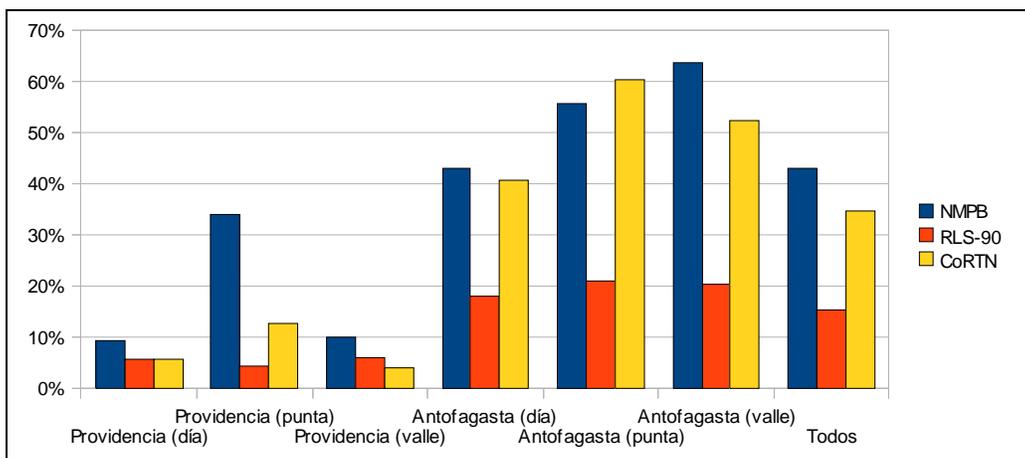


Figura 4. Porcentaje de puntos para los cuales se obtuvo una diferencia mayor o igual a 5 dBA entre valor medido y modelación. "Todos" corresponde a considerar todos los datos en su conjunto.

Los resultados de modelaciones y mediciones fueron también analizados estadísticamente mediante un test de Kolmogorov-Smirnov (Two-Sample Kolmogorov-Smirnov Test). Esta prueba no-paramétrica determina si hay diferencias significativas entre dos distribuciones de datos. La Tabla 4 contiene un resumen de los resultados obtenidos. Una explicación de este test se entrega más adelante.

Tabla 4. Resumen de resultados de probabilidad obtenidos mediante el test de Kormonov-Smirnov para establecer la similitud entre los valores medidos u observados y los resultados de cada modelo.

Resumen de probabilidad obtenida por test de Kosmorov-Smirnov.			
	NMPB	RLS-90	CoRTN
Providencia (día)	0,429	0,744	0,302
Providencia (punta)	0,031	0,838	0,093
Providencia (valle)	0,380	0,856	0,259
Antofagasta (día)	0,001	0,076	0,006
Antofagasta (punta)	0,000	0,039	0,000
Antofagasta (valle)	0,000	0,043	0,001

Considerando los valores de probabilidad obtenidos mediante el test, a un nivel de significación del 0.05, se puede concluir que en el caso piloto bajo estudio, el mejor modelo es el RLS-90. La similitud entre valor modelado y medido es mucho mejor en la comuna de Providencia, mostrando el modelo RLS-90 un resultado

significativamente superior a los otros dos modelos. En Antofagasta los resultados reflejan una mayor diferencia entre modelo y medición, pero se mantiene un valor muy superior del modelo RLS-90.

Tanto el análisis de diferencias como el test de Kolmogorov-Smirnov, permiten concluir que el modelo de mejor comportamiento es el RLS-90. Por esta razón se ha seleccionado este modelo para realizar los mapas de ruido del Proyecto.

Respecto a los modelos predictivos de ruido de trenes, no se incluye un análisis en extenso con datos de medición, debido a la falta de información representativa (La Propuesta Técnica del equipo consultor aprobada por CONAMA, indica que *“las variables de entrada a la modelación serán aquellas entregadas como resultados de la Fase I del Estudio [1], y de ser necesaria, aquellos datos complementarios que pudiera aportar CONAMA para realizar apropiadamente la modelación y la información de la Fase I del Estudio [1]”*).

Sin perjuicio de lo anterior y de acuerdo a bibliografía consultada [29], se realizó un ejercicio analítico a partir de los datos consultados, obteniéndose una tabla comparativa entre cuatro modelos de cálculos:

- RMR 96 (SRM II) modelo holandés.
- Schall 03 modelo alemán.
- On S5011 modelo austriaco.
- NMT modelo países nórdicos.

Tabla 5. Comparativa de modelos de tráfico ferroviario.

Características	Método			
	RMR (SMR II)	Schall 03	ON S5011	NMT
Parámetros de Ruido básicos	Nivel de potencia sonora en banda de octava, calculados a partir de mediciones a diferentes Distancias y alturas. La emisión es en función de tipos de trenes y su velocidad. La influencia de la locomotora y frenado es considerada Aparte.	L_{Aeq} a una distancia de referencia de 25m y a 4m de altura, basados en mediciones. La emisión es en función de Tipos de trenes, longitud, Porcentaje de frenos de disco y velocidad	Nivel de potencia sonora en banda de octava a partir de mediciones a diferentes distancias y alturas. La emisión es en función de tipos de trenes y velocidad	
Rango de frecuencia	Desde 60Hz hasta 8000Hz	-	Desde 60Hz hasta 8000Hz	Desde 60Hz hasta 4000Hz
Ubicación de la fuente	4 fuentes con diferentes alturas, representando Diferentes mecanismos	Una fuente a nivel Del riel	Una fuente a 0,3m sobre el riel	Una fuente para Cada banda de octava, con su correspondiente altura

Características	Método			
	RMR (SMR II)	Schall 03	ON S5011	NMT
Dependencia de la velocidad	Para cada banda de Octava y fuente	Para el nivel con Ponderación A	Para cada banda De octava	Para cada banda De octava
Influencia de la vía	9 clases diferentes, Correcciones son dependiente de la frecuencia	4 clases diferentes	3 clases diferentes	Correcciones desde -6dB a +6dB pero no se especifica alguna Clasificación. No dependiente de la frecuencia
Influencia de juntas, switches, Cruces y puentes	Tabla con correcciones, dependientes de la frecuencia	-	-	Tabla con correcciones. Valores no dependientes de la frecuencia
Parámetros específicos	Trenes locales y consideraciones de rugosidad De disco	-	-	-

De la Tabla 5 se desprende que el modelo más detallado y específico corresponde al holandés (RMR), y luego el modelo nórdico (NMT).

Sin embargo, es necesario destacar que esta comparativa corresponde a un ejercicio teórico, y que una comparación más profunda debe incluir mediciones, las cuales no fueron contempladas en esta etapa del Proyecto.

3.1.3. Mapas de Ruido por modelación en caso Piloto: Comunas de Providencia y Antofagasta.

Para realizar la modelación, se establecieron los parámetros de configuración de cálculo en el software Cadna/A (orden de reflexiones, error máximo, etc.) a través de una revisión de antecedentes bibliográficos, inspección visual en terreno y solicitud especial de CONAMA. Mayor detalle de este proceso se encuentra en el anexo Protocolo de Elaboración de Mapas de Ruido.

De acuerdo al procedimiento definido, la interpolación de la malla de cómputo es de 10 x 10 m [13], el orden de reflexión es de 1 (según acuerdo con CONAMA, y en virtud de optimizar los tiempos de cálculo, pues las reflexiones de orden superior no presentan diferencias significativas en el resultado final, pero si en los tiempos de cálculo), la absorción del suelo corresponde a $G=0$ (inspección visual, suelo duro), y el coeficiente de absorción de edificios corresponde a 0.4 [23].

Se elaboraron los Mapas de Ruido de ambas comunas del caso piloto, para dos condiciones: nivel día, y nivel noche. Se consideró un *flujo vehicular día* estimado a partir de los conteos en horario punta y valle (ver sección 3.1.2. *Selección de un modelo*) y un *flujo vehicular noche*, igual a un 30% del flujo día (de acuerdo a lo establecido en informe de la Fase I). Los correspondientes mapas se muestran en las Figuras 5 a 8. Una mejor visualización se encuentra en el CD adjunto en la carpeta MAPAS. Los mapas se encuentran en formatos .pdf en tamaño carta y tamaño A0. Además se entrega un archivo cobertura "shapefile" para ser utilizado en un sistema de información geográfica GIS.

Datos de flujo actualizados

Dado que la base de datos de la Fase I contempla solo los datos de flujo de las calles con un flujo mayor a 3.000.000 de vehículos por año, los mapas preliminares presentados en el Informe Final v1.0 de diciembre 2009 se encuentran incompletos. En ambas comunas del caso piloto existe una gran cantidad de calles con flujo vehicular considerable las que no son pertinentes de ser modeladas de acuerdo a este criterio. Esta información se indicó oportunamente a la Contraparte Técnica, con quien se acordó la extensión de contrato [25] con la finalidad de incluir las calles descartadas al aplicar criterio utilizado en la Fase I [1].

En atención a lo anterior, y tomando en consideración las recomendaciones de la guía de buenas prácticas (*Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure*, Pág. 59) [23], se ha asignado datos de flujo vehicular a las calles descartadas inicialmente lo que se indica en la Tabla 6.

Tabla 6. Valores de flujo sugeridos en el caso de no contar con información y no ser factible realizar conteos [23], se indica número de vehículos por período del día.

Tipo de vía	Día	Tarde	Noche
Calle sin salida	175	50	25
Vías de Servicio (principalmente utilizada por los residentes)	350	100	50
Vías colectoras (colectan tránsito de vías de servicio y aportan tránsito a vías principales)	700	200	100
Pequeños caminos principales	1400	400	200

Para corregir los mapas de ruido preliminares, se han asignado flujos vehiculares de acuerdo al siguiente criterio:

- Se asigna a las calles sin salida el flujo más bajo incluido en la Tabla 6.
- En los casos de calles en que la inspección visual realizada en la etapa de mediciones (especialmente en Antofagasta) ha permitido seleccionar alguno de los tipos indicados en la Tabla 6 como el más cercano, se asigna el flujo correspondiente.
- Se asigna al resto de las calles sin información el valor intermedio, correspondiente a la clasificación "Collecting roads".

Este criterio se ha acordado con la Contraparte Técnica, y ha permitido elaborar nuevos mapas de ruido, distintos a los incluidos en el Informe Final v1.0 los que se presentan en las figuras siguientes.

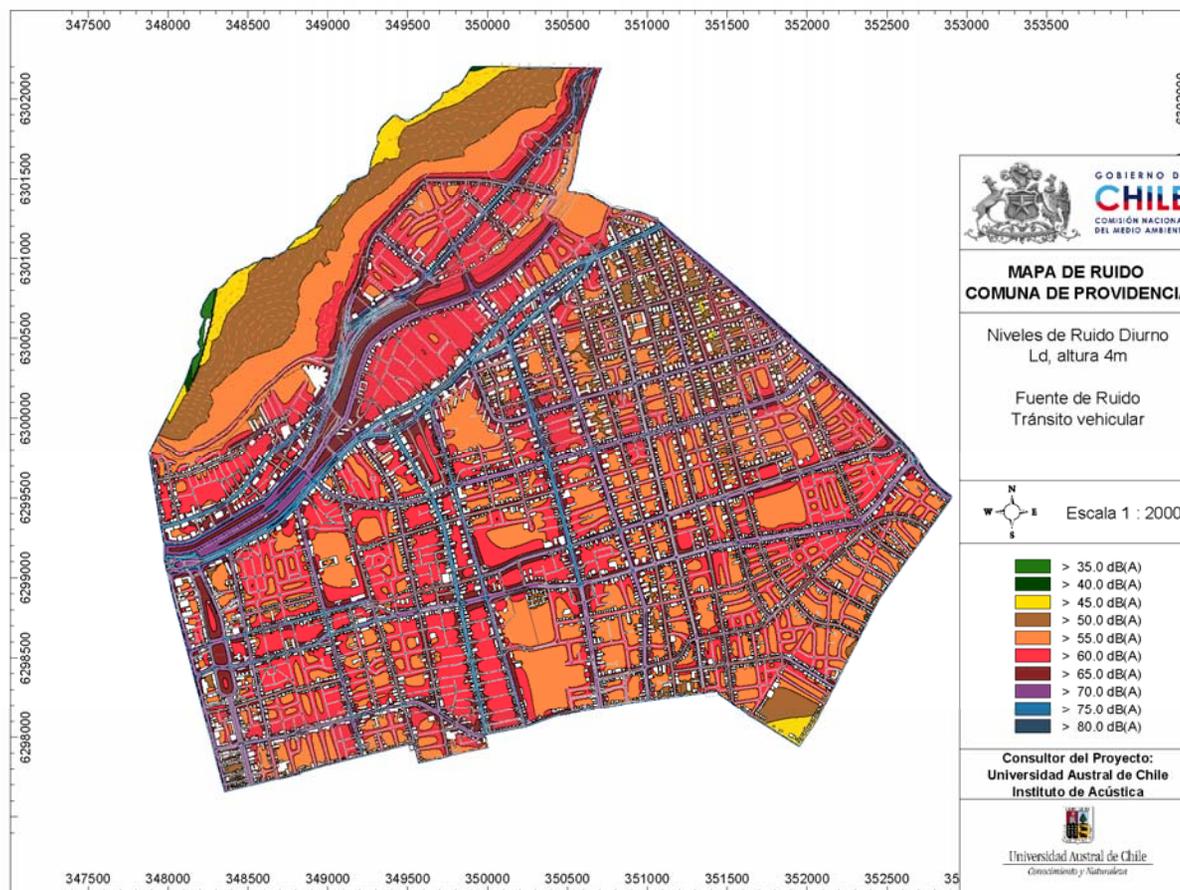


Figura 5. Mapa de Ruido Nivel Día (L_d), horario 07:00 - 23:00 hrs. comuna de Providencia.

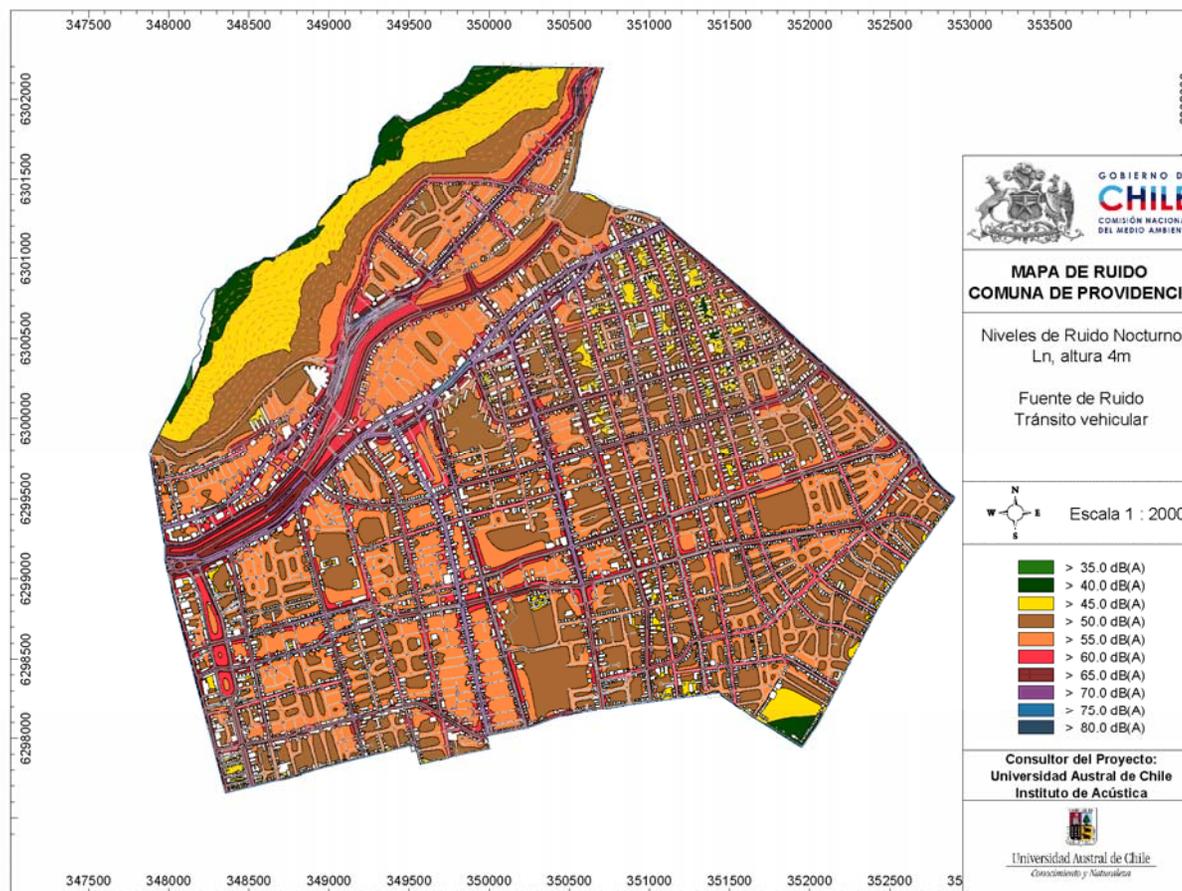


Figura 6. Mapa de Ruido Nivel Noche (L_n), horario 23:00 - 07:00 hrs. comuna de Providencia.

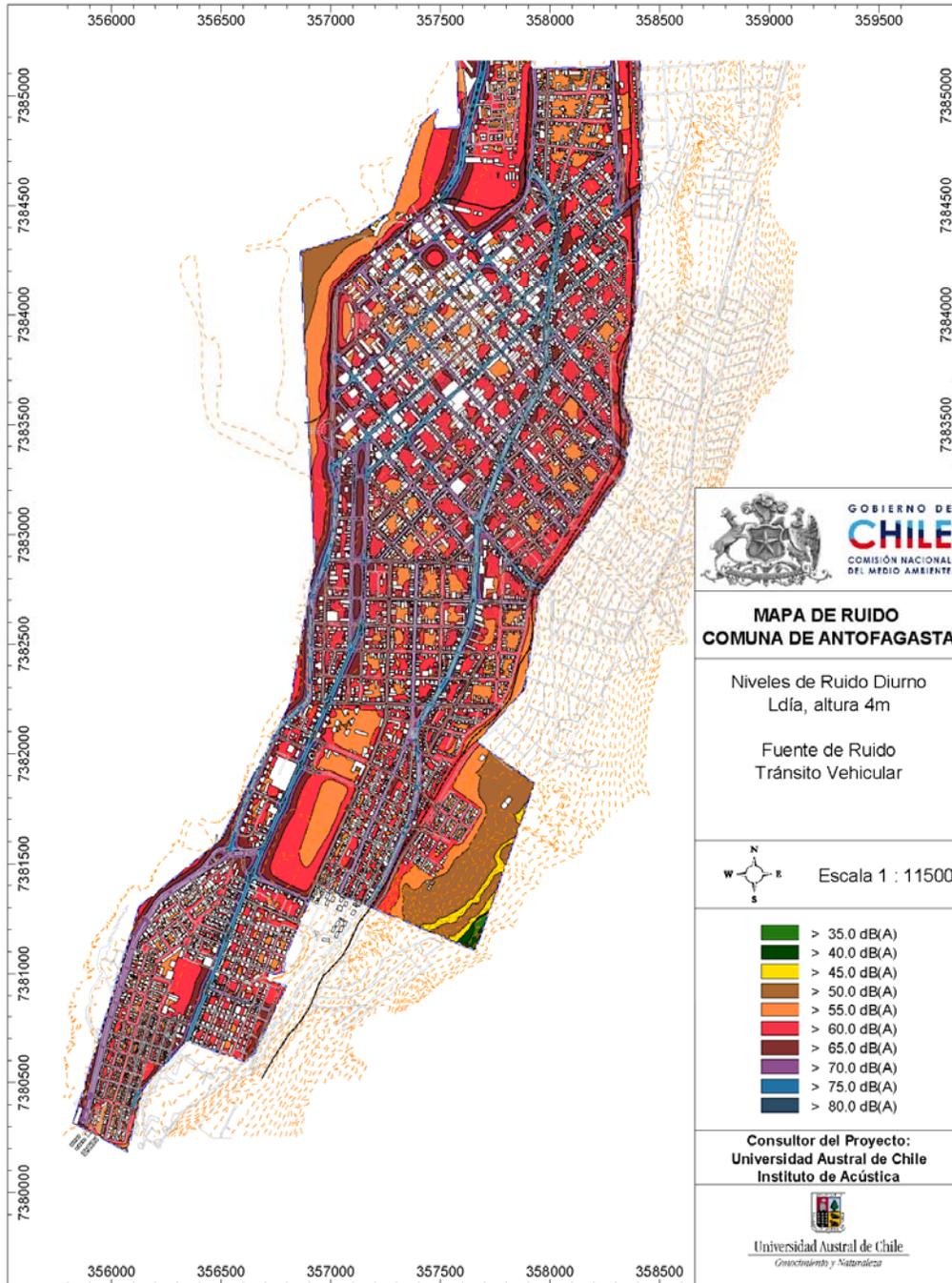


Figura 7. Mapa de Ruido Nivel Día (L_d), horario 07:00 - 23:00 hrs. comuna de Antofagasta.

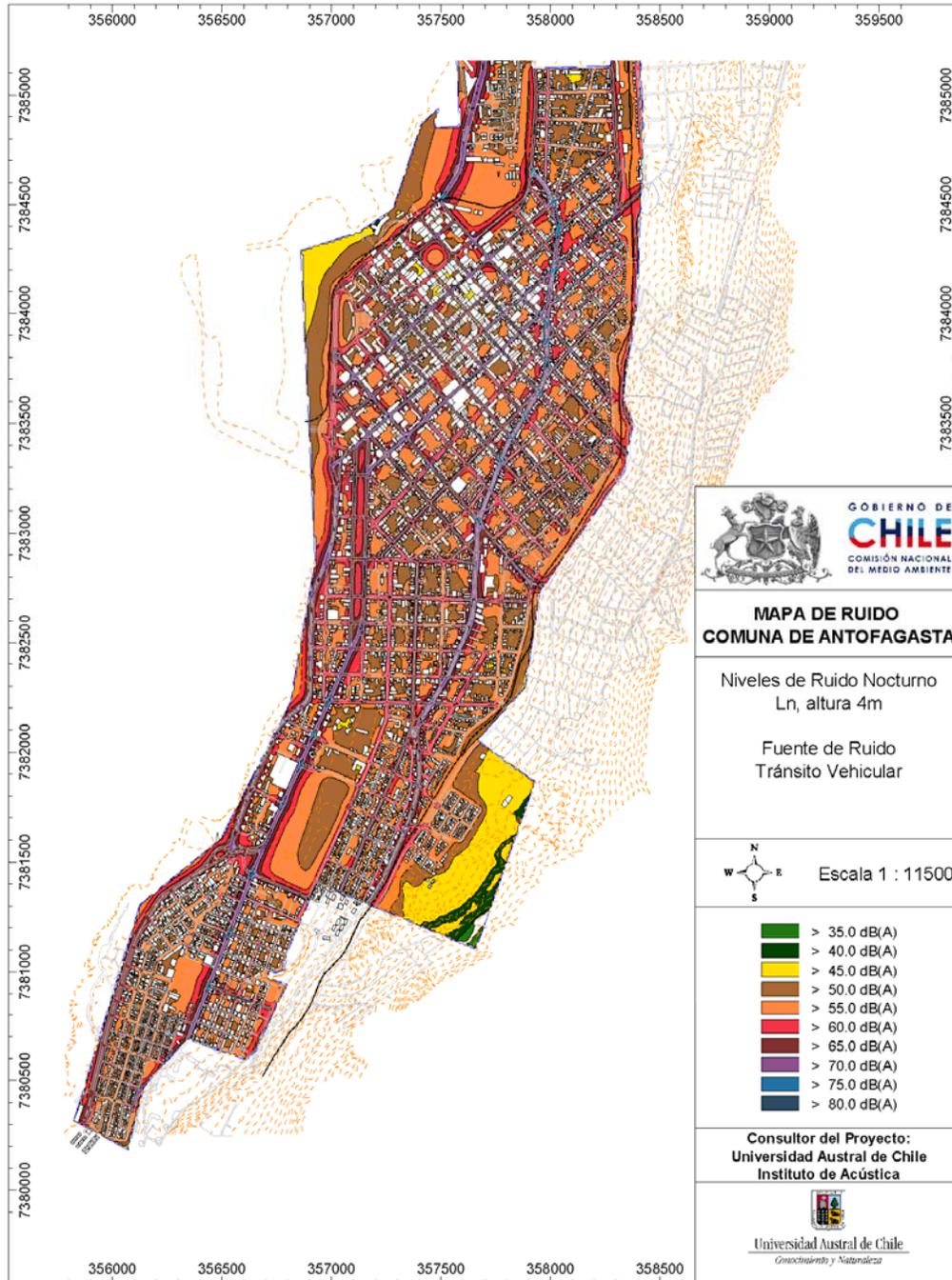


Figura 8. Mapa de Ruido Nivel Noche (L_n), horario 23:00 - 07:00 hrs. comuna de Antofagasta.

3.2. Determinación de la percepción del ruido por parte de la comunidad.

Determinar la percepción de la comunidad frente al ruido, a partir de la aplicación de la encuesta elaborada en la Fase I del Estudio, y analizar los resultados de su aplicación.

Para determinar la percepción de la comunidad frente al ruido ambiental se aplicó la encuesta de 25 preguntas de alternativas desarrollada y validada en la Fase I del Estudio [1] en las comuna de Providencia y Antofagasta.

3.2.1. Población total y tamaño de la muestra.

La población total a considerar para la aplicación de la encuesta corresponde a todas las personas mayores de 18 años que vivan o trabajen (a lo menos dos años) en los sectores considerados para cada comuna del caso piloto, comunas de Antofagasta y Providencia. Tales condiciones provienen del trabajo realizado en la Fase I. Se utilizaron los datos obtenidos en el estudio de validación de la encuesta para cada caso y se consideró esta información como muestra piloto para determinar el tamaño muestral del presente trabajo.

El tamaño de la muestra se determinó a partir de un análisis de la variabilidad que presentan las variables objeto de investigación. De ellas se seleccionó la pregunta 13d de la encuesta: "Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuán molesto es el ruido producido por el tránsito vehicular (en el día)". La elección de esta variable obedece a que el cálculo del tamaño muestral requiere el valor de la varianza estimada de la población (Ec. 3.2.1) el cual solo puede ser obtenido de una variable cuantitativa (ordinal en este caso) como es el caso de la variable 13d (el tránsito vehicular).

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2}{E^2} \quad (3.2.1)$$

n: es el número de encuestas.

Z: es el nivel de confianza, se utilizará un nivel de confianza de un 85%; $Z = 1.44$.

σ^2 : varianza.

E: representa al error muestral, se considerará un error de un 15%.

Tabla 7. Desviación estándar variable 13d y tamaño muestral por cada comuna.

DESCRIPTOR	ANTOFAGASTA	PROVIDENCIA
σ	3,03	2,73
n	846	686

Como se aprecia en la Tabla 7, el tamaño muestral es de 846 encuestas en el caso de Antofagasta y de 686 encuestas en el caso de Providencia.

Es necesario comentar que este tamaño muestral es significativamente mayor que el planteado inicialmente en la Propuesta Técnica (alrededor de 400 encuestas), lo que responde a obtener estimaciones con una precisión estadística apropiada, y que es resultado de utilizar datos obtenidos en la Fase I, como se explicó. Por otro lado, el tamaño muestral se ha generado a partir del análisis de la variabilidad que presentan las variables objeto de investigación, sin perder de vista la población en estudio según datos del INE del año 2002 y delimitada al área de estudio (Fase I). Así, la población para el área de estudio en la comuna de Providencia es de 100.939 habitantes mayores de 18 años (población total 120.874 habitantes), y para Antofagasta, en el área de estudio y mayores de 18 años, la población es de 39.666 habitantes (población total 52.062 habitantes).

Una vez conocido el tamaño muestral se determinó el número de conglomerados que serán parte del estudio. Para ello, se analizó el grado de correlación entre conglomerados, considerando la variable 13d, para observar la pertinencia del tipo de muestreo por conglomerado aplicado en este caso. La siguiente expresión, permite calcular rho ρ (correlación entre conglomerado).

$$\rho = \frac{N_c N_p \sigma_e^2 - N_c \sigma_i^2}{(N_c - 1) N_p \sigma_e^2 + (N_c - 1) \sigma_i^2} \quad (3.2.2)$$

N_c : total de conglomerados.

N_p : total población.

σ_e : desviación estándar entre conglomerados.

σ_i : desviación estándar al interior de los conglomerados.

Tabla 8. Cálculo del número de conglomerados por comuna.

C-muestral	DESCRIPTOR	ANTOFAGASTA	PROVIDENCIA
	RHO	0,657198285	0,717079925
	Nco*	18632,304	37181,2
	Nco / Total Conglomerados	40,95011868	57,20184615

*Nco corresponde al total de conglomerados más un factor de corrección basado en rho y el promedio de los conglomerados

Como se observa en la Tabla 8, ambos coeficientes de correlación indican que el tipo de muestreo seleccionado podría ser reemplazado por un muestreo aleatorio simple. A pesar de esto, se ha decidido, aplicar el muestreo por conglomerado debido a que esta estrategia garantiza una adecuada distribución espacial de las muestras.

En virtud de lo anterior, el cálculo del número de conglomerados se corrige, para efecto de diseño, por la siguiente expresión:

$$N_{co} = n(1 - \bar{x} * \rho) \quad (3.2.3)$$

n : tamaño muestral.

\bar{x} : promedio de los conglomerados.

Con todo ello, para el caso de Antofagasta se han considerado un total de 41 conglomerados y para el caso de Providencia un total de 58, entre los cuales se distribuyen las encuestas según el peso específico de cada conglomerado, considerando las distintas densidades poblacionales de cada uno. Éstos a su vez, fueron escogidos aleatoriamente.

3.2.2. Equipo encuestador y aplicación de la encuesta.

En cada comuna la aplicación de la encuesta estuvo a cargo de un equipo encuestador reclutado en número suficiente para dar la cobertura apropiada e instruido por el equipo consultor. A cada uno de los encuestadores se le asignó un área específica de cobertura, contemplando un 20% adicional de encuestas con el fin de asegurar el retorno de las mismas que permita realizar un análisis estadístico representativo.

La capacitación de los equipos encuestadores de cada comuna estuvo a cargo del Dr. Raimundo Vega. En esta capacitación se explicaron los pormenores de la aplicación de encuesta y los alcances generales del Proyecto. Esta actividad se realizó en dependencias de la Universidad Austral de Chile en Santiago, Moneda 673 en el caso de Providencia. En Antofagasta se realizó en dependencias de la Facultad de Derecho de la Universidad de Antofagasta.

Para la comuna de Providencia se conformó un equipo encuestador de 10 personas los que en su mayoría corresponden a estudiantes de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Para la comuna de Antofagasta el equipo encuestador quedó conformado por 11 estudiantes de Derecho de la Universidad de Antofagasta.

En Providencia, la aplicación de la encuesta se llevó cabo entre los días 13 y 22 de octubre de 2009, obteniéndose un retorno de 608 encuestas. Debió realizarse una segunda etapa de aplicación con el fin de completar el tamaño muestral, la que se aplicó entre los días 4 y 13 de noviembre de 2009, obteniéndose satisfactoriamente el total de las encuestas requeridas. La segunda etapa de aplicación consistió en volver a levantar información de los conglomerados que presentaron un retorno deficitario en la primera etapa. Se insistió sobre estos conglomerados para no interferir en la representatividad de cada uno en el total de la muestra. Esta tarea estuvo a cargo del mismo equipo encuestador, lo que permitió que no se repitieran las viviendas ya encuestadas dado el conocimiento de la composición de los conglomerados por parte de cada uno de ellos.

En el caso de la ciudad de Antofagasta, la aplicación de la encuesta se llevó a cabo entre los días 6 y 17 de noviembre de 2009, lográndose el retorno del total de encuestas. El detalle del número de encuestas por conglomerado se encuentra en el Anexo VI.

3.2.3. Empadronamiento de conglomerados.

Según lo establecido en el plan de trabajo aprobado por CONAMA, para cada comuna se aplicó la encuesta para determinar la percepción del ruido por parte de la comunidad considerando un tamaño muestral de 686 encuestas para Providencia y 846 para Antofagasta. Además, para asegurar una adecuada distribución espacial de las muestras se decidió realizar un muestreo por conglomerados, que corresponden a 58 conglomerados en Providencia (ver Figura 10) y 41 en Antofagasta (ver Figura 13), basado en un muestreo sistemático.

Con el fin de conocer detalles y validar cada uno de los conglomerados seleccionados, en ambas comunas del caso piloto se realizó un empadronamiento para el área de estudio. De esta forma, se aseguró de la viabilidad de cada uno para ser considerado como parte de la muestra y de esta manera adelantarse a

posibles contratiempos generados por la composición de ellos (viviendas, comercio, instituciones públicas, etc.) y actualizar la información base utilizada para la selección (Base de datos Redatam, INE) que data del año 2002. Además, se verificó que cada conglomerado coincidiera al menos con una de las vías que son parte de la modelación, esto en función de establecer un nexo que ayude en el análisis de correlación entre la modelación y los resultados de la encuesta. Esta actividad se desarrolló entre los días 5 y 9 de octubre de 2009 en la comuna de Providencia y entre los días 3 y 5 de noviembre de 2009 en el caso de Antofagasta.

En la comuna de Providencia se detectaron 11 conglomerados que presentan anomalías tanto desde el punto de vista de su composición como desde el punto de vista de su ubicación (ver Figura 11). Similar situación experimentó la comuna de Antofagasta, donde se diagnosticaron 11 conglomerados que no poseían las características para ser considerados como parte de la muestra (ver Figura 14).

Los conglomerados inviables corresponden a aquellos que no poseen viviendas. Los conglomerados mixtos corresponden a los que poseen una mixtura de viviendas y comercio a tal punto que no es posible asegurar el número necesario de viviendas. Los conglomerados sin vías corresponden a aquellos que no coinciden con alguna de las vías a modelar. Todos los conglomerados que presentaron algún tipo de problema fueron reemplazados por otro considerando que estuvieran en la misma zona y que fuera del mismo tamaño.

Los conglomerados definitivos se muestran en las Figuras 12 y 15 para Providencia y Antofagasta respectivamente.



Figura 10. Conglomerados comuna de Providencia.



Figura 11. Conglomerados anómalos comuna de Providencia.



Figura 12. Conglomerados definitivos comuna de Providencia.

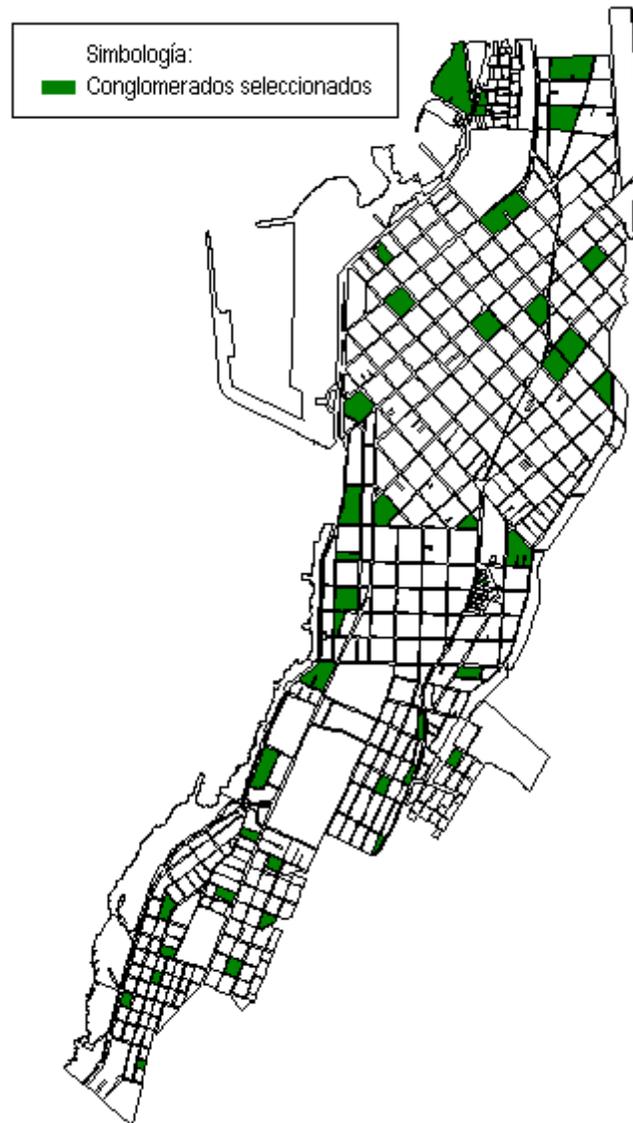


Figura 13. Conglomerados comuna de Antofagasta.

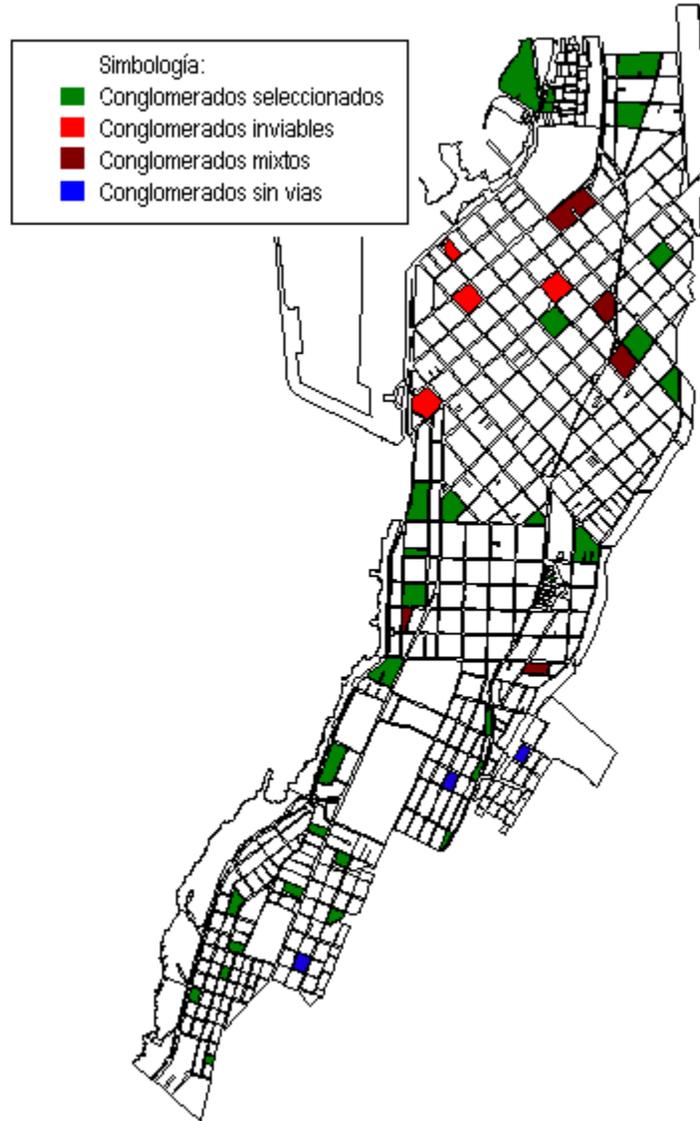


Figura 14. Conglomerados anómalos comuna de Antofagasta.

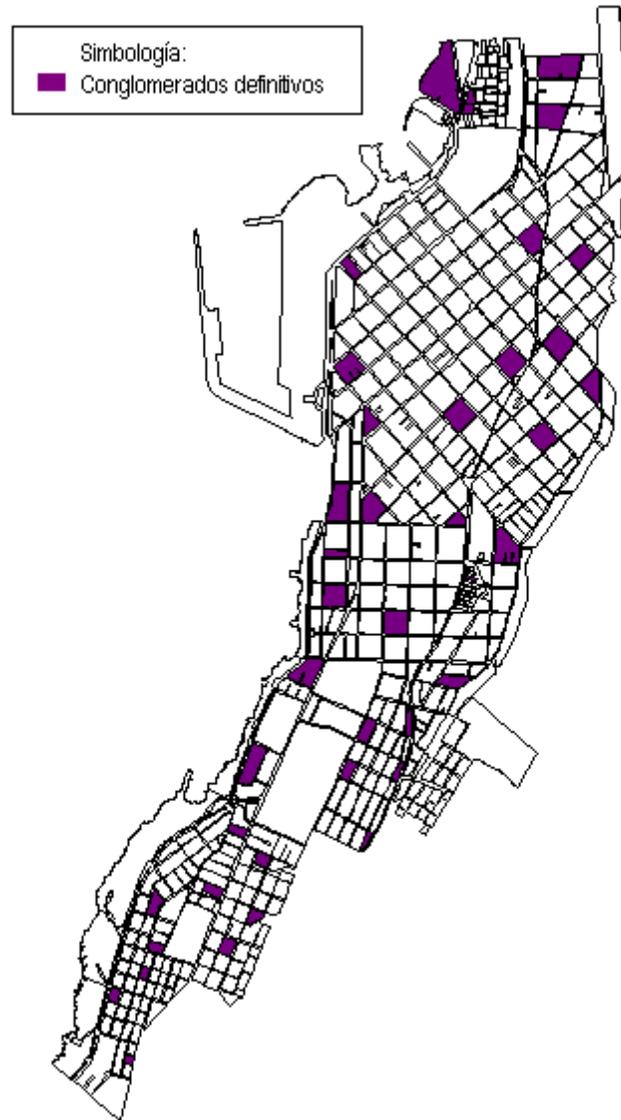


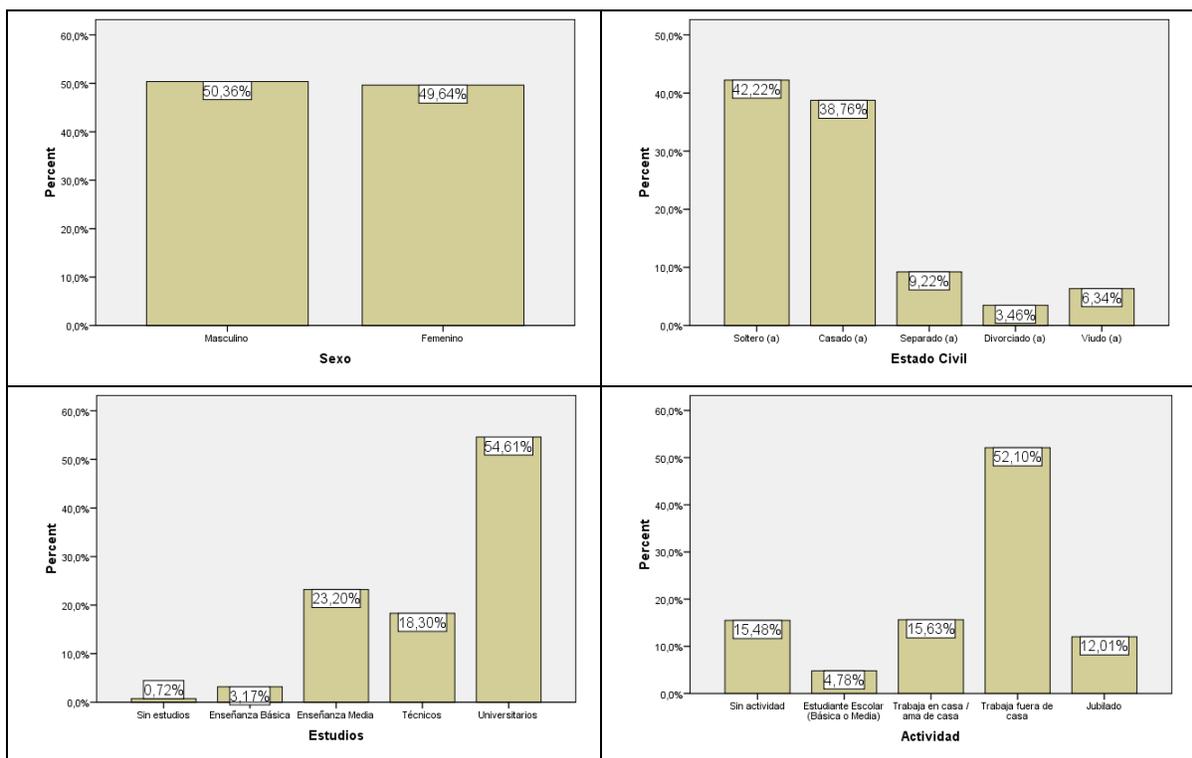
Figura 15. Conglomerados definitivos comuna de Antofagasta

3.2.4. Análisis de los datos de la encuesta.

3.2.4.1. Análisis descriptivo de las variables en estudio, comuna de Providencia.

3.2.4.1.1.- Característica de la muestra.

La muestra encuestada en la comuna de Providencia corresponde a un total de 700 personas. La Figura 16, muestra los gráficos de frecuencia para las variables genero, estado civil, estudios, actividad, edad y tiempo de residencia.



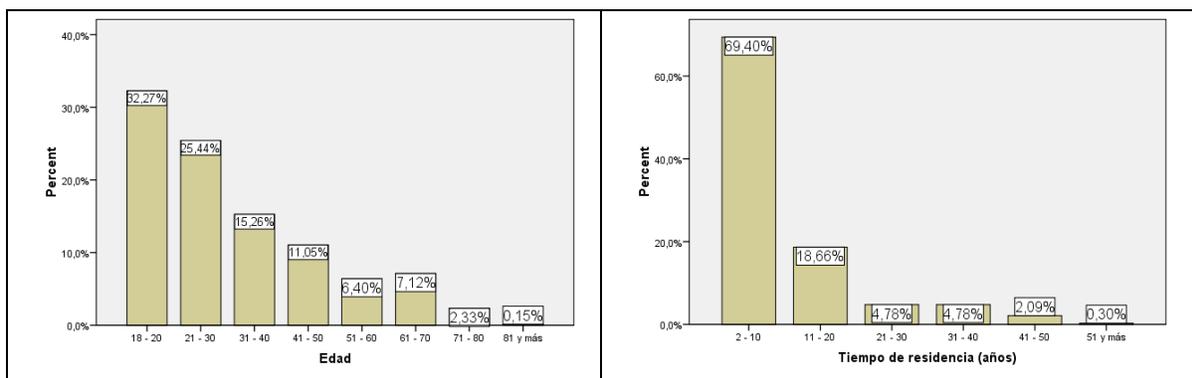
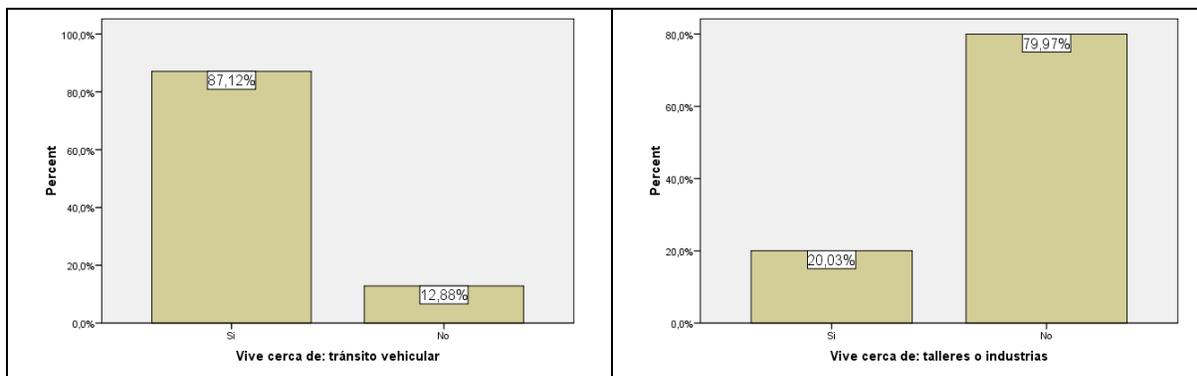


Figura 16. Gráficos de frecuencia para genero, estado civil, estudios, actividad, edad y tiempo de residencia.

De la información desplegada en los gráficos se puede deducir que la muestra corresponde principalmente a personas en el rango de edades hasta 50 años (aprox. 80%) distribuyéndose equitativamente entre hombres y mujeres. De éstos, la mayoría declara tener estudios superiores, ya sea de carácter técnico o universitario. Probablemente sea producto de esta situación el elevado porcentaje de personas que trabaja fuera de casa (52,1%).

El elevado porcentaje de encuestados con un tiempo de residencia menor a 10 años respalda la decisión de poner como restricción un tiempo de residencia mayor a 2 años.

Según lo que se aprecia en la Figura 17, es esperable encontrar que la fuente de ruido que más impacta a la población en estudio es el tránsito vehicular, ya que un alto porcentaje de encuestados que declara vivir cerca de ella. Por otro lado, para el resto de las fuentes es esperable que los encuestados declaren percibir menos molestia, dado que el porcentaje de personas expuestas a ellas es menor.



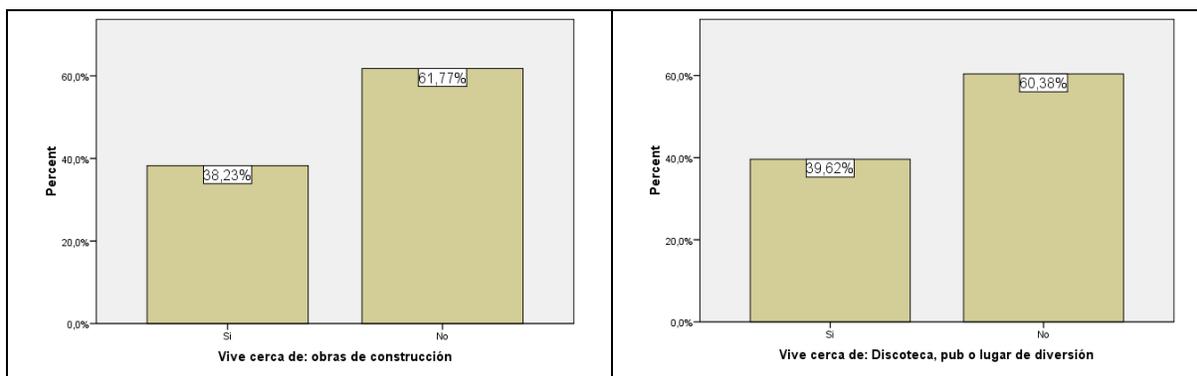


Figura 17. Frecuencia sobre las variables de proximidad de lugares: Transito vehicular, lugares de construcción, talleres o industrias y lugares de diversión.

3.2.4.2.2.- Descripción de las variables sobre Sensibilidad al Ruido Ambiental

Como se ve en la Figura 18, un 21,7% se declara muy sensible al ruido, y un 29% medianamente sensible, lo que representa la mitad de la población de la comuna. Este dato es relevante, por cuanto el ruido es un problema ambiental claramente perceptible por los vecinos. La situación al interior del hogar deja de manifiesto que un porcentaje de la población percibe al ruido exterior invadiendo su entorno familiar (casi un 25%). Los encuestados que aseguran ser muy sensibles al ruido podría explicarse por el porcentaje similar de encuestados que declara que el ruido ambiental en el interior de su hogar sea entre muy audible a extremadamente audible.

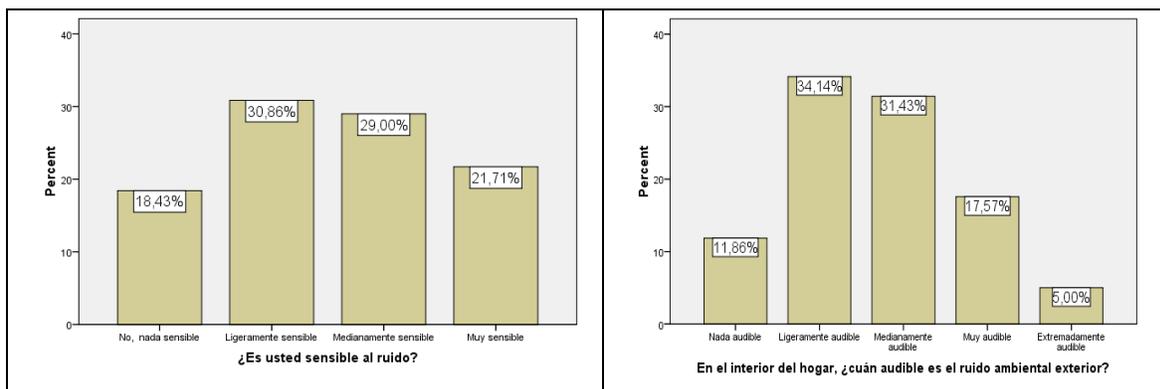


Figura 18. Frecuencia observadas para las variables: Es usted Sensibilidad al ruido y En el interior de su hogar, cuán audible es el ruido ambiental exterior cuando se encuentra en el interior de su casa.

El siguiente análisis permite observar si las variables en estudio tienen dependencia de los factores edad, tiempo de residencia, género y actividad.

La Tabla 9, muestra el valor calculado y su probabilidad asociada de la prueba de hipótesis Chi-cuadrado, para determinar si existe asociación entre la variable “es usted sensible al ruido” y los factores sexo, edad, tiempo de residencia y actividad. Según los valores observados se puede concluir que existe asociación entre la variable y los factores género, edad y actividad a un nivel de significancia del 0.05, y no existe asociación con tiempo de residencia.

Tabla 9. Prueba de hipótesis Chi-cuadrado para determinar la asociación entre la variable “Es usted sensible al ruido” y los factores Género, Edad, Tiempo de Residencia y actividad.

Factores	Chi-cuadrado	Probabilidad
Sexo	22,25	0,0
Edad	33,9	0,036
Tiempo de residencia	24,9	0,05
Actividad	24,15	0,019

La dependencia de la variable en estudio y los factores mencionados estimada mediante la prueba Chi-cuadrado se explica analizando la Figura 19. Al observar la gráfica de la variable versus sexo, es posible concluir que la dependencia se manifiesta en el hecho de que el género femenino se muestra más sensible al ruido. Gran parte de la muestra declara en las categorías de mayor sensibilidad, es decir, ligeramente sensible a muy sensible. Por el contrario, el género masculino declara mayoritariamente percibir el ruido entre las categorías nada sensible a medianamente sensible. Esta conclusión se corrobora al observar que la prueba chi-cuadrado (Tabla 9) es significativa, es decir, existe asociación entre la variable y el factor género.

Para el factor edad, también se comprueba que existe asociación con la variable en estudio, ya que a mayor edad los encuestados son más sensibles al ruido, y por el contrario a menor edad tienden a percibirlo como nada sensible. De la misma manera, la asociación existente entre la variable y el factor actividad se puede comprobar al observar que las categorías sin actividad y estudiante manifiestan menor sensibilidad al ruido contrario al caso de los jubilados que declaran ser muy sensibles. Las personas que trabajan fuera de casa lo perciben medianamente y ligeramente sensible, mientras que las personas que trabajan en casa no presentan una tendencia hacia alguna de estas categorías.

El factor tiempo de residencia no está asociado, según la prueba Chi-cuadrado, con la variable en estudio, sin embargo se observa que a menor tiempo de residencia se percibe como más sensible el ruido por parte de los encuestados.

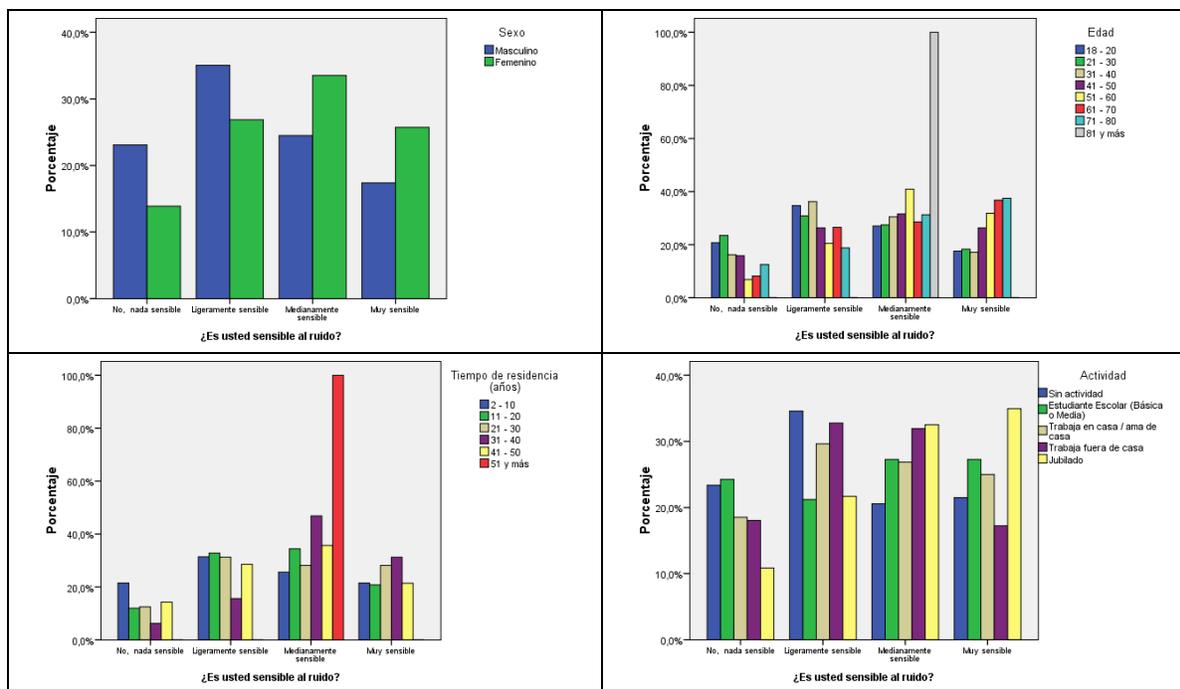


Figura 19. Porcentaje de frecuencia observada de la variable “¿Es usted sensible al ruido?” versus los factores genero, edad, tiempo de residencia y actividad.

La Tabla 10, muestra el valor calculado de la prueba Chi-cuadrado y su probabilidad asociada para determinar si existe asociación entre la variable “en el interior de su hogar, cuán audible es el ruido ambiental exterior” y los factores género, edad, tiempo de residencia y actividad. Al observar los valores de probabilidad asociada a la prueba Chi-cuadrado se puede concluir que no existe asociación entre las variables y los factores.

Tabla 10. Prueba de hipótesis Chi-cuadrado para determinar la asociación entre la variable “cuán audible es el ruido ambiental exterior” y los factores Género, Edad, Tiempo de Residencia y actividad.

Factores	Chi-cuadrado	Probabilidad
Sexo	29,3	0,56
Edad	31,98	0,27
Tiempo de residencia	19,74	0,47
Actividad	23,97	0,09

La Figura 20 muestra la variable “en el interior de su hogar, cuán audible es el ruido ambiental exterior” y los factores género, edad, tiempo de residencia y actividad. Se observa que en el gráfico entre la variable en estudio y el factor género, la percepción de cuán audible es el ruido exterior se distribuye para ambos géneros de forma similar, esto se corrobora al no existir asociación significativa entre la variable y el factor. Para el factor edad, se observa que la distribución de la percepción por categoría es similar independiente del rango de edad, lo mismo ocurre con la variable tiempo de residencia y actividad, pues no existe asociación entre las variables.

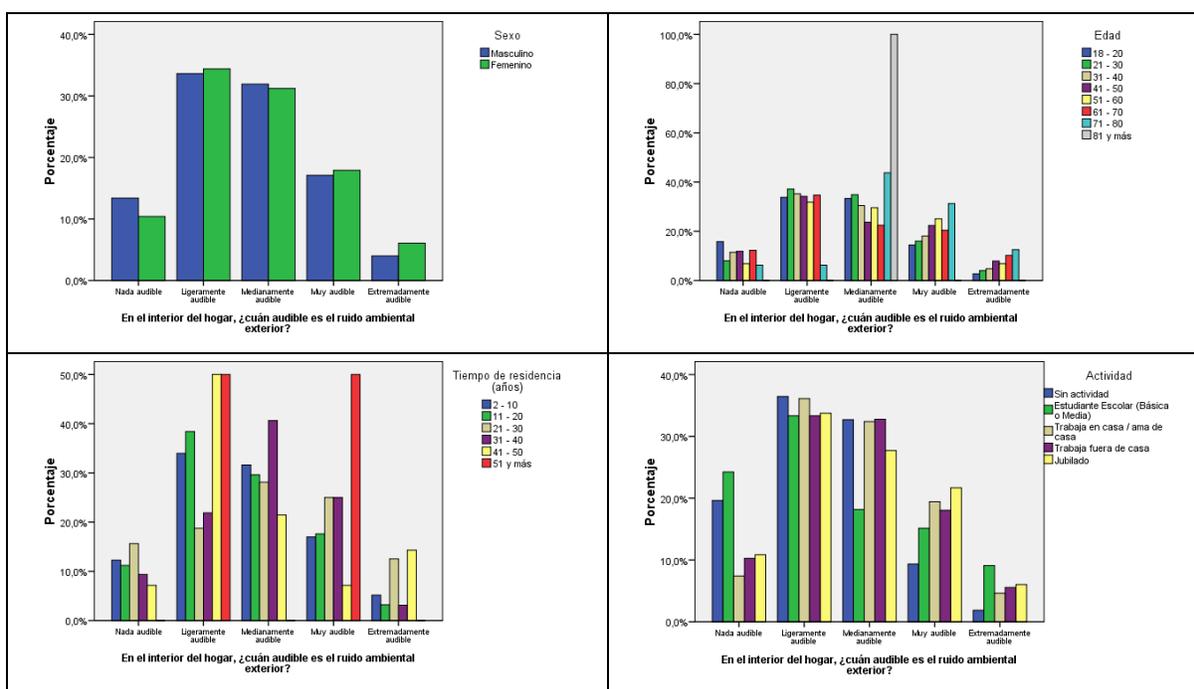


Figura 20. Porcentaje de frecuencia observada de la variable “En el interior de su hogar, cuán audible es el ruido ambiental exterior” versus los factores género, edad, tiempo de residencia y actividad.

3.2.4.2.3. Descripción de las variables Fuentes de Ruido Ambiental.

I. Análisis de Frecuencias para las variables cualitativas.

El siguiente análisis tiene como objetivo describir la percepción del ruido, tanto en periodo diurno como nocturno, cuya fuente se encuentra en el tránsito vehicular, talleres o industrias, obras de construcción, ruido provocado por los vecinos, y lugares de diversión (ver Figura 21). Para cada caso se consideró el total de la

muestra sin imponer filtros de ningún tipo, lo que se relaciona con la necesidad de hacer estimaciones que expliquen el comportamiento de la totalidad de la comuna para el caso de Providencia y para el área seleccionada en el caso de Antofagasta. El muestreo utilizado en este estudio es probabilístico, esto garantiza que el error en las estimaciones poblacionales sea conocido, respondiendo a los objetivos del trabajo.

Al respecto, es conveniente sugerir que si se desea conocer una relación más directa de las personas expuestas a una determinada fuente de ruido y su percepción, se debe diseñar un estudio con metodología de muestreo distinta, y con alcances orientados a tales objetivos. Se debe seleccionar sólo receptores cercanos a la fuente en cuestión efectuando un muestreo dirigido, y no considerar la población de la comuna. El diseño del presente estudio garantiza un error conocido, y no es posible realizar esta selección a posteriori, ya que esta selección de la muestra original estaría dirigida, y tendría un error en las estimaciones poblacionales desconocido, en consecuencia, dichas estimaciones no serían válidas.

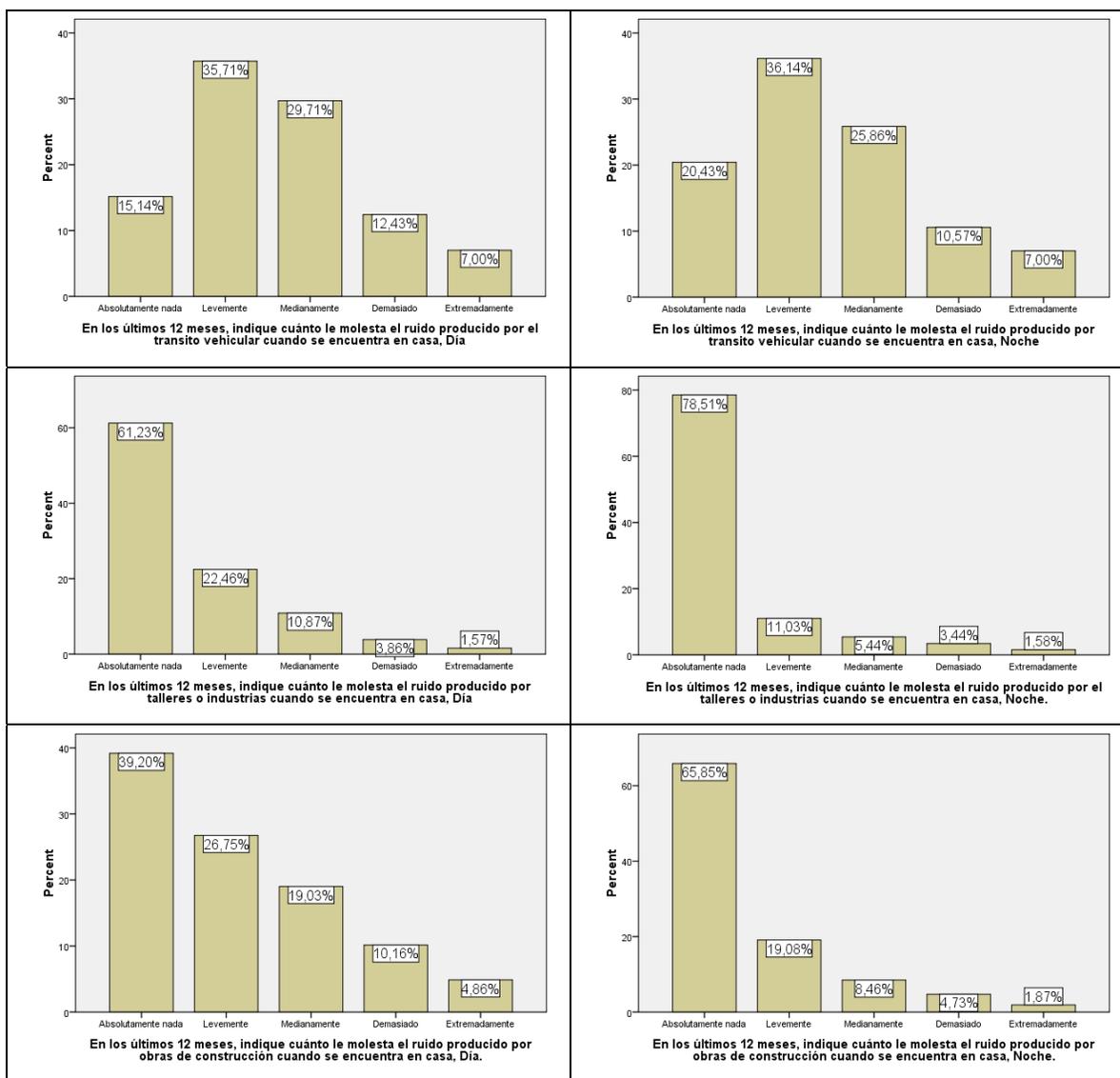
Al observar los gráficos se puede concluir que para el periodo diurno la fuente de ruido que provoca mayor grado de molestia es el tránsito vehicular, destacando casi un 20% de la población que lo califica como “Demasiado” y “Extremadamente” molesto en el día y un 17% en la noche. Visto de otra manera, uno de cada cinco habitantes de Providencia se manifiesta demasiado y extremadamente molesto respecto al ruido de tráfico en el periodo diurno, y casi la misma proporción respecto de la noche. En contraposición, la mitad de los vecinos se manifiestan sin molestia o con una molestia leve respecto al ruido de tránsito (día y noche). Este aspecto puede ser relevante para analizar la distribución del tránsito en la comuna, y de implementar algunas medidas de control de ruido en las zonas más pobladas.

La segunda fuente de ruido más molesta, según cantidad de personas manifestadas extremadamente molestas o demasiado molestas, es el ruido generado por los vecinos, que incluye aproximadamente un 11% en estas categorías, tanto de día como de noche. Para este caso, la cantidad de casos extremadamente molestos son un 2,5% tanto de día como de noche, a diferencia del tránsito que muestra cerca de un 7% para ambos periodos del día. Tales datos son interesantes para reforzar las medidas de control de ruido mediante las ordenanzas municipales y el control de los reglamentos de copropietarios, por ejemplo. A diferencia del caso de tránsito, en el ruido generado por vecinos es claramente identificable el responsable.

La tercera fuente de ruido más molesta son las obras de construcción, donde el porcentaje de población extremadamente y demasiado molesta es cerca de un 15% en el día y un 6% en la noche. A diferencia de las otras dos fuentes de ruido, la molestia disminuye en la noche, posiblemente por la disminución de la actividad de construcción en la noche. Sin embargo, un 1,87% de la población dice sentirse extremadamente molesta en la noche, lo que debe dar una alerta de aquellas actividades que se permiten realizar en horario nocturno.

Los lugares de diversión siguen en las fuentes de ruido molestas, con cerca de un 7% y un 12% de día y de noche, destacando la diferencia el aumento de molestia en el período nocturno, lo que revela el impacto de las actividades de diversión nocturna.

Para el caso de industrias y talleres los porcentajes de molestias son más bajos en cuanto a la población molesta respecto a las otras fuentes. Sin embargo un grupo de personas se manifiesta extremadamente molesta tanto de día como en la noche (un 1,57%), por tanto, sin ser un porcentaje muy alto de población, es un grupo de gente muy afectada.



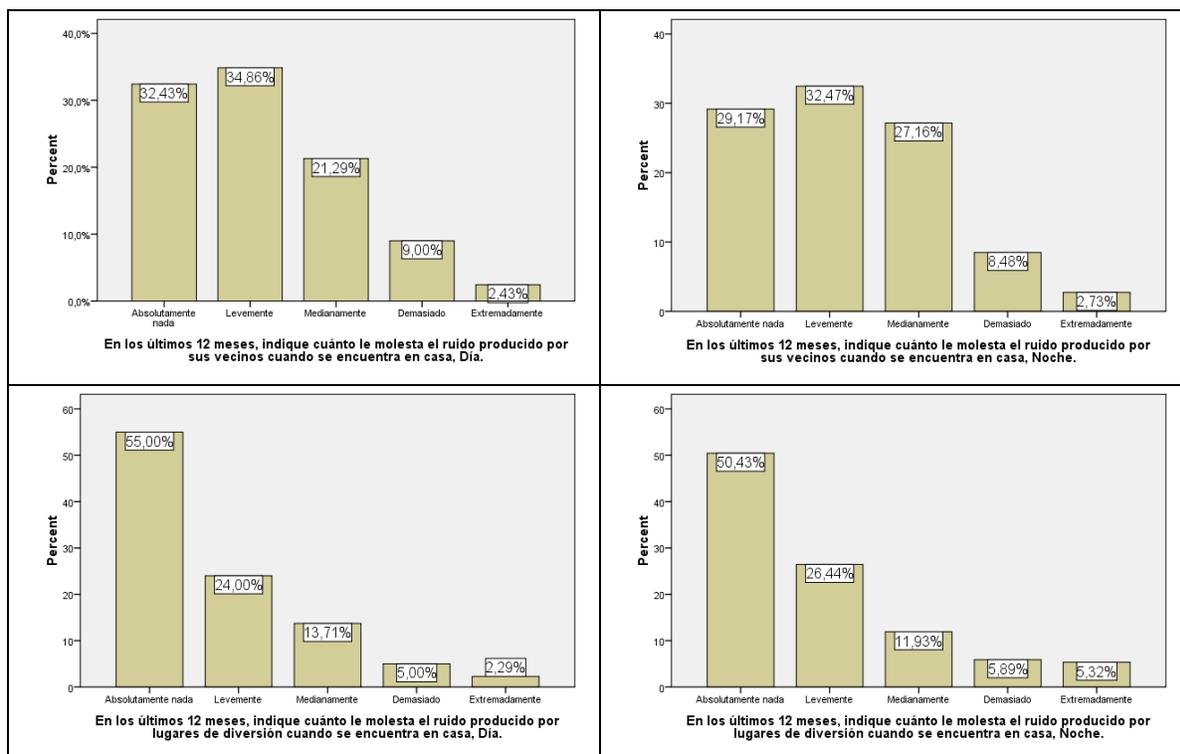


Figura 21. Frecuencias observadas, periodo día y noche, para las categorías de las variables de Fuente de Ruido Ambiental.

La Figura 22 muestra los gráficos de frecuencia para la variable “En los últimos 12 meses, indique cuánto le molesta el ruido producido por el tránsito vehicular cuando se encuentra en su casa” durante el periodo día y noche y los factores género, edad, tiempo de residencia y actividad. En éstos no es posible observar tendencias de asociación entre esta variable y los factores, es decir, para cada categoría de la variable se observa un porcentaje similar de encuestados para las distintas categorías de cada uno de los factores en estudio. Esta observación se respalda al analizar la Tabla 11 que muestra los valores Chi-cuadrado y su probabilidad asociada, los que indican que no existe asociación entre la variable ruido por tránsito vehicular y los factores en estudio, para el periodo día. Para el periodo noche la situación es similar salvo el factor edad que está asociado con la variable en estudio.

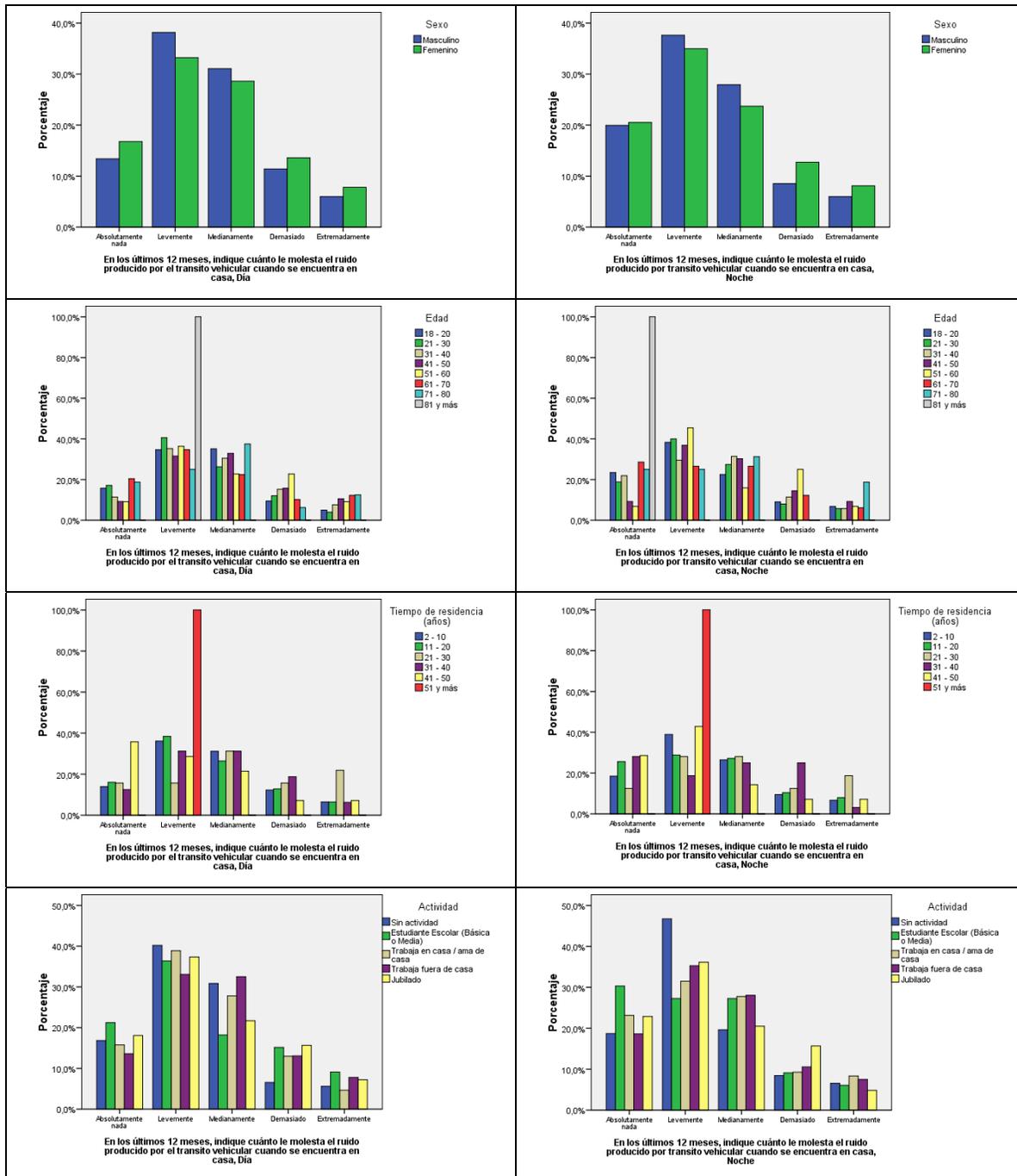


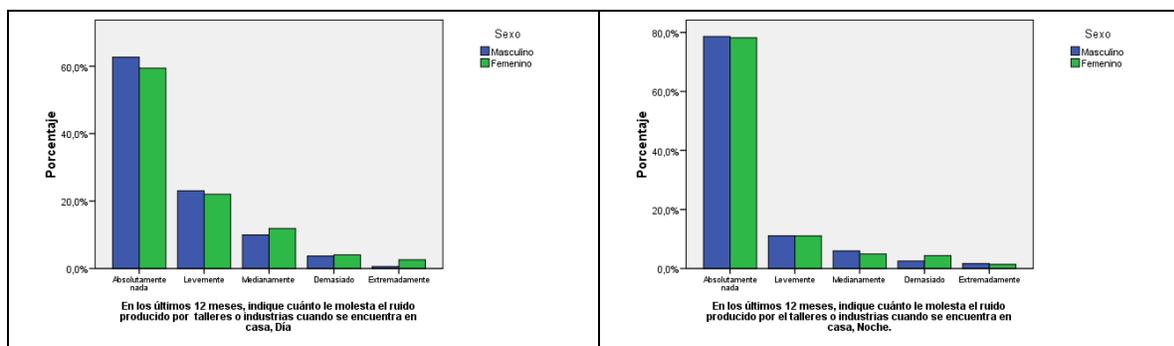
Figura 22. En los últimos 12 meses, indique cuánto le molesta el ruido producido por el tránsito vehicular cuando se encuentra en su casa, durante el día y la noche y los factores Género, Edad y Tiempo de Residencia.

Tabla 11. Prueba de hipótesis Chi-cuadrado para determinar la asociación entre la variable En los últimos 12 meses, indique cuánto le molesta el ruido producido por el tránsito vehicular cuando se encuentra en su casa (durante el día y noche) y los factores género, edad y tiempo de residencia y actividad.

Factores	Chi cuadrado (día)	Probabilidad	Chi cuadrado (noche)	Probabilidad
Sexo	4,3	0,35	5,521	0,238
Edad	29,7	0,37	43,284	0,033
Tiempo residencia	25,3	0,188	29,693	0,075
Actividad	13,82	0,61	14,88	0,53

La Figura 23 muestra la variable “En los últimos 12 meses, indique cuánto le molesta el ruido producido por talleres e industrias” durante el periodo día y noche versus los factores género, edad, tiempo de residencia y actividad. En la Tabla 12, se muestran los valores Chi-cuadrados y sus probabilidades asociadas. El factor actividad para el periodo día, y tiempo de residencia para el periodo noche, están asociados con la variable en estudio. En el caso de la actividad, quienes trabajan fuera de casa y jubilados tienden a no percibir molestia por el ruido de talleres e industria, en cambio para la categoría estudiante tiende a presentar mayor molestia.

Para el factor tiempo de residencia, a mayor tiempo, “31-40” y “41-50” años perciben más molestia por el ruido de talleres e industrias, comparado con las categorías de menos tiempo de residencia que perciben menor molestia. En este caso dicha dependencia no es tan evidente debido a que la asociación entre la variable y el factor es significativa solamente a un 0.05 como se muestra en la Tabla 12.



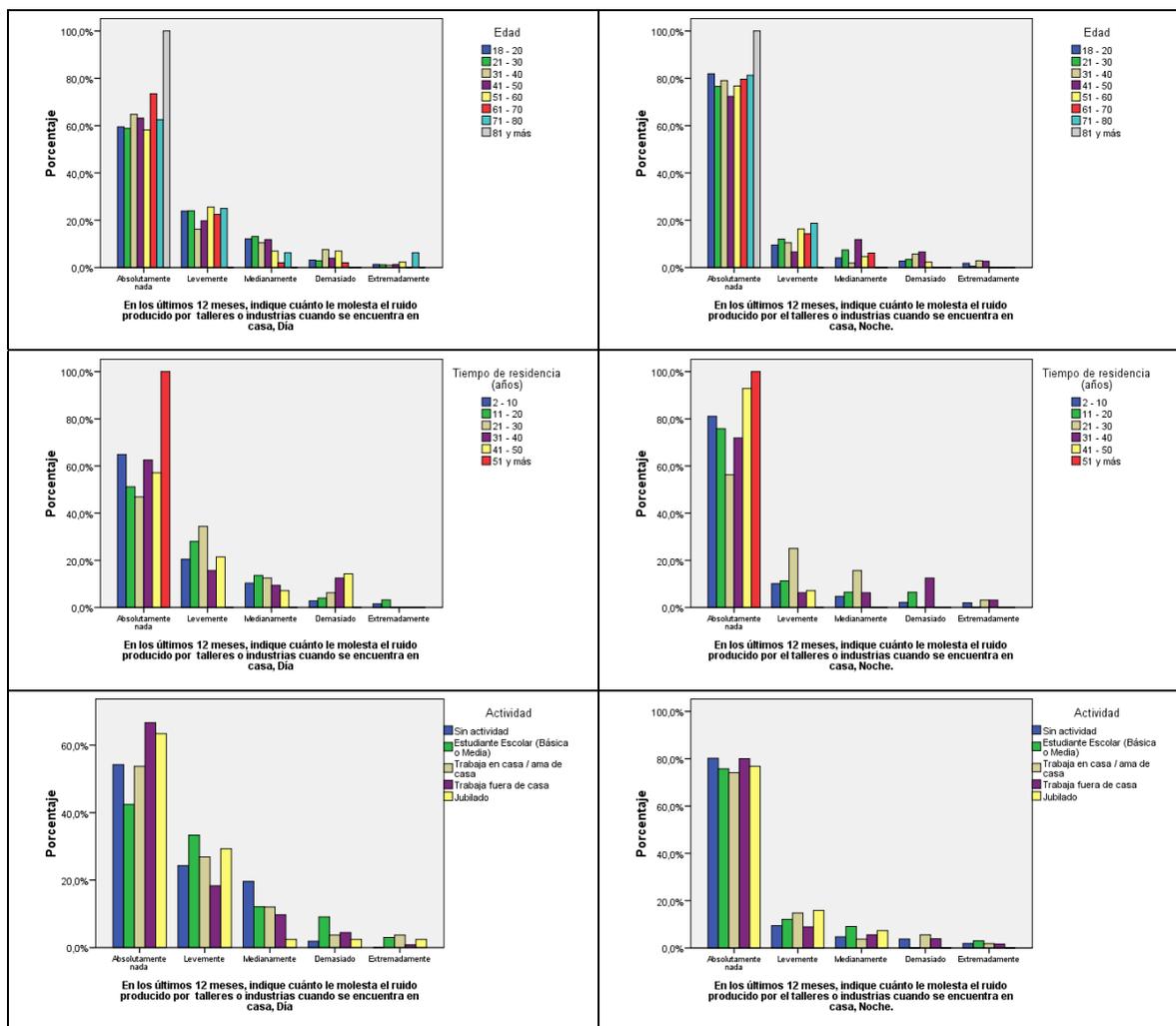


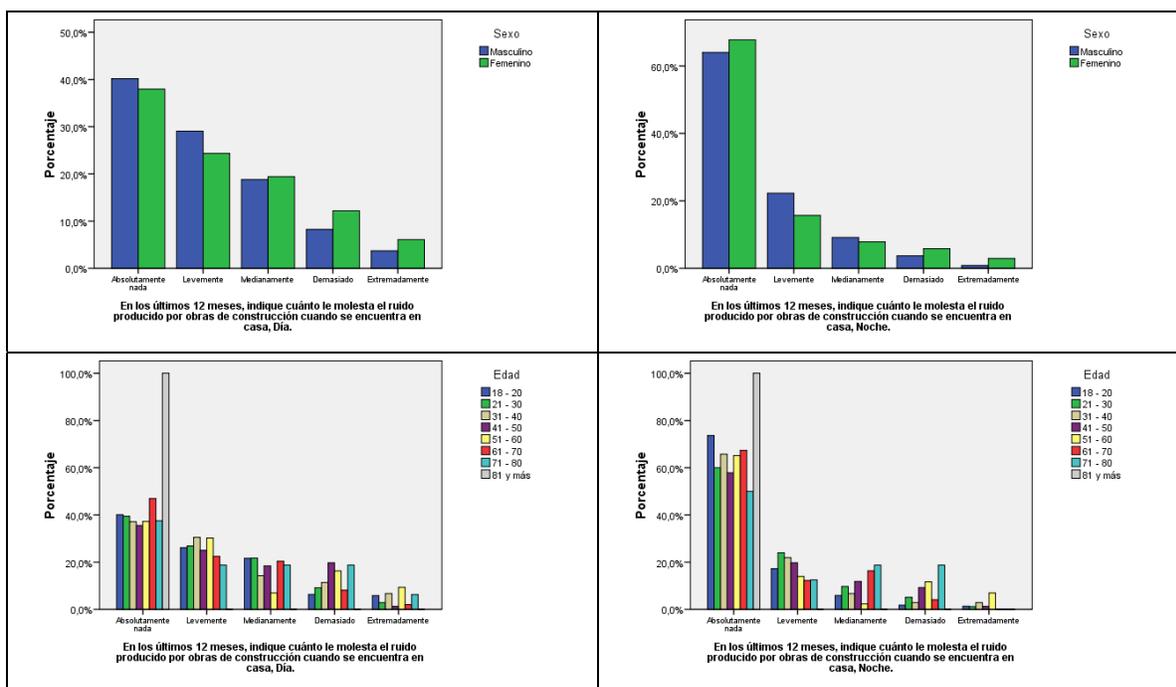
Figura 23. En los últimos 12 meses, indique cuánto le molesta el ruido producido por talleres e industrias cuando se encuentra en su casa, durante el día y la noche y los factores género, edad, tiempo de residencia y actividad.

Tabla 12. Prueba de hipótesis Chi-cuadrado para determinar la asociación entre la variable En los últimos 12 meses, indique cuánto le molesta el ruido producido por talleres e industria cuando se encuentra en su casa (durante el día y noche) y los factores género, edad y tiempo de residencia y actividad.

Factores	Chi cuadrado (día)	Probabilidad	Chi cuadrado (noche)	Probabilidad
Sexo	5,6	0,23	2,05	0,73
Edad	21,46	0,81	27,66	0,48
Tiempo residencia	27,04	0,13	36,68	0,013
Actividad	37,83	0,002	14,83	0,54

La Figura 24 muestra los gráficos de frecuencia de la variable “En los últimos 12 meses, indique cuánto le molesta el ruido producido por obras de construcción cuando se encuentra en su casa” durante el periodo día y noche versus los factores género, edad, tiempo de residencia y actividad. Al observar los gráficos se puede comprobar que en el caso del factor género, se observa que la categoría femenino percibe el ruido, producido por obras de construcción en el periodo noche, con mayor molestia. Aunque, en el primera categoría de la variable se observa un mayor porcentaje de mujeres que hombres, contrario a la tendencia que se da en las demás categorías de la variable. De igual modo, para el factor edad, se observa que en los intervalos de menor edad se percibe el ruido producido por obras de construcción con menor molestia, al contrario de los intervalos de mayor edad. En el resto de los gráficos no se aprecia una tendencia.

Lo anterior se respalda con la información contenida en la Tabla 13. En ella se observa la prueba Chi-cuadrado y su probabilidad asociada, para determinar la asociación entre esta variable versus los factores mencionados. De esta se desprende que solo los factores género y edad en el periodo noche, están asociados a la variable en estudio.



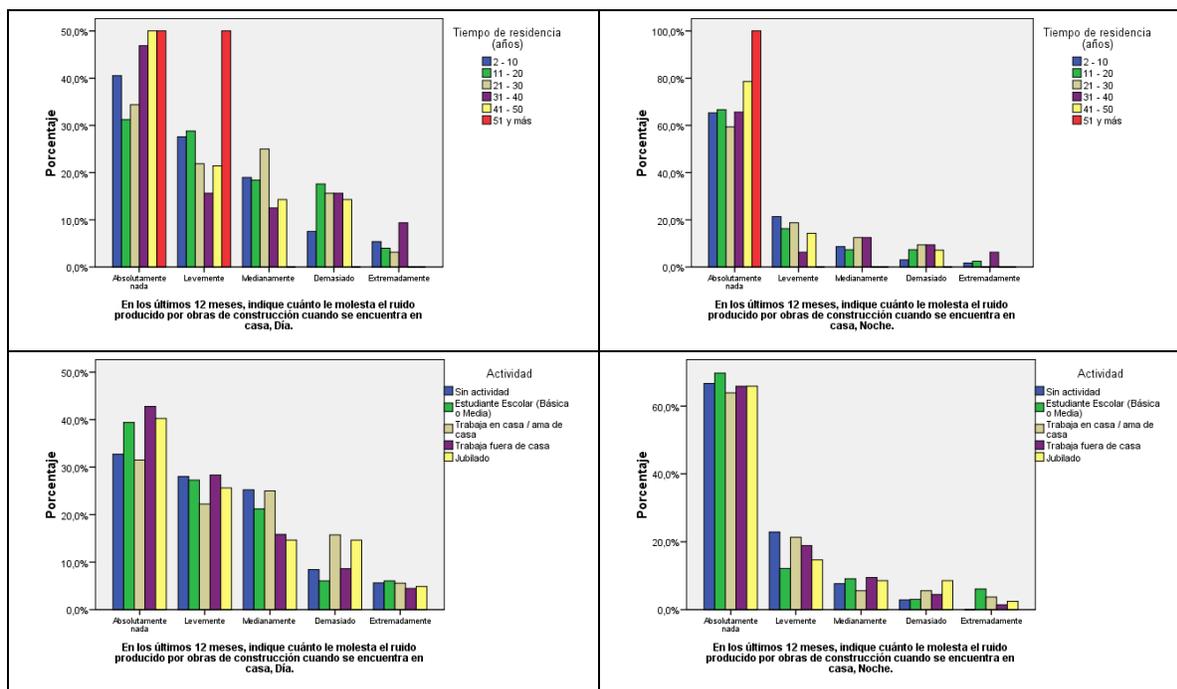


Figura 24. En los últimos 12 meses, indique cuánto le molesta el ruido producido por obras de construcción cuando se encuentra en su casa, durante el día y la noche y los factores género, edad, tiempo de residencia y actividad.

Tabla 13. Prueba de hipótesis Chi-cuadrado para determinar la asociación entre la variable En los últimos 12 meses, indique cuánto le molesta el ruido producido por obras de construcción cuando se encuentra en su casa (durante el día y noche) y los factores género, edad y tiempo de residencia y actividad.

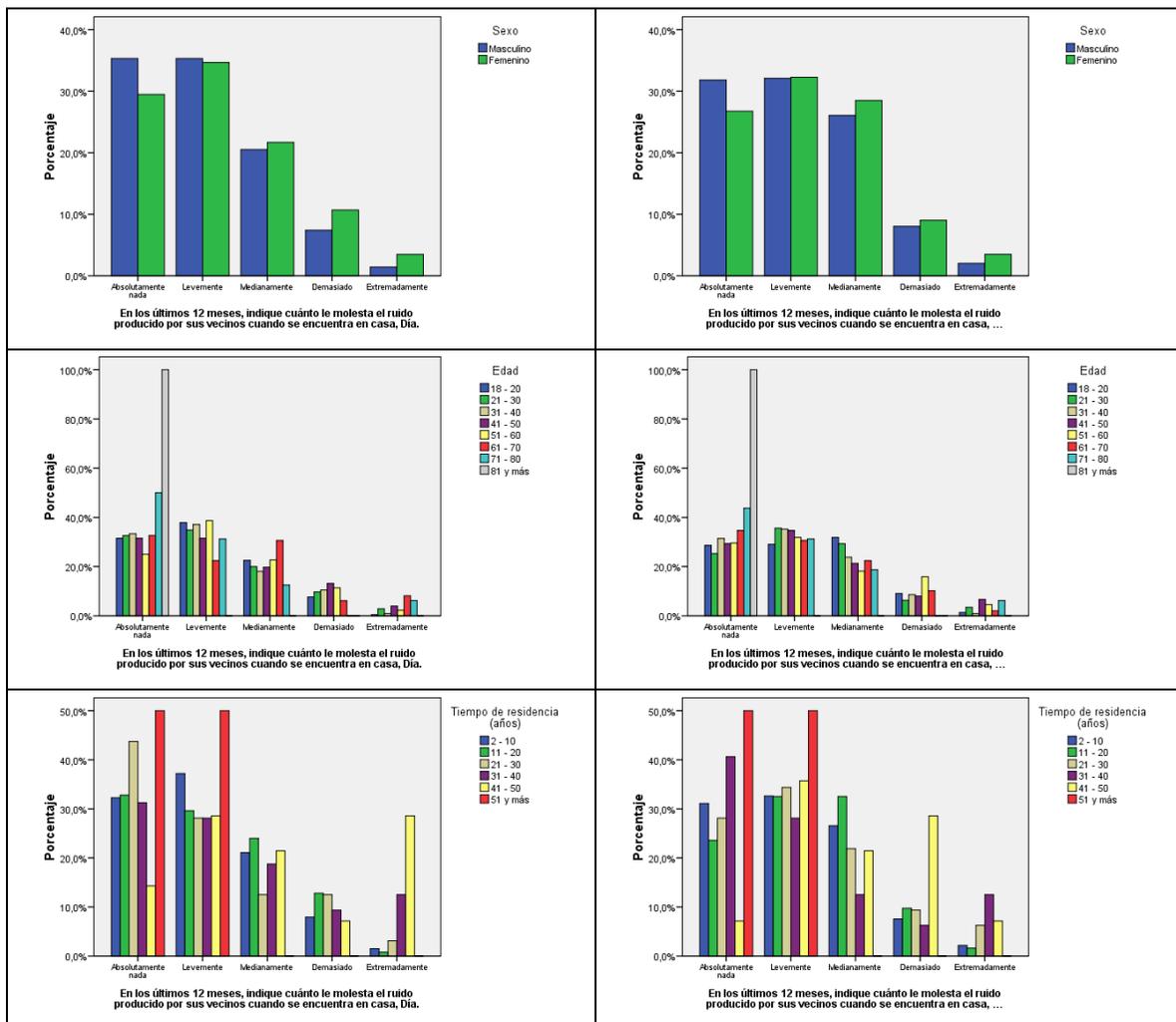
Factores	Chi cuadrado (día)	Probabilidad	Chi cuadrado (noche)	Probabilidad
Sexo	6,33	0,18	10,17	0,038
Edad	30,95	0,32	48,78	0,009
Tiempo residencia	22,55	0,31	21,04	0,39
Actividad	19,34	0,25	15,67	0,48

La Figura 25 muestra la variable “En los últimos 12 meses, indique cuánto le molesta el ruido producido por sus vecinos cuando se encuentra en su casa” durante el periodo día y noche versus los factores género, edad, tiempo de residencia y actividad.

Al observar los gráficos se puede comprobar que la variable en estudio y el factor tiempo de residencia, para el periodo día, muestra que a intervalo mayor de tiempo de residencia (41-50) el porcentaje aumenta en la

categoría “extremadamente”. De forma similar ocurre para el periodo noche, con las categorías de tiempo de residencia comprendida entre 31 y 40 años. En el caso del factor actividad, se observa que los jubilados y estudiantes son más sensibles al ruido generado por los vecinos. Aquellos componentes de la muestra que declaran no tener actividad perciben menos molestia por el ruido producidos por los vecinos. Para las demás categorías no se observa una tendencia. En el resto de gráficos, se puede observar que hay una distribución uniforme de los niveles de los factores dentro de cada una las categorías de la variable en estudio.

Lo anterior se puede respaldar a través de la información que muestra la tabla 14. En ellas se observa que los factores asociados a la variable en estudio son tiempo de residencia en los periodos día y noche y actividad en el periodo día.



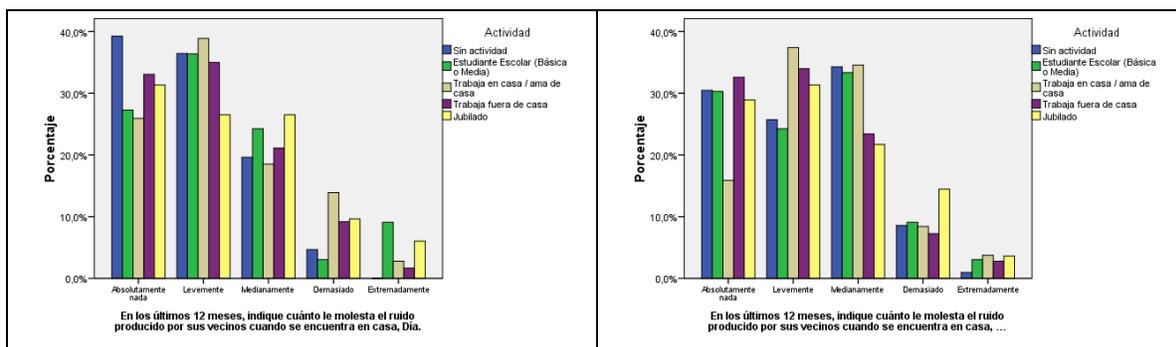


Figura 25. En los últimos 12 meses, indique cuánto le molesta el ruido producido por sus vecinos cuando se encuentra en su casa, durante el día y la noche y los factores género, edad, tiempo de residencia y actividad.

Tabla 14. Prueba de hipótesis Chi-cuadrado para determinar la asociación entre la variable En los últimos 12 meses, indique cuánto le molesta el ruido producido por sus vecinos cuando se encuentra en su casa, durante el día y la noche y los factores Género, Edad y Tiempo de Residencia.

Factores	Chi- cuadrado (d)	Probabilidad	Chi-cuadrado (n)	Probabilidad
Sexo	7,03	0,13	3,47	0,48
Edad	29,17	0,4	26,47	0,5
Tiempo de residencia	64,5	0,0	33,21	0,03
Actividad	27,53	0,03	24,59	0,077

La Figura 26 muestra la variable “En los últimos 12 meses, indique cuánto le molesta el ruido producido por lugares de diversión cuando se encuentra en su casa”, durante el día y la noche y los factores género, edad, tiempo de residencia y actividad. La Tabla 15 muestra los valores Chi-cuadrado que determinan que existe asociación entre los factores, edad, tiempo de residencia y actividad para el periodo día, a un nivel del 0.05 y con sexo, tiempo de residencia y actividad para el periodo noche. Se observa que el género femenino se muestra más molesto al ruido producido por lugares de diversión que el género masculino durante el periodo noche. En el factor edad para las categorías “51-60, “61-70” y “71-80” vuelve aumentar el porcentaje de encuestados que percibe el ruido generado por lugares de diversión “demasiado” y “extremadamente”. Con el factor tiempo de residencia ocurre al similar con las categorías “41 – 50” años para los periodos día y noche. Finalmente el factor actividad, en ambos periodos, muestra que la categoría “41 -50” a años vuelve a aumentar el número de encuestados que perciben el ruido como extremadamente molesto.

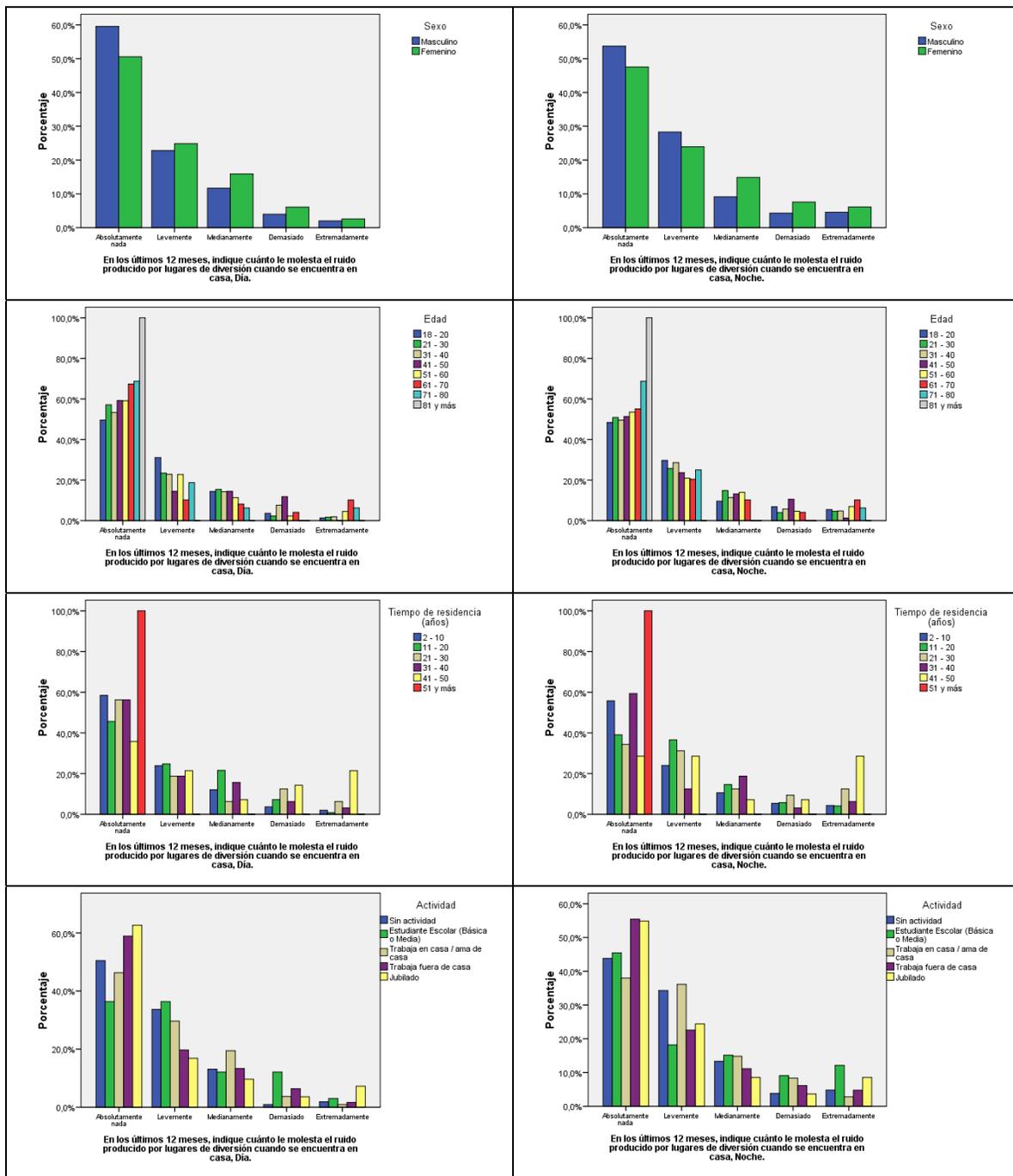


Figura 26. En los últimos 12 meses, indique cuánto le molesta el ruido producido por lugares de diversión cuando se encuentra en su casa, durante el día y la noche y los factores género, edad, tiempo de residencia y actividad.

Tabla 15. Prueba de hipótesis Chi-cuadrado para determinar la asociación entre la variable En los últimos 12 meses, indique cuánto le molesta el ruido producido por lugares de diversión cuando se encuentra en su casa, durante el día y la noche y los factores Género, Edad, tiempo de Residencia y actividad.

Factores	Chi- cuadrado (d)	Probabilidad	Chi-cuadrado (n)	Probabilidad
Sexo	6,88	0,14	11,28	0,024
Edad	51,15	0,005	20,29	0,85
Tiempo de residencia	48,74	0,00	42,59	0,002
Actividad	41,0	0,001	27,24	0,039

II. Análisis variables de fuentes de ruido medidas en escala ordinal

Para el análisis de estas variables se utilizaron las siguientes pruebas de hipótesis:

Prueba Kolmogorov-Smirnov (K - S): Se utilizó esta prueba de hipótesis con dos objetivos; el primero, determinar si una variable se comporta según una distribución de probabilidad determinada, por ejemplo una distribución normal y en segundo lugar, para determinar si dos muestras obtenidas sobre una variable poseen un comportamiento similar.

Prueba Mann-Whitney (M - W): Esta prueba de hipótesis es una prueba no-paramétrica y se utilizó para determinar si los promedios de dos muestras son o no iguales.

Prueba Kruskal-Wallis (K - W): Es una prueba de hipótesis no-paramétrica que determina si las medias de n muestras son iguales o no estadísticamente.

En primer lugar se analizaron las variables, ruido por tránsito vehicular (v13d), ruido por talleres e industria (v14d), ruido por obras de construcción (v15d), ruido provocado por vecino (v16d) y ruido por lugares de diversión (v17d), en el periodo día. En la Tabla 16 se observa que el mayor promedio (4.18) de molestia es causada por el tránsito vehicular, le sigue ruido por obras de construcción, ruido provocado por los vecinos, ruido provocado por lugares de diversión y ruido por talleres e industrias.

Para determinar si existen diferencias entre los promedios de la percepción de ruido de las variables fuentes tránsito vehicular, taller e industria, obras de construcción, vecinos y lugares de diversión, durante el periodo diurno, se realizó un análisis de varianza. Para ello, se comprobó en primer lugar si las variables tiene un comportamiento según una distribución normal.

La Tabla 16, muestra la prueba de Kolmogorov-Smirnov y su probabilidad asociada en el análisis de las variables (preguntas) 13 a 17 de la encuesta. Se concluye que ninguna de las variables en estudio sigue una distribución normal.

Tabla 16. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para el día.

		v13d	v14d	v15d	v16d	v17d
N		699	699	699	700	699
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	4,18	1,55	2,47	2,42	1,63
	Std. Deviation	2,948	2,261	2,761	2,352	2,268
Kolmogorov-Smirnov Z		4,061	8,649	5,275	4,020	7,972
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000	,000	,000	,000	,000

Por esta razón el análisis que sigue, para determinar las diferencias de los promedios de las variables, es a través de la prueba de Kruskal-Wallis. La siguiente hipótesis comprueba dicha dójima.

$$H_0 : \mu_0 = \dots\dots\dots = \mu_5$$

$$H_1 : \mu_0 \neq \dots\dots\dots \neq \mu_5$$

Cuyo valor observado de la prueba Kruskal-Wallis es 456.02 y su probabilidad asociada es 0.0, que indica que existen diferencias significativas entre los promedios de las variables en estudio. Para determinar cual de ellas provoca la diferencia se realizó la prueba de hipótesis de Mann-Whitney. La Tabla 17, muestra los valores de la prueba y su probabilidad asociada, para la siguiente hipótesis:

$$H_0 : \mu_0 = \mu_1$$

$$H_1 : \mu_0 \neq \mu_1$$

Tabla 17. Prueba de hipótesis de Mann-Whitney.

Fuente Sonora	Mann-Whitney	Probabilidad
Transito vehicular – Talleres e Industria	111716,5	0
Transito vehicular – Obras de construcción	158001,5	0
Transito vehicular – Ruido por vecinos	157330,5	0
Transito vehicular – Lugares de diversión	115798,5	0

Talleres e Industria - Obras de construcción	194088,0	0
Talleres e Industria – Ruido por vecinos	180279,0	0
Talleres e Industria - Lugares de diversión	237160	0,298
Obras de construcción - Ruido por vecinos	235166	0,199
Obras de construcción - Lugares de diversión	200297,0	0
Ruido por vecinos - Lugares de diversión	186888,5	0

Se observa que existen diferencias significativas entre los promedio de las variables en estudio, salvo el caso de la variable de ruido por obras de construcción y ruido por vecino.

Para el periodo nocturno, la Tabla 18 muestra que la mayor molestia es causa por el tránsito vehicular (3,37), seguido por ruido provocado por los vecinos (2,81) y lugares de diversión (2,32), ruido por obras de construcción y talleres e industria no se percibe como causante de molestia.

Para el caso del periodo nocturno, siguiendo el mismo análisis, se determinó que las variables no siguen una distribución normal, por lo tanto, de igual forma se realizó la prueba de kruskal-wallis para determinar si existen diferencia entre los promedios.

Tabla 18. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para el periodo noche.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		v13n	v14n	v15n	v16n	v17n
N		694	694	694	699	697
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	3,37	,70	,71	2,81	2,32
	Std. Deviation	2,846	1,888	1,976	2,817	3,119
Kolmogorov-Smirnov Z		3,998	11,607	11,806	5,095	6,540
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000	,000	,000	,000	,000

Para la prueba de hipótesis

$$H_0 : \mu_0 = \dots\dots\dots = \mu_5$$

$$H_1 : \mu_0 \neq \dots\dots\dots \neq \mu_5$$

El valor calculado de Kruskal-Wallis 854.5 y su probabilidad asociada igual a 0.0, indica que existen diferencias significativas entre los promedios.

En consecuencia, para determinar las variables que provocan esta diferencia se realizó la prueba de Mann-Whitney, que determinó que no existen diferencias significativas entre las variables ruido por talleres e industria y obras de construcción. En las demás prueba la diferencia entre los valores promedio resultó ser significativa. La siguiente es la hipótesis que decide la prueba de Mann-Whitney

$$H_0 : \mu_0 = \mu_1$$

$$H_1 : \mu_0 \neq \mu_1$$

Tabla 19. Prueba de hipótesis de Mann-Whitney.

Fuente Sonora	Mann-Whitney	Probabilidad
Transito vehicular – Talleres e Industria	86910	0.0
Transito vehicular – Obras de construcción	87057,5	0.0
Transito vehicular – Ruido por vecinos	211658	0.0
Transito vehicular – Lugares de diversión	175098,5	0.0
Talleres e Industria - Obras de construcción	238792,5	0,697
Talleres e Industria – Ruido por vecinos	110060	0.0
Talleres e Industria - Lugares de diversión	158472	0.0
Obras de construcción - Ruido por vecinos	109711,5	0.0
Obras de construcción - Lugares de diversión	157525	0.0
Ruido por vecinos - Lugares de diversión	202532	0.0

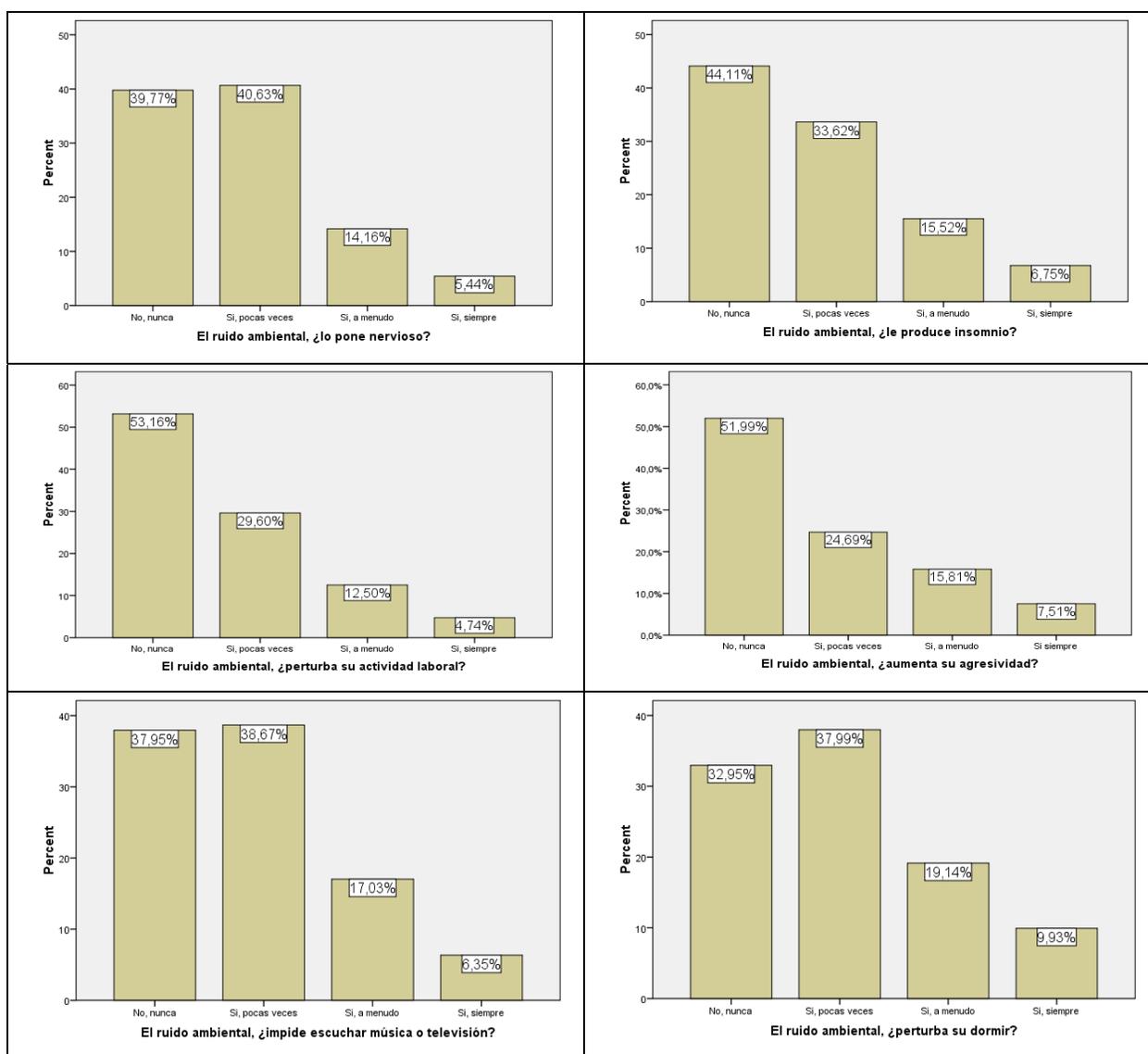
III. Variables de impacto por ruido ambiental.

A continuación se analizan las variables sobre los efectos fisiológicos y de comportamiento que provoca el ruido ambiental, así como algunas actividades que se ven impactadas por éste. En la Figura 27 se puede observar que entre un 20% y un 30% de los encuestados declara “a menudo” o “siempre” sentirse impactado por el ruido ambiental exterior para cada una de las variables. De lo anterior se concluye que, el ruido ambiental es motivo relevante de molestia en la comuna de Providencia.

Destacan en este análisis los altos porcentajes de personas que manifiestan que el ruido ambiental les interrumpe su descanso (30,46%), un 30,16% afirma que les interrumpe el estudio o lectura, un 29,07% les impide a menudo o siempre dormir, un 28,16% les disminuye la concentración, un 23,38% les impide escuchar radio o televisión, un 23,31% aumenta a menudo o siempre su agresividad, un 22,27% les produce

insomnio a menudo o siempre, un 19,09% le produce dolor de cabeza, o un 17,24% les perturba la actividad laboral, por ejemplo.

La comunidad de Providencia identifica con claridad los efectos del ruido que les afecta. Quizás ciertas respuestas puedan revelar un problema de salud pública que deba ser analizado en futuros estudios con mayor profundidad. Por ejemplo, casi el 10% de la población admite que el ruido ambiental siempre le perturba el dormir e impide el descanso. Por otro lado, también llama la atención que un 6,16% de los vecinos de la comuna manifiestan que el ruido ambiental les genera dolor de cabeza siempre.



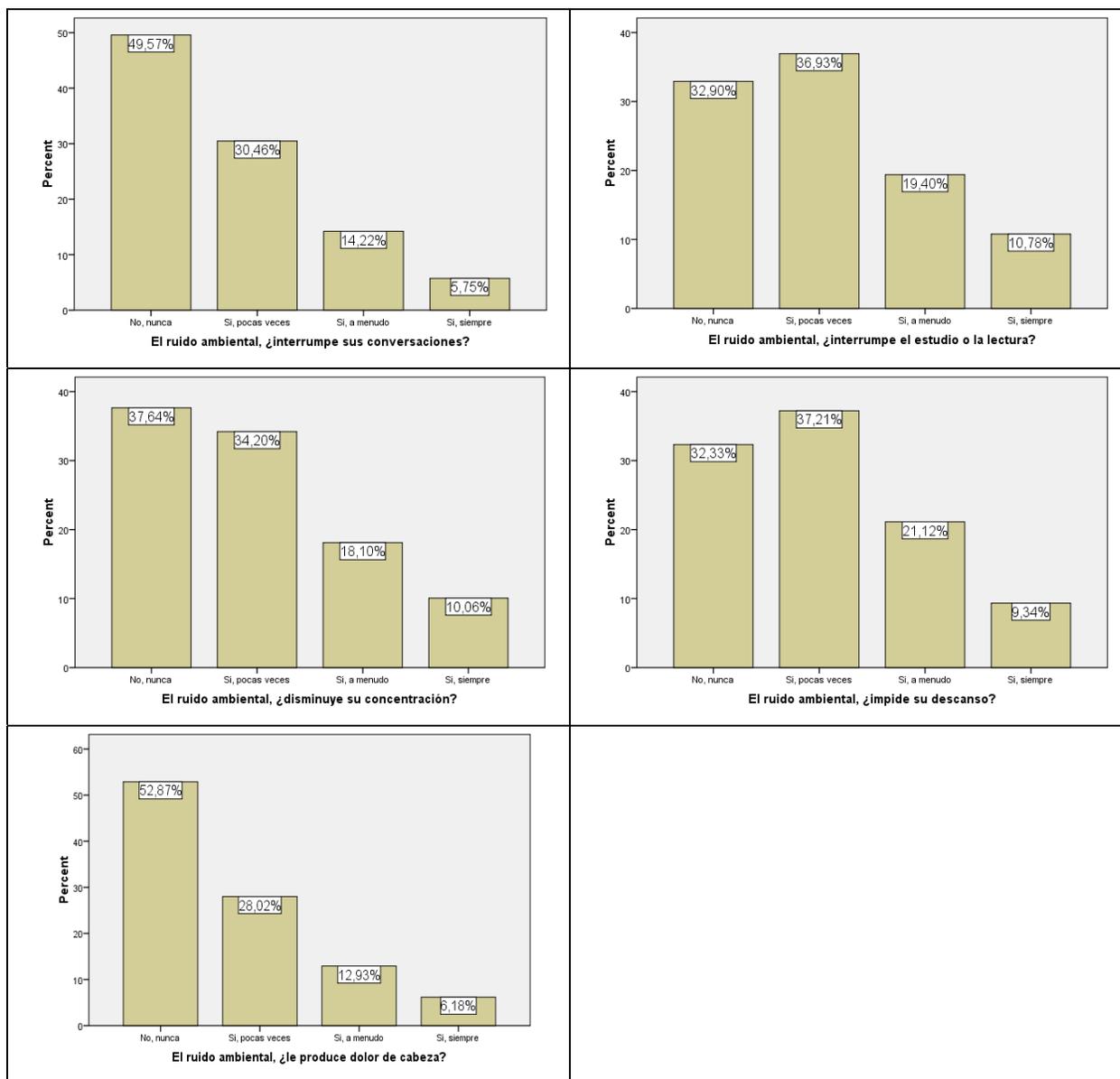


Figura 27. Actividades impactadas por el ruido ambiental

La Tabla 20 muestra los valores de las probabilidades asociadas al valor Chi-cuadrado para cada variable de las actividades impactadas por el ruido ambiental. Se puede observar que para el factor “genero” existe dependencia con “el ruido lo pone nervioso”. Dentro de éste, la categoría femenino declara en mayor porcentaje en las categorías “si pocas veces”, “a menudo” y “siempre” en mayor porcentaje que la categoría de género masculino, el resto de las variables no es dependiente estadísticamente de este factor.

Al observar el factor “edad”, se concluye que solo la variable “el ruido lo pone nervioso” y “el ruido le produce dolor de cabeza” son estadísticamente dependientes. En el factor “edad”, las categorías mas altas declaran en mayor porcentaje “si a menudo” y “si, siempre”, el resto de las variables no muestra asociación con el factor “edad”. Por otra parte, se concluye que el tiempo de residencia está asociado con la variable “el ruido lo pone nervioso”, las categorías de mayor tiempo de residencia declaran “si, a menudo” y “si, siempre” en mayor porcentaje que las categorías de menores, por otro lado, de la variables en estudio las categoría de menor tiempo de residencia declara “nunca” en mayor porcentaje que las categoría de mayor tiempo de residencia. El factor tiempo de residencia esta asociado con la variable “el ruido impide su descanso”, a intervalos de tiempo mas elevados, los porcentajes mayores se presentan en las categorías “si, a menudo” y “si, siempre”, en cambio los intervalos de menor tiempo de residencia declaran en mayor porcentaje en las categoría “no, nunca” y “si, pocas veces”. Lo anterior puede mostrar que quienes llevan más tiempo viviendo en su actual hogar, manifiestan estar más afectados por los efectos del ruido. Una posible explicación a este fenómeno podría ser que posiblemente el ruido ambiental aumentó en el último tiempo, situación que es más perceptible para quienes viven más tiempo en el mismo lugar, y no para quienes viven hace menos tiempo. Esta explicación es posible de verificar si en futuros estudios se incluye una pregunta que permita conocer la percepción del encuestado en cuanto si estima que el ruido ambiental ha aumentado o no en determinado período de tiempo.

Tabla 20. Prueba de hipótesis Chi-cuadrado para determinar la asociación entre las variables de impacto producidas por el ruido ambiental y los factores Género, Edad y tiempo de residencia.

Categoría	Genero		Edad		Tiempo Residencia		Actividad	
	Chi	P	Chi	P	Chi	P	Chi	P
Lo pone nervioso	13.1	0.04	35.8	0.02	37.3	0.001	17,9	0,118
Le produce insomnio	4.3	0.22	24.2	0.28	24.2	0.06	17,3	0,137
Perturba su actividad labora	1.1	0.75	26.2	0.19	12.0	0.67	42,9	0,00
Aumenta su agresividad	6.7	0.80	17.1	0.69	9.4	0.85	21,9	0,03
Impide escuchar su música o TV	2.1	0.53	32.0	0.05	19.9	0.17	13,9	0,303
Perturba su dormir	3.9	0.26	18.7	0.60	21.3	0.12	19,99	0,067
Interrumpe sus conversaciones	4.0	0.25	29.9	0.09	12.0	0.67	0,45	0,74
Interrumpe el estudio o la lectura	3.3	0.34	24.0	0.28	17.3	0.3	15,22	0,229
Disminuye su concentración	1.8	0.60	14.8	0.80	32.4	0.06	10,63	0,56
Impide su descanso	1.4	0.09	20.1	0.51	26.5	0.03	21,15	0,04
Le produce dolor de cabeza	7.5	0.57	34.7	0.03	8.94	0.88	32,24	0,001

3.2.4.3. Descripción de la percepción del ruido a través de componentes principales

Con el objeto de determinar si existe entre los encuestados un criterio único de percepción del ruido o es posible identificar varios de ellos, se realizó un análisis de componentes principales sobre las variables que evalúan el ruido producido por tránsito vehicular, ruido por talleres e industria, ruido por obras de construcción, ruido provocado por los vecinos y ruidos por lugares de diversión observados durante el día y noche desde una perspectiva cuantitativa.

El análisis de componentes principales es una técnica estadística de síntesis de la información o de reducción de la dimensión de los datos (número de variables). Es decir, ante un banco de datos con muchas variables, el objetivo será reducirlas a un número menor perdiendo la menor cantidad de información posible. Las nuevas variables serán, entonces, combinaciones lineales de las variables originales, serán además, independientes entre si.

La Tabla 21, muestra la variación explicada por cada componente principal, basado en las variables observadas durante el día. Se observa que los primeros tres componentes principales explican un 79,9 % de la variación acumulada.

Tabla 21. Varianza Explicada y variación acumulada derivada del análisis de componentes principales.

Componente	Varianza explicada	% de Varianza explicada	% acumulado
Componente principal 1	2,483	49,66	49,66
Componente principal 2	,817	16,33	66,001
Componente principal 3	,695	13,90	79,9
Componente principal 4	,640	12,80	92,7
Componente principal 5	,364	7,28	100

La Tabla 22 muestra los coeficientes de las combinaciones lineales de cada componente principal. Se observa que en el primer componente principal todas las variables tienen un peso similar aproximado.

Tabla 22. Coeficientes de las combinaciones lineales de los componentes principales.

Variables observadas	Componente principal				
	1	2	3	4	5
Ruido Tránsito vehicular	,623	,504	,542	-,235	-,092
Talleres o industria	,815	-,052	-,377	-,029	-,437
Obras de construcción	,712	,411	-,267	,420	,278
Ruido producido por vecinos	,617	-,542	,414	,393	-,005
Ruido por lugares de diversión	,738	-,312	-,130	-,503	,296

La Figura 28 muestra los valores observados de los tres primeros componentes principales, calculados a partir de los datos de las variables de origen. Estos permiten observar que no es posible distinguir patrones distintos de percepción del ruido, es decir, la población en estudio percibe el ruido de una forma similar.

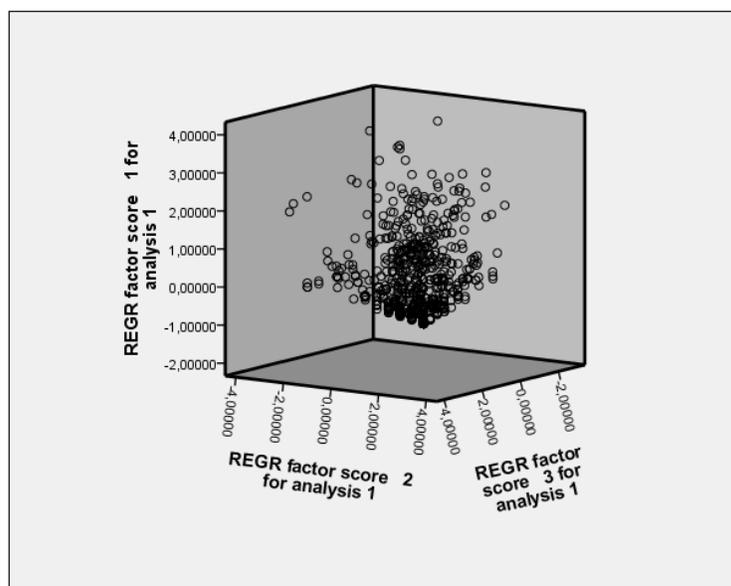


Figura 28. Valores Observados de los tres primeros Componentes principales, calculados a partir de los datos de las variables de origen

La Tabla 23 muestra la variación explicada por los componentes principales basados en las variables observadas relacionadas con el periodo nocturno. El 82,6 % de la variación explicada se alcanza con los tres primeros componentes principales.

Tabla 23. Varianza Explicada y variación acumulada derivada del análisis de componentes principales.

Componente	Varianza explicada	% de Varianza explicada	% Varianza explicada acumulada
Componente principal 1	2,509	50,189	50,189
Componente principal 2	,981	19,625	69,814
Componente principal 3	,643	12,869	82,683
Componente principal 4	,579	11,584	94,266
Componente principal 5	,287	5,734	100,000

La Tabla 24 muestra los coeficientes de las combinaciones lineales de los componentes principales. Se observa que en el primer componente las variables tiene un peso aproximadamente similar.

Tabla 24. Coeficientes de las combinaciones lineales de los componentes principales.

Variables observadas	Componente				
	1	2	3	4	5
Ruido Tránsito vehicular	,701	,296	-,264	-,592	-,017
Talleres o industria	,792	-,465	,034	,088	-,384
Obras de construcción	,761	-,529	,071	,002	,370
Ruido producido por vecinos	,610	,482	,626	,057	,004
Ruido por lugares de diversión	,663	,406	-,419	,466	,049

La Figura 29 muestra los puntajes obtenidos de los tres primeros Componentes Principales que explican un 82,68 % de varianza acumulada. La proximidad de los puntajes de los componentes principales no permite distinguir patrones en la percepción del ruido, es decir, la población percibe de una forma similar el ruido ambiental.

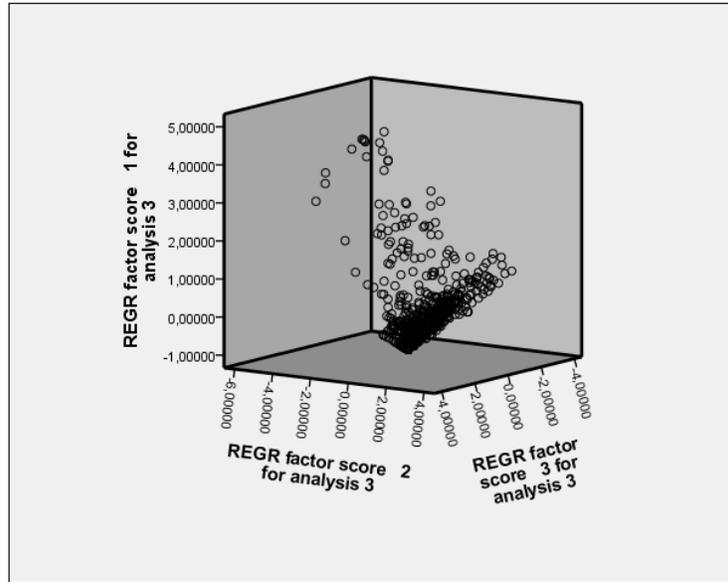


Figura 29. Valores Observados de los tres primeros Componentes Principales, calculados a partir de los datos de las variables de origen.

3.2.4.4. Análisis descriptivo de las variables en estudio, Comuna de Antofagasta.

3.2.4.4.1. Características de la muestra.

La muestra encuestada en la comuna de Antofagasta corresponde a un total de 890 personas. La Figura 30, muestra los gráficos de frecuencia para las variables genero, estado civil, estudios, actividad, edad y tiempo de residencia.

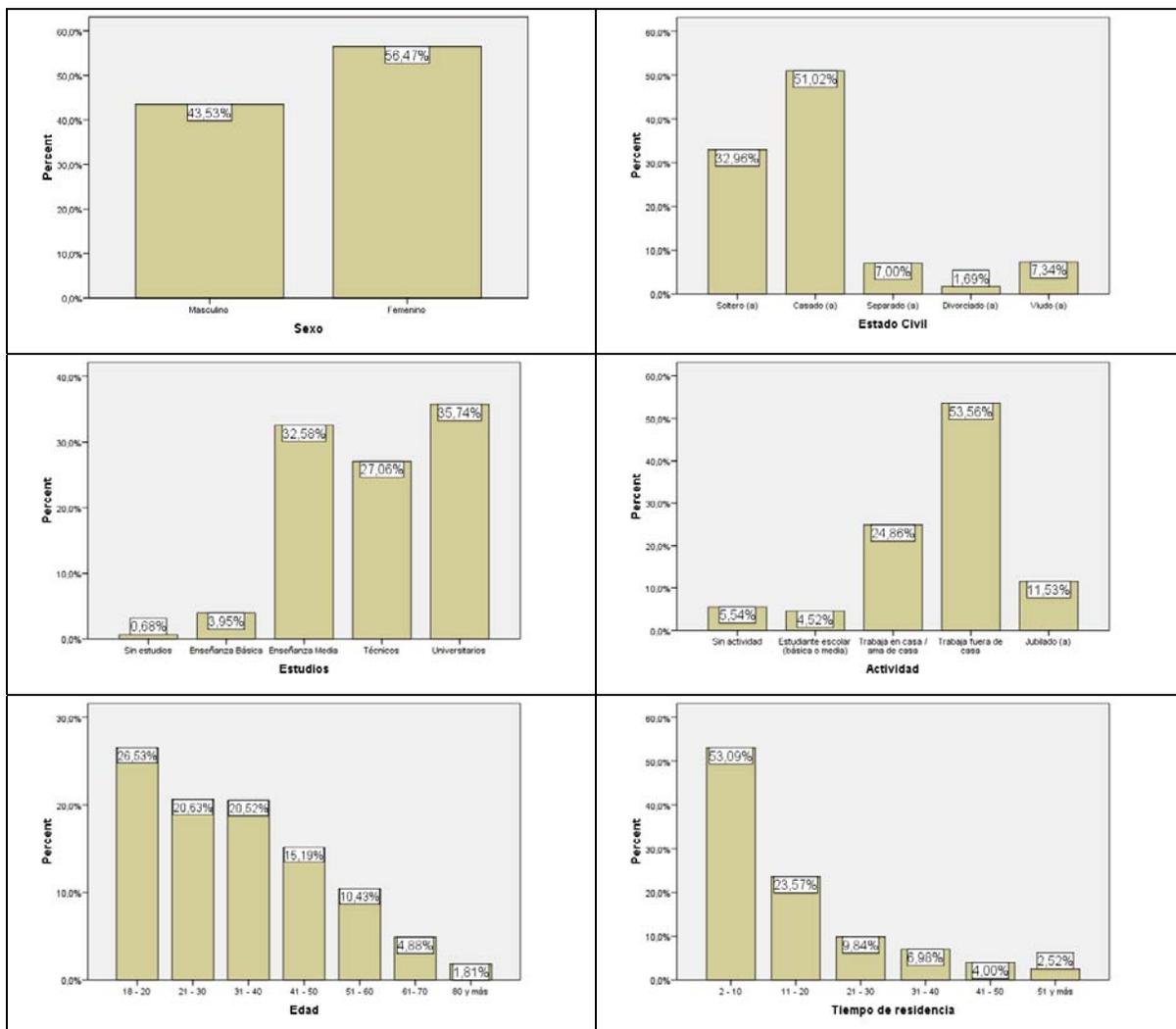


Figura 30. Gráficos de frecuencia para genero, estado civil, estudios, actividad, edad y tiempo de residencia.

Como se puede observar, la población encuestada en la comuna de Antofagasta corresponde, mayoritariamente, a un rango de edades comprendida entre los 18 y 50 años, siendo el porcentaje de mujeres levemente superior al de hombres. Gran parte de la muestra (76,6%) tienen un tiempo de residencia entre 2 y 20 años. Al igual que en caso de Providencia, la mayoría declara trabajar fuera de casa y consta de estudios técnicos o universitarios. En general, se puede concluir que ambas muestras, Providencia y Antofagasta, presentan características aproximadamente similares de acuerdo a las variables que las describen.

En relación a que tan cerca vive el encuestado respecto de las fuentes de ruido tránsito vehicular, industria y talleres, obras de construcción y lugares de diversión se puede observar (ver Figura 31) que prácticamente la totalidad de los encuestados declara vivir cerca del tránsito vehicular constituyéndose como la fuente de ruido más importante. Sobre el resto de las fuentes de ruido, en promedio, más del 63% de los encuestados declaran no vivir cerca de éstas.

Al comparar estos resultados con los obtenidos en la comuna de Providencia, se puede concluir que ambas muestras, tanto de Providencia como de Antofagasta, se exponen de una forma similar a las fuentes de ruido.

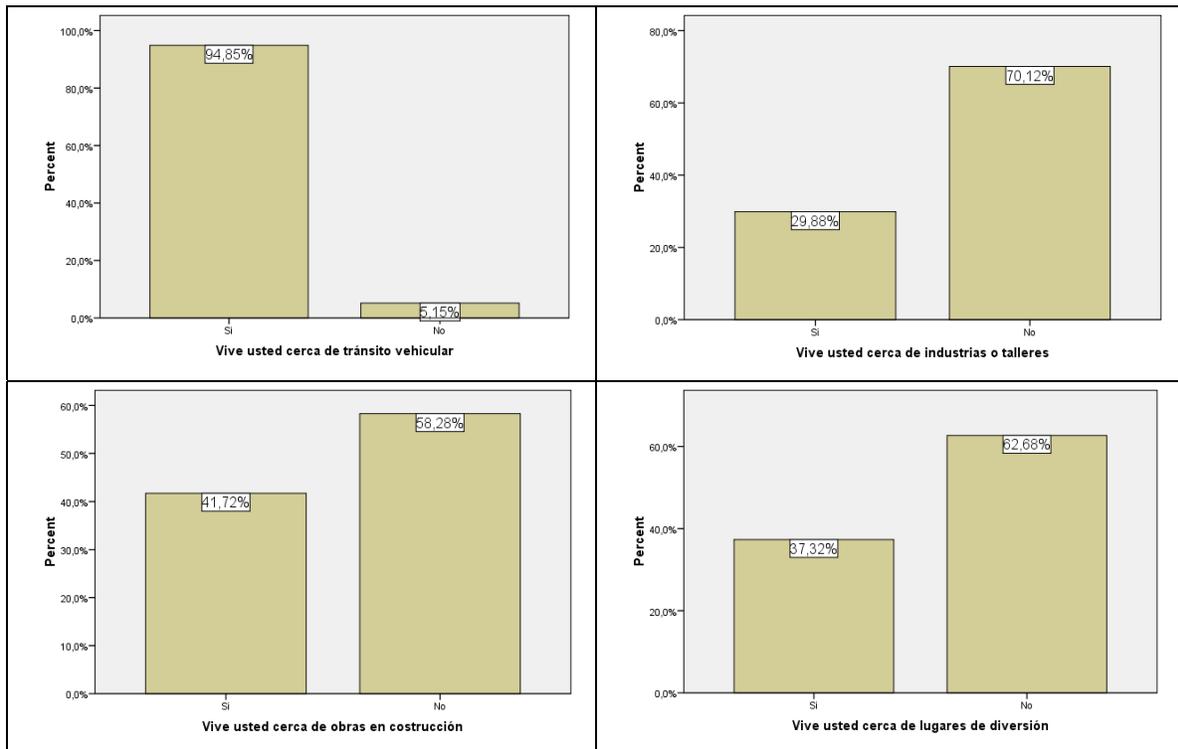


Figura 31. Frecuencia sobre las variables de proximidad de lugares: Transito vehicular, lugares de construcción, talleres o industrias y lugares de diversión.

3.2.4.4.2. Descripción de las variables sobre Sensibilidad al Ruido Ambiental

En la Figura 32 se muestran los porcentajes alcanzados en las respectivas categorías de las variables “es usted sensible al ruido” y “en el interior de su hogar, cuán audible es el ruido ambiental exterior”. En este caso, en ambas variables el valor modal se sitúa en la categoría medianamente sensible.

Al comparar estos resultados con los obtenidos en Providencia se puede concluir que la muestra de Antofagasta declara ser más sensible al ruido, del mismo modo, esta interpretación puede ser aplicada para la variable “en el interior de su hogar, cuán audible es el ruido ambiental exterior”, esto puede deberse a factores tales como: tipo y características de la vivienda, parque automotriz, etc.

Como se ve en la Figura 32, un 23,87% se declara muy sensible al ruido, y un 37,39% medianamente sensible, lo que representa un 61,26% de la población de la comuna. Este dato es relevante, por cuanto el ruido ambiental en Antofagasta es un problema ambiental claramente perceptible por los vecinos, incluso más que en Providencia. La situación al interior del hogar deja de manifiesto que un porcentaje de la población percibe al ruido exterior invadiendo su entorno familiar (más de un 45%).

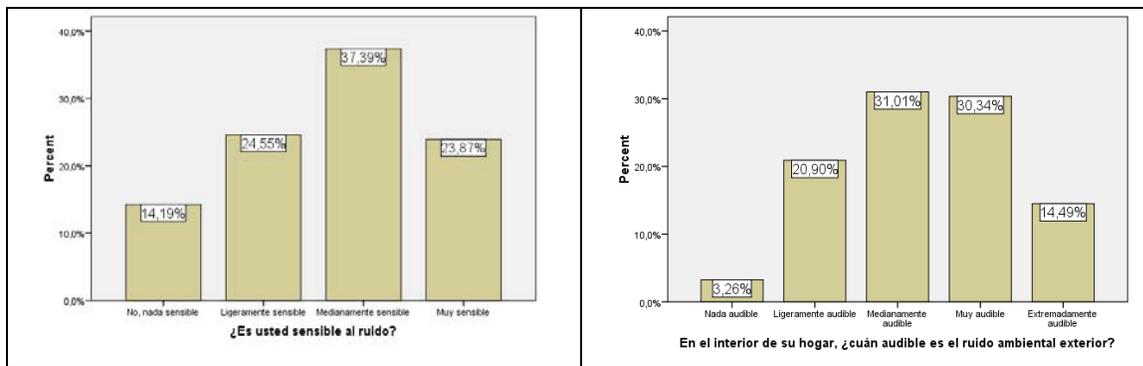


Figura 32. Frecuencias observadas para las variables: Es usted Sensibilidad al ruido y Cuán audible es el ruido ambiental exterior cuando se encuentra en el interior de su casa.

El siguiente análisis permite observar si las variables en estudio tienen dependencia de los factores edad, tiempo de residencia, género y actividad.

En la Figura 33, se muestran los gráficos de frecuencia de la variable ¿Es usted sensible al ruido? versus los factores género, edad, tiempo de residencia y actividad. Esta información está acompañada por la Tabla 23,

que muestra la prueba de hipótesis basada en Chi-cuadrado para determinar si hay dependencia entre la variable y los factores.

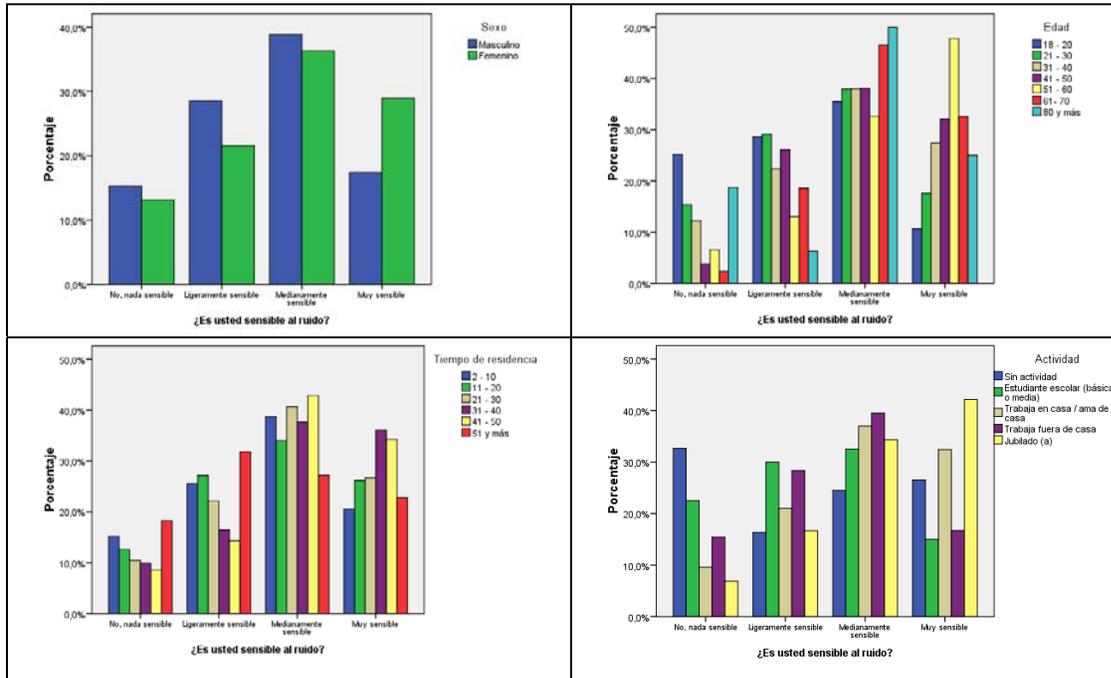


Figura 33. Porcentaje de frecuencia observada de la variables ¿Es usted sensible al ruido? versus los factores genero, edad, tiempo de residencia y actividad.

A través de los valores de la probabilidad de la prueba Chi-cuadrado – Tabla 25 – se puede concluir que existe asociación entre la variable “Es usted sensible al ruido” los factores genero, edad y actividad a un nivel de significación del 0.01 y que no existe asociación con el factor tiempo de residencia. Por esta razón, se observa en los gráficos de la Figura 33, que para el factor género, la categoría femenino es más sensible al ruido que la categoría masculino. Por otro lado, a mayor edad tiende a declarar ser más sensible al ruido. En el factor actividad las categorías sin actividad y estudiante tienden percibir el ruido con menos sensibilidad, entre “nada sensible” a “medianamente sensible” y las categorías trabajan en casa, trabajan fuera de casa y jubilado tienden a percibir como “medianamente sensible” a “muy sensible”, más sensibles al ruido.

Tabla 25. Prueba de hipótesis Chi-cuadrado para determinar la asociación entre la variable Es usted sensible al ruido y los factores Género, Edad, Tiempo de Residencia y actividad.

Factores	Chi-cuadrado	Probabilidad
Sexo	17,57	0,001
Edad	126,57	0,000
Tiempo de residencia	17,9	0,2
Actividad	65,25	0,000

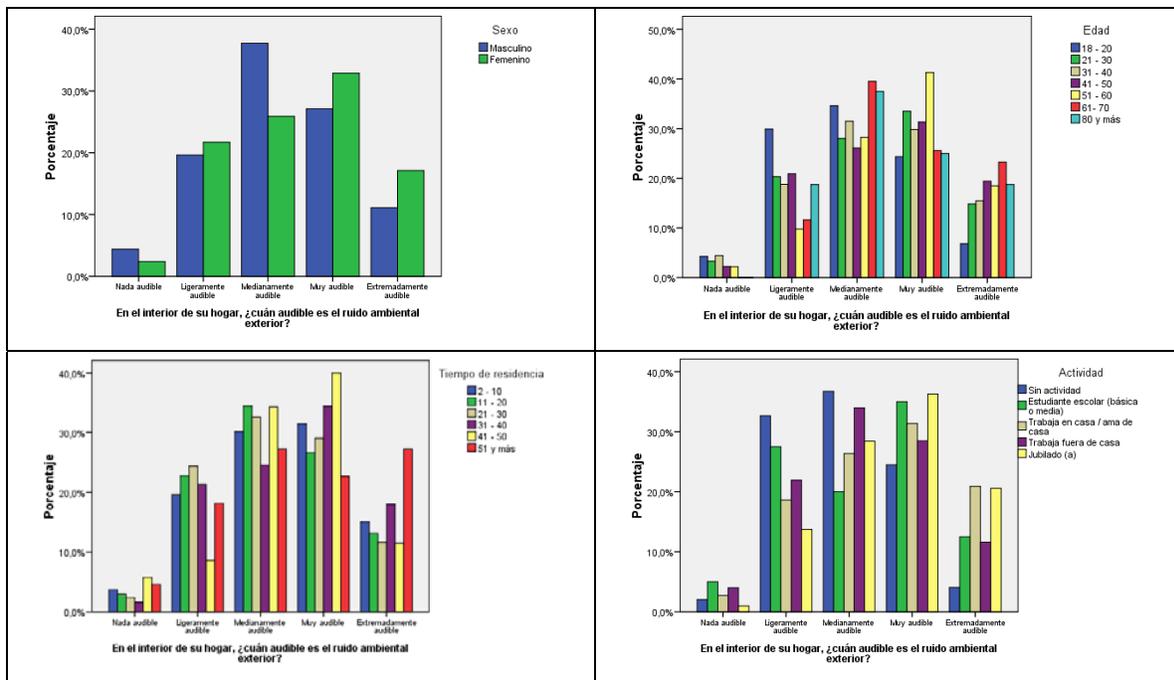


Figura 34. Porcentaje de frecuencias observada para la variable cuán audible es el ruido ambiental exterior versus los factores género, edad, tiempo de residencia y actividad.

La Tabla 26, muestra la prueba Chi-cuadrado y su probabilidad asociada para determinar si existe asociación entre las variables y los factores. Se observa que existe asociación con los factores género, edad y actividad a un nivel de significación del 0.01 y no existe asociación con tiempo de residencia. En el caso del factor género, para la categoría femenino el ruido exterior tiende a ser más audible, en cambio para el masculino tiende a ser menos audible. El factor edad muestra que a mayor edad tienden a declarar que el ruido exterior es más audible y los intervalos de edad más bajos declaran en mayor porcentaje que el ruido exterior es

“nada audible” y “medianamente audible” en comparación con el resto de las categorías. El factor actividad refleja que las categorías “jubilado” y “trabajan en casa” declaran en mayor porcentaje que el resto de las actividades que el ruido ambiental exterior, en el interior de su hogar, es “muy audible” y “extremadamente audible”. La categoría “sin actividad” y “estudiante” percibe en mayor porcentaje que el resto de las categorías entre “nada audible” y “medianamente audible”.

Tabla 26. Prueba de hipótesis Chi-cuadrado para determinar la asociación entre la variable cuán audible es el ruido ambiental exterior y los factores Género, Edad, Tiempo de Residencia y actividad.

Factores	Chi-cuadrado	Probabilidad
Sexo	20,81	0,00
Edad	60,02	0,00
Tiempo de residencia	14,61	0,79
Actividad	33,63	0,006

3.2.4.4.3. Descripción de las variables Fuentes de Ruido Ambiental

I. Análisis de Frecuencias.

El siguiente análisis tiene como objetivo observar la percepción del ruido, tanto en periodo día como noche, cuya fuente se encuentra en el tránsito vehicular, talleres o industrias, obras de construcción, ruido provocado por los vecinos, lugares de diversión. La Figura 35, muestra los valores observado para las variables mencionadas, para el periodo día y noche

Al observar los gráficos se puede concluir que para el periodo diurno la fuente de ruido que provoca mayor grado de molestia es el tránsito vehicular, destacando casi un 39,1% de la población que lo califica como “Demasiado” y “Extremadamente” molesto en el día (el doble que en la comuna de Providencia) y un 37,4% en la noche (más del doble que en Providencia). Visto de otra manera, prácticamente dos de cada cinco habitantes de Antofagasta se manifiesta demasiado y extremadamente molesto respecto al ruido de tráfico en el periodo diurno y nocturno. En contraposición, alrededor de un 30% de los vecinos se manifiestan sin molestia o con una molestia leve respecto al ruido de tránsito (día y noche). Este aspecto es extremadamente relevante para analizar la distribución del tránsito en la comuna, y de implementar algunas medidas de control de ruido en las zonas más pobladas.

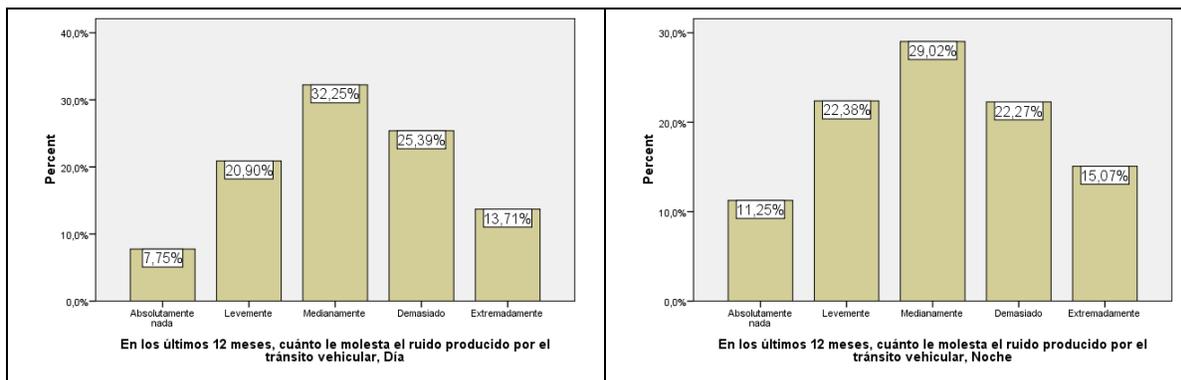
Al hacer un análisis comparativo entre Providencia y Antofagasta se puede concluir que en el caso de la variable sobre la molestia provocada por el tránsito vehicular, la comuna de Antofagasta manifiesta sentirse más molesta.

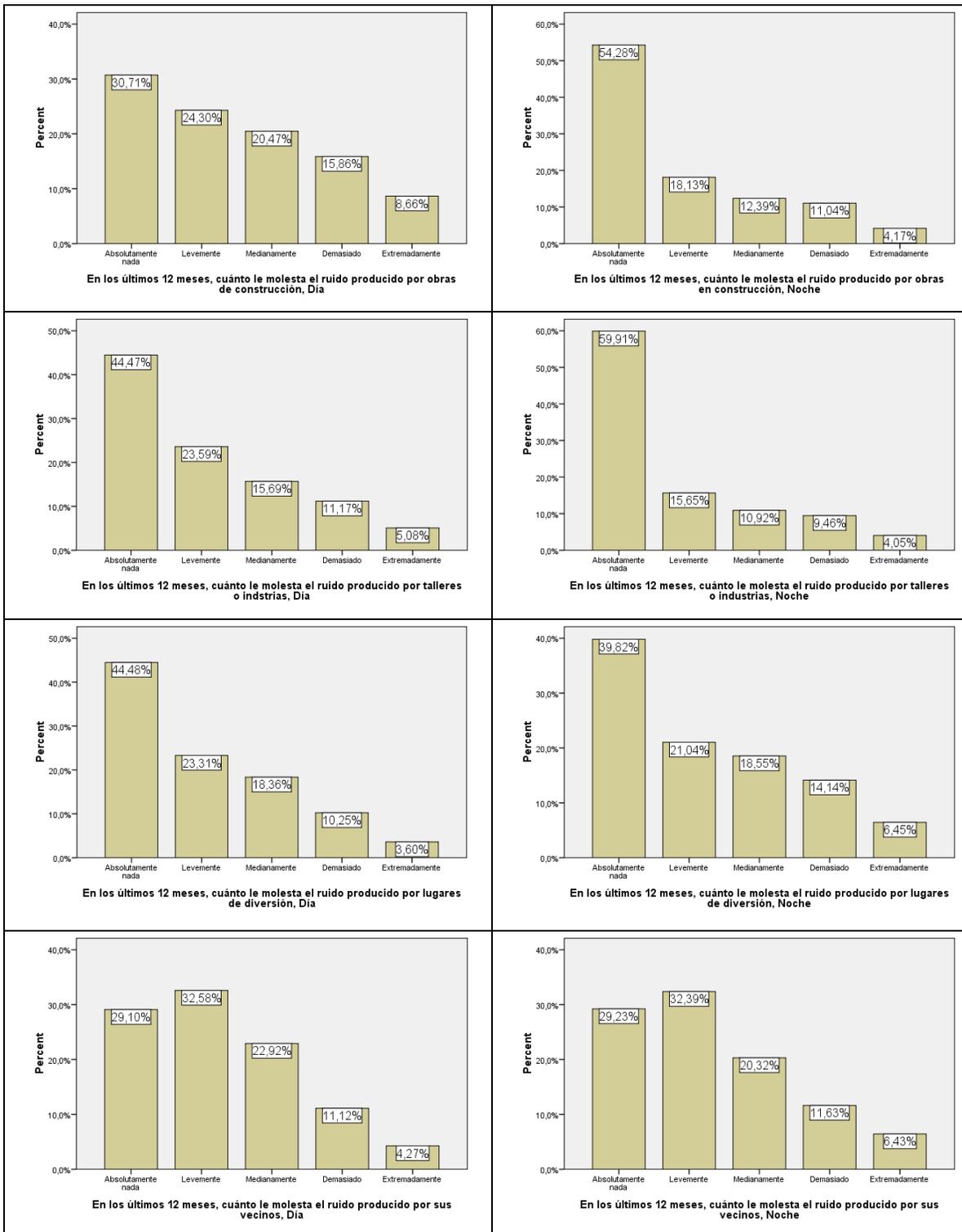
La segunda fuente de ruido más molesta, según cantidad de personas manifestadas extremadamente molestas o demasiado molestas, es el ruido generado por las actividades de construcción, que incluye aproximadamente un 25,52% en estas categorías en el día. Para el período nocturno llama la atención que baje sólo a un 15,21% la calificación de demasiada o extremadamente molesto. Se esperaría una disminución más pronunciada, ya que las actividades de construcción deberían operar mayoritariamente en el día. Este es una señal para la administración local, en el sentido de regular y fiscalizar los permisos de las actividades de construcción, sus medidas de control de ruido y sus horarios de funcionamiento.

Luego siguen como fuentes de ruido más molesta los lugares de diversión y los vecinos. En ambos casos, llama profundamente la atención que la molestia sea mayor en el período nocturno. Así, los lugares de diversión generan un impacto calificado como demasiado y extremadamente molesto en 13,85% y 20,59% para el día y la noche respectivamente. En el caso del ruido de vecinos los valores son de 15,39% y 18,06% respectivamente. Estos datos son muy relevantes para orientar las medidas de control de ruido a nivel municipal y de comunidad para el ruido de vecinos, y para la fiscalización de la Autoridad Sanitaria en el caso de las actividades de diversión (fuentes fijas).

Para el caso de industrias y talleres los porcentajes de molestias son más bajos en cuanto a la población molesta respecto a las otras fuentes. Sin embargo un grupo de personas se manifiesta extremadamente molesta tanto de día como en la noche (un 5,08% y 4,05%), por tanto, sin ser un porcentaje muy alto de población, es un grupo de gente muy afectada. Este aspecto podría ser investigado por la Autoridad Sanitaria.

Figura 35. Frecuencia de las variables sobre percepción de ruido por tránsito vehicular, talleres o industria, obras de construcción, ruido provocado por vecinos y lugares de diversión, periodo día y noche.

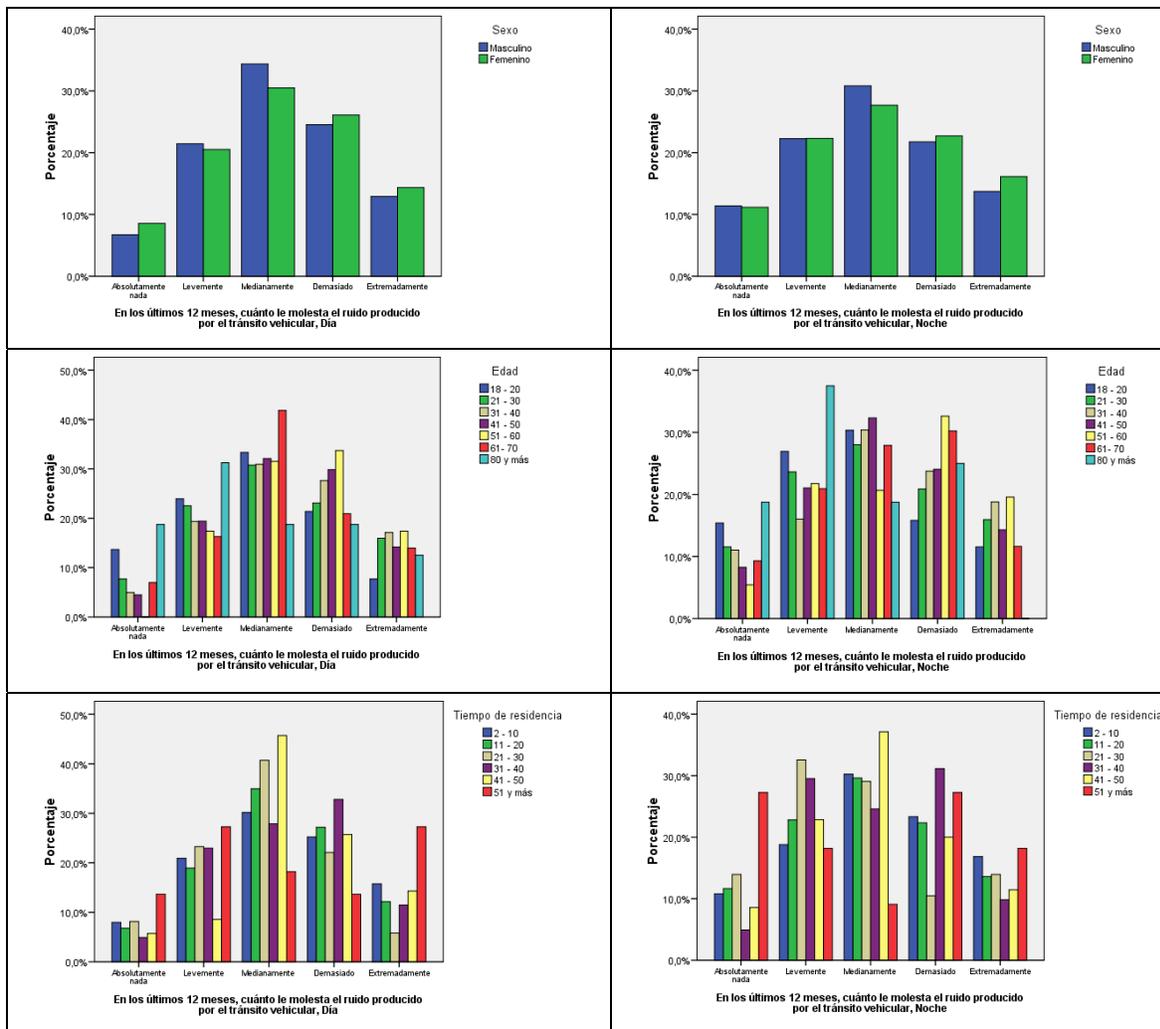


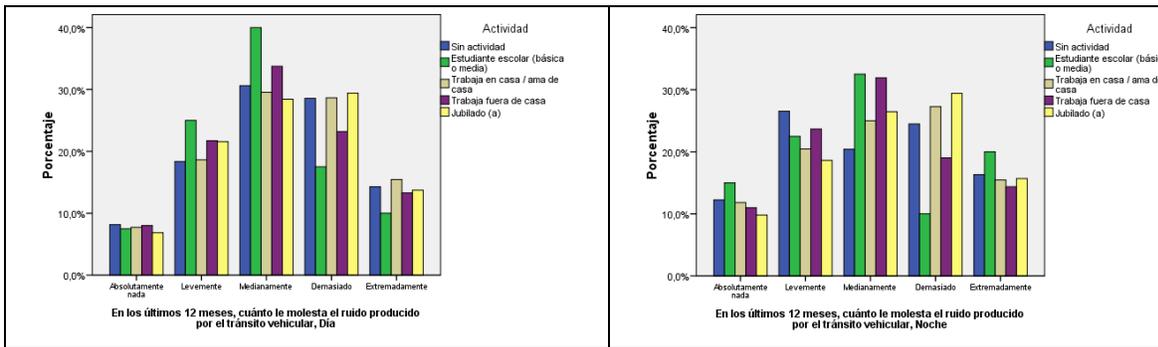


II. Análisis de asociación entre las variables de fuentes de ruido y los factores género, edad, tiempo de residencia y actividad.

La Figura 36, muestra los gráficos de frecuencia para la variable ruido producido por el tránsito vehicular v/s los factores “género”, “edad”, “tiempo de residencia” y “actividad” tanto para el periodo diurno como nocturno.

Figura 36. Gráficos de frecuencia para la variable ruido producido por el tránsito vehicular v/s los factores “género”, “edad”, “tiempo de residencia” y “actividad” tanto para el periodo diurno como nocturno.





La Tabla 27, muestra los valores Chi-cuadrado y su probabilidad asociada para la variable ruido producido por el tránsito vehicular y los factores “genero”, “edad”, “tiempo de residencia” y “actividad” tanto para el periodo diurno como nocturno. Se observa que existe asociación con el factor edad en el periodo diurno a un nivel de 0.01 y con los factores “edad” y “tiempo de residencia” a un nivel de significación del 0.01 y 0.05 respectivamente en el periodo noche.

Respecto al factor edad, tanto para el periodo diurno como para el nocturno, los intervalos de mayor edad “41-50”, “51-60” y “61-70” son más altos en las categorías “demasiado”, en cambio, los intervalos de menor edad “18-20” y “21-30” los porcentajes son mayores para las categorías “absolutamente nada” y “levemente”, en consecuencia, las personas de mayor edad se declaran sentir mayor molestia por el ruido generado por esta fuente a diferencia de lo que pasa con las personas de menos edad.

Tabla 27. Prueba de hipótesis Chi-cuadrado para determinar la asociación entre la variable En los últimos 12 meses, indique cuánto le molesta el ruido producido por el tránsito vehicular cuando se encuentra en su casa (durante el día y noche) y los factores Género, Edad, Tiempo de Residencia y Actividad.

Factores	Chi-cuadrado (día)	Prob (día)	Chi-cuadrado (noche)	Prob (noche)
Sexo	2,6	0,626	1,67	0,79
Edad	61,66	0,00	52,82	0,003
Tiempo de residencia	24,26	0,23	31,78	0,046
Actividad	8,02	0,94	17,58	0,34

La Figura 37, muestra los gráficos de frecuencia para la variable ruido producido por talleres o industrias v/s los factores “genero”, “edad”, “tiempo de residencia” y “actividad” tanto para el periodo diurno como nocturno.

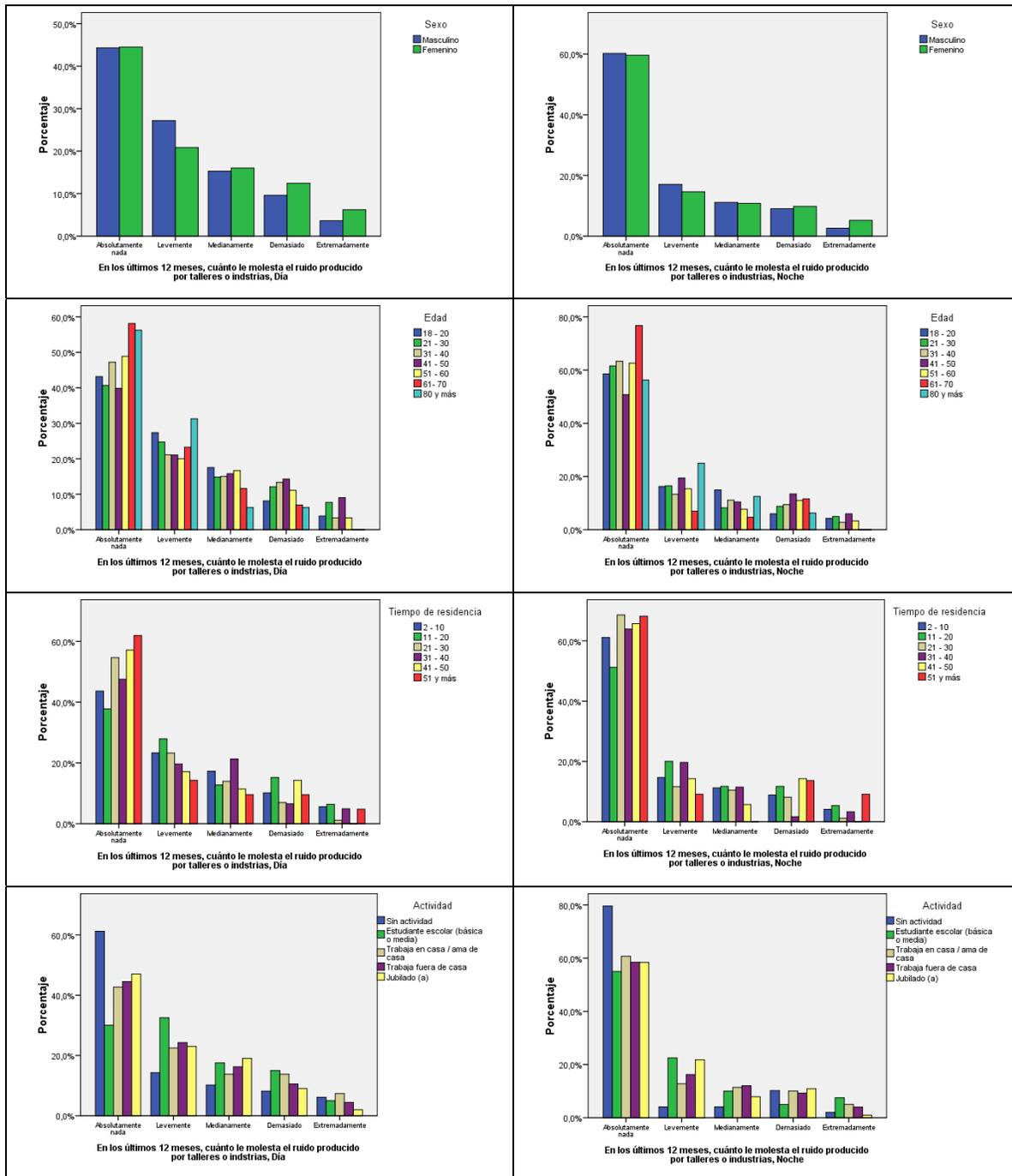


Figura 37. Gráficos de frecuencia para la variable ruido producido por talleres o industrias v/s los factores “genero”, “edad”, “tiempo de residencia” y “actividad” tanto para el periodo diurno como nocturno.

La Tabla 28, muestra los valores Chi-cuadrado y su probabilidad asociada para la variable “En los últimos 12 meses, indique cuánto le molesta el ruido producido por el talleres e industrias cuando se encuentra en su casa”, para los periodos diurno y nocturno. Se observa que no existe asociación con ninguno de los factores, es decir, no podemos concluir que las categorías de los factores muestren una tendencia de preferencia sobre las categorías de la variable en estudio

Tabla. 28. Prueba de hipótesis Chi-cuadrado para determinar la asociación entre la variable En los últimos 12 meses, indique cuánto le molesta el ruido producido por los talleres e industrias cuando se encuentra en su casa (durante la noche) y los factores Género, Edad, Tiempo de Residencia y Actividad.

Factores	Chi-cuadrado (día)	Prob (día)	Chi-cuadrado (noche)	Prob (noche)
Sexo	8,237	0,08	4,68	0,32
Edad	28,01	0,46	32,7	0,24
Tiempo de residencia	26,23	0,15	25,03	0,2
Actividad	18,39	0,30	21,96	0,14

La Figura 38, muestra los gráficos de frecuencia para la variable ruido producido por obras en construcción versus los factores “genero”, “edad”, “tiempo de residencia” y “actividad” tanto para el periodo diurno como nocturno.

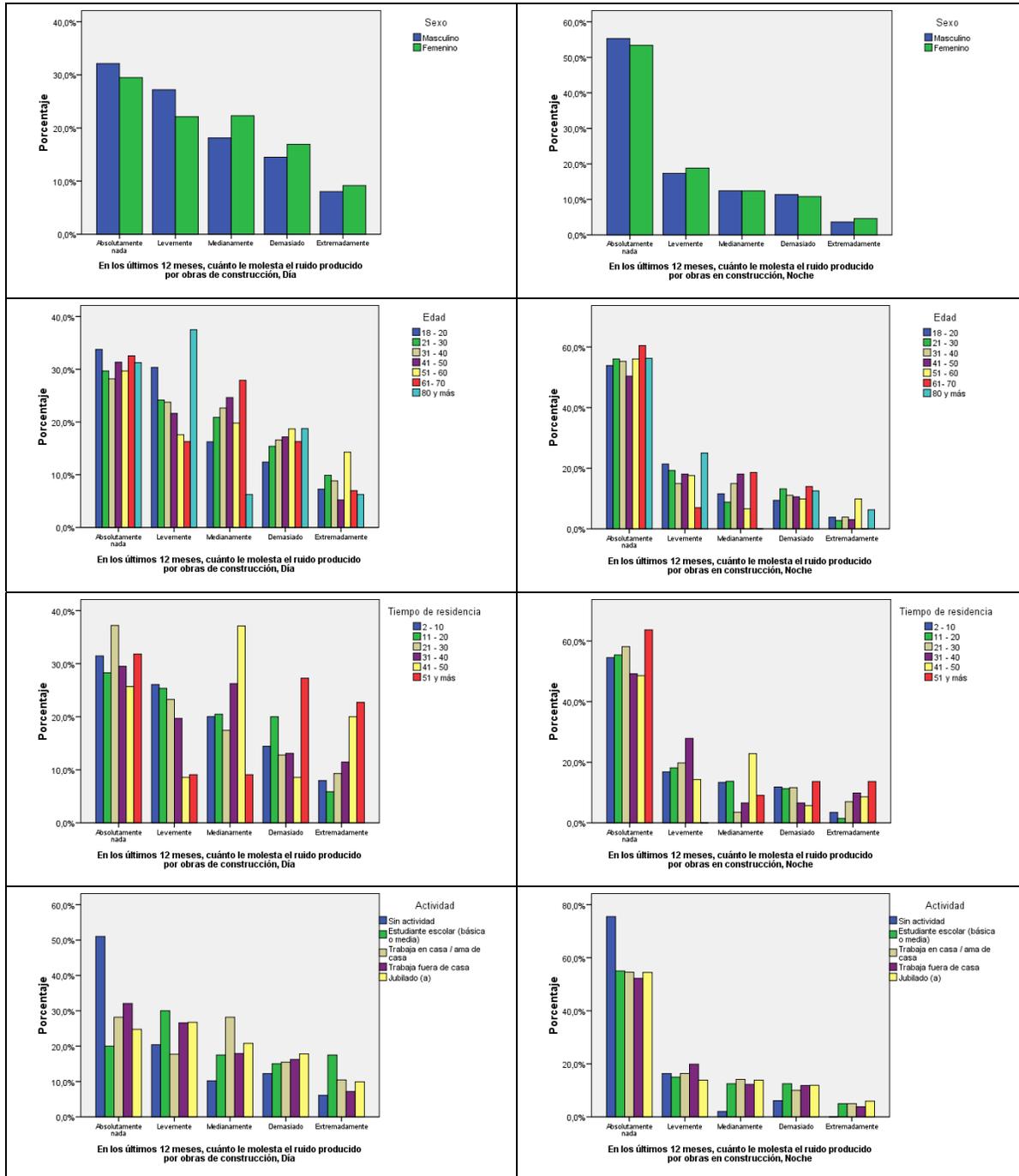


Figura 38. Gráficos de frecuencia para la variable ruido producido por obras en construcción v/s los factores “genero”, “edad”, “tiempo de residencia” y “actividad” tanto para el periodo diurno como nocturno.

La Tabla 29, muestra los valores Chi-cuadrado y su probabilidad asociada para la variable “En los últimos 12 meses, indique cuánto le molesta el ruido producido por el obras de construcción cuando se encuentra en su casa”, durante el día y la noche. Se observa que existe asociación con el factor tiempo de residencia, tanto en el periodo diurno como nocturno y con el factor actividad para periodo diurno. Para el factor tiempo de residencia, en ambos periodos, los porcentajes de los intervalos de menor tiempo de residencia, “2 – 10”, “11 -20” y “21 – 30” perciben la molestia de ruido por obras de construcción en las categorías entre “absolutamente nada” y “medianamente” mientras que los intervalos de mayor tiempo de residencia en las categorías “demasiado” y “extremadamente”.

Tabla 29. Prueba de hipótesis Chi-cuadrado para determinar la asociación entre la variable En los últimos 12 meses, indique cuánto le molesta el ruido producido por las obras de construcción cuando se encuentra en su casa (durante el día y noche) y los factores Género, Edad, Tiempo de Residencia y Actividad.

Factores	Chi-cuadrado (día)	Prob (día)	Chi-cuadrado (noche)	Prob (noche)
Sexo	5,8	0,21	0,979	0,91
Edad	27,7	0,48	35,79	0,14
Tiempo de residencia	35,9	0,01	39,41	0,00
Actividad	33,5	0,00	16,92	0,39

La Figura 39, muestra los gráficos de frecuencia para la variable ruido producido por sus vecinos v/s los factores “genero”, “edad”, “tiempo de residencia” y “actividad” tanto para el periodo diurno como nocturno.

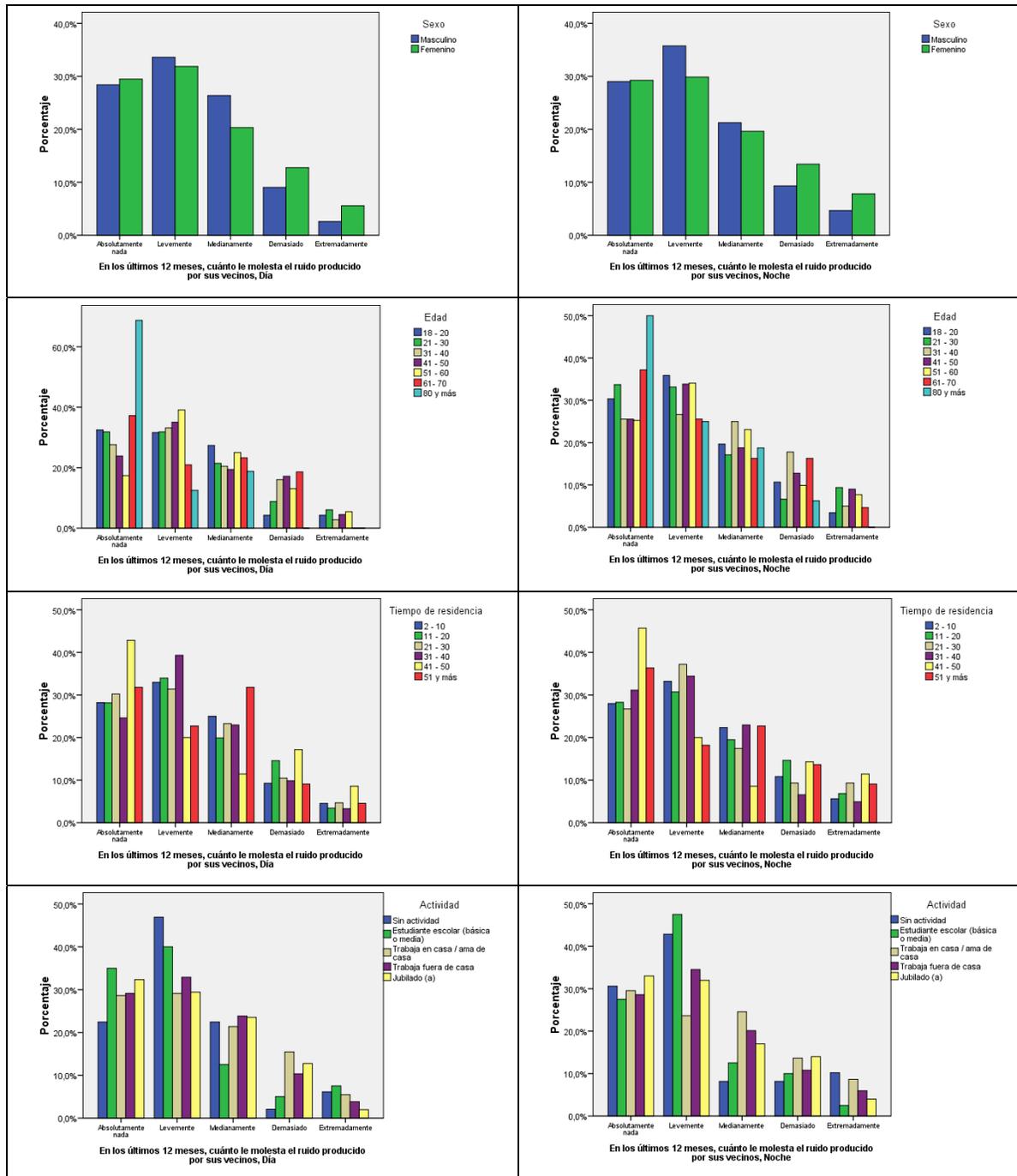


Figura 39. Gráficos de frecuencia para la variable ruido producido por sus vecinos v/s los factores “genero”, “edad”, “tiempo de residencia” y “actividad” tanto para el periodo diurno como nocturno.

La Tabla 30, muestra los valores Chi-cuadrado y su probabilidad asociada para la variable “En los últimos 12 meses, indique cuánto le molesta el ruido producido por sus vecinos”, durante el día y la noche. Se observa que existe asociación, entre la variable en el periodo diurno con el factor género a un nivel de significación del 0.05 y con edad a un nivel del 0.01 en el periodo diurno y a 0.05 para el periodo nocturno. En los demás casos no existe asociación.

La asociación con el factor género, indica que la categoría femenino en mayor porcentaje que el género masculino sitúa la molestia por el ruido producido por sus vecinos como “demasiado” y “extremadamente”. La categoría masculino muestra porcentajes mayores que el femenino en las categorías “absolutamente nada” y “levemente”. El factor edad, tanto en el periodo diurno como nocturno, en los intervalos de mayor edad son más altos los porcentajes respecto a los intervalos de menor edad en las categorías “demasiado” y “extremadamente”. En los intervalos de menor edad los porcentajes son mayores que los intervalos de mayor edad para las categorías “absolutamente nada” y “levemente”.

Tabla 30. Prueba de hipótesis Chi-cuadrado para determinar la asociación entre la variable En los últimos 12 meses, indique cuánto le molesta el ruido producido por sus vecinos cuando se encuentra en su casa (durante el día y noche) y los factores Género, Edad, Tiempo de Residencia y Actividad.

Factores	Chi-cuadrado (día)	Prob (día)	Chi-cuadrado (noche)	Prob (noche)
Sexo	11,030	0,026	9,11	0,058
Edad	67,167	0,00	47,51	0,012
Tiempo de residencia	17,88	0,59	19,32	0,501
Actividad	21,562	0,158	25,11	0,068

La Figura 40, muestra los gráficos de frecuencia para la variable ruido producido por sus vecinos versus los factores “genero”, “edad”, “tiempo de residencia” y “actividad” tanto para el periodo diurno como nocturno.

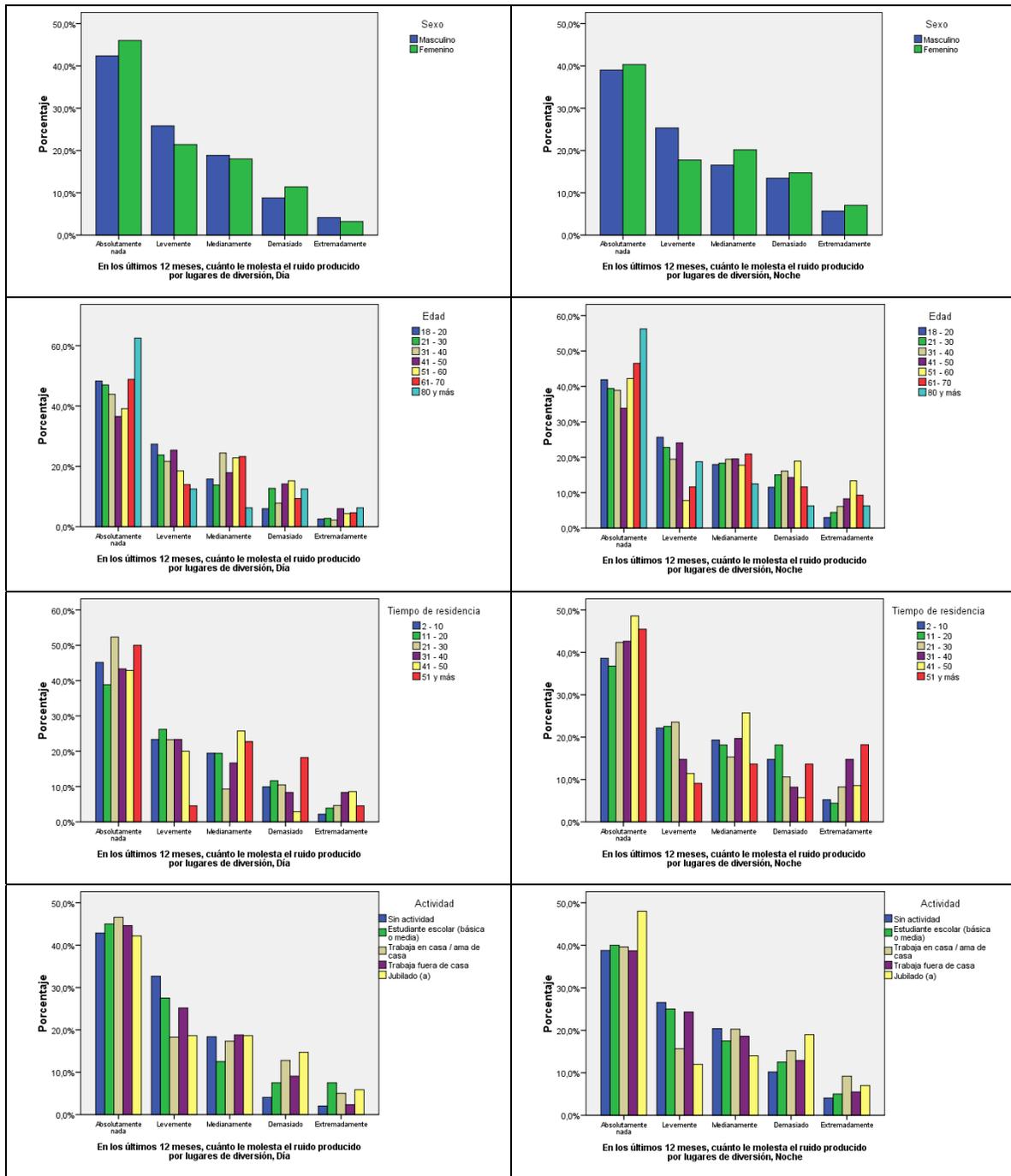


Figura 40. Gráficos de frecuencia para la variable ruido producido por sus vecinos v/s los factores “genero”, “edad”, “tiempo de residencia” y “actividad” tanto para el periodo diurno como nocturno.

La Tabla 31, muestra los valores Chi-cuadrado y su probabilidad asociada para la variable “En los últimos 12 meses, indique cuánto le molesta el ruido producido por lugares de diversión cuando se encuentra en su casa”. Se observa que solo existe asociación entre la variable en el periodo nocturno con edad a un nivel de significación del 0.05. En los demás casos no existe asociación.

Para el factor edad, los intervalos de mayor edad tienen porcentajes mayores respecto a los intervalos de menor edad en las categorías “demasiado” y “extremadamente” del factor. Para los intervalos de menor edad sus porcentajes son mayores en las categorías “absolutamente nada” y “levemente”.

Tabla 31. Prueba de hipótesis Chi-cuadrado para determinar la asociación entre la variable En los últimos 12 meses, indique cuánto le molesta el ruido producido por lugares de diversión cuando se encuentra en su casa (durante el día y noche) y los factores Género, Edad, Tiempo de Residencia y Actividad.

Factores	Chi-cuadrado (día)	Prob (día)	Chi-cuadrado (noche)	Prob (noche)
Sexo	4,55	0,33	8,44	0,07
Edad	39,28	0,07	43,2	0,03
Tiempo de residencia	25,81	0,172	29,57	0,12
Actividad	20,33	0,20	20,53	0,19

II. Análisis variables de fuentes de ruido medidas en escala ordinal

Del análisis de los promedios de las variables fuentes de ruido, se obtiene que la variable tránsito vehicular es percibida como la más molesta de las fuentes de ruido, le sigue obras de construcción (3,27), ruido provocado por vecino (2,86), talleres e industria (2,59) y ruido provocado por lugares de diversión (2,13).

Para determinar si existen diferencias entre los promedio de la percepción de ruido de las variables fuentes tránsito vehicular, taller e industria, obras de construcción, vecinos y lugares de diversión, durante el periodo diurno, se realizó un análisis de varianza. Para ello, se comprobó en primer lugar si las variables tiene un comportamiento según una distribución normal.

La Tabla 32, muestra la prueba de Kolmogorov-Smirnov y su probabilidad asociada, lo que nos indica que ninguna de las variables en estudio sigue una distribución normal.

Tabla 32. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para el día.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		v13d	v14d	v15d	v16d	v17d
N		887	885	887	887	887
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	5,6550	2,59	3,27	2,86	2,13
	Std. Deviation	3,15163	3,173	3,339	2,802	2,837
Kolmogorov-Smirnov Z		3,404	6,540	5,307	4,942	7,882
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000	,000	,000	,000	,000

Por esta razón, el análisis que sigue, para determinar las diferencias de los promedios de las variables, es a través de la prueba de Kruskal-Wallis. La siguiente hipótesis comprueba dicha dócima.

$$H_0 : \mu_0 = \dots\dots\dots = \mu_5$$

$$H_1 : \mu_0 \neq \dots\dots\dots \neq \mu_5$$

El valor observado de la prueba Kruskal-Wallis es 634.13 y su probabilidad asociada es 0.0, que nos indica que existen diferencias significativas entre los promedios de las variables en estudio. Para determinar cual de ellas provoca la diferencia se realizó la prueba de hipótesis de Mann-Whitney. La Tabla 31 muestra los valores de la prueba y su probabilidad asociada, para la siguiente hipótesis:

$$H_0 : \mu_0 = \mu_1$$

$$H_1 : \mu_0 \neq \mu_1$$

Tabla 33. Prueba de hipótesis de Mann-Whitney.

Fuente Sonora	Mann-Whitney	Probabilidad
Transito vehicular – Talleres e Industria	188672	0
Transito vehicular – Obras de construcción	233619	0
Transito vehicular – Ruido por vecinos	200222	0
Transito vehicular – Lugares de diversión	158616	0
Talleres e Industria - Obras de construcción	341744	0
Talleres e Industria - Ruido por vecinos	347706	0
Talleres e Industria - Lugares de diversión	361190	0,002
Obras de construcción - Ruido por vecinos	380587	0,228
Obras de construcción - Lugares de diversión	310935,5	0
Ruido por vecinos - Lugares de diversión	314826,5	0

Se observa que existen diferencias significativas en entre los promedios de las variables en estudio, salvo el caso del par conformado por la variable de ruido por obras de construcción y ruido por vecino.

La Tabla 34 muestra que tránsito vehicular (5,15), en el periodo nocturno, es la fuente de ruido que genera mayor molestia entre los encuestados los encuestados, seguida por ruido provocado por los vecinos (3,35), lugares de diversión (3,29), talleres e industria (1,85) y obras de construcción (1,72).

Tabla 34. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la noche.

		v13n	v14n	v15n	v16n	v17n
N		884	882	884	885	888
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	5,15	1,85	1,72	3,35	3,29
	Std. Deviation	3,399	3,068	2,947	3,306	3,627
Kolmogorov-Smirnov Z		3,568	9,940	10,416	5,199	6,423
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000	,000	,000	,000	,000

Para la prueba de hipótesis

$$H_0 : \mu_0 = \dots\dots\dots = \mu_5$$

$$H_1 : \mu_0 \neq \dots\dots\dots \neq \mu_5$$

El valor calculado de Kruskal-Wallis 695.2 y su probabilidad asociada igual a 0.0, indica que existen diferencias significativas entre los promedios.

En consecuencia, para determinar las variables que provocan esta diferencia se realizó la prueba de Mann-Whitney, que determinó que no existen diferencias significativas entre las variables de ruido por talleres e industria y obras de construcción. En las demás la diferencia entre los valores promedio resultó ser significativa. La siguiente es la hipótesis que decide la prueba de Mann-Whitney

$$H_0 : \mu_0 = \mu_1$$

$$H_1 : \mu_0 \neq \mu_1$$

Tabla 35. Prueba de hipótesis de Mann-Whitney.

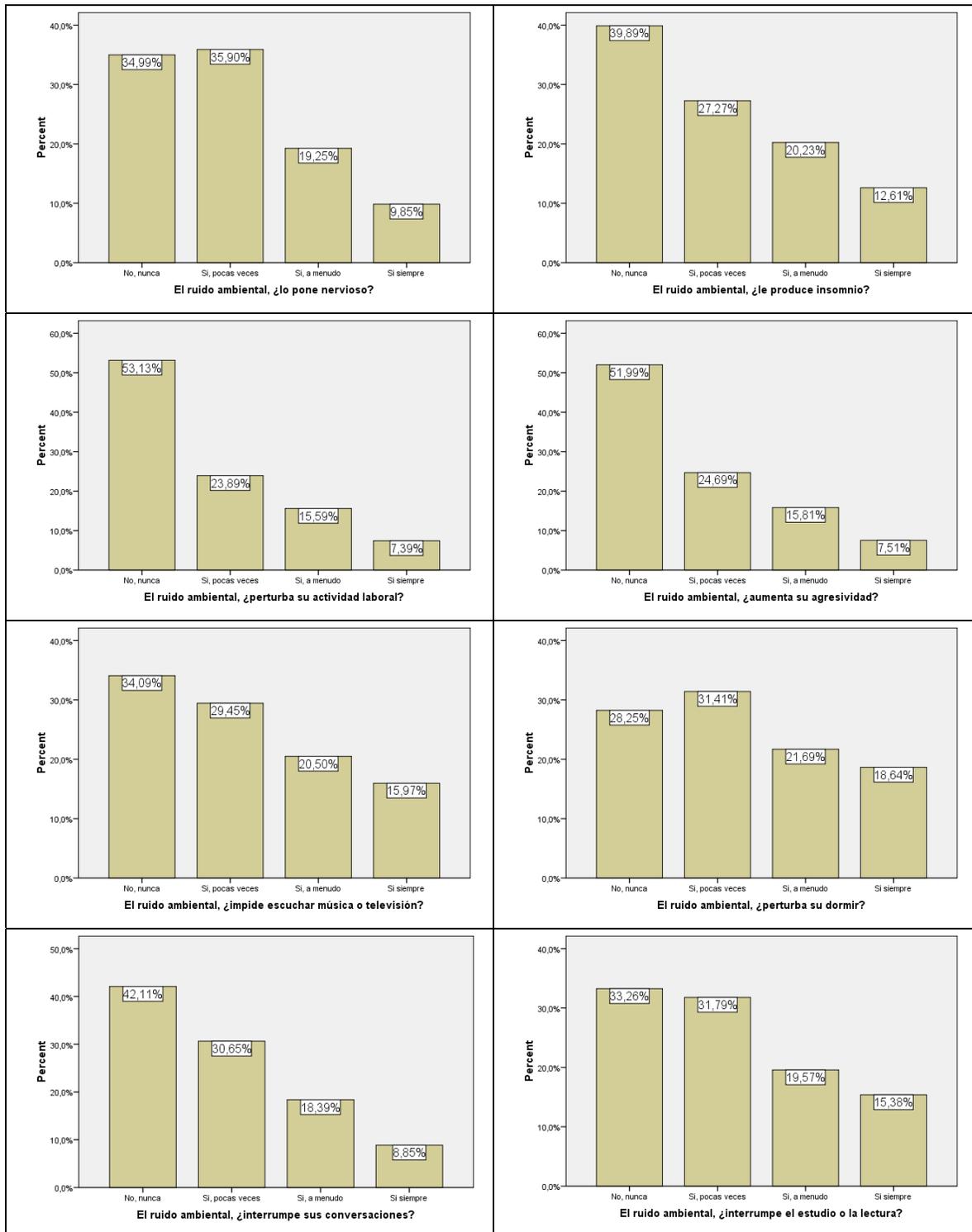
Fuentes Sonoras	Mann-Whitney	Probabilidad
Transito vehicular – Talleres e Industria	161280	0.0
Transito vehicular – Obras de construcción	169951	0.0
Transito vehicular – Ruido por vecinos	271407	0.0
Transito vehicular – Lugares de diversión	267800	0.0
Talleres e Industria - Obras de construcción	380607,5	0,32
Talleres e Industria - Ruido por vecinos	262246,5	0.0
Talleres e Industria - Lugares de diversión	296457,5	0.0
Obras de construcción - Ruido por vecinos	253132,5	0.0
Obras de construcción - Lugares de diversión	287926,5	0.0
Ruido por vecinos - Lugares de diversión	287926,5	0.0

III. Análisis de las variables Actividades Impactadas por el ruido ambiental

A continuación se analizan las variables sobre los efectos fisiológicos y de comportamiento que provoca el ruido ambiental, así como algunas actividades que se ven impactadas por éste. En la Figura 41 se puede observar que entre un 22% y un 42% de los encuestados declara “a menudo” o “siempre” sentirse impactado por el ruido ambiental exterior para cada una de las variables. De lo anterior se concluye que, el ruido ambiental es motivo relevante de molestia en la comuna de Antofagasta, y más significativo en este sentido que lo que ocurre en Providencia.

Destacan en este análisis los altos porcentajes de personas que manifiestan que el ruido ambiental les interrumpe su descanso en un 42,6%, un 38,33% les impide a menudo o siempre dormir, un 38,13% les disminuye la concentración, un 36,47% les impide escuchar radio o televisión, un 34,95% afirma que les interrumpe el estudio o lectura, un 32,84% les produce insomnio a menudo o siempre, un 29,1% le pone nervioso, un 23,32% aumenta a menudo o siempre su agresividad, un 25,31% le produce dolor de cabeza, o un 22,98% les perturba la actividad laboral, por ejemplo.

La comunidad de Antofagasta identifica con claridad los efectos del ruido que les afecta. Al igual que en Providencia, ciertas respuestas puedan revelar un problema de salud pública que deba ser analizado en futuros estudios con mayor profundidad. Por ejemplo, casi el 18,76% de la población admite que el ruido ambiental siempre le perturba el dormir y a un 12,61% le impide el descanso siempre. Por otro lado también llama la atención que un 11,92% de los vecinos de la comuna manifiestan que el ruido ambiental les genera dolor de cabeza siempre.



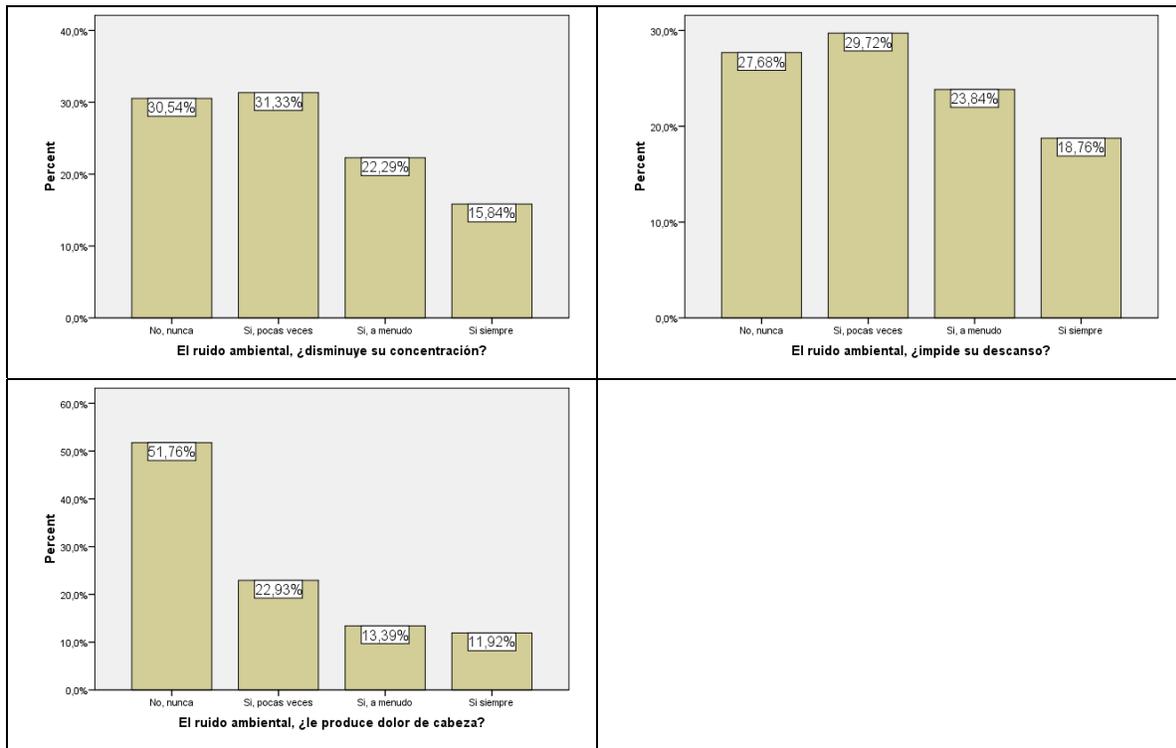


Figura 41. Gráficos de frecuencia para actividades impactadas por el ruido ambiental

La Tabla 36, muestra el valor calculado de la prueba Chi-cuadrado y su probabilidad asociada para cada variable que miden actividades impactadas por el ruido ambiental. Se puede observar que existe dependencia entre la variable “lo pone nervioso”, “le produce insomnio”, “perturba su dormir” y “produce dolor de cabeza” y el factor “género” a un nivel de significación del 0.01 y existe asociación a un nivel del 0.05 entre la variable “impide su descanso” y “género”, el resto de las variables no es dependiente estadísticamente del factor “género”. Al observar el factor “edad”, se concluye que la variable “el ruido lo pone nervioso”, “el ruido le produce insomnio”, “perturba su dormir”, “impide su descanso” y “produce dolor de cabeza” es significativa a un nivel del 0.01, es decir, son estadísticamente dependientes con el factor edad, y la variable “interrumpe sus conversaciones” y “perturba su actividad laboral” es significativa al 0.05.

Por otra parte, se concluye que no existe asociación entre el factor “tiempo de residencia” con ninguna de las variables. Finalmente para el factor “actividad” se observa que existe asociación con la variable “lo pone nervioso”, “le produce insomnio” a un nivel del 0.01 y con la variable “interrumpe sus conversaciones” al nivel 0.05

Tabla 36. Valores chi-cuadrado para las variables que miden las actividades impactadas por el ruido ambiental versus los factores Género, Edad, Tiempo de residencia y Actividad.

Categoría	Genero		Edad		Tiempo Residencia		Actividad	
	Chi	P	Chi	P	Chi	P	Chi	P
Lo pone nervioso	24,95	0,0	70,35	0	17,24	0,34	47,15	0,0
Le produce insomnio	26,15	0,0	43,86	0,0	14,65	0,47	29,17	0,0
Perturba su actividad labora	0,64	0,88	34,48	0,03	11,43	0,72	15,29	0,22
Aumenta su agresividad	2,16	0,54	28,6	0,12	12,83	0,615	9,15	0,69
Impide escuchar su música o TV	2,15	0,54	30,58	0,08	12,24	0,66	16,42	0,17
Perturba su dormir	13,58	0,00	47,75	0,00	18,06	0,25	11,57	0,48
Interrumpe sus conversaciones	5,61	0,13	32,87	0,04	15,98	0,38	23,00	0,02
Interrumpe el estudio o la lectura	3,86	0,27	27,36	0,15	22,26	0,10	20,57	0,05
Disminuye su concentración	5,00	0,17	20,11	0,51	19,20	0,20	14,72	0,25
Impide su descanso	9,68	0,021	44,54	0,00	27,96	0,22	14,83	0,25
Le produce dolor de cabeza	24,34	0,00	45,50	0,00	16,97	0,32	21,02	0,05

3.2.4.4. Descripción de la percepción del ruido a través de componentes principales

Con el objeto de determinar si existe entre los encuestados un criterio único de percepción del ruido o es posible identificar varios de ello, se realizó un análisis de componentes principales sobre las variables ruido producido por tránsito vehicular, ruido por talleres e industria, ruido por obras de construcción, ruido provocado por los vecinos y ruidos por lugares de diversión observados durante el día y noche.

La Tabla 37 muestra la variación explicada por cada componente principal, basado en las variables observadas durante el día. Se observa que los primeros tres componentes principales explican un 81,837% de la variación explicada acumulada por lo componentes principales.

Tabla 37. Varianza Explicada y variación acumulada derivada del análisis de componentes principales.

Componente	Varianza de explicada	% de Varianza explicada	% acumulado de variación explicada
Componente principal 1	2,516	50,322	50,322
Componente principal 2	,808	16,169	66,491
Componente principal 3	,767	15,346	81,837
Componente principal 4	,532	10,642	92,479
Componente principal 5	,376	7,521	100,000

La Tabla 38 muestra los coeficientes de cada componente principal. Este coeficiente es la correlación entre el componente y la variable original. Podemos observar que en el primer componente principal todas las variables tienen un peso aproximado. El segundo componente principal muestra que la variable ruido por tránsito vehicular tiene la correlación más alta respecto al componente, es decir, el segundo componente debe ser interpretado como Ruido por tránsito vehicular.

Tabla 38. Coeficientes de las combinaciones lineales de los componentes principales.

Variables observadas	Componente principal				
	1	2	3	4	5
Tránsito Vehicular	,532	,846	-,009	,028	-,010
Talleres e industria	,779	-,148	-,430	-,067	,426
Obras en construcción	,785	-,178	-,399	,086	-,431
Ruido por los vecinos	,704	-,160	,480	,493	,074
Ruido por lugares de diversión	,717	-,115	,439	-,526	-,056

La Figura 42 muestra los valores observados de los tres primeros componentes principales, calculados a partir de los datos de las variables de origen. Estos nos permiten observar que no es posible distinguir patrones distintos de percepción del ruido, es decir, la población en estudio percibe el ruido de una forma similar.

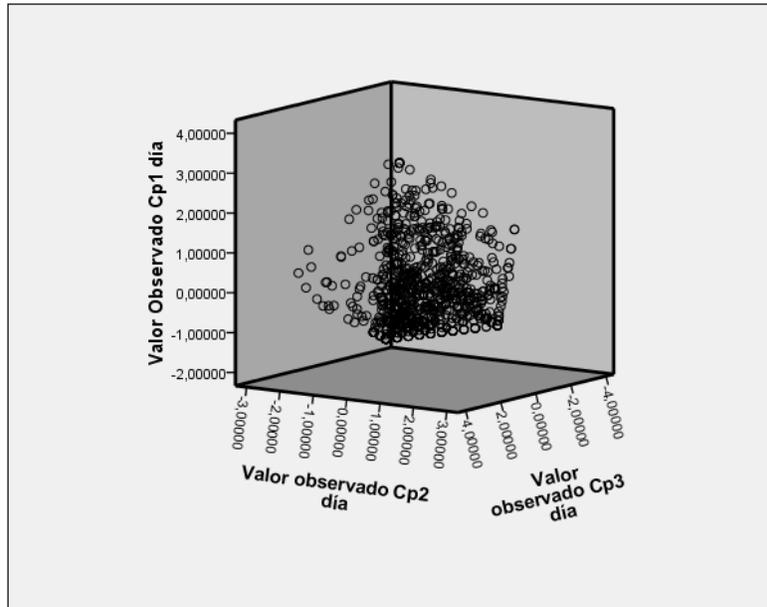


Figura 42. Valores Observados de los tres primeros Componentes principales, calculados a partir de los datos de las variables de origen

La Tabla 39 muestra la variación explicada por los componentes principales basados en las variables observadas relacionadas con el periodo nocturno. El 84,032 % de la variación explicada se alcanza con los tres primeros componentes principales.

Tabla 39 Varianza Explicada y variación acumulada derivada del análisis de componentes principales.

Componente	Varianza explicada	% de Varianza explicada	% Varianza explicada acumulada
Componente principal 1	2,705	54,109	54,109
Componente principal 2	,763	15,258	69,367
Componente principal 3	,733	14,666	84,032
Componente principal 4	,483	9,657	93,690
Componente principal 5	,316	6,310	100,000

La Tabla 40 indica los coeficientes de las combinaciones lineales de los componentes principales. Se observa que en el componente 1 las variables que tienen mayor correlación son ruido por obras de construcción y ruido por talleres e industria, en el segundo componente principal destaca la correlación positiva de tránsito vehicular.

Tabla 40. Coeficientes de las combinaciones lineales de los componentes principales.

Variables observadas	Componente				
	1	2	3	4	5
Ruido Tránsito vehicular	,603	,351	,713	,071	,006
Talleres o industria	,782	-,491	,035	,073	,375
Obras de construcción	,819	-,395	,005	,014	-,415
Ruido producido por vecinos	,697	,401	-,414	,425	,010
Ruido por lugares de diversión	,757	,286	-,227	-,540	,049

La Figura 43 muestra los puntajes obtenidos de los tres componentes principales que explican un 84,03 % de varianza acumulada. La proximidad de los puntajes de los componentes principales no permiten distinguir patrones en la percepción del ruido, es decir, la población está percibiendo en forma similar el ruido.

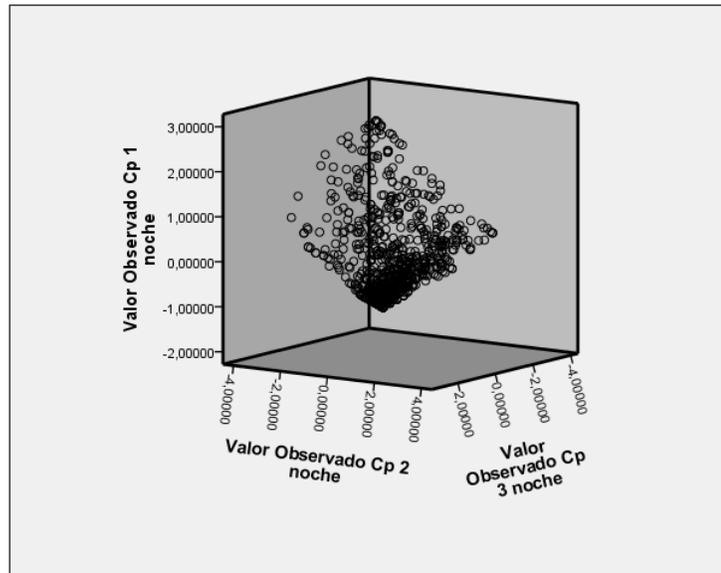


Figura 43. Valores Observados de los tres primeros Componentes principales, calculados a partir de los datos de las variables de origen

3.2.4.5. Conclusiones sobre el análisis de los datos de la encuesta.

En primer lugar, se concluye que las características de las muestras estudiadas en ambas comunas son aproximadamente similares en relación a su distribución por género, edad, actividad y tiempo de residencia.

Se observa de igual modo que en ambas comunas el nivel de sensibilidad al ruido es relevante desde el punto de vista de salud pública, siendo la muestra encuestada en la comuna de Antofagasta más sensible al ruido que la de Providencia. La misma relación se establece respecto a la variable “al interior de su hogar, ¿cuán audible es el ruido ambiental exterior?”.

En cuanto al impacto que el ruido ambiental provoca en las personas podemos concluir que un porcentaje atendible de la población manifiesta molestias y efectos del ruido en sus actividades diarias y salud (dolor de cabeza, insomnio, interrupción de ciertas actividades intelectuales, etc.). En la Tabla 41 se encuentra una comparativa de las respuestas de ambas comunas ante los efectos del ruido ambiental. Se aprecia que la población de Antofagasta se manifiesta más afectada por el ruido ambiental al referirse a síntomas que genera la exposición al ruido y a la interacción con ciertas actividades rutinarias.

Tabla 41. Resumen de respuestas “a menudo” y “siempre” sobre efectos del ruido ambiental en las comunas de Antofagasta y Providencia.

Pregunta: ¿El ruido ambiental...	Porcentaje de respuestas “a menudo” y “siempre”		
	Antofagasta	Providencia	Diferencia
... le pone nervioso?	21,10%	19,60%	1,50%
... le produce insomnio?	32,84%	24,27%	8,57%
... le perturba actividad laboral?	22,98%	17,24%	5,74%
... le aumenta su agresividad?	23,32%	23,32%	0,00%
... le impide escuchar música o tv?	36,47%	25,38%	11,09%
... le perturba dormir?	38,33%	33,73%	4,60%
... interrumpe conversaciones?	27,24%	19,97%	7,27%
... interrumpe estudio o lectura?	34,95%	30,16%	4,79%
... disminuye concentración?	38,13%	28,16%	9,97%
... impide el descanso?	42,60%	30,46%	12,14%
... produce dolor de cabeza?	25,31%	19,11%	6,20%

En relación a las variables sobre la molestia causada por las fuentes de ruido, en escala nominal, se comprueba que para ambas comunas la fuente de ruido que genera mayores molestias es el tránsito vehicular. Siendo la categoría modal, para el caso de Providencia, levemente y para Antofagasta medianamente.

Al observar las variables sobre la molestia causada por las fuentes de ruido, en escala ordinal, también se comprueba que el ruido por tránsito vehicular es el de mayor relevancia. Siendo nuevamente la comuna de Antofagasta en donde se presenta un promedio mayor de molestia, esto se da en el periodo diurno con un valor 5,65. Mientras que en la comuna de Providencia el valor promedio de molestia mayor es el que corresponde al periodo diurno y se sitúa entorno al valor 4,18. Si se considera que la escala comprende valores entre 0 y 10, los promedios de ambas comunas se sitúan en la mitad de la escala.

Por lo expuesto podemos concluir que las muestras de ambas comunas se declaran afectadas por el ruido, ya sea por el grado de sensibilidad, impacto o nivel de molestia.

3.3. Correlación de la encuesta con la modelación.

Proponer y aplicar una correlación entre la respuesta de la comunidad con los descriptores de ruido obtenidos de la modelación.

De acuerdo a lo establecido el plan de trabajo, se utilizaron dos tipos de análisis referentes a la correlación entre los niveles de ruido y la percepción del ruido por parte de la comunidad.

3.3.1. Correlación entre la percepción del ruido y niveles de Ruido

Se realizó un análisis estadístico tendiente a determinar la existencia o no de correlación entre los resultados de la encuesta de percepción de ruido y los niveles resultantes de la modelación. En ambos casos se consideró solamente la variable de ruido de tráfico.

Las variables de la encuesta que intervienen en este análisis son: "Tomando en cuenta los últimos 12 meses, indique que número desde el cero al diez expresa mejor cuan molesto es el ruido de tránsito vehicular" diferenciando los períodos diurno y nocturno.

Por otro lado, la modelación se generó a partir de los datos levantados durante la etapa de terreno de la Fase II con el fin de actualizar y corregir la información de la Fase I. Los descriptores considerados son el nivel día L_d y el nivel noche L_n y se utilizó el nivel en fachada de los edificios correspondientes a los conglomerados encuestados.

Para el cálculo del coeficiente de correlación de la muestra y por las restricciones impuesta por la Fase I del Proyecto, aquellos conglomerados seleccionados que no coincidían con las calles modeladas, fueron reemplazados por otros de similares característica que coincidieran con alguna de las vías modeladas. De esta forma, en una primera instancia cada conglomerado tuvo al menos una vía modelada adyacente.

Posteriormente, al incorporar en el estudio la modelación del resto de las calles de las comunas se obtuvieron los niveles de ruido para todas las vías adyacentes a cada conglomerado. Esto permitió tener un valor promedio, tanto de la percepción del ruido de los habitantes muestreados como del nivel de ruido modelado para el conglomerado, formando un par ordenado para el cálculo de la correlación. Permitiendo con esto hacer estimaciones del comportamiento de la correlación para la totalidad de la comunidad en estudio. Este procedimiento es el más adecuado en virtud del tipo de encuesta aplicada y de los datos acústicos modelados.

En función de lo anterior, se debe estimar la correlación a partir de la percepción del ruido que tienen todos los habitantes seleccionados en la muestra, con el fin de que las estimaciones tengan validez sobre la población total de cada comuna.

Para determinar si la correlación calculada en la muestra es significativa a nivel poblacional, se deben verificar las siguientes hipótesis:

$$H_0 : \rho = 0$$

$$H_1 : \rho \neq 0$$

mediante la prueba de hipótesis basada en la expresión,

$$t_{calculado} = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}} \quad (3.3.1)$$

con $n-2$ grados de libertad que se distribuye según una distribución t-student con $n-2$ grados de libertad, donde r es la correlación y n es el tamaño de la muestra.

Luego se analizó cada una de las variables respecto si estas se comportaban según una Distribución de Probabilidad Normal, restricción que debe ser cumplida para aplicar la prueba de hipótesis t-student sobre correlación.

Para el caso de la comuna de Providencia, la Tabla 42, muestra la prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S) para determinar si las variables tienen Distribución Normal. La prueba de K-S para cada variable y su probabilidad asociada muestra que estas se distribuyen de acuerdo a una Distribución de probabilidad Normal.

Tabla 42. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar si las variables se distribuyen según una Distribución Normal

	v13d	v13n	Ld	Ln
N	56	56	56	56
Parámetros Media	3,8907	3,0357	67,818	62,592
Desviación Estándar	1,51529	1,37035	4,1657	4,1580
Kolmogorov-Smirnov Z	,799	,429	,573	,566
Asymp. Sig. (2-tailed)	,546	,993	,898	,906

La Tabla 43, muestra la prueba de hipótesis para la correlación. Se observa que la correlación para el periodo día es significativa a un nivel del 0.05 y para el periodo nocturno a un nivel del 0.01. Sin embargo, a pesar de ser significativa la dependencia entre las variables, el valor de la correlación es bajo.

Tabla 43. Prueba t-student para determinar si la correlación entre las variables percepción tránsito vehicular (día y noche) y Nivel día y noche

Nivel	Percepción Transito Vehicular día		Percepción Transito Vehicular noche	
	Correlación	Prob. asociada a la Prueba t-student	Correlación	Prob.asociada a la Prueba t-student
Día	0,292	0,029		
Noche			0,388	0,003

La Figura 44 muestra la dispersión de los datos de los Niveles de Ruido promedio día y noche versus Nivel de Percepción de ruido por la comunidad.

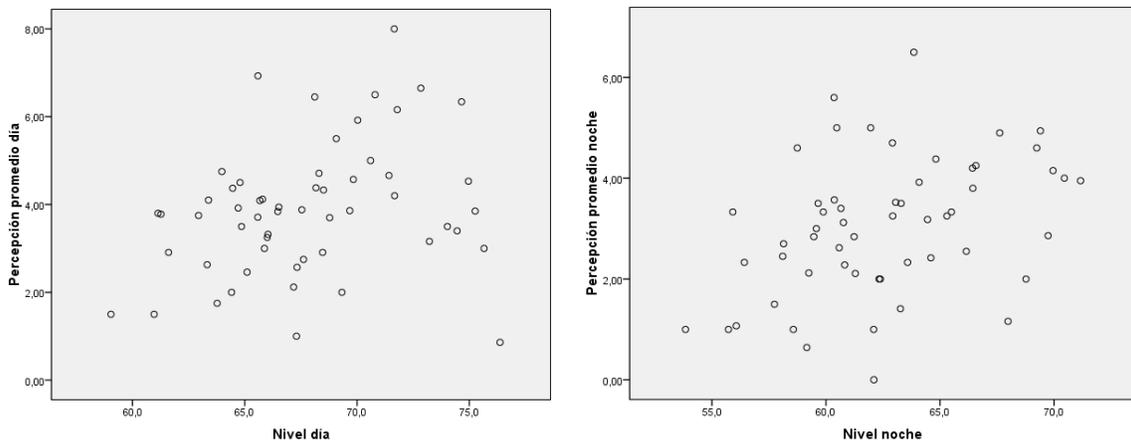


Figura 44. Dispersión de los Niveles de Ruido día y noche versus Nivel de Percepción.

Se observa que los puntos se distribuyen sobre todo el gráfico en ambos casos, sin tener una tendencia, lo que se ve reflejado en el coeficiente de correlación.

Para la muestra de Antofagasta, en la Tabla 44 se observan los valores calculado de la prueba de K-S y su probabilidad asociada. De ella se desprende que las variables tienen una distribución normal.

Tabla 44. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar si las variables se distribuyen según una Distribución Normal.

		v13d	v13n	Ld	Ln
Parámetros	N	40	40	40	40
	Media	5,2818	4,8568	67,795	62,189
	Desviación estándar	1,19298	1,52665	4,0480	3,7919
	Kolmogorov-Smirnov Z	,854	,612	,573	,525
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,459	,847	,898	,946

En la Tabla 45 se observa la correlación de Pearson para los periodos día y noche, en ambos casos, la correlación no es significativa a un nivel del 5%, es decir, podemos concluir que no existe correlación entre las variables en la comunidad en estudio.

Tabla 45. Prueba t-student para determinar si la correlación entre las variables percepción tránsito vehicular (día y noche) y Nivel día y noche

Nivel	Percepción Tránsito Vehicular día		Percepción Tránsito Vehicular noche	
	Correlación	Prob.Asociada a la Prueba t-student	Correlación	Prob.asociada a la Prueba t-student
Día	0,311	0,051		
Noche			0,225	0,163

La Figura 45 muestra la dispersión de los datos para periodo día y noche, se observar una gran dispersión en los datos que no permiten ver una tendencia, lo que se ve reflejado en los coeficientes de correlación y que la prueba de hipótesis concluya que la correlación no es significativa.

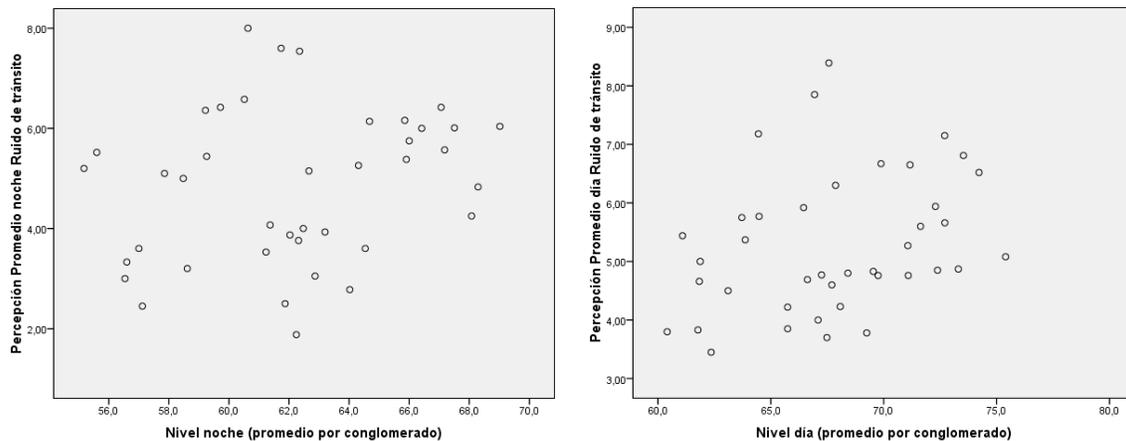


Figura 45. Dispersión de los Niveles de Ruido día y noche versus Nivel de Percepción.

3.3.2. Porcentaje de personas altamente molestas %HA.

La segunda parte del análisis de correlación tiene por objetivo determinar el porcentaje de personas altamente molestas por el ruido ambiental mediante la utilización del descriptor %HA. En este caso, la correlación queda definida por una curva que muestra el porcentaje de personas altamente incomodas por el ruido, con relación al nivel corregido día-noche. Esta curva se determina a partir de estudios empíricos y mediante métodos de regresión cuadrática.

La relación entre el Nivel Día-Noche (L_{dn}) con el porcentaje de personas altamente molestas son distintas para cada tipo de transporte, existiendo varias fórmulas que relacionan la parte objetiva con la subjetiva

Cabe mencionar que dos descriptores fundamentales son necesarios para el análisis en un estudio molestia-ruido. Uno representa la parte objetiva del estudio y tiene que ver con la modelación que se realizó basada en parámetros no acústicos, pero validada a través de mediciones en terreno bien caracterizadas. Este descriptor, relacionado con la parte objetiva del análisis, es el Nivel corregido día-noche L_{dn} o bien Nivel corregido día-tarde-noche L_{dtn} . La parte subjetiva, está representada por las encuestas que tratan de reflejar la percepción que las personas tienen del fenómeno físico, y que no son criterios idénticos entre una persona y otra, y menos aun entre una comunidad y otra. Este descriptor es el Porcentaje de Personas Altamente Molestas %HA.

El artículo de Miedema y Vos [30] presenta un análisis de curvas que relacionan el Nivel Día-Noche L_{dn} con el porcentaje de personas altamente molestas para diferentes fuentes de ruido. Estas curvas comienzan en los

42 dBA de L_{dn} y son distintas para cada tipo de ruido de transporte. Esto quiere decir, que el porcentaje de personas muy molestas comienza y aumenta desde los 42 dBA de L_{dn} .

La fuente considerada en este estudio piloto es sólo el tránsito vehicular por lo que la ecuación que relaciona el porcentaje de personas altamente molestas es la siguiente,

$$\% HA = 0.03(L_{dn} - 42) + 0.0353(L_{dn} - 42)^2 \quad (3.3.2)$$

El descriptor L_{dn} utilizado en este cálculo corresponde al promedio energético de los niveles (L_{dn}) en fachada generados por la modelación utilizando el modelo RLS-90.

En el caso de la comuna de Providencia, el nivel día-noche promedio es 72.0 dBA, en consecuencia se puede establecer que el porcentaje de personas altamente molestas por el ruido de tráfico alcanza al 32,67% del total de la población de la comuna, en tanto, para el caso de Antofagasta el nivel día-noche promedio es de 71.7 dBA, por lo que se puede establecer que el porcentaje de personas altamente afectadas es de 32,02%. Para la variable L_{dn} se utilizó el promedio energético de los niveles con mayor exposición en las fachadas de los conglomerados encuestados.

A modo de ejercicio es posible comparar este dato con el obtenido en la encuesta de cada comuna. Si suponemos que las respuestas “demasiado” y “extremadamente” molestas corresponde a personas “altamente molestas”, y además, se calcula un promedio ponderado de los porcentajes según el período del día con el fin de hacerlos equivalentes al descriptor L_{dn} , se obtendría para la comuna de Providencia un 18,81% y para Antofagasta un 38,51% promedio diario de personas que se manifiestan altamente molestas.

Sin embargo, una de las restricciones a tener en cuenta, en cuanto a los valores de niveles equivalentes, es que los datos que se entregan corresponden a datos obtenidos en las fachadas más expuestas (o cerca de la vía), y son valores que no representan la exposición de las personas dentro de las viviendas, ya que no todas las habitaciones dan a esta fachada, y no todas las viviendas ofrecen la misma protección contra el ruido. Es más, en un edificio cualquiera, el porcentaje de viviendas que tienen acceso a la fachada con mayor exposición suelen ser la mitad del total de viviendas del edificio.

Análisis por conglomerado.

Con el fin de obtener información más detallados del porcentaje de personas altamente molestas según la bibliografía consultada, se realizó un cálculo adicional del %HA por conglomerado. De esta forma, se analiza la exposición al ruido de tráfico por la vía inmediata en puntos receptores conocidos. Se consideraron los

conglomerados que formaron parte de la encuesta y se utilizó el promedio energético de los niveles día-noche en fachada correspondiente a cada uno de ellos.

En el caso de Providencia (ver Figura 46), los conglomerados más impactados corresponden a aquellos que colindan con Avda. Providencia, vía que a su vez presenta los mayores niveles de ruido. También destaca Avda. Manuel Montt y Antonio Varas, ambas en la intersección con Avda. Francisco Bilbao. Todos ellos presentan un porcentaje de personas altamente molestas superior al 40% según la metodología empleada. Aquellos que presentan un %HA en un rango entre el 30% y el 40% corresponden a los conglomerados que se sitúan en las cercanías de vías de menor envergadura tales como Rancagua, Bilbao, E. Yáñez, C. Antúnez, Tobalaba o Los Conquistadores. Los conglomerados restantes poseen un porcentaje de personas altamente molestas menor al 30%.

El intervalo que va desde el 20% al 30% es el que contiene la mayor cantidad de conglomerados lo que coincide con el porcentaje %HA calculado anteriormente considerando el promedio energético para toda la comuna de Providencia.

El mismo análisis se realizó para la comuna de Antofagasta (ver Figura 47), los resultados obtenidos muestran que, al igual que en el caso de Providencia, los conglomerados más afectados por el ruido se ubican cercanos a las vías de mayor tránsito vehicular, en este caso Avda. Argentina. Del mismo modo destaca la intersección de O'Higgins y Matta. Estos conglomerados poseen sobre un 40% de personas altamente afectadas por el ruido.

En cuanto a los conglomerados que presentan un %HA entre el 30% y 40% destacan los que se ubican cerca de las calles O'Higgins, Carrera. Aunque también se encuentran en las cercanías de calles importantes como Avda. Argentina, su influencia no es tan evidente debido a que para el cálculo se utilizó el promedio de los niveles en fachada considerando todas las calles que circundan cada conglomerado, en consecuencia, es más importante el aporte que hacen el resto de calles que presentan un nivel menor. Una situación similar se ve en los conglomerados cercanos a Avda. Angamos, una de las principales vías de Antofagasta, a lo largo de ésta vía el %HA varía en el rango 20% a 30%.

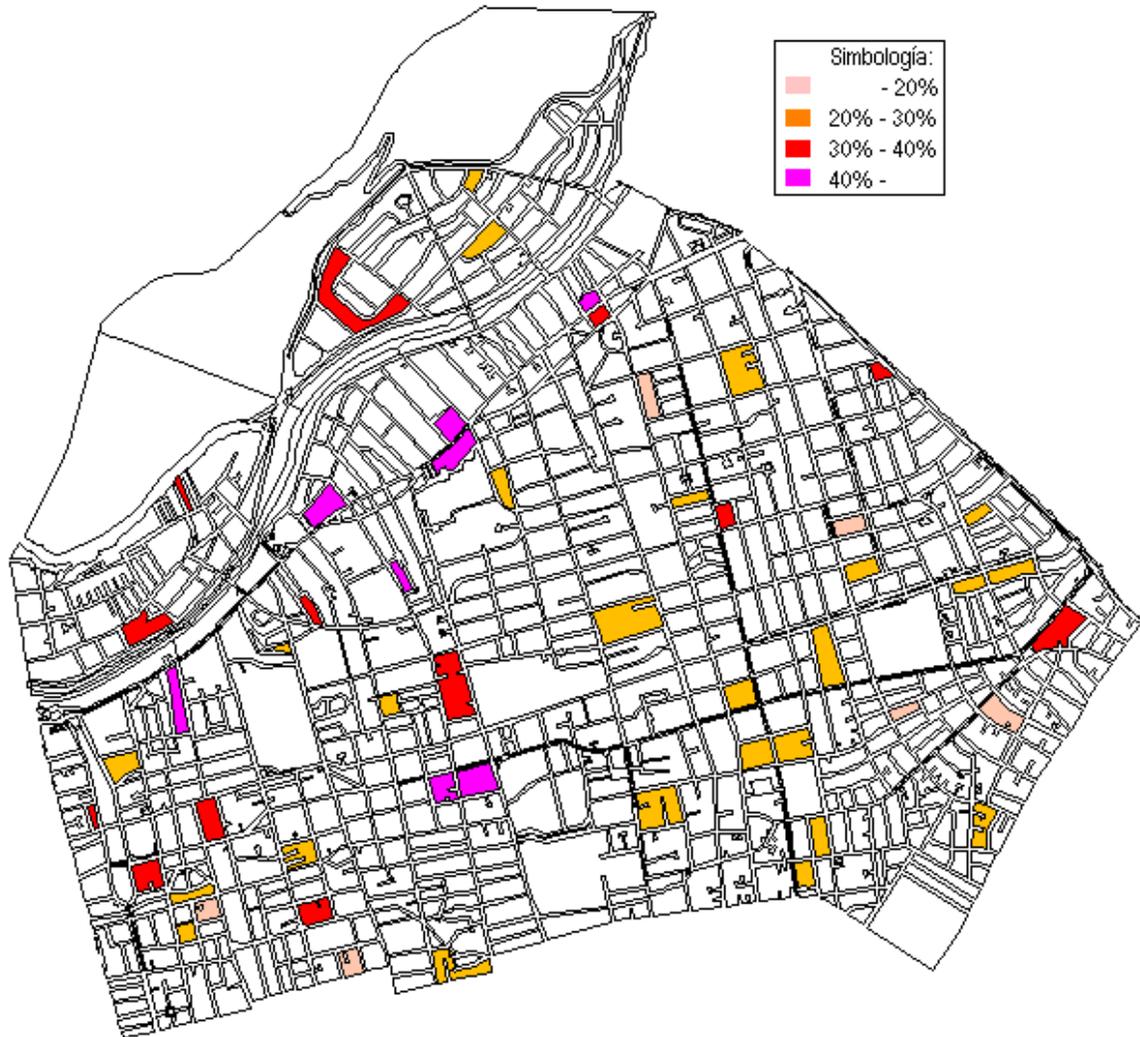


Figura 46. Distribución de %HA en la comuna de Providencia.

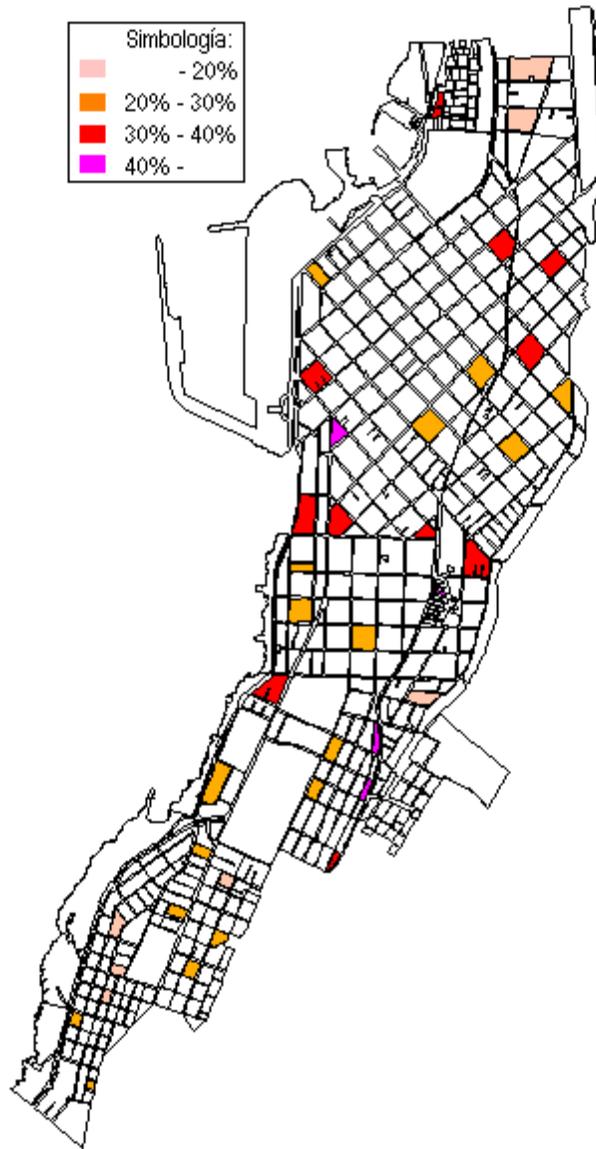


Figura 47. Distribución de %HA en la comuna de Antofagasta.

3.4. Análisis de los resultados de la modelación y de la encuesta.

Realizar un análisis en extenso de los resultados obtenidos de la modelación y la encuesta, así como del cruce de información, con aquella de carácter desagregada obtenida como resultado de la Fase I del Estudio, y otras que el equipo consultor estime relevantes.

Para el análisis de los resultados se utiliza la información obtenida en la Fase I [1]. Esta información corresponde a denuncias por ruido, fuentes denunciadas, características y distribución de la población, usos de suelo de acuerdo a plan regulador comunal, georreferenciación de centros de educación (bibliotecas, jardines infantiles, centros médicos, hogares de ancianos, centros comerciales, supermercados, etc.) con tal de analizar los niveles modelados de acuerdo a valores límite de exposición al ruido.

Para esto se consideró los criterios de evaluación establecidos por *Organisation for Economic Co-operation and Development* OECD [11], *Federal Interagency Commuttee on Noise* FICON [12], Unión Europea UE [13] [24] y la Organización Mundial de la Salud OMS [14]. Dentro de estos criterios, se evaluó que los más relevantes para este estudio son el criterio de la OECD y la Comunidad Europea, ya que FICON se refiere a ruido generado por aeronaves principalmente, y OMS realiza recomendaciones para ambientes específicos, y no recomendaciones generales para zonas urbanas. Sin perjuicio de ello, es la misma Comunidad Europea en el Proyecto SILENCE [24] quien hace referencia a valores generales de la OMS como valores objetivos.

En las Tablas 46 y 47 donde se identifica la distribución de los niveles de ruido modelados en la superficie estudiada de acuerdo a los descriptores Nivel día L_d y Nivel noche L_n .

Tabla 46. Distribución de los niveles de ruido modelados en la superficie de Providencia.

Intervalo (dBA)		Superficie (m2)		Porcentaje del total	
min	max	Día	Noche	Día (%)	Noche (%)
	50.0	277.600	1.475.500	1,9	10,3
50.0	55.0	1.129.900	3.689.300	7,9	25,7
55.0	60.0	3.525.300	4.797.000	24,5	33,4
60.0	65.0	4.886.700	2.235.600	34,0	15,6
65.0	70.0	2.284.700	1.638.400	15,9	11,4
70.0	75.0	1.663.000	513.000	11,6	3,6
75.0		596.700	15.100	4,2	0,1
Superficie total (m2)		14.363.900	14.363.900	100,0	100,0

Tabla 47. Distribución de los niveles de ruido modelados en la superficie de Antofagasta.

Intervalo		Superficie (m2)		Porcentaje del total	
min	max	Día	Noche	Día (%)	Noche (%)
	50.0	41.400	305.900	0,8	5,6
50.0	55.0	249.400	889.200	4,6	16,3
55.0	60.0	815.200	2.017.300	15,0	37,0
60.0	65.0	2.026.400	1.141.800	37,2	21,0
65.0	70.0	1.184.800	760.500	21,7	14,0
70.0	75.0	769.100	309.200	14,1	5,7
75.0		361.500	23.900	6,6	0,4
Superficie total (m2)		5.447.800	5.447.800	100,0	100,0

El criterio de la OMS es posible encontrarlo en varias citas bibliográficas, la más reciente (2009) [33] indica que sobre un L_n de 55dB (exteriores), la situación se considera cada vez más peligrosa, los efectos adversos en la salud se producen con frecuencia, una parte considerable de la población se manifiesta muy molesta y con perturbación en el sueño. También existen pruebas de que aumentan las enfermedades cardiovasculares.

El nivel de 65 dBA es considerado por la OCDE como un nivel que pueden atentar seriamente contra la salud [32]. Estos mismos criterios son posibles de encontrar en la bibliografía como valores orientativos de las medidas para el control de ruido (EPA, FICON, etc.) [34] [35]. Vale mencionar que según bibliografía el criterio de 65 dB L_{dn} sería equivalente con 65 dB L_d y 55 L_n para efectos de recomendaciones.

Adicionalmente se puede mencionar que la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y la Administración Federal de Aviación (FAA) de Estados Unidos han establecido un valor objetivo interior L_{dn} de 45 dB. Esto se basa en la suposición que un edificio proporciona 20 dB de reducción del nivel de ruido aéreo, y entonces se recomienda un nivel de ruido exterior no mayor a 65 L_{dn} [37].

Para los fines del presente estudio es conveniente remitirse a valores de 65 dB durante el día, 55 dB por la noche como valores de referencia, tal como lo indica la Comunidad Europea [24], en coincidencia con los otros criterios mencionado.

Según estas referencias y los datos obtenidos, Providencia tiene un 31,6% de su superficie sobre los 65 dBA en el día y un 64,1% de la superficie con niveles sobre 55 dBA en la noche. En el caso de Antofagasta, un 42,4% de la superficie tiene sobre los 65 dBA en el día, y un 78,1% de superficie sobre los 55 dBA en la noche.

3.4.1. Análisis urbano en base a los mapas de Ruido.

3.4.1.1. Análisis urbano en Providencia.

Análisis diurno.

De los Mapas de Ruido es posible observar que la comuna de Providencia en su condición diurna (ver Figura 5) presenta altos niveles de ruido. La condición de mayor nivel se concentra sobre las vías troncales que tienen por función el dar cabida al flujo del transporte público y la conexión a través de los ejes principales oriente-poniente de la ciudad de Santiago. Por este motivo, los mayores niveles se localizan en el extremo norte de la comuna, sobre el par vial Avda. Santa María-Bellavista, y la Avda. Costanera Norte junto a la Avda. Providencia en ambos márgenes del cauce del río Mapocho. Así mismo, también se aprecia gran concentración de los niveles de ruido sobre avenidas que conectan en el sentido norte-sur como lo son, las vías troncales de M. Montt, y Pedro de Valdivia.

Por otra parte, la condición de Subcentro Urbano dentro de la comuna de Providencia, cercano a las intersecciones de Avda. 11 de Septiembre y Pedro de Valdivia, con la concentración de actividades de servicio, comercio, oficina y equipamiento (cultural, educacional, ocio, etc.), presenta la misma condición de altos niveles de ruido, por la consiguiente aglomeración de personas y el constante cruce de la trama vial, presentando gran presencia de transporte público y privado sobre las vías principales y secundarias.

Respecto al diseño de las vías, en ninguno de los casos se observa medidas paliativas de disminución de ruido. Permitiendo más bien flujos continuos de tráfico vehicular lo que puede aumentar la condición de ruido presente en el medio.

Sin embargo, cabe señalar que la conformación de fachada continua en las manzanas de la comuna podría influir en la condición de ruido interior de las mismas. Este hecho se explicaría por la condición de barrera que la propia edificación genera entre el ruido de la calle y el interior de la manzana.

En relación a la distribución del uso del suelo del Municipio los resultados son coincidentes con la concentración de las áreas de comercio y servicio donde a su vez se presentan los mayores niveles de flujo vehicular motorizado en vía de perfil de 15 m o superior. A su vez, los sectores residenciales y de oficina con trama menor y con calles de perfiles menores a 12 m presentan una disminución del nivel de ruido.

Análisis nocturno.

En la condición nocturna (ver Figura 6), la disminución del nivel general de ruido es notoria. Si bien sobre los ejes troncales, longitudinales oriente-poniente y transversales norte-sur, la presencia constante de transporte motorizado presenta altos niveles, entre dichas vías principales, la condición de ruido es inferior a la condición diurna.

En este sentido, aparece como factor importante a ser verificado, el hecho de que los paños con menor ruido poseen una característica de discontinuidad de la trama, respecto de los grandes ejes. Esta condición de “zonas isla” de niveles de ruido más bajos, delimitadas por grandes flujos vehiculares, permite concentrar áreas con condiciones propicias para el uso residencial y la vida barrial.

Análisis de denuncias.

El análisis de los mapas que recogen las denuncias en los municipios elaborados a partir de la información de la Fase I (ver Figura 48 y siguientes) dan cuenta de actividades molestas como fuentes fijas ante el Departamento de Higiene Ambiental de la Municipalidad, así como aquellos reclamos denunciados a Seguridad Ciudadana y el catastro de denuncias ante la Seremi de Salud, dejan constancia respecto a las mayores molestias de ruido producidas por actividades relacionadas con el rubro de la construcción como primera causa, distribuidas en la totalidad del ámbito territorial de la comuna.

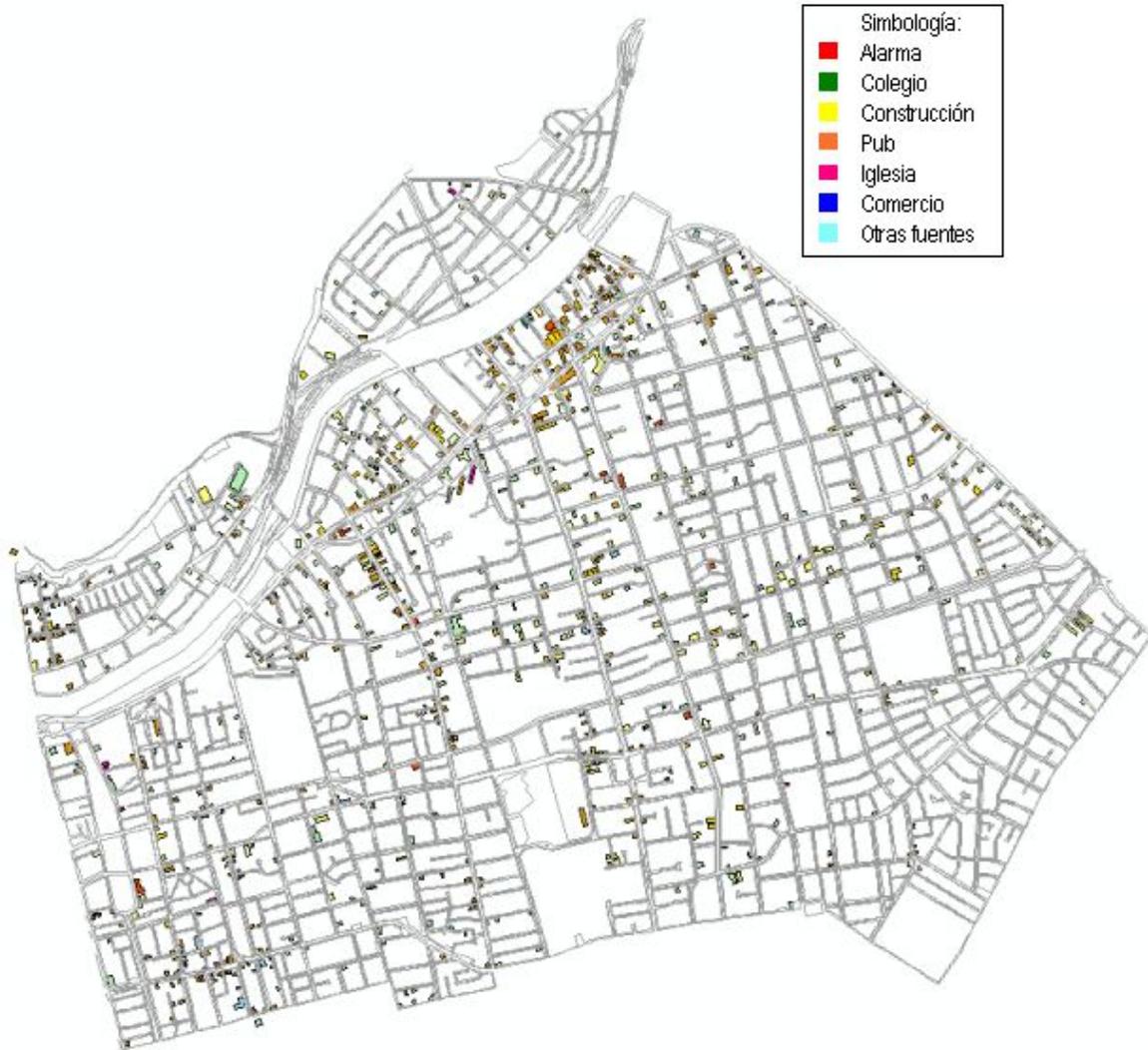


Figura 49. Distribución espacial de las denuncias por receptor en la comuna de Providencia.



Figura 50. Distribución espacial de las denuncias por emisor en la comuna de Providencia.

Cabe señalar que la Ordenanza de Obras de Construcción, Reconstrucción, Reparación, Alteración, Ampliación y Demolición de Edificios y Obras de Urbanización, de Providencia establece en su Título V, respecto a la regulación y generación de los Ruidos Molestos:

“ARTICULO 11°.- En los inmuebles donde se ejecuten obras de demolición o construcción, deberán observarse las siguientes normas en relación a los ruidos molestos:

a) Sólo estará permitido trabajar en días hábiles en jornada de Lunes a Viernes de 8:00 a 19:30 horas y Sábados de 8:00 a 14:00 horas: los trabajos fuera de dichos horarios sólo estarán permitidos con autorización expresa de la Dirección de Obras Municipales los que se pondrán en conocimiento de Carabineros de Chile. Dentro del horario señalado se comprende la llegada y salida de maestros, el cambio de ropa del personal, preparación de desayunos y de equipos y cualquier otra actividad que se realice antes o al término de la jornada de trabajo.

b) Para efectuar trabajos fuera de los días y horarios señalados precedente, se deberá solicitar un permiso especial de la Dirección de Obras Municipales en el que se señalarán las condiciones en que puedan llevarse a efecto a fin de evitar molestias a los vecinos.

c) Queda estrictamente prohibido el uso de máquinas que produzcan ruidos estridentes, tales como sierras circulares o de huincha, a menos que sean ubicadas en recintos cerrados y aislados que eviten la propagación de tales estridencias.

d) Las máquinas ruidosas de la construcción, tales como betoneras, compresores, sierras eléctricas, elevadores deberán instalarse lo mas alejado posible de los predios vecinos habitados.

ARTICULO 12º.- En general, queda prohibido todo ruido o sonido que por su duración e intensidad ocasione molestias al vecindario sea de día o de noche, que se produzcan en el aire, en la vía pública o locales destinados a la habitación, al comercio, a la industria o a diversiones o pasatiempos.

En caso de dudas, la Municipalidad podrá solicitar el estudio y calificaciones de ruido al Departamento correspondiente del Servicio de Salud u otro organismo técnicamente capacitado y autorizado por dicho Servicio.

ARTICULO 13º

La evaluación de los ruidos generados por fuentes estacionarias se hará mediante instrumentos especializados y su costo será de cargo del emisor del ruido.

ARTICULO 14º.- El criterio de calificación del ruido en relación con la reacción de la comunidad será el de la Norma Chilena Oficial N.CH. 1619 declarada oficial de la República de Chile, por Decreto Supremo N°253 del 10 de Agosto de 1970 del Ministerio de Salud Pública.”

Ahora bien, las actividades como Pubs y restaurantes concentrados especialmente en los sectores del Barrio Bellavista (calles Pío Nono, Constitución y Dardignac), así como colegios o equipamiento con gran afluencia de público, en ocasiones generan ruido no deseado, y que puede ser regulado. Ver Figura 46. Este grupo de fuentes fijas, sí tiene una concentración sobre los ejes viales principales de la trama, permitiendo la

conectividad y accesibilidad desde y hacia otros sectores de la urbe, razón que permitiría regular de manera especial estos sectores de la ciudad para resguardar y controlar las externalidades negativas y el ruido generado por éstas.

A este respecto la Ordenanza Local del Plan Regulador Comunal de Providencia señala en su artículo 6.1.06. Exigencias para los establecimientos y locales.

“La ubicación, emplazamiento, control de molestias (ruidos) y peligrosidad (residuos contaminantes) así como otras exigencias que fijan las diversas normas, para los establecimientos y locales en que se desarrollen las actividades de los usos permitidos, así como las restricciones que deben cumplir los usos restringidos, se regirán por lo dispuesto para cada Zona de Uso en el Cap. 6.2. de la presente OL. No obstante lo anterior, los establecimientos y locales deberán cumplir con lo dispuesto en la LGUC, OGUC, PRMS y en las normas ambientales vigentes, en cuanto les fueren aplicables.”

La municipalidad de Providencia posee prohibiciones del ruido y regulaciones en la emisión de conductas o aparatos para: conversaciones en voz alta y proferir expresiones en la vía pública, producir música, pregonar mercadería, anunciar por medios sonoros, uso de alto parlantes, prohibición de utilización de petardos o explosiones, bocinas, uso de sirenas, prohibición de escape libre de automóviles, bandas musicales, fábricas y maquinarias.

A su vez restringe la emisión de ruidos por horario, donde las alarmas de vehículos o edificaciones en los períodos de Día y Noche están permitidas de funcionar por un máximo de 5 minutos. Por su parte, los aparatos sonoros como carruseles, pueden funcionar entre las 10:00 hrs. y las 23:00 hrs. Los horarios de funcionamiento de las obras de construcción están regulados por la Dirección de Obrad Municipales según el caso específico.

En este mismo sentido las actividades deben cumplir a su vez con lo dispuesto en la Ordenanza Sanitaria Básica y Ordenanza de Ruidos del Municipio de Providencia y su correlación con la Ordenanza de Carga y Descarga del Depto. de Tránsito de la Comuna de Providencia.

3.4.1.2. Análisis Urbano en Antofagasta.

Análisis Diurno.

Del análisis del mapa de ruido para la condición diurna (Ver Figura 7), se puede inferir que las mayores concentraciones de ruido se localizan en las vías estructurantes de la ciudad como son la Avda. Balmaceda-Angamos y Avda. Argentina respectivamente, es decir aquellas que poseen por función conectar

longitudinalmente en el sentido Norte-Sur los diversos sectores residenciales, de servicio, equipamiento y oficinas, y por consiguiente concentrar los más altos niveles de flujo de transporte público y privado.

Por otra parte, en las calles en cuyas márgenes se emplaza la mayor densidad de actividad comercial y de servicios (trama del microcentro) la condición de niveles altos de ruido se hace presente y continua durante las horas del día, disminuyendo sólo en grandes paños de suelo sin trama vial como el paño definido por la Universidad Católica del Norte, aun cuando en sus márgenes definidos por los 2 grandes ejes viales anteriormente mencionados, presentan altos niveles que tienden a afectar su interior. Cabe señalar que otro factor que explica esta disminución en los niveles de ruido, es que en una trama menor, como es el sector costero alejado de la Avda. Angamos al sur, está relacionada más bien con sectores predominantemente residenciales, donde el tráfico es menor. En términos generales el resto del área del tejido urbano presenta un nivel alto de ruido concentrado en las vías, con condiciones de disminución en los interiores de manzana, hecho que se explica por el bloqueo de las ondas sonoras generado por las fachadas de los edificios que dan a la calle.

Análisis Nocturno.

Para la condición nocturna (Ver Figura 8), se hace patente la disminución de los niveles en sectores apartados al centro y alejados de las vías principales. Sin embargo la condición de máximo ruido permanece constante en las vías de conexión Norte-Sur de la ciudad. También es claro, que el uso de suelo ligado a actividades de recreación, comercio, gastronomía, ocio y otros servicios con presencia nocturna en sectores del microcentro y cercanos a la Avda. Balmaceda, generan un uso intensivo de la trama vial, razón explicada por la concentración de personas que se desplazan a través de estas vías para acceder a estas actividades.

Análisis de denuncias.

Para el caso de Antofagasta, no existe de manera preliminar una relación en la localización espacial de las denuncias vinculadas al ruido, dado que éstas se concentran en aquellas relacionadas con las construcciones de edificios, demoliciones, trabajos en calzadas, pavimentos y aceras por parte de diversas instituciones con ingerencia sobre éstos como es el caso de las empresas sanitarias, de telefonía y de electricidad, sumadas a las intervenciones del SERVIU y el transporte, se desarrollan en toda la comuna. El hecho de su generación de ruido molesto, sólo podría ser regulado a partir de minimizar los tiempos de ejecución de las obras, y en períodos donde los trabajos sean coordinados, por los diferentes actores involucrados, ya que se da el caso, que en ocasiones terminada una labor de intervención específica en el espacio público, se vuelve a trabajar en el mismo lugar por parte de otro organismo, ocasionando con ello el perjuicio que afecta la calidad del medio ambiente urbano de la población.



Figura 51. Distribución espacial de las denuncias por receptor en la comuna de Antofagasta.



Figura 52. Distribución espacial de las denuncias por emisor en la comuna de Antofagasta.

De la distribución espacial de las denuncias en la comuna de Antofagasta (Figura 51 y 52), se aprecia que la dispersión en términos de emisor y receptor de denuncias así como las causas por fuentes y actividad se presentan de manera dispersa en el territorio de la comuna, lo que es manifestado y complementado a través del análisis de la norma que posee la comuna.

La Ilustre Municipalidad de Antofagasta a través de su Unidad de Seguridad Pública ha publicado un documento para la comunidad donde señala claramente "Qué se Debe Hacer Ante Ruidos Molestos":

¿Qué normas regulan los ruidos molestos?

La Constitución Política, artículo 19 N° 8: derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación.
Ley General de Medio Ambiente (base de todas las normas ambientales)
Decreto N° 146, de 1998, del ministerio Secretaría General de la Presidencia, que regula la emisión de ruidos por fuentes fijas (ej. Industria).
Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, art. 5.8.3
Ordenanza 09/85 de la Ilustre Municipalidad de Antofagasta.
Normas que dicten los propios vecinos organizados, en los respectivos reglamentos de copropiedad.

¿Qué se considera un ruido molesto?

Son todos los sonidos que causan molesta al vecindario y afectan su calidad de vida. La legislación chilena considera que el ruido máximo para las zonas residenciales debe ser de 55 decibeles en horario de 7:00 a 21:00 horas (equivale al ruido del aire acondicionado de una ventana)
Y desde 21.00 hasta las 7.00 horas, de 45 decibeles (equivale a una calle sin tanto tránsito)

¿Qué regulan las ordenanzas municipales sobre ruidos molestos?

Todos los ruidos producidos en la vía pública, calles, plazas y paseos públicos; espacio aéreo, salas de espectáculos, centros de reuniones, casas o locales de comercio de todo género, iglesias y casas religiosas. Los ruidos generados en todos los inmuebles y lugares en que se desarrollen actividades públicas o privadas, así como en las casas habitaciones individuales y colectivas. Se aplican especialmente a restaurantes, fuentes de soda y salas de juego.

¿Quién fiscaliza?

El Cuerpo de Inspectores Municipales y Carabineros en caso de las fuentes fijas (como las industrias). En caso de fuentes móviles (autos, camiones), el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones.

¿Desde qué hora se puede denunciar los ruidos molestos?

Siempre. Durante el día y hasta las 23 horas, se considera contaminación acústica, y desde las 23 en adelante, ruidos molestos.

¿Dónde se pueden denunciar los ruidos molestos?

Si se trata de ruidos molestos de la vía pública de cualquier fuente, se denuncian en la Municipalidad (Fono denuncia 800-200-374), la que tiene la obligación de atender la queja en base a su ordenanza. También se puede hacer la denuncia a Carabineros o directamente al Juez de Policía Local. También se puede denunciar a la Seremi de Salud de la región, cuando se trate de ruidos que emanan de fuentes fijas. En los condominios se puede denunciar al comité de administración para que aplique la multa que fija el Reglamento de Copropiedad.

¿Cómo opera Carabineros?

Carabineros acude al lugar del de donde proviene el ruido para pedir que éste cese. Si persiste, la policía se presenta por segunda vez y cursan la infracción correspondiente y el infractor queda citado al Juzgado de Policía Local.

¿A qué se expone si hace muchos ruidos que molesten a sus vecinos?

A más infracciones cursadas por Carabineros y citaciones al tribunal tendrá mayores costos en multas. El monto de la multa dependerá de lo establecido en la ordenanza municipal sobre ruidos molestos de su comuna.

"Construyen edificio al lado de mi casa" ¿Qué puedo hacer?

Reclamar a la Dirección de Obras Municipales; o a la autoridad de salud de la región; a Carabineros. Realizar una demanda en los Tribunales de Justicia, o llamar a los inspectores municipales. La constructora tiene horarios de trabajo establecidos con anterioridad al inicio de la construcción, que debe poner en conocimiento de la Dirección de Obras Municipales.

En la Ordenanza local de Ruido de la Comuna de Antofagasta, en el Título I sobre los Establecimientos Comerciales e Industriales se señala:

Artículo 7º. A toda industria, taller o comercio que se instale en el territorio de la comuna, con exclusión de la zona de industria molesta determinado en el Plan Regulador, le está prohibido producir, por cualquier causa,

ruidos o vibraciones molestas para el vecindario. En todo caso, en la zona de exclusión, las diferentes industrias deberán adoptar las medidas de aislación acústicas necesarias para evitar molestias a los vecinos.

Artículo 8º. Las fuentes fijas emisoras de ruido deberán cumplir con los niveles máximos permisibles de presión sonora corregidos, correspondientes a la zona en que se encuentre el receptor, de acuerdo a los niveles máximos regulados por el Decreto Supremo N° 146 del Ministerio Secretaría General de la presidencia que establece la Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas, publicado en el Diario Oficial con fecha 17 de abril de 1998 y/o las demás normas legales o reglamentarias aplicables a la materia y vigentes al momento de la ocurrencia de los hechos.

Artículo 9º. Los locales en que se produzcan ruidos o trepidaciones se someterán a las disposiciones especiales que apruebe la Dirección de Obras Municipales, el Departamento de Patentes comerciales y, especialmente, el Servicio de Salud del Ambiente de la Segunda Región, con el objeto de que se eviten o aminoren estos ruidos y que no se transmitan a las propiedades vecinas, adyacentes o hacia el exterior.”

En el Título II de la misma ordenanza respecto de Los Ruidos de Vehículos en las Vías Públicas se estipula:

Artículo 10º. Los vehículos motorizados que circulen por las vías públicas irán provistos de una bocina o claxon de tono grave, moderado y de un solo sonido que sea audible en condiciones normales a una distancia no menor de 100 m.

Las bicicletas y demás vehículos de propulsión humana y los de tracción animal, usarán campanillas adecuadas a su tipo.

Artículo 11º. Las bocinas o claxon sólo se tocarán por breves instantes para prevenir un accidente y sólo si su uso fuera estrictamente necesario. Sólo los vehículos policiales, carros bombas, ambulancias de servicios asistenciales y hospitalarios y todos aquellos que cuenten con la autorización del Ministerio de Transporte (Ley N°18.290, artículo 2º), podrán usar en actos de servicio de carácter urgente, un dispositivo de sonido especial, adecuado a sus funciones. El no cumplimiento se calificara como una falta grave.

Artículo 12º. Se prohíbe tener instalado en todo vehículo, un aparato sonoro cuyo sonido sea semejante al que emiten los vehículos especiales mencionados en el artículo precedente. El incumplimiento se calificara como una falta gravísima.

Artículo 13º. Queda prohibido para los vehículos en general el uso de aparatos sonoros:

- a. Que funcionen por escape o compresión de motor.
- b. En las inmediaciones de los Colegios, Hospitales, Casas de Reposo o Clínicas.
- c. Cuando se produjeran obstrucciones de tránsito.

d. A los vehículos de locomoción colectiva y taxis para anunciar sus recorridos o solicitar pasajeros.

Artículo 14°. Los vehículos que tengan instaladas alarmas antirrobo, el sonido que estas emitan deberán cumplir con los niveles de db máximos permitidos por la norma vigente y por esta ordenanza.

Cuando la alarma de un vehículo se active sin motivo alguno o por el mal uso de esta por el propietario del vehículo, será considerada como una falta a esta Ordenanza. El no cumplimiento será calificado como una falta grave.

Artículo 15°. Se prohíbe el escape libre o el uso de silenciadores defectuosos en cualquier vehículo motorizado. Del mismo modo está totalmente prohibido utilizar en los vehículos bramadores, escapes sonoros, o cualquier otro dispositivo que aumente el sonido normal del motor.”

En el Título III referente a Los Ruidos de Construcciones y Demoliciones, el Artículo 16° establece "... que en los inmuebles donde se ejecuten obras de construcción o demolición, deberán observarse las siguientes normas en relación a los ruidos molestos:

a) Deberán solicitarse previamente un permiso especial de la Dirección de Obras Municipales en el que se señalarán las condiciones en que puedan llevarse a efecto a fin de evitar molestias.

b) Sólo estará permitido trabajar en días hábiles en jornada de lunes a viernes de 8:00 a 21:00 horas, sábados de 8:00 a 14:00 horas; trabajos fuera de dichos horarios que produzcan cualquier ruido al exterior sólo estarán permitidos con autorización expresa de la Dirección de Obras Municipales, cuando circunstancias debidamente calificadas lo justifiquen. El no cumplimiento será calificado como una falta grave.

c) Queda estrictamente prohibido el uso de máquinas que produzcan ruidos estridentes, tales como cierras circulares o de huincha, a menos que sean ubicados en recintos cerrados o aislados que eviten la propagación de tales estridencias.

d) Las máquinas ruidosas de la construcción, tales como: betoneras, compresoras, huinchas elevadoras u otras deberán instalarse lo más alejado posible de los predios vecinos habitados.”

3.4.2. Conclusiones análisis urbano.

Se encuentra un punto de gran interés, referente a la posibilidad de coordinación entre el municipio y los diferentes actores públicos a través de la ley. Concretamente, la Constitución expresa que: “Los servicios públicos deberán coordinarse con el municipio cuando desarrollen su labor en el territorio comunal respectivo, en conformidad con la ley. La ley determinará la forma y el modo en que los ministerios, servicios públicos y

gobiernos regionales podrán transferir competencias a las municipalidades, como asimismo el carácter provisorio o definitivo de la transferencia”. Esto deja abierta la posibilidad de establecer a través de la ley, coordinación para la acción medioambiental entre la municipalidad y por ejemplo, los Servicios de Salud, para la fiscalización, hecho que se materializa a través de las Ordenanzas de Ruido que poseen las dos comunas en estudio, Providencia y Antofagasta.

Sin embargo, con los resultados reflejados, es evidente es posible fortalecer un mayor grado de articulación entre las decisiones y acciones efectuadas en el territorio local, ya que la temática del ruido conlleva la interacción de diversos departamentos municipales (Obras, Ornato, Tránsito, Patentes, entre otras) que en su conjunto con la injerencia de otros organismos de otros servicios deben coordinarse de manera de asegurar los niveles adecuados de ruido en el ámbito de la comuna.

Otro factor relevante que se desprende del análisis es el referido a la propia conformación de la trama y la localización de los usos de suelo. La trama condiciona la manera en que las partes se relacionan, su conectividad, accesibilidad e independencia.

Los usos y disposición de las actividades, por otra parte, generan la dependencia y relación que se establece entre los diversos sectores de la ciudad, que a la vez determinan los flujos concentrados sobre las vía que permiten la conectividad. Del mismo modo, la concentración de ciertos programas como es el caso del comercio, el ocio, y la misma residencia, aumentan los desplazamientos en el territorio.

Aquí cabe cuestionarse si los modelos urbanos deberían tender más bien a la compactación y diversificación en los usos del suelo, asegurando y regulando, que aquellas actividades molestas, ruidosas y nocivas posean las condiciones y niveles de aislamiento necesarios para su funcionamiento sin perjudicar al resto de la población.

También se hace patente, que en los dos casos analizados, no se han incorporado medidas de diseño en el espacio urbano de disminución de los efectos sonoros como son el diseño de vías de baja velocidad, la absorción del ruido vehicular o la generación de sectores restringidos a la generación de ruido.

3.4.3. Análisis de exposición al Ruido de las fachadas de edificaciones.

En forma adicional a lo solicitado en los términos de referencia, se ha evaluado la incidencia de los niveles de ruido modelados en cada comuna del caso piloto sobre los conglomerados (manzanas compuestas por construcciones de uso habitacional) seleccionados en el procedimiento de determinación de la percepción del ruido por parte de la comunidad, actividad 3.2, para los periodos diurno y nocturno.

El objetivo de este análisis es identificar el aislamiento mínimo necesario que deben poseer tales conglomerados con tal de obtener un confort acústico interior adecuado en relación a lo expuesto en la Norma Chilena NCh352/1.Of2000, *Aislación Acústica - Parte 1: Construcciones de Uso Habitacional - Requisitos Mínimos y Ensayos* [15]; respecto al aislamiento mínimo necesario.

Para cada conglomerado se ha obtenido el nivel de ruido la fachada, elemento constructivo vertical que separa el espacio habitable de la vivienda con respecto al exterior. El procedimiento se realizó a través del software de modelación eligiendo para ello la fachada con mayor exposición al ruido producido por el tránsito vehicular siguiendo las recomendaciones de la guía de buenas prácticas (*Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure*, Pág. 42) [23].

Se ha considerado la NCh352/1.Of2000 con tal de entregar directrices respecto a los requisitos de aislamiento mínimo que deben cumplir las edificaciones de ambas comunas del caso piloto con tal de proteger a sus habitantes de la exposición al ruido ambiental.

Tabla 48. Requisitos de aislamiento mínimo en edificaciones según NCh 352/1.Of.2000.

NED*	AISLAMIENTO MÍNIMO
dB(A)	dB(A)
<60	20
61-65	25
66-70	30
71-75	35
>75	NED-40

*NED corresponde al nivel de presión sonora equivalente diurno en dBA (L_{eqA}) medido en el exterior de la fachada evaluada durante periodos de tiempo que consideran la actividad diurna característica del lugar.

3.4.3.1. Análisis para Providencia.

Para la comuna se evaluó la incidencia de los niveles de ruido modelados sobre edificaciones de uso habitacional en los conglomerados encuestados, los que se encuentran próximos a las vías de circulación de vehículos consideradas en la modelación. Al emplazarse frente y en proximidad a vías con alto flujo vehicular, situación característica para el tráfico de la comuna de Providencia, se observan altos niveles de ruido para la fachada más expuesta.

El valor calculado corresponde al nivel de ruido día (L_d) en la fachada de cada edificación. En la Figura 53, se observa la distribución de frecuencia en porcentaje con respecto al nivel diurno de ruido (L_d) y un total de 484 edificaciones evaluadas para la comuna de Providencia. La mayor tasa de frecuencia se observa para dos grupos, 61 – 65 y 66 - 70 dBA, con porcentajes por sobre el 30%. Al realizar el cruce de información en relación a la Tabla 48, el aislamiento mínimo necesario corresponde a 25 dBA para el primer grupo y 30 dBA para el segundo. En una etapa posterior de estudio corresponderá analizar la calidad de estas edificaciones y la pertinencia del cumplimiento con la NCh352/1.Of2000. Para la comuna de Providencia los altos niveles de ruido modelados se relacionan con el gran flujo de locomoción colectiva mayor (microbuses) a través de la mayoría de las principales avenidas consideradas en la modelación.

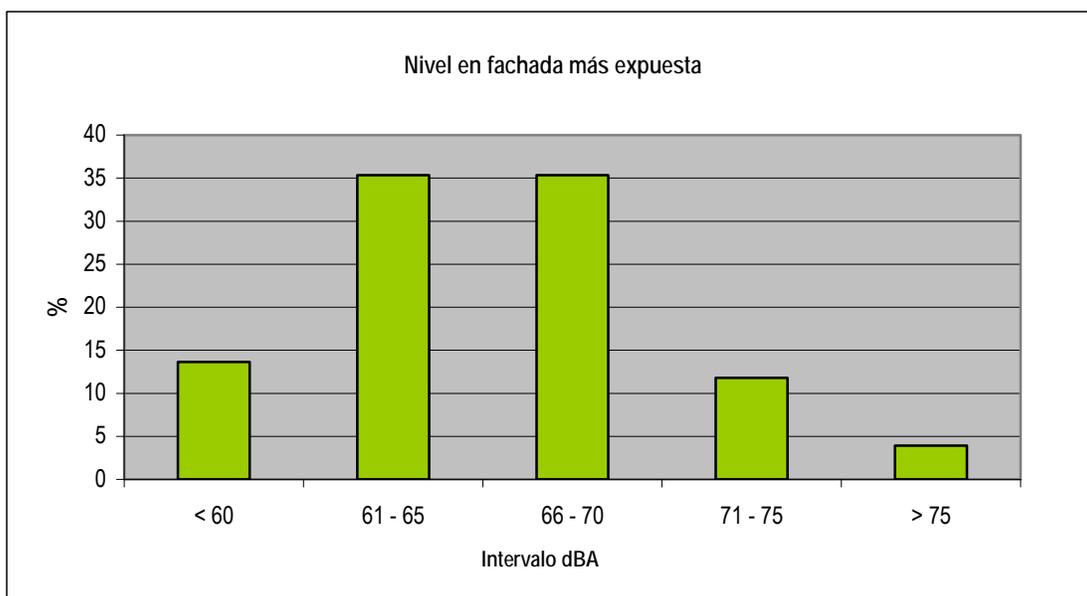


Figura 53. Tasa de frecuencia de los niveles diurnos con mayor exposición en la fachada.

3.4.3.2. Análisis para Antofagasta.

Al igual que para la comuna de Providencia se evaluó la incidencia de los niveles de ruido modelados sobre edificaciones de uso habitacional en los conglomerados encuestados.

En la Figura 54 se observa la distribución de frecuencia con respecto al nivel diurno de ruido (L_d) y un total de 584 edificaciones evaluadas para la comuna de Antofagasta. La mayor tasa de frecuencia se observa para el grupo 61 - 65 dBA, con un porcentaje cerca del 40%. Considerando la información presentada en la Tabla 48, el aislamiento mínimo necesario corresponde a 25 dBA.

Para el casco céntrico de la comuna de Antofagasta los altos niveles de ruido modelados se relacionan con el tránsito de locomoción colectiva mayor (microbuses) a través de la mayoría de las vías del centro, las que presentan pendientes fuertes originando tendencia a un excesivo ruido de motor, influyendo también, el notable mal estado de los microbuses; característica de la locomoción colectiva en regiones. Esta situación se puede observar para los conglomerados que intersectan la Av. Argentina, Av. Bernardo O'Higgins, Av. José Miguel Carrera. Así también, las edificaciones evaluadas que se emplazan cercanas a las vías del borde costero (Balmaceda, Av. Grecia) presentan altos niveles de ruido debido al gran flujo de camiones pesados y buses interurbanos situación que quedó en evidencia durante la campaña de medición.

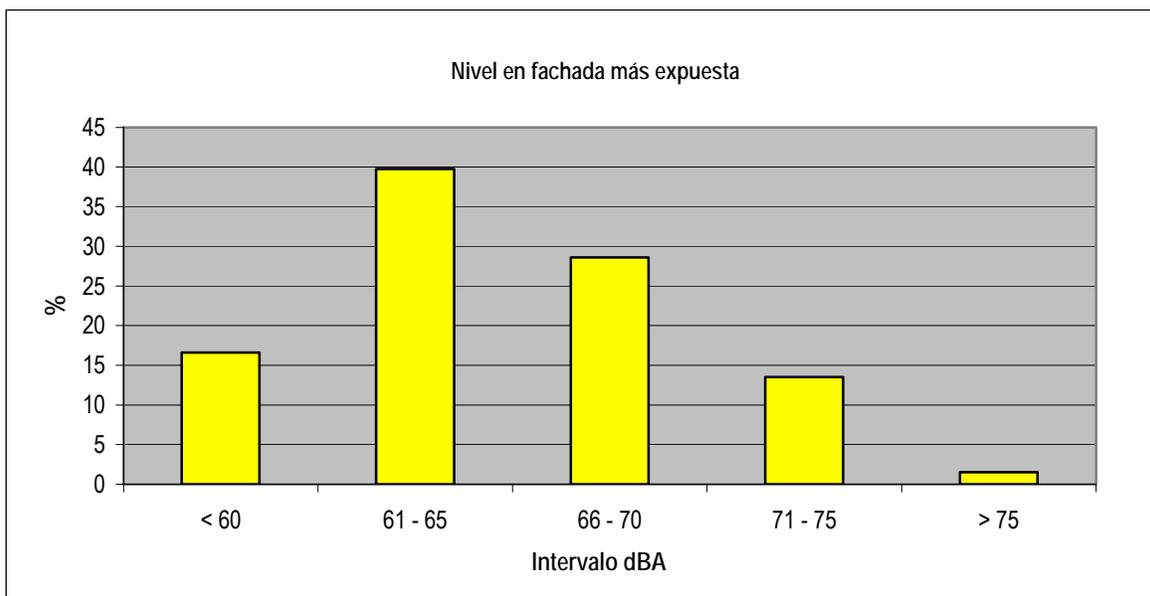


Figura 54. Tasa de frecuencia de los niveles diurnos con mayor exposición en la fachada.

3.5. Propuesta de gestión de ruido ambiental.

Elaborar una propuesta con las directrices y lineamientos futuros recomendados por el equipo consultor, referente a la gestión en control de ruido ambiental para el caso piloto.

La manera más razonable de aproximarse a una propuesta en gestión de ruido ambiental local es conocer los avances de quienes llevan un camino importante recorrido en esta materia. Es extremadamente conveniente comprender experiencias que permitan adaptar aquellas medidas que puedan dar buen resultado, y aprender de eventuales errores. Así, para el desarrollo de este punto del proyecto se acordó con la Contraparte Técnica hacer referencia al Manual del Profesional para la Elaboración de Planes de Acción Contra el Ruido en el Ámbito Local, del Proyecto Europeo SILENCE [24]. De esta manera, la propuesta de gestión de este estudio se basa completamente en las directrices y recomendaciones que han sido basados y extractados (y en ocasiones literalmente reproducidos) del mencionado documento SILENCE, de manera de destacar lo más útil para la realidad chilena. Para tales objetivos, cada comuna podrá analizar qué medidas son las más apropiadas en cuanto al costo y la efectividad de las mismas, tanto de control de ruido ambiental, como de priorización según la opinión de la población sobre las fuentes de ruido. Además, el documento citado incorpora en el diseño de gestión local en ruido ambiental, la elaboración de mapas de ruido y la consulta de opinión a los ciudadanos, todas materias presentes en este proyecto, y que convierte a este documento extremadamente pertinente de analizar.

3.5.1. Integración de los planes de reducción del ruido en los procesos de planificación urbanística

El ruido, como sonido no deseado, surge como consecuencia de la proximidad de diferentes usos del suelo, viviendas, lugares comerciales, plantas industriales, rutas de tránsito, etc. Por tanto, la planificación del uso del suelo y la planificación del desarrollo urbano pueden contribuir de manera significativa a aumentar o reducir la exposición de los habitantes al ruido. Constituye todo un reto convertir la cuestión del ruido en un aspecto importante del desarrollo urbano y compensar los diferentes objetivos del desarrollo urbano.

Planificación del uso del suelo y diseño de los edificios

Las posibilidades de reducir el ruido son mucho mayores cuando se tienen en cuenta desde el principio de una obra o una reurbanización.

Las herramientas habituales para la planificación del uso del suelo son los planes de uso del suelo o los planes por zonas que cubren la totalidad del territorio de la ciudad (o el distrito). Estos planes se pueden usar para planificar la reducción del ruido:

- indicando los espacios (relativamente) tranquilos que deben protegerse de las nuevas emisiones acústicas;
- distribuyendo el uso del suelo de forma tal que la distancia entre las futuras emisiones acústicas y las áreas sensibles al ruido sea lo suficientemente grande. Sin embargo, los estudios han demostrado que una estructura urbana descontrolada (como se promovía especialmente a mediados del siglo XX) en lugar de una estructura compacta no brinda la solución al problema del ruido. La separación de los usos del suelo reduce el ruido por una parte pero genera más tráfico (motorizado) y por tanto más ruido por la otra;
- evitando la generación de tráfico adicional mediante la distribución lógica de las categorías de uso del suelo.

Los planes de uso del suelo suelen tener un horizonte temporal de 15 o más años. Las decisiones que se toman en esos planes no afectarán directamente a la exposición al ruido de los habitantes de las viviendas, como medida única y desligada de otras acciones. Los efectos de la reducción del ruido únicamente se pueden medir cuando, con arreglo a los planes de uso del suelo, se ejecutan planes de desarrollo concretos. No obstante, son una herramienta importante a la hora de evitar futuros conflictos de ruido.

En el siguiente nivel, las herramientas de planificación que solamente cubren ciertas partes de una ciudad, como los planes de desarrollo o los planes de renovación urbana o reurbanización, brindan la oportunidad de establecer unas medidas concretas para evitar o reducir el ruido. Las siguientes medidas pueden ser utilizadas para la reurbanización de las zonas de viviendas y para la construcción de nuevos barrios en las zonas industriales abandonadas de las áreas urbanas deprimidas o como expansión de la ciudad. La posibilidad de usar estas medidas depende del tamaño del espacio disponible, el terreno, la política de zonas aplicadas y otras restricciones tales como los objetivos para una gran densidad de población en el lugar, la necesidad de facilitar a los vehículos pesados el acceso a los comercios existentes, etc.

3.5.2. Elaboración de planes de acción contra el ruido

La elaboración de un plan de acción local debe ser un proceso bien estructurado y abierto, que tenga por objeto:

- Someter los resultados del cartografiado del ruido a una evaluación cuantitativa y cualitativa para detectar los puntos conflictivos y establecer las prioridades de intervención;
- Implicar a los departamentos pertinentes de las autoridades locales, a otros agentes relevantes y al público local en el proceso de evaluación;
- Vincular el proceso de planificación de la acción a otros planes y estrategias locales;
- Desarrollar soluciones para los problemas relacionados con el ruido en colaboración con las autoridades locales, las partes interesadas y el público;

- Poner en marcha las medidas elegidas con ayuda de todos los actores implicados.

Características básicas de un plan de acción

El plan de acción establece los objetivos de reducción del ruido y describe las medidas para alcanzar dichos objetivos; establece prioridades y organiza la aplicación de las medidas a corto, medio y largo plazo. El plan designa los organismos responsables, los costes previstos de las medidas y los medios económicos que se deben utilizar para su aplicación. Específicamente el potencial previsto de reducción del ruido de todas las medidas y determina las responsabilidades y los plazos para supervisar y evaluar los resultados.

El plan de acción incluye mapas y descripciones de los problemas relacionados con el ruido, así como descripciones detalladas de las medidas elegidas, que se visualizan mediante mapas o bocetos cuando es necesario. Para elaborar documentos que sean también fácilmente accesibles para las personas no expertas, quizá sea recomendable elaborar mapas en dos niveles: un mapa general que muestre los puntos conflictivos de ruido y los objetivos de reducción de ruido en toda la zona, y otros mapas más detallados que muestren las medidas de reducción del ruido para cada punto conflictivo. El proceso de elaboración de los planes de acción debe seguir algunos principios básicos. Se trata de una propuesta participativa, una propuesta colectiva, una propuesta abierta y una propuesta evaluable.

En el siguiente diagrama se aprecia los elementos que intervienen en la elaboración de un plan de acción.

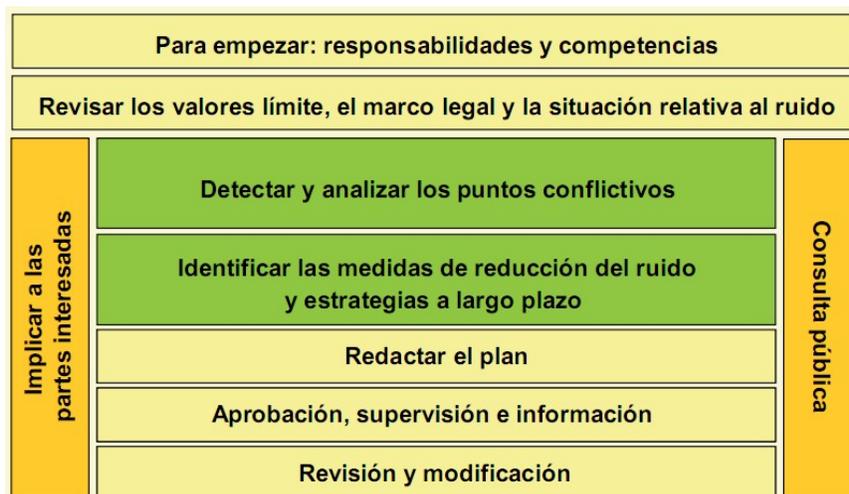


Figura 55. Diagrama explicativo de cómo se debe elaborar un Plan de Acción Contra el Ruido Ambiental [24].

Relevancia de consultar a la comunidad

La percepción y las molestias de los ciudadanos en relación con el ruido pueden estar más relacionadas con las características del propio ruido. Por ejemplo, el ruido que genera el tránsito por carretera y ferroviario, con sus distintos patrones de incidencia del ruido y sus distintos tipos de sonidos, provoca una diversidad de molestias bajo un mismo nivel de presión sonora. Según el documento citado [24], estudios en Europa dicen que el 37% de las personas expuesta al ruido del tránsito rodado con un L_{den} de 75 dB(A) sufren grandes molestias, frente al 23% de las personas expuestas al tránsito ferroviario con el mismo valor de L_{den} . Además, factores subjetivos tales como la edad, el contexto socioeconómico y la actitud frente a los distintos modos de transporte influyen sobre el nivel de molestia.

En lo que se refiere a la definición y detección de los puntos conflictivos de ruido, las mediciones o los cálculos cuantitativos no coinciden necesariamente con las zonas problemáticas en las que la intervención es lo más importante para los ciudadanos. Analizar la percepción de los ciudadanos y el grado de molestia que sufren y preguntarles por las zonas y los tipos de ruido sobre los cuales habría que actuar con prioridad en su opinión. A la hora de evaluar la situación acústica inicial, es necesario tener en cuenta que la percepción de los ciudadanos puede diferir considerablemente de lo que indique el análisis cuantitativo.

3.5.3. Valores límite de ruido

Si no existen valores límite o las autoridades locales optan por definir sus propios objetivos para la exposición máxima al ruido de la población, es posible utilizar como referencia las recomendaciones reconocidas por la Comunidad Europea de límites sonoros diurnos y nocturnos: 65 dB. Durante el día, 55 dB por la noche [24].

3.5.4. El Ruido como indicador de Sostenibilidad

Como parte de la gestión en el territorio local municipal, a continuación se presenta un ejemplo de cómo los mapas de ruido y su información pueden servir para generar indicadores y subindicadores, en la que sus índices demuestran las condiciones del ruido que afecta la población en el ámbito de la comuna. En este caso el ejemplo presentado hace parte de un Sistema Municipal de Indicadores de Sostenibilidad implementados por la autoridad de la Diputación de Barcelona desde el año 2000. [26]

Nombre del Indicador. *“PERSONAS EXPUESTAS A NIVELES SONOROS SIGNIFICATIVOS”*

Objetivo General. El ruido debe ser considerado como uno de los principales contaminantes de las ciudades, con efectos directos sobre el bienestar de las personas y su calidad de vida. En las ciudades mixtas donde se

da mezcla de funciones; residencial, laboral, de ocio, de transporte, de actividades productivas, etc., se agrava el problema del ruido, ya que en una misma zona conviven diversas actividades que requieren compatibilidad y tranquilidad con otras que producen ruido. Por consiguiente, es muy importante impulsar medidas que fomenten la reducción del ruido como:

- Proporción del Transporte público
- Implantación de procesos productivos poco ruidosos
- Aumento del civismo de los ciudadanos
- Etc.

Objetivo Específico. Con este indicador podemos evaluar la calidad acústica del municipio mediante la determinación del porcentaje de personas expuestas a una intensidad de ruido ambiental determinada que se considera como valor de referencia para los períodos día y/o noche.

Formulación del Indicador A partir de los valores que tome este indicador se obtendrá un Mapa de Ruido de las zonas con más contaminación acústica.

Este indicador se enmarca dentro de los indicadores voluntarios propuesto por el grupo de expertos en Medio Ambiente Urbano de la Comisión Europea (“Towards a local sustainability profile: European common indicators”, Hannover, febrero de 2000); por lo tanto, también es interesante su aplicación para la homogenización de los criterios de seguimiento de la calidad acústica con otras ciudades europeas.

Aplicación a los casos de Estudio. A nivel del contexto chileno, y en particular para los casos de Antofagasta y Providencia, este indicador permitiría contar con una información sobre la condición acústica del territorio comunal, lo cual garantizaría su fácil gestión por los actores locales, para su fiscalización, prevención y toma de medidas paliativas, posibilitando una constante retroalimentación entre acciones, medidas y políticas implementadas y su consiguiente resultado en localidad acústica de la comuna.

Clasificación del Indicador dentro del Sistema de Indicadores Municipales.

- *Clasificación según la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA)*= Este indicador corresponde al Tipo C (de Calidad): Los indicadores de Calidad ambiental municipal son aquellos que se refieren a las condiciones finales del medio municipal. Tiene por finalidad específica proporcionar información sobre el estado del medio y su evolución a lo largo del espacio y el tiempo. Permite hacer “radiografías” sucesivas del sistema municipal y de sus recursos básicos para demostrar la condición en que se encuentran. Las actuaciones que se emprendan en los municipios para avanzar hacia escenarios más sostenibles y que hagan optimizar la estructura urbana, el modelo territorial y sus flujos metabólicos del sistema urbano tendrán una mejora en los indicadores de calidad.

- *Clasificación según Modelo de PER (Presión-Estado-Respuesta)*= Corresponde a un indicador tipo E (de Estado). Los indicadores de Estado muestran la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales. Estos indicadores dan una visión global de la situación del medio ambiente y de su evolución.
- *Clasificación según Principio de Sostenibilidad*. Este indicador permite constatar la superación de la Capacidad de Carga del medio.

Cálculo del Indicador.

Fórmula de Cálculo:

$$\left[\frac{\text{Población expuesta a niveles de ruido ambiental superiores al valor de referencia}}{\text{Población total comunal}} \right] \times 100$$

Nota: Para el cálculo de este indicador es necesario contar con un Mapa de Ruido de la Comuna.

Representación Gráfica. El gráfico da cuenta de un ejemplo de representación. De esta forma se puede apreciar la evolución de la situación de la comuna y en específico del porcentaje de la población afectada por la condición de ruido molesto. Para el ejemplo los valores señalados corresponden a un cálculo en la comuna de Llobregat en la ciudad de Barcelona.

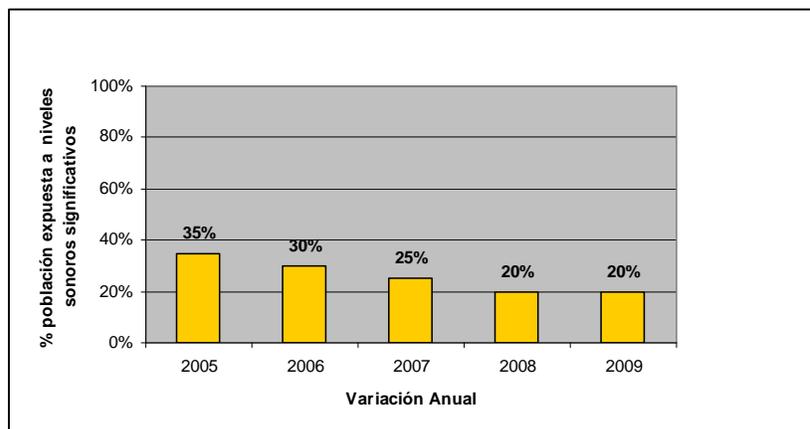


Figura 56. Población Expuesta a Niveles Sonoros Significativos [26].

Fuente de datos para la obtención del cálculo del indicador. La información requerida debe ser obtenida de la propia Municipalidad (Denuncias), CONAMA, Seremi de Salud u otros organismos.

Periodicidad. Su obtención debe ser Anual.

Unidades. Porcentaje (%)

TENDENCIA DESEADA	PLAZOS	VALOR DE REFERENCIA
Disminución	Corto, mediano y largo	0%

Sub-indicadores.

El indicador anterior puede ser complementado a través de subindicadores que especifican algunos aspectos o factores a ser controlados por el ente municipal.

- 1- *Nº de denuncias por exceso de ruido.* Se expresan clasificadas por franjas horarias y motivos de denuncia. Da cuenta de las actividades que generan ruido en situaciones concentradas en el tiempo.
- 2- Este indicador también puede ser complementado a través de representación SIG (Sistema de Información Geográfica).

Nota: Este indicador, y sus subindicadores, incluye y amplía el indicador nº 10 definido por la Unión Europea en su propuesta de indicadores comunes europeos.

Conclusiones.

El camino hacia la sostenibilidad emprendido por muchos municipios en el mundo (Barcelona, Hannover, Vancouver, Curitiba, Bogotá, entre otros), está repleto de preguntas a las que es necesario buscar respuestas. Son preguntas sobre el funcionamiento de los sistemas municipales que se relacionan con la gestión y utilización de los recursos, con la ordenación del territorio y con las actividades que mejor ponen de manifiesto el reto de la sostenibilidad. En definitiva, son cuestionamientos sobre cuál es la relación más adecuada entre personas y su medio para conseguir que la eficacia y calidad sean los puntos relevantes dentro del desarrollo del territorio municipal.

El aporte del Indicador de Ruido genera una herramienta fácil de ser implementada y comprendida por los diferentes actores (municipio, ciudadanía, organismos ambientales, etc.) que contribuye a la gestión y sensibilización de los efectos causados al medio urbano y a la calidad de vida de las personas, permitiendo a su vez la evaluación continua de las acciones ejercidas en el territorio comunal en el tiempo a través de una mejora o deterioro del índice obtenido.

3.5.5. Análisis de la percepción del ruido y la molestia – Paisajes sonoros

Los mapas de ruido basados en los cálculos sólo incluyen el ruido procedente del tráfico, mientras que en la práctica es posible que otras fuentes acústicas, como el vecindario, contribuyan a perturbar la vida en las viviendas y la percepción general del entorno sonoro. Además de estas características sonoras, la percepción del perfil sonoro o paisaje sonoro de un lugar (la molestia causada por este paisaje sonoro) depende de otros factores como los aspectos estéticos, el ambiente y los sentimientos relacionados con un determinado lugar. Por eso el estudio indica que para analizar el paisaje sonoro de un lugar es necesario incluir aspectos tales como la función del lugar, la estructura urbana, el estado de mantenimiento de los edificios, el mobiliario urbano, etc., así como la calidad de los espacios públicos y privados.

El método del paisaje sonoro ha sido presentado cada vez más en los diez últimos años como una posible herramienta para analizar de una manera holística la percepción del usuario de la situación del ruido en un lugar. Este método suele incluir entrevistas con los usuarios del lugar que se está investigando y los denominados paseos sonoros: un “paseante sonoro” (“soundwalker”) sigue vías que son específicas de la zona estudiada y recoge los sucesos sonoros que se producen.

Se sugiere visitar la web: http://cvc.cervantes.es/artes/p_sonoros/daumal/daumal_01.htm

Identificación y protección de las zonas tranquilas

La Directiva obliga a incluir en los planes de acción contra el ruido medidas para conservar las zonas tranquilas. Estas zonas pueden incluir diferentes lugares tales como parques, zonas residenciales, entornos hospitalarios, parques infantiles o cementerios.

En Hamburgo, Alemania, se utiliza un método muy práctico para las zonas tranquilas (Planungsbuero Richter-Richard, n.d.-b). Este método distingue entre espacios abiertos grandes (paisaje), espacios abiertos relativamente tranquilos en el centro de la ciudad, senderos tranquilos y “oasis urbanos”:

- En cuanto a los espacios abiertos grandes, se decidió diferenciar entre las zonas “tranquilas” y las zonas “especialmente tranquilas”. Se fijaron unos valores límite de 55 dB(A) para las primeras y de 45 dB(A) para las segundas. Se recogieron datos empíricos de los mapas de ruido en los que a la distancia mínima de las carreteras principales los niveles de ruido no rebasaran esos límites. En Hamburgo se descubrió que la distancia era de unos 160 metros.
- Los espacios abiertos relativamente tranquilos en el centro de la ciudad se definen como zonas en las que el nivel de presión acústica es 6 dB(A) más bajo que en los alrededores, atendiendo al hecho

de que una reducción de 6 dB(A) es claramente perceptible. Sin barreras a la propagación del sonido, se consigue reducir 6 dB(A) en una distancia de 100 metros desde la carretera como fuente del ruido. Esto significa que estas zonas tranquilas deben tener una longitud de los lados de al menos 200 metros.

- Los senderos tranquilos se consideran caminos existentes en los espacios abiertos de interés junto a carreteras principales con una longitud de al menos 1.000 metros.
- Los “oasis urbanos” no se definen mediante niveles de presión acústica sino a través de criterios cualitativos. Se definen como cualquier espacio utilizado para desarrollar actividades recreativas que los usuarios consideran silenciosas.

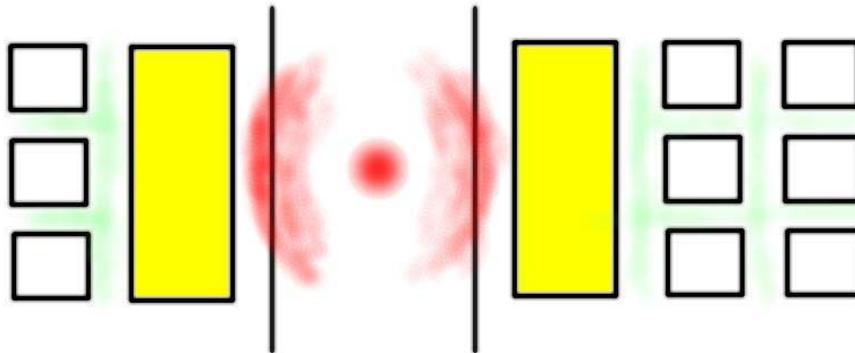
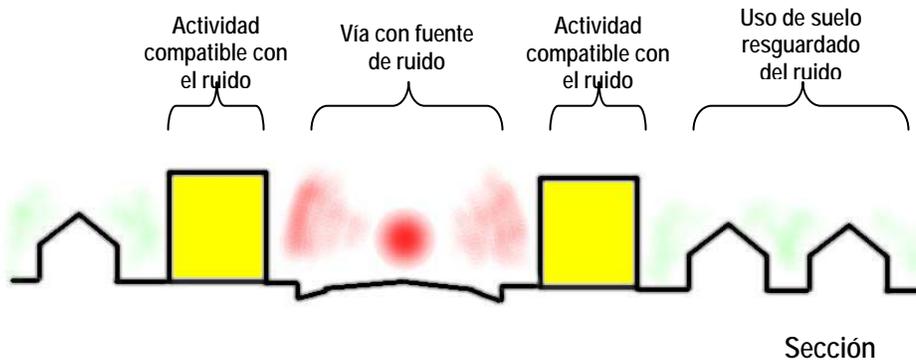
Datos básicos sobre la reducción del ruido

- Un cambio en el nivel de presión acústica de 1dB(A) apenas es audible.
- Una reducción de 3 dB(A) implicaría reducir a la mitad el número de vehículos.
- Es necesaria una reducción de 10 dB(A) para percibir una reducción del ruido a la mitad. Esto significaría reducir el número de vehículos al 10% del número original.

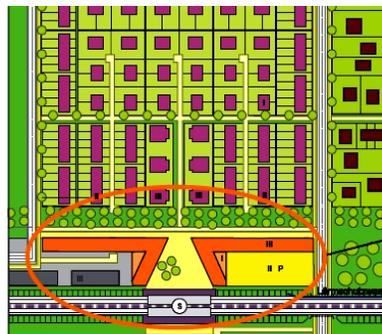
3.5.6. Recomendaciones para la gestión y el control del ruido.

A continuación se hace una revisión de medidas a ser aplicadas a nivel local, por parte de los municipios y sus equipos de coordinación para ser consideradas dentro del ámbito comunal.

a) Edificios compatibles con el ruido como barreras acústicas



Fuente: Elaboración propia.

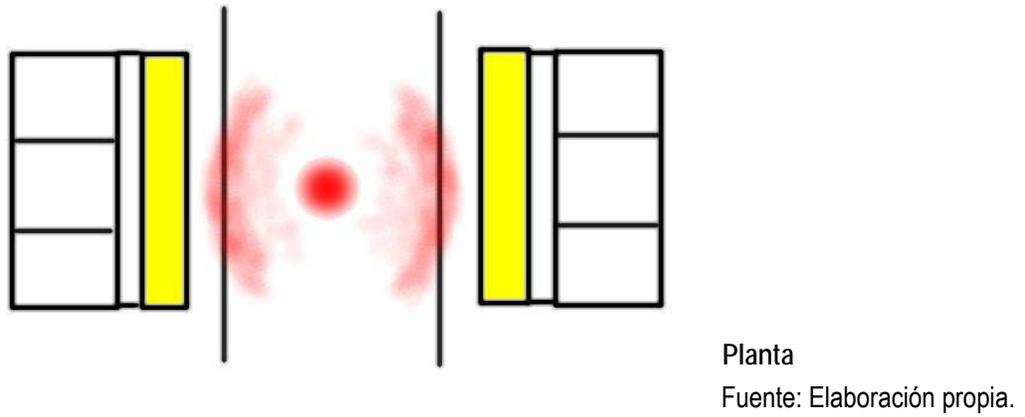
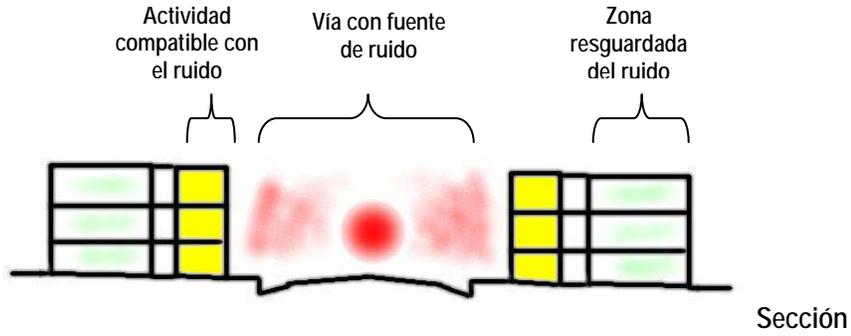


Edificios como barreras acústicas a lo largo de una línea de ferrocarril

Fuente: Lärmkontor, BPW, konsalt, 2004, p. 35

Fuente: [24].

b) **Estructura de edificios**

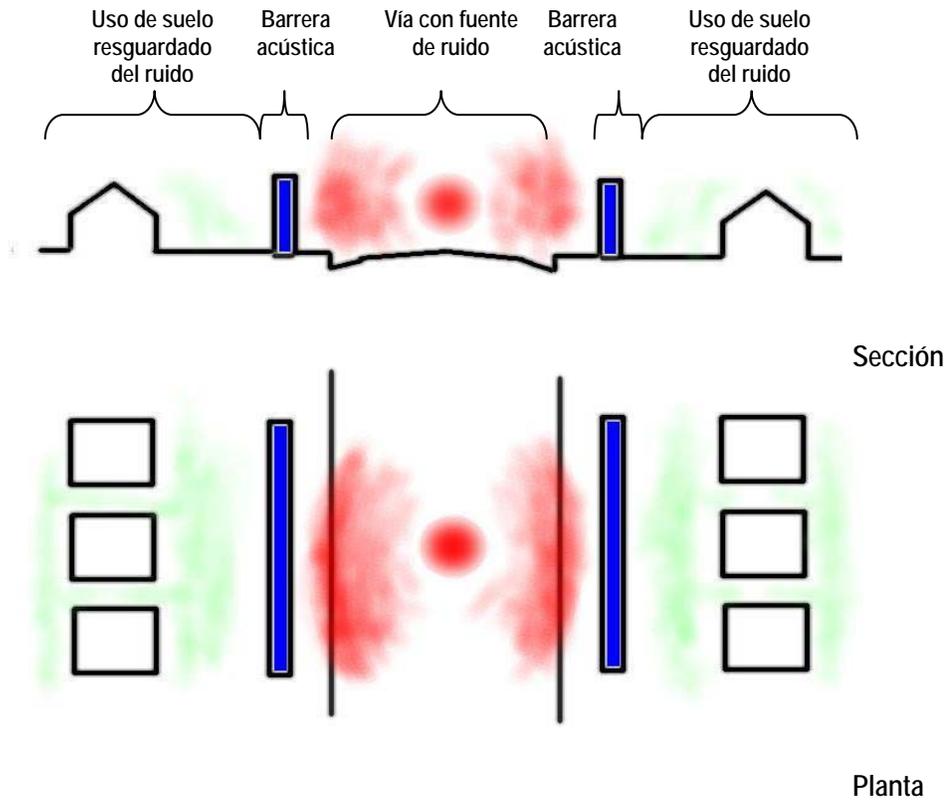


Las casas escalonadas en lugar de viviendas unifamiliares o semiadossadas en primera fila mirando a la autopista protegen del ruido al barrio.

Frente cerrado de casas que forma una barrera acústica
Fuente: Lärmkontor, BPW, konsalt, 2004, p. 30

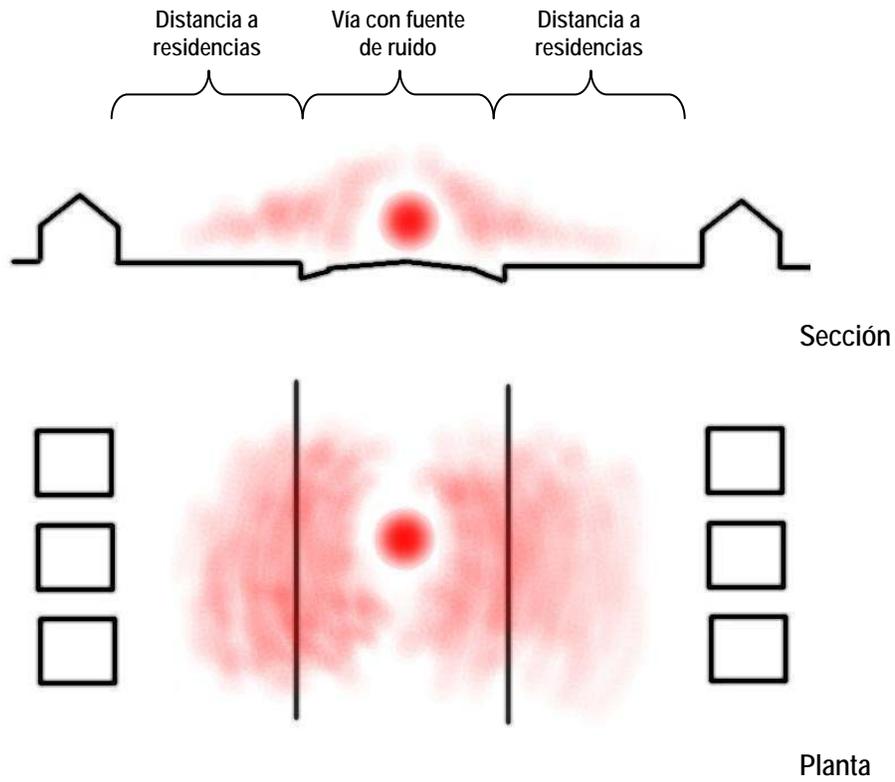
Fuente: [24].

c) **Distribución de edificios junto con barreras acústicas**



Fuente: Elaboración propia.

d) **Distancia entre fuentes de ruido y residencias**



Fuente: Elaboración propia.

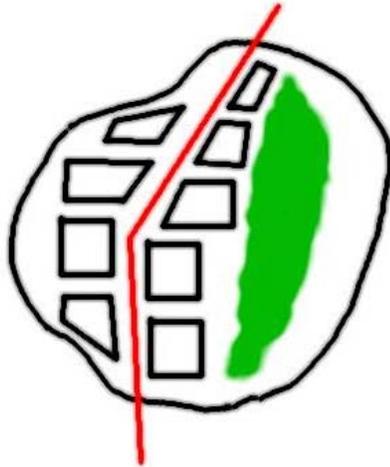
Zonas de ruido

El proyecto danés “The city without noise annoyance” (la ciudad sin molestias de ruido) ha desarrollado una herramienta para establecer zonas de ruido en forma de mapa fácilmente accesible que presenta la ciudad dividida en 4 categorías de ruido diferentes. El objetivo de este mapa es apoyar la planificación municipal, los planes de tráfico y los planes de acción contra el ruido, además de servir como un instrumento de fácil manejo para consultar a la población cuestiones relacionadas con el ruido. Se propone utilizar 4 zonas diferentes con requisitos específicos (LAeq, 24h) para las viviendas y las instituciones en cada una de ellas:

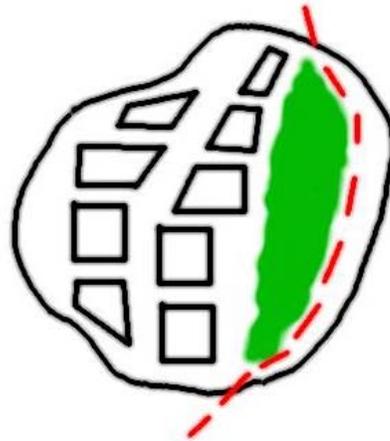
- A. Zonas tranquilas, en las que los niveles de ruido no pueden superar los 45 dB. Prohibido el tránsito de vehículos por la noche.
- B. Zonas residenciales con unas condiciones acústicas razonables, en las que los niveles de ruido no pueden superar los 55 dB. Prohibido el tránsito de vehículos por la noche.
- C. Zonas céntricas con contaminación acústica, en las que los niveles de ruido no pueden superar los 65 dB. Prohibido el tránsito de vehículos pesados por la noche.
- D. Zonas céntricas con una gran contaminación acústica que normalmente están situadas cerca de intersecciones y carreteras principales. En la medida de lo posible, prohibido el tránsito de vehículos pesados por la noche. A más largo plazo, la planificación del tráfico y la planificación urbana deben garantizar que no haya viviendas en estas zonas.

En las zonas de clase C o D, debe haber espacios abiertos públicos tales como parques, zonas de juego infantiles o lugares parecidos que tengan un nivel de ruido relativamente bajo (<55 dB) a una distancia de 10-15 minutos a pie de las viviendas. En todas las zonas, el nivel de ruido dentro de las viviendas no debe rebasar los 30 dB. En las zonas C y D, las viviendas deben tener una ‘fachada silenciosa’ en la que el nivel de ruido no supere los 55 dB, y las habitaciones deben dar a esta fachada. En la zona D, las salas de estar también deben dar a la fachada silenciosa”.

a) **Planificar nuevas rutas para las carreteras y líneas ferroviarias**



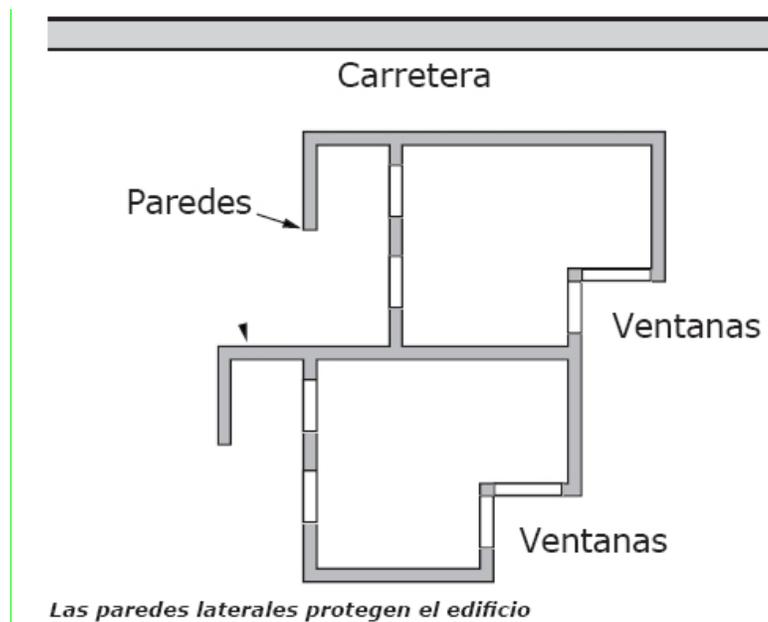
Vía con fuente de ruido con trazado interior a la trama



Modificación del trazado exterior a la trama de la vía con fuente de ruido

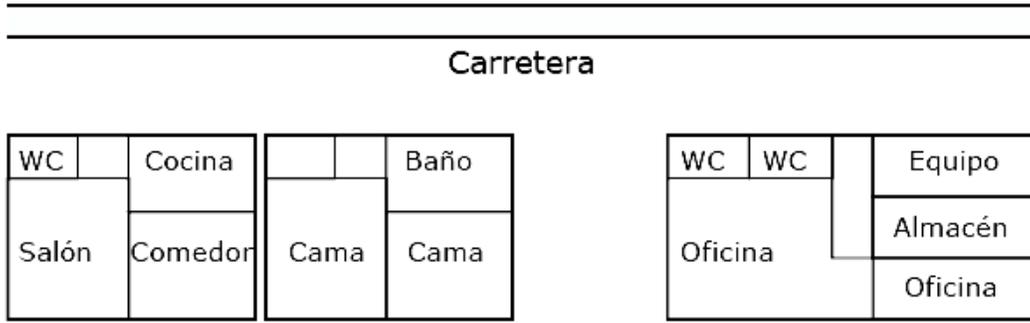
Fuente: Elaboración propia.

b) **Diseño de los edificios**



Fuente: [24].

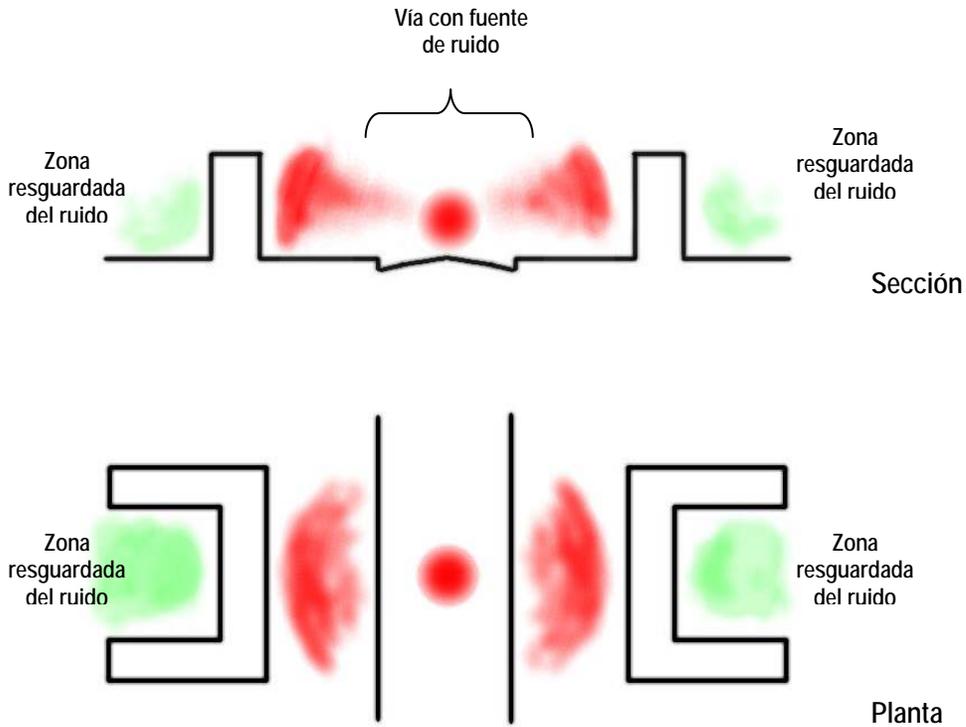
c) Plano de las habitaciones



Distribución de habitaciones compatible con el ruido

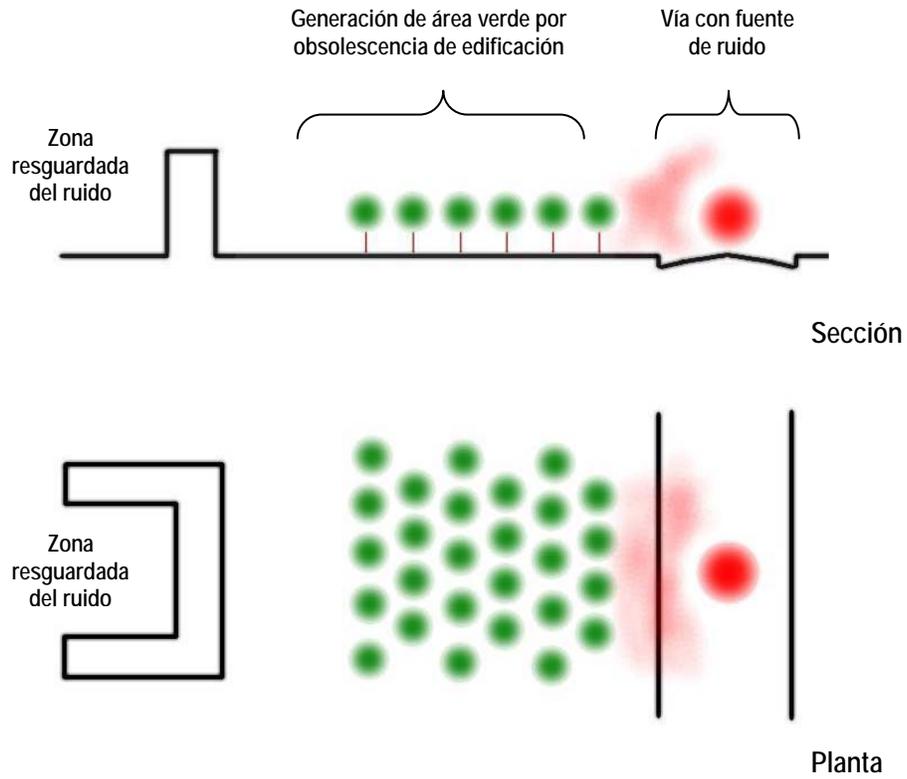
Fuente: [24].

d) Forma y orientación de los edificios



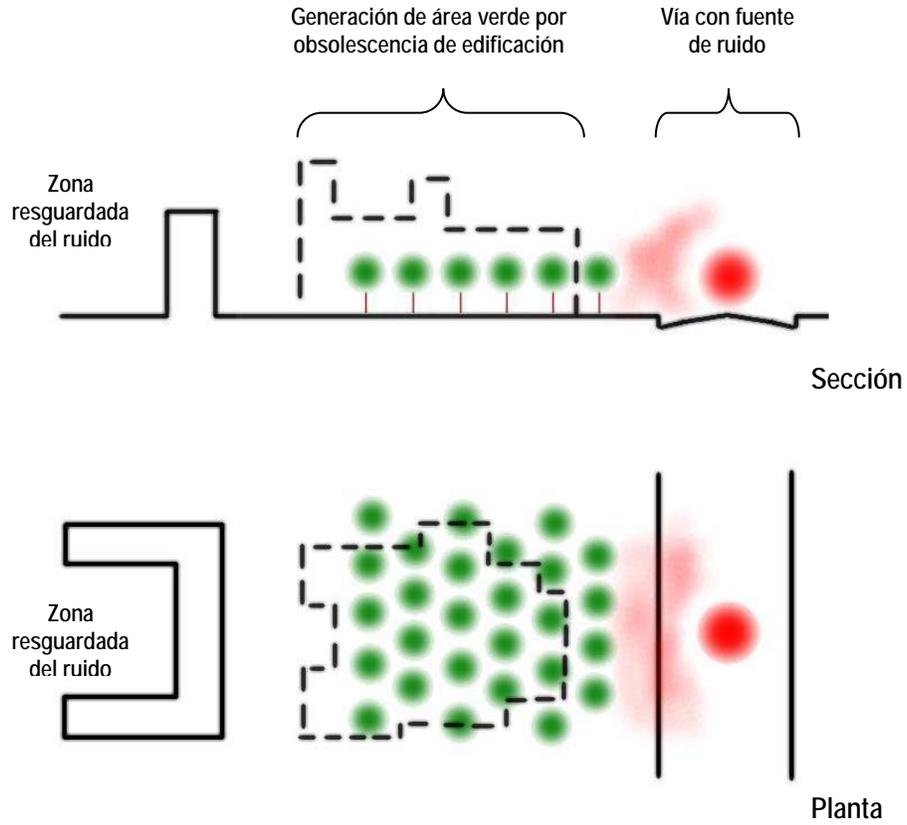
Fuente: Elaboración propia.

e) **Diseño de parques y espacios verdes**



Fuente: Elaboración propia.

f) Aprovechar los cambios



Fuente: Elaboración propia.

g) Promover medios de transporte más silenciosos – cambio modal (bicicleta- tranvía)



h) Influir sobre el comportamiento del conductor



Reductores de Velocidad (lomos de toro, badenes y/o resaltes)



Se utiliza para indicar la proximidad de un dispositivo que, por medio de una irregularidad en la superficie del pavimento, obliga a los conductores a disminuir la velocidad.

i) Gestión de reclamaciones

Minimizar las denuncias a través de la delimitación de horarios de funcionamiento de fuentes de ruidos molestos, así como medidas paliativas para controlar las actividades localizadas en zonas particulares de la urbe.

3.5.7. Para combatir el ruido: 20 ideas

Se presentan un grupo de medidas que contribuyen a reducir los niveles de ruido en los puntos de conflicto según el proyecto SILENCE [24]. Siguiendo la misma lógica que este proyecto y el documento referenciado, se identifican las medidas que podrían implementarse en el ámbito local. Otras medidas conocidas y que exceden el ámbito de acción de las autoridades locales (por ej. neumáticos silenciosos), no se comentarán.

Tabla 49. 20 Ideas para Combatir el Ruido a Nivel Local [24].

Medida Contra el Ruido Proyecto SILENCE	Breve explicación de la medida
1. Superficies viales de baja emisión	Disminuir el ruido de interacción neumático/carretera. Aquí los factores relevantes en la emisión acústica son la textura de la superficie, el patrón de textura, y el grado de porosidad de la estructura de la superficie. Se ha observado una reducción inicial del ruido de hasta 3 dB en relación con el hormigón de asfalto denso.
2. Mantenimiento de las superficies viales	Las irregularidades y discontinuidades suponen una amenaza para el rendimiento de todas las viales en lo que respecta al ruido. Por eso es necesario siempre un buen mantenimiento, a fin de que el nivel de ruido sea el mínimo posible, sobre todo en puntos que se identifiquen más conflictivos. Por ejemplo, los antiguos badenes irregulares de adoquines rugosos o una serie de plataformas reductoras de velocidad (a 30 y 50 km/h) pueden reducir de 8 a 10 dBA.
3. Rieles más silenciosos para los tranvías	El ruido de rodadura es la principal fuente emisora de ruido en los tranvías durante. Se ha comprobado que existen 'puntos conflictivos de ruido' cuando se usan vías en placa flotante para reducir la transmisión del ruido a los edificios próximos. La diferencia entre vías gravemente onduladas y vías uniformes es de hasta 20 dB.
4. Depósitos de trenes y tranvías	El funcionamiento de un garaje genera diferentes tipos de ruido que causan distintos tipos de molestia. Pueden adoptarse medidas de distribución, como mantener las fuentes emisoras lejos de los vecinos y construir edificios alrededor del depósito para que actúen como barreras, y otras medidas en los procesos, como reducir el número de movimientos o buscar alternativas a las bocinas, y otras medidas asociadas a la conducta de los usuarios, como aplicar la potencia mínima en

Medida Contra el Ruido Proyecto SILENCE	Breve explicación de la medida
	funcionamiento y en parada, o acelerar gradualmente.
5. Túneles y pantallas acústicas	Las barreras o pantallas acústicas son un medio eficaz para reducir el ruido a lo largo de las carreteras o líneas de ferrocarril. La barrera debe tener una altura y longitud adecuada. La efectividad de una barrera puede llegar a 15 dBA, y en edificios cercanos a las carreteras la reducción puede alcanzar entre 5 a 10 dBA. Las barreras tienen problemas en su alto costo y la intervención visual que hacen del entorno. Los túneles también son alternativas que ciertos casos deben considerarse como una pantalla cerrada de la vía.
6. Aislamiento de los edificios	La insonorización de ventanas y paredes exteriores de un edificio, debe ser considerada la última opción de control de ruido ambiental. Las ventanas aisladas sólo reducen el ruido cuando están cerradas, y debe resolverse con un sistema de ventilación especial o fachadas de vidrio adicional con ventilación independiente. Actualmente se considera necesario cuando el sonido exterior supera los 55 dB durante el día y los 45 dB LAeq por la noche. Las ventanas dobles pueden proporcionar unos 30 dBA y hasta 40 dBA de aislamiento. Los costos por vivienda son elevados.
7. Tranvías y trenes más silenciosos	En comparación con los tranvías viejos (se puede considerar que la vida útil de los tranvías es de 30 años), los tranvías modernos generan aproximadamente 10 dB menos. Los costos son relevantes, pero pueden incorporarse en el momento de la renovación de los trenes.
8. Renovación de la flota del transporte público	Los tranvías y autobuses modernos en general emiten mucho menos ruido que las unidades de parque móvil antiguo. Por tanto, la renovación de la flota puede contribuir en gran medida a la reducción del ruido. La idea es que al renovar las flotas, las autoridades establezcan acuerdos con los operadores de transporte e incluyan criterios relativos al ruido en las licitaciones.
9. Vehículos de recogida de basura más silenciosos	En muchas ciudades la recogida de basura se realiza por la noche o a primera hora de la mañana para reducir la congestión de tráfico, es decir, en horas de bajo ruido de fondo y mayor sensibilidad al ruido por parte de los vecinos. Se ha observado una reducción de hasta 25 dB(A) en vehículos que han adoptado medidas de reducción de ruido.
10. Identificación de vehículos ruidosos	Los vehículos dotados de silenciadores ilegales pueden generar una emisión de ruido excesiva, sobre todo las motocicletas. Es necesario realizar controles en los talleres para reducir el impacto acústico. La reducción por este control

Medida Contra el Ruido Proyecto SILENCE	Breve explicación de la medida
	en motocicletas es de 5 a 10 dB(A).
11. Reparto de mercancías más silencioso en horario nocturno	Para evitar problemas de congestión, es posible que sea preferible realizar el reparto en horario nocturno. El uso de equipos de carga y descarga y vehículos de baja emisión, junto con la formación del personal, puede hacer que las operaciones se efectúen de una forma silenciosa y por tanto tolerable durante la noche.
12. Gestión del tránsito: relaciones básicas ruido-tránsito	El cambio en el volumen de tránsito afecta a los niveles de ruido. Si los parámetros de composición del tráfico, velocidad y conducción permanecen invariables, el carácter logarítmico de la escala de dB implica que una reducción del 50% en el volumen de tráfico genera una reducción de 3 dB en los niveles de ruido. Sin embargo, la reducción del volumen de tráfico puede generar un aumento de la velocidad, por lo que se deben adoptar medidas complementarias. Otro factor relevante es la composición del tráfico. Un vehículo pesado puede generar un gran impacto en horario nocturno, por lo tanto la gestión de rutas y horarios también es relevante. Otros factores relevantes de considerar son la velocidad y el estilo de conducción. Por esto mismo, la gestión del tránsito debe verse como un proceso integrado y complejo, y no como medidas aisladas de reducción de flujo o velocidades.
13. Reducción e imposición de los límites de velocidad	Las reducciones de velocidad por medio de señales varían de un sitio a otro, y por tanto los efectos sobre el ruido también variarán. Cabe esperar reducciones de hasta 3 dB LAeq. La imposición de estas medidas deben estar apropiadamente planificadas, de modo de buscar, además, el cumplimiento de las mismas.
14. Badenes y plataformas	Un modo eficaz y muy común de reducir la velocidad, y por esto posiblemente los niveles de ruido, son las desviaciones verticales en forma de badenes o plataformas. Sin embargo, su diseño debe ser elegido con cuidado, de manera de no entorpecer el flujo vehicular, pues algunos conductores no se preocupan por la presencia de estos elementos, lo que generaría un aumento en el nivel de ruido.
15. Chicanas	Entendidas por sinuosidades y curvas que permiten la reducción de la velocidad. También pueden ser generadas a partir de discontinuidades en el trazado de la calzada a través del ensanche de las aceras y área para el peatón o la incorporación de bandejonas, jardineras, árboles, topes, luminaria, ciclo-vías y áreas de estacionamiento. Pueden

Medida Contra el Ruido Proyecto SILENCE	Breve explicación de la medida
	ubicarse en uno o en ambos carriles. Los conductores tienen que frenar para comprobar el tránsito que viene antes de introducirse en el área de la chicana. Para este tipo de modificaciones es necesario estudiar todos los factores que intervienen en su eficacia y diseño. Cuanto más tránsito hay en la vía con este tipo de chicanas, con más frecuencia tendrán que acelerar y desacelerar los vehículos, lo que puede aumentar el nivel de ruido y el tipo de sonido transformándose en más perceptible y más molesto.
16. Rediseño del espacio de las calles	Para los conductores, la claridad y dominio sobre el recorrido de una vía determina la seguridad y velocidad con que por ella se transita. Lo anterior tiene que ver por ejemplo con la posibilidad de supervisar una gran parte de la calle, la anchura de la misma, el espacio destinado a los distintos medios de transporte, etc. Algunas de las posibles medidas son el estrechamiento de los carriles destinando más espacio a los peatones, los ciclistas o el aparcamiento, la plantación de árboles para crear la sensación de calle estrecha, el estrechamiento de carriles en las intersecciones, carriles-bici y senderos para peatones, etc. Según el volumen de tráfico y su composición, habrá que calcular los niveles en cada caso antes de implementar ninguna medida.
17. Diseño de los cruces	El diseño de un cruce (rotondas, intersecciones ordinarias con o sin semáforos) influye sobre las emisiones acústicas. Varios estudios indican que el efecto de sustituir intersecciones ordinarias con o sin señalización por rotondas. Las reducciones obtenidas en las rotondas en comparación con los cruces dependerán del tránsito y de la ubicación tanto del cruce como de la rotonda. Las mini-rotondas si tienen un diseño adecuado, pueden reducir el ruido como consecuencia de la disminución de la velocidad y de un estilo de conducción más constante. A partir de estos datos, parece que el ruido (LAeq) se puede reducir en un máximo de 4 dB.
18. Ondas verdes para aliviar el tránsito	Las ondas verdes son definidas como aquellas vías en las cuales existe una secuencia de señales coordinadas en algunas intersecciones, para que el tráfico fluya en una dirección sin tener que detenerse en los semáforos rojos. Este hecho facilita una conducción más suave y por tanto, es probable también que las emisiones acústicas sean más bajas. Sin embargo, el potencial de esta medida depende mucho del estado de la red de carreteras locales y del diseño de los

Medida Contra el Ruido Proyecto SILENCE	Breve explicación de la medida
	programas de onda verde vigentes. Así, los niveles LAeq pueden disminuir 4 dB en las intersecciones, pero también que pueden aumentar hasta 3 dB entre una intersección y otra como consecuencia del aumento de la velocidad y del incremento del flujo de tráfico.
19. Reducir el volumen de tránsito	La reducción del volumen de tránsito puede contribuir a disminuir el ruido también. Sin embargo, es necesario reducir drásticamente el volumen de tránsito para obtener una reducción considerable del ruido (e.g. una reducción del 50% para que el ruido baje 3 dB). Por otro lado, es necesario analizar detenidamente que un peaje urbano, por ejemplo, y otras medidas para reducir el volumen de tráfico disminuyan los niveles de ruido si la reducción del flujo y congestión genera un aumento de la velocidad en los vehículos.
20. Prohibiciones sobre los camiones	La prohibición de circulación de camiones (durante un horario definido, permitiendo únicamente la carga/descarga en horario matinal por ciertas carreteras o en zonas más amplias apenas influirá la mayoría de las veces en los niveles LAeq, pero probablemente reducirá el número de peak sonoros y por tanto las alteraciones en el sueño y la molestia de las personas que viven junto a las carreteras. Tanto los efectos por el día como los efectos por la noche dependen de las condiciones del tráfico local. En algunos países se prohíbe a los camiones circular de noche, y los muestran efectos sobre los niveles LAeq durante la noche (22.00-05.00) de hasta 7,2 dB. Otros estudios con modelaciones entregan resultados en reducción de 6 dB aproximadamente en los niveles Lden.

NOTA: Una explicación más detallada de estas medidas, con diagramas y fotografías, se incluye en el Anexo VIII.

Conclusiones de las Recomendaciones.

- 1- Todas las medidas señaladas anteriormente son de carácter complementarias, es decir ninguna de ellas pueden ser aplicada de manera individual por parte del municipio.
- 2- Debe existir una coordinación entre los diversos actores locales (municipio con sus direcciones de obras, asesor urbanista, dirección de administración y patentes, dirección de tránsito, aseo y ornato, unidad de medio ambiente, Secplac, etc.; las empresas sanitarias, de electricidad, telefonía y televisión por cable; los organismos públicos encargados de la urbanización y el estado de las calles y la infraestructura de la urbe, tales como SERVIU, MOP y SECTRA; los organismos de gestión

- ambiental como COREMA; las inversiones a nivel de comuna por parte del Gobierno regional y su CORE; además de la participación de las organizaciones comunitarias y la comunidad en general.
- 3- En el mismo sentido se debe aprovechar la ocasión de reparación, sustitución, canalización o pavimentación como una OPORTUNIDAD coordinación de intereses y recursos, minimizando los costos de ejecución e implementando soluciones complementarias que permitan resolver problemas diversos del medio ambiente urbano y la calidad de vida de la población.
 - 4- Muchas de las medidas tiene costos que no requieren de grandes recursos, sino más bien de una adecuada planificación que permita ir sumando acciones concertadas y acordadas que permitan mejorar la calidad acústica del territorio comunal.
 - 5- Si bien, el marco legal nacional y local no se refiere específicamente a la condición de ruido dentro de la comuna, muchas de estas medidas y recomendaciones permiten iniciar un estudio serio y profundo para la implementación de una política de control del ruido, lo que podría devenir en una reglamentación acústica.
 - 6- Se hace patente, que instrumentos como los mapas de ruido, permiten monitorear el estado del territorio respecto a su condición acústica, que al ser complementado con indicadores que demuestran la cantidad de personas afectas a niveles sonoros significativos y molestos, permiten prevenir sus consecuencias y corregir las acciones a implementar.

¿Cómo incorporar la discusión sobre la importancia de los Mapas de Ruido dentro de los Instrumentos de planificación territorial?

Si bien los instrumentos de planificación territorial no se refieren específicamente a la condición de regulación del ruido, éstos determinan las condiciones del uso del suelo, relaciones entre equipamientos, edificaciones y vialidad, del desarrollo urbano y sus características.

Así, se hace imperante la articulación en la OGUC sobre la planificación y el ruido ambiental. Por lo tanto, es necesario que a través de un mandato en la ordenanza, se debiera hacer operativa la aplicación de esta temática que afecta la calidad de vida de las personas en la urbe.

A este respecto, y de manera de dejar constancia y alentar el debate de estos temas por parte del Ministerio de la Vivienda, el Ministerio del Medio Ambiente, el Ministerio de Transporte, el Ministerio de Obras Públicas, el SERVIU y la CONAMA, sobre algunos tópicos que debieran quedar establecidos como lineamientos generales, se pueden señalar:

- a) Dejar patente la necesidad de una política nacional de control ambiental.
- b) Seguimiento de los procesos, acciones, instrumentos y estudios de manera de contar con un feed back que permita aprender de las experiencias y mejorar los procesos correctivos, preventivos y de gestión sobre ruido ambiental.

- c) Constituir una serie de acciones y lineamientos transversales a los diversos actores en las distintas escalas que afectan el territorio local.
- d) Los Mapas de Ruido y el Control del ruido ambiental debe ser un elemento a ser considerado dentro del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
- e) Incorporar una Evaluación Ambiental Estratégica, como un nuevo instrumento para Planes Intercomunales, Reguladores y Seccionales, y como validación de políticas que afectan el territorio y sus condiciones de desarrollo. En este sentido, se hace patente la necesidad de la evaluación de impactos de los documentos que definen acciones planificadas.
- f) Constituir una forma de presentación de proyectos y demandas a nivel local de manera de permitir y garantizar los desarrollos congruentes y compatibles de actividades en el espacio urbano local. Ejemplo de esto es la implicancia definida por Rentas y Patentes a nivel municipal, sobre actividades molestas que pueden concentrar flujos vehiculares que repercuten en el ruido ambiental, o bien, las propias actividades como fuentes de ruidos molestos.
- g) Determinar un organismo que regule la aplicación de los Mapas de Ruido, certificando y estandarizando la forma de utilización de la herramienta para la planificación urbana y territorial. En este sentido, su demanda en la OGUC podría permitir la implementación de una Norma Técnica como es el caso de la reciente incorporación de la Normativa Térmica cuyo estudio, desarrollo y normalización a nivel de todo el país, permitió un debate con participación de actores públicos, privados, académicos y técnicos, haciendo relevante la temática de manera transversal a toda la sociedad.

NOTA: Se incluye en el Anexo IX un análisis del marco normativo chileno relativo a la planificación territorial y su relación con la variable acústica.

Hacia la Definición de Líneas de Acción para el Control del Ruido

- Servir de base para determinar los temas a ser incluidos dentro de los instrumentos de ordenamiento y planificación territorial (Planes reguladores, ordenanzas locales y seccionales) en base a los resultados, a la reglamentación vigente y el estudio de referentes internacionales en relación a la operatividad del Control del Ruido a nivel territorial.
- Base para el desarrollo de estudios complementarios requeridos para la aplicación efectiva de acciones de control como Reglamentación, a ser aplicada por los organismos e instituciones asociadas a la temática. (Ejemplo: Estudio desarrollado a lo largo de 4 años que culminó con la Reglamentación Térmica).
- Determinar las vinculaciones normativas y legales de los “temas resultado” para su inserción dentro del marco normativo y legal vigente (LGUC y OGUC)

- Posible articulación de los actores involucrados para un adecuado análisis, diagnóstico, implementación y seguimiento de procesos que permitan un adecuado Control del Ruido ambiental en el territorio.

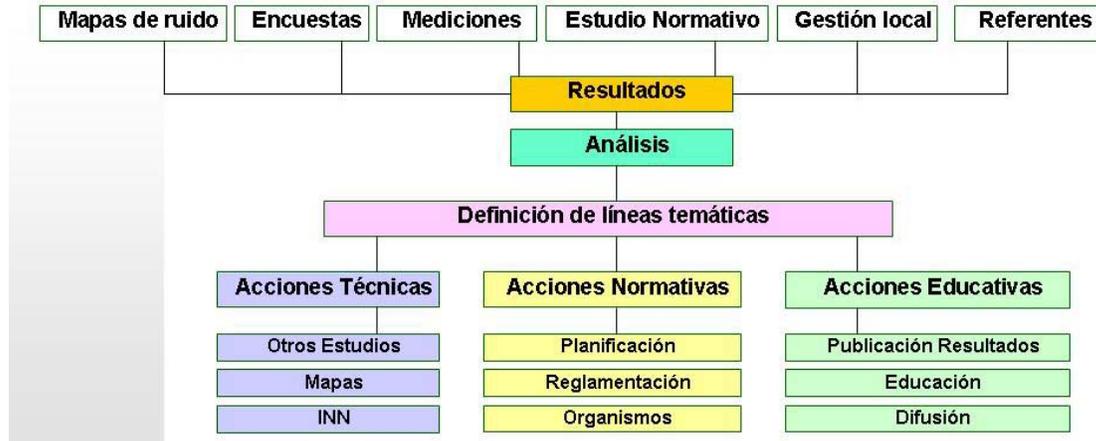


Figura 57. Diagrama de Líneas de Acción para el Control del Ruido.

3.6. Dotación de capacidades de aplicación del software de modelación.

Dotar de capacidades de aplicación del Software de modelación Cadna/A Noise Mapping (Cadna/A Estándar + extensión BMP + extensión XL) al Coordinador del Estudio, profesional del Área de Control de Ruido Ambiental.

En esta actividad se puede informar que el especialista en modelación Ing. Sr. Rubén Romero cumplió con la jornada establecida de trabajo en dependencias de la dirección ejecutiva de CONAMA (Teatinos 258, Santiago) a contar del día 16 de septiembre de 2009 y hasta la semana del 28 de diciembre del presente año (según 3.1 de este informe), con asistencia de media jornada. CONAMA asignó para el trabajo de este profesional un puesto de trabajo y un computador con la licencia de software adecuada para los fines de este Estudio. Este profesional trabajó en elaborar los mapas de ruido en conjunto con el Coordinador del Estudio.

Se contempló una capacitación al Coordinador del Estudio, la que fue de carácter teórico – práctico. Se estableció la modalidad de trabajo en acuerdo con a la Contraparte para estos efectos.

Se efectuaron 4 sesiones (teórico – prácticas) de media jornada de duración, en las cuales se interiorizó a grandes rasgos los siguientes tópicos:

- Manejo básico
- Importación de datos
- Fuentes de Ruido
- Topografía y resultados
- Configuración de cálculos
- Inmisión y resultados

En el Anexo VII se incluye el documento elaborado para este proyecto, es el Protocolo de Elaboración de Mapas de Ruido Con Software de Modelación Cadna/A.

3.7. Consideraciones referidas al diseño y publicación de los resultados.

Realizar el Diseño y publicación de los resultados del Estudio (mapas de ruido) en 2 formatos, cada uno de al menos 200 ejemplares por comuna.

Se considera la difusión de los resultados por comuna, mediante una publicación con un tiraje de 100 ejemplares para cada una de las comunas del caso piloto según modelo actualizado y acordado con la Contraparte Técnica del Estudio de acuerdo a las siguientes características:

- 200 polípticos tamaño /54 x 21 cms extendido a 4/4 color couche 300 grs.
- 2 diseños distintos, uno para cada comuna del caso piloto.
- 3 pliegues, termolaminado 1/1.
- CD grabado, impreso y colocado en el interior de cada políptico.
- El formato del políptico es según publicación de CONAMA en tema atmosférico y de acuerdo al Manual de Normas Gráficas de la Institución.

Así también, AcústicaUACH entregará en formato word un documento a modo de Resumen Ejecutivo del Estudio tomando en consideración el formato original de la publicación (20 páginas, tamaño carta, color).

El CD contendrá la información del estudio en formato de página web, de manera que pueda ser accedida por cualquier usuario en un computador que tenga un navegador web. Lo anterior asegura facilidad de acceso a la información. La referencia del formato, a modo de ejemplo, es el CD incluido en la Tesis Doctoral de Enrique Suárez (2002). El diseño y contenido será elaborado en consenso con el Coordinador del Estudio y el Departamento de Comunicaciones de CONAMA.

Esta etapa requiere el procesamiento de todos los datos y análisis del proyecto, y se ejecutará una vez aprobado el informe final y en acuerdo con la Contraparte Técnica.

Para todos los fines de la publicación y CD adjunto, AcústicaUACH se encuentra trabajando con Paralelos Diseño (www.paralelos.cl) agencia de diseño de la ciudad de Valdivia.

3.8. *Presentación de resultados.*

Realizar una presentación de los resultados, con el equipo consultor en pleno a la Contraparte Técnica del Estudio y en ambas comunas.

Se realizará una presentación pormenorizada a la Contraparte Técnica y al Departamento de Control de la Contaminación de CONAMA. Además, se considera la realización de al menos un taller de difusión de los principales resultados del Estudio a realizarse en cada comuna considerada en el caso piloto por parte del equipo consultor. Se compromete la participación para esta actividad de la Jefatura de Proyecto, y de ser necesario, del Dr. Est. Sr. Raimundo Vega V.

Por su naturaleza, esta etapa es la final del estudio y se realizará en acuerdo con la Contraparte Técnica.

3.9. Análisis de la línea de trabajo de mapas de ruido y sus proyecciones.

Desarrollar análisis de la línea de trabajo Mapas de Ruido y sus proyecciones.

3.9.1. Análisis de proyecciones de línea de trabajo en Mapas de Ruido.

Un análisis FODA es una metodología de estudio generalmente utilizada para analizar de la situación competitiva de una empresa en su mercado (situación externa) y de las características internas (situación interna) de la misma, a efectos de determinar sus Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenaza. Para el caso de este estudio, se analizarán las proyecciones de una línea de trabajo específica de CONAMA, como es el desarrollo de mapas de ruido. Si bien un análisis FODA no es una herramienta específica para este tipo de trabajo, es una buena aproximación para distinguir las bondades y dificultades que tiene su implementación.

Un análisis FODA para la línea de trabajo en mapas de ruido, puede establecerse en el siguiente recuadro:

Tabla 50. Análisis FODA de la Línea de Trabajo en Mapas de Ruido en CONAMA

Análisis FODA Línea de Trabajo Mapas de Ruido en CONAMA	Fortalezas	Debilidades
Análisis Interno	<ol style="list-style-type: none"> 1. CONAMA cuenta con profesionales calificados que puede hacerse cargo de elaborar mapas de ruido. 2. Es función de CONAMA mantener un sistema nacional de información ambiental, que debe incluir el componente ruido, bajo la forma de mapas de ruido. CONAMA debe velar por conocer y acercar la información ambiental a la población. 3. Por la naturaleza coordinador de CONAMA, parece ser la institución idónea para trabajar este tema, que debe involucrar a otros actores relevantes, las como el MINSAL, MINVU, MINTRATEL, MOP, Gobiernos Regionales y locales (municipios). 4. CONAMA ha realizado exitosos estudios de diagnóstico en calidad de aire en 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Requiere importante inversión de recursos económicos. 2. Requiere adquirir capacidades técnicas especiales para su elaboración. 3. No es habitual que CONAMA desarrolle por sí misma estos estudios, habitualmente se encargan como consultorías. Puede existir una resistencia en la organización para elaborar este trabajo en forma interna.

	<p>diversas ciudades del país. Es una buena analogía para la elaboración de mapas de ruido a implementar.</p> <p>5. Conocer el desarrollo de la variable acústica a través de los mapas de ruido permitiría a CONAMA actuar en forma preventiva ante situaciones de conflicto y riesgo para la población, poseer mejores antecedentes para la elaboración de normas ambientales, planificar de mejor su gestión en acústica ambiental, en busca de mejorar la calidad de vida de las personas.</p>	
	Oportunidades	Amenazas
Análisis Externo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Existe la tecnología para implementar estas herramientas de información ambiental, mucho más al alcance en costo y oportunidades que hace unos pocos años atrás. 2. CONAMA aparece como la principal institución que debe preocuparse de la información ambiental a nivel nacional. 3. Es una oportunidad para la institución de liderar una materia que es de interés de muchos servicios públicos, y que ninguno cuenta con la posibilidad de hacer se cargo de este desafío. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Ministerio de Salud podría, a futuro, reclamar para sí las atribuciones o derechos de desarrollar estudios de mapas de ruido.

Desglosando el análisis anterior, en las posibles proyecciones de esta nueva línea de trabajo, CONAMA sería la institución apropiada para desarrollarla en el país. Destacan entre los factores principales, su calidad de entidad coordinadora intersectorial, y el papel que debe jugar en la información ambiental nacional, y la elaboración de normativa ambiental. En este contexto, los resultados posibles de esperar de esta línea de trabajo, es la obtención de información ambiental acústica que permita diagnosticar el estado ambiental de las ciudades, entregar información ambiental a la población sobre el ruido ambiental al que están expuestos, y apoyar la elaboración de normas ambientales, como una norma de calidad acústica.

En virtud de lo costoso que es elaborar los mapas de ruido, lo más lógico es que se externalice este proceso, estableciendo una programa para su implementación. Siendo el costo uno de los aspectos relevantes de enfrentar, debería asociarse a la gestión local el fomento de la realización de estos estudios. Como sugerencia, debería establecerse que los Gobiernos Regionales promuevan la elaboración de mapas de ruido a nivel regional.

Luego de la elaboración de los primeros mapas de ruido deben elaborarse programas o planes de control de ruido, que deben ser evaluados en el tiempo y revisados. Tales programas deben estar a cargo de las SEREMI de Obras Públicas para los casos de obras de infraestructura de gran tamaño y que son de su competencia (por ejemplo, carreteras y aeropuertos), y a cargo de la SEREMI de Vivienda y Urbanismo en coordinación con el Municipio correspondiente, para el caso de los mapas de zonas urbanas.

Nivel operativo e institucional

Será requisito formar una mesa regional de trabajo en la elaboración de los mapas de ruido y de los programas de control de ruido que de ellos se desprendan. Esta mesa estaría coordinada por la CONAMA, e incorporaría, además del la SEREMI de OOPP y SEREMI de Vivienda y Urbanismo, a la SEREMI de Salud y a la SEREMI de Transporte en lo que respecta a la planificación de transporte. En este punto es relevante que esta mesa de trabajo pueda integrarse a los esfuerzos regionales que se realizan a través del SNIT (Sistema Nacional de Coordinación de Información Territorial) en cuanto a la cartografía del territorio, y la línea que CONAMA tenga en cuanto a la generación de información ambiental. Así, se podrá postular a financiamiento de origen regional (como FNDR) para la realización de los mapas de ruido y su trabajo, como se ha materializado para otro tipo de cartografías y estudios.

La figura de una mesa regional de coordinación entrega a la administración descentralizada la prioridad y temporalidad del trabajo en la elaboración y utilización de los mapas de ruido. Si bien esta idea responde a respetar los intereses y los tiempos locales, es necesario también incorporar un cronograma que permita asegurar que en cierto plazo se contarán con los mapas de ruido y los planes de acción correspondientes.

Ante la nueva institucionalidad que administrará el sistema de gestión ambiental en Chile (Ministerio de Medio Ambiente y sus Servicios), esta línea de trabajo deberá quedar albergada en el mismo Ministerio como materia prioritaria. El detalle de la administración y gestión dependerá de cómo se definan las funciones en detalle de los nuevos servicios públicos asociados. Sin embargo, parece conveniente que este tema quede con la unidad que tenga a su cargo la elaboración de normas ambientales, por la relación estrecha entre los datos ambientales que entregan los mapas de ruido, y la posible gestión normativa a nivel local y nacional.

Problemas técnicos que resolver

En el país no existe un documento de referencia que permita resolver aquellos aspectos técnicos que corresponden a la elaboración de un mapa de ruido y de la información que éste debe contener. En este escenario, parece apropiado plantearse la elaboración de una guía para la realización de mapas de ruido en Chile. A la luz del objetivo de los mapas de ruido, e incluso de las encuestas sobre molestia generada por ruido, parece ser evidente que la revisión de la NCh N°1619 “Evaluación del Ruido en Relación con la Reacción de la Comunidad”, permitiría actualizar este documento incorporando en él dos nuevos aspectos: los mapas de ruido y las encuestas de molestia por ruido. Ambas materias deberían ser tratadas de manera de definir los aspectos más relevantes como aquellos normativos, e incluir en anexo no normativo, aquellas especificaciones que constituyen recomendaciones o buenas prácticas que permitirían obtener mejores resultados o garantizar la comparatividad de los estudios que se realicen en el país. Un documento de estas características, consensuado a nivel nacional, permitirá, además, apoyar técnicamente a la elaboración de estudios de impacto acústico (ya sea que ingresen o no al SEIA).

3.9.2. Propuesta de priorización de capitales regionales en las que se elaborarán los mapas de ruido.

Para priorizar las ciudades donde elaborar los mapas de ruido, es necesario considerar los siguientes factores:

- a) Disponibilidad de la información cartográfica en calidad y formato que permita ser utilizada en la modelación de ruido ambiental.
- b) Disponibilidad de información sobre el flujo vehicular de calidad, que permita ser utilizada apropiadamente en la modelación de ruido ambiental.
- c) Tamaño de la población que puede estar expuesta a niveles importantes de ruido de interés.
- d) Voluntad política del gobierno local y las instituciones vinculadas con la gestión ambiental local para realizar un estudio que arroje información que debería incorporarse a su gestión institucional.

En este sentido, y admitiendo que la elaboración de mapas de ruido no son una necesidad de primera línea en materias ambientales, lo más coherente es realizar una priorización que permita minimizar costos y aprovechar mejor los beneficios. En este sentido, una ciudad o comuna que ponga a disposición la información cartográfica y de flujo vehicular, será aquella con mejores posibilidades de avanzar en ésta tarea.

Otros factores a considerar son aquellas ciudades que ya poseen una Unidad Operativa de Control de Tránsito UOCT (Santiago, Antofagasta, Gran Valparaíso, Gran Concepción), o que implementarán prontamente. Para tales efectos, se sugiere coordinar la gestión de la elaboración de mapas de ruido con el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Sería coherente armonizar la priorización de las ciudades a

estudiar acústicamente con los Planes Maestros de Transporte Urbano. Ya que éstos involucran inversiones de cierta magnitud, orientadas al desarrollo de los Sistemas de Transporte Urbano, en concordancia con el desarrollo urbano previsto para las ciudades, como son las inversiones en infraestructura vial, en el mejoramiento del transporte público o en sistemas automáticos de control de tránsito.

3.9.3. Propuesta de criterios de corte para fuentes de ruido en mapas de ruido.

Para los criterios de corte para la inclusión o exclusión de fuentes de ruido en la elaboración de los mapas de ruido en nuestro país, se sugiere guiarse por la experiencia europea en cuanto a los valores de corte, y adaptarlas a la realidad y avance nacional para su realización:

1. Para el caso de las aglomeraciones, se sugiere en una primera etapa establecer la obligación de hacer los mapas de ruido de las capitales regionales, y luego de las ciudades sobre 100.000 habitantes para una segunda etapa en forma obligatoria.
2. Para los grandes ejes viales se sugiere en una primera etapa establecer la obligación de hacer los mapas de ruido para aquellos cuyo tráfico supere los seis millones de vehículos al año. Para una segunda etapa, elaborar los mapas de ejes viarios cuyo tráfico supere los tres millones de vehículos al año.
3. Se sugiere en una primera etapa establecer la obligación de hacer el mapa de ruido para el principal eje ferroviario (Santiago - Pto. Montt), y una segunda etapa los ejes ferroviarios secundarios (ramales y zonales, como por ejemplo Arica – La Paz).
4. La Red Primaria de aeródromos y aeropuertos deberían elaborar sus mapas de ruido en una primera etapa. Para una segunda etapa la Red Secundaria de aeródromos y aeropuertos que presenten una frecuencia de vuelos relevantes o estén cercanos a zonas pobladas.

Red Primaria de aeródromos y aeropuertos: Chacalluta, Diego Aracena, Cerro Moreno, El Loa, Desierto de Atacama, La Florida, Mataverí, Carriel Sur, Maquehue, Pichoy, El Tepual, Balmaceda, Carlos Ibáñez del Campo, Arturo Merino Benítez.

Red Secundaria de aeródromos y aeropuertos: Ricardo García Posada, General Bernardo O'Higgins, María Dolores, Pucón-Neculmán, Cañal Bajo, Teniente Vidal, Teniente Julio Gallardo, Capitán F. Martínez, Guardiamarina Zañartu, Teniente Rodolfo Marsh Martín, Viña del Mar, Robinson Crusoe, Eulogio Sánchez, La Paloma, Melinka, Nuevo Ad. Chiloé, Nuevo Ad. Chaitén [36].

La primera etapa debería definirse como un plazo de cinco años, y la segunda en los tres años siguientes. Los mapas de ruido deberían actualizarse cada 5 años (como se establece en la Directiva Europea), ya que además coincide con el plazo de revisión de las normas ambientales en nuestro país.

3.9.4. Opinión de expertos con experiencia en mapas de ruido.

Como una forma de apoyo al análisis de la línea de trabajo en mapas de ruido, se estimó útil conocer opiniones de la experiencia europea en el desarrollo de los mapas de ruido y su posterior utilidad en la gestión ambiental. Lo anterior en el contexto de la Directiva Europea 49/2002/EC sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, que establece la obligación de realizar mapas de ruido a ciudades y principales ejes viales.

Las preguntas que se formularon a los expertos fueron:

- A. De acuerdo a su conocimiento, ¿cuán importante es contar con mapas de ruido de las principales ciudades y ejes viales, y por qué?
- B. Según su opinión ¿cuáles son las acciones que deben tomarse para utilizar apropiadamente la información de los mapas de ruido elaborados?
- C. De acuerdo a su experiencia, ¿qué proyecciones ve Ud. que tiene el trabajo con los mapas de ruido en la gestión ambiental de una ciudad o eje vial?. Por favor nombre experiencias donde se ha incorporado esta herramienta y sus resultados.

Se enviaron las preguntas a varios expertos, obteniendo la valiosa respuesta de las siguientes personas:

1. Dr. Manuel Recuero. Catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid, y Especialista en Temas Acústicos. Reconocida trayectoria y vasta experiencia en acústica. Con libros, trabajos de investigación y consultoría en acústica ambiental, mapas de ruido y estudio subjetivo de ruido ambiental.
2. Dr. Jesús Alba Fernández. Profesor del Departamento de Física Aplicada e imparte docencia en la Escuela Politécnica Superior de Gandia, España.
3. Sr. Plácido Perera. Experto en acústica ambiental, trabajó muchos años en el Ayuntamiento de Madrid, España, a cargo del área de Acústica. Hoy está dedicado a la consultoría.
4. Sra. Margarida Guedes, de la Agência Portuguesa do Ambiente, integrante de diversos comités europeos vinculados con políticas europeas de ruido ambiental.
5. Dr. Rokho KIM, World Health Organization, EURO ECEH Bonn Office.
6. Mr. Martin van den Berg. Ministry of Environment in the Netherlands, WHO temporary advisor.
7. Mr. Markus Petz, General manager, senior consultant, ACCON GmbH. En el "joint venture" entre ACCON GmbH y DataKustik GmbH, ACCON es responsable del desarrollo acústico y el soporte del software, CADNA / A. Miembro de Qcity es un proyecto integrado de investigación financiado parcialmente por la Comisión Europea.
8. Mr. Paul de Vos, Consultor experto en mapas de ruido, DHV BV. Miembro de European Expert Panel on Noise (panel de diez expertos que desarrolla las recomendaciones para la Comisión Europea).

Las respuestas en extenso de los expertos se encuentran en el Anexo III.

De las respuestas se puede concluir que los expertos opinan que:

1. Hay coincidencia en la necesidad de elaborar los mapas de ruido en las ciudades y principales ejes de tránsito: vehículos, trenes y aviones. Se identifica al ruido como un agente dañino para salud y calidad de vida, destacando la preocupación de la OMS en esta materia (quien está preparando para el 2010 una guía sobre evaluación del riesgo al ruido ambiental).
2. Los mapas de ruido son reconocidos como la herramienta principal para conocer el nivel de contaminación acústica presente y futura. Proporcionan información clave para quienes deben tomar decisiones sobre la situación de nivel de exposición y posibles objetivos para la gestión orientada a reducir la exposición al ruido de la población. Son la mejor manera de conseguir una visión amplia del ruido ambiental de una zona.
3. Los mapas modelados son la mejor manera de realizar los primeros estudios de grandes superficies pobladas. Permitiría definir las principales fuentes de ruido, y también pueden realizarse mapas de ruido para fuentes distintas.
4. El primer mapa de ruido en una ciudad es un excelente diagnóstico que puede determinar las zonas con problemas acústicos ambientales y aquellas que tienen mejores condiciones acústicas. Para los problemas acústicos ambientales deben elaborarse planes con el fin de controlar para bajar los niveles de ruido, o al menos, evitar que suban más. Para las zonas que mejores condiciones acústicas, es necesario adoptar medidas que permitan proteger la calidad acústica del lugar, evitando que suban los niveles de ruido.
5. Los mapas de ruido son la primera etapa de elaborar planes de acción. Como tal, los mapas de ruido no son un fin en sí mismo, sino sólo la representación de la situación de ruido en un área o alrededor de una infraestructura importante.
6. La principal fuente de ruido en las ciudades es el tránsito rodado. Tiene sentido realizar modelaciones sobre estas fuentes, y focalizar los esfuerzos en las medidas de control sobre estas fuentes. Sin embargo, para estudios acústicos más completos, es posible que se requieran mediciones, pues hay actividades que no permiten ser modeladas. Por ejemplo, el comportamiento de las personas, las actividades de ocio, etc. Así, las modelaciones no pueden reflejar la realidad acústica de una ciudad completa. Por otro lado, las modelaciones de tránsito rodado no reflejan apropiadamente al tránsito urbano de bajas velocidades, con discontinuidad, con semáforos, paso de peatones, lomos de toro, etc. También las modelaciones de trenes no reflejan el ruido generado en las estaciones, terminales de carga, y para el tránsito aéreo nos se consideran las actividades de los aviones en tierra.
7. La información de los mapas de ruido debe integrarse con los sistemas de información geográficos, y publicarlos. Debe cautelarse que el ciudadano pueda conocer estos valores con facilidad, y pueda realizar un seguimiento a las medidas de control que deban implementarse.

8. Los datos obtenidos de los mapas de ruido deben servir para ser considerados en el ordenamiento territorial. En especial en los proceso de expansión urbana (residencias, escuela y hospitales). Deben entenderse como parte de un proceso integrado en la planificación urbana, en el tránsito y la planificación del medio ambiente que se desea conseguir.
9. Las modelaciones requieren de mediciones para comprobarse su veracidad. Para un estudio más detallado de una zona en estudio, es conveniente combinar las modelaciones con mediciones.
10. La información de los mapas de ruido que se generan en la UE son el número de personas expuestas a niveles de ruido en ciertas bandas (es decir, 55 a 60 dB, 60 a 65 dB, y así sucesivamente). El proceso se inicia a partir de 55 dB Lden, que es un nivel definido por la Comisión de la UE, considerado como riesgo grave de salud. Por debajo de 55 dB, todavía hay un riesgo significativo de molestia, pero los riesgos para la salud se consideran aún modestos.
11. A raíz de la experiencia de la UE, hay dos tipos de mapas de ruido: uno es el mapa de colores de la ciudad, mostrando los niveles de ruido, y el otro es por medio de una tabla de datos. Es el principal medio de información para los residentes y autoridades. Se identifica con claridad las zonas relativamente tranquilas y también las zonas ruidosas. El mapa de color es un medio para "traducir" la información técnica en información sencilla y directa, hará que la gente tome conciencia que el ruido ambiental es un problema. Los mapas de ruido muestran la exposición a largo plazo, los niveles promedio de ruido, ya que son pertinentes a los efectos a largo plazo como efectos sobre la salud (enfermedades del corazón, presión arterial alta, fatiga causada por la alteración del sueño, etc). Pero en general, el público no reconoce estos efectos como potencialmente peligrosos, y está más interesado en los incidentes y efectos a corto plazo: el paso de motos y aviones, los eventos música a volumen alto, etc. Estos datos no se muestra en un mapa de ruido. La segunda forma de un mapa es mediante una tabla. Muestra la cantidad de personas expuestas a niveles de ruido potencialmente peligrosos, por lo que revela a los políticos de la gravedad del problema. Este es un primer paso para convertir el daño del ruido en los costos que involucra, por ejemplo, los costos de la pérdida de valor de la propiedad, o el costo de deterioro de la salud. Las tablas son útiles para determinar la eficacia de los planes de mitigación y permiten comparar escenarios diferentes.
12. Los planes de acción, que se han elaborado en las ciudades europeas como consecuencia de la Directiva de la UE, definen objetivos para medidas futuras. En muchos casos, estas medidas coinciden con otras acciones para el desarrollo espacial en la ciudad (como la expansión urbana).
13. Respecto a las encuestas, éstas son necesarias, pero la información que entregan no permiten tomar ninguna acción.

4. BIBLIOGRAFÍA.

- [1] CONAMA. (2008). *Levantamiento de Información de Entrada de Modelo de Predicción de Ruido y Aplicación de Caso Piloto*. Gobierno de Chile, CONAMA. Contrato N°10-21-028/07.
- [2] MUNICIPALIDAD DE PUERTO MONTT. (2009). *Evaluación del Ruido Ambiental en dos Sectores de la Ciudad de Puerto Montt*. Estudio realizado mediante la utilización de software de modelación de ruido en exteriores Cadna/A v3.7 durante enero – julio de 2009.
- [3] Álvarez, J. P.; Suárez, E. (2008). *Estudio Comparativo de Modelos de Predicción de Ruido de Tráfico Rodado, Utilizando Mediciones en la Ciudad de Osorno*. VI Congreso Iberoamericano de Acústica - FIA 2008. Buenos Aires, Argentina.
- [4] Suárez, E. (2002). *Metodologías Simplificadas para Estudios en Acústica Ambiental, Aplicación en la Isla de Menorca*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid. España.
- [5] Lobos, V.; Suárez E. (2008). *Estudio Subjetivo de la Percepción del Ruido Ambiental en la Ciudad de Puerto Montt*. VI Congreso Iberoamericano de Acústica - FIA 2008. Buenos Aires, Argentina.
- [6] Sommerhoff, J.; Recuero, M.; Suárez, E. (2006) *Relationship between Loudness Perception and Noise Indices in Valdivia, Chile*. Applied Acoustics Vol 67, issue 9, 2006. Págs. 892-900.
- [7] Suárez, E.; Antillanca, P. (2005). *Influence of Tourists on Environmental Noise of a Small City (Castro, Chile)*. INTERNOISE 2005, Environmental Noise Control, Rio de Janeiro, Brasil.
- [8] Sommerhoff, J.; Recuero, M.; Suárez, E. (2004). *Community Noise Survey of the City of Valdivia, Chile*. Applied Acoustics Vol 65, issue 4, July 2004. Págs. 643-656.
- [9] Suárez, E.; Recuero, M. (2002). *Study of Annoyance by Environmental Noise in Menorca Island's Population*. Forum Acusticum 2002. Sevilla, España.
- [10] Suárez, E.; Recuero, M. (2002). *Study of Perception on the Acoustic Environmental of Students of School in the Menorca Island*. Forum Acusticum 2002. Sevilla, España.
- [11] Organization for Economic Cooperation and Development (1991). *Faiting Noise 1990S*. Paris, Francia.

- [12] Intendencia Región Metropolitana, Santiago de Chile. (1989). *Estudio Base de Generación de Niveles de Ruido en el Gran Santiago*.
- [13] Diario Oficial de las Comunidades Europeas. (2002). Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de junio de 2002 sobre Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental.
- [14] World Health Organization (WHO) (1999). *Guidelines for Community Noise*. Geneva, Switzerland.
- [15] Instituto Nacional de Normalización INN. (2000). *Aislación Acústica - Parte 1: Construcciones de Uso Habitacional - Requisitos Mínimos y Ensayos*. NCh352/1.Of2000. Chile.
- [16] De la Puente C., J. ; Rodríguez R., F. J.. *El ruido derivado del Tráfico Rodado Urbano: Relación entre L_{10} y L_{Aeq} a partir de mediciones reales, para horarios diurnos y nocturnos*. s.1: TecniAcústica, 2003. España.
- [17] Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES) (1997). *Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas*. Decreto Supremo N° 146 del 24 de Diciembre de 1997. Chile.
- [18] DIN 45642. (2004). *Messung von Verkehrsgeräuschen (medición de ruido de tráfico)*.
- [19] C. Pérez. (2000). *Técnicas de Muestreo Estadístico: Teoría, Práctica y Aplicaciones Informáticas*. ISBN 9788478973453. Ra-Ma. España.
- [20] Hair, J.F. (1999). *Análisis Multivariante*. ISBN 978-84-8322-035-1. Prentice Hall. España.
- [21] Morrison, D. (1970). *Multivariate Statistical Methods*. ISBN 978-0070431850. McGraw-Hill Education. USA.
- [22] Kish, L. (1982). *Muestreo de Encuestas*. ISBN 968-24-0228-X. México Trillas. México.
- [23] WG-AEN. (2007). *Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure August 2007*.
- [24] SILENCE (2009) *Manual del Profesional para la Elaboración de Planes de Acción contra el Ruido en el Ámbito Local*. Disponible en Internet en http://www.silence-ip.org/site/fileadmin/SP_JE-learning/Planners/SILENCE_Handbook_ES_-_LR.pdf

- [25] AcústicaUACH (2010). *Ampliación de Actividades del Estudio Elaboración de Mapas de Ruido mediante Software de Modelación, para Caso Piloto (Comunas de Antofagasta y Providencia)*. Instituto de Acústica, Facultad de Ciencias de la Ingeniería Universidad Austral de Chile.
- [26]: Diputación de Barcelona (2000), *Sistema Municipal de Indicadores de Sostenibilidad*. Vicençs Sureda Xarxa de Ciutats i Pobles cap a la Sostenibilitat. Winihard Gráficos, SL Impressors. Barcelona. ISBN 84-7794-751-1
- [27] International Organization for Standardization. (1996). *International Standard ISO 9613-2:1996, Acoustics – Attenuation of Sound During Propagation Outdoors – Part 2: General Method of Calculation*. Technical Committee ISO/TC 43, Acoustics. www.iso.org.
- [28] DIN 45687 (2006). *Acoustics - Software Products for the Calculation of the Sound Propagation Outdoors - Quality Requirements and Test Conditions*, 2006-05.
- [29] AR-INTERIM-CM. *WP 3.2.2: Railway Noise – Noise Emission: Databases. Comparison of Emission Calculation Methods for Rail Traffic*.
- [30] Miedema, H.; Vos, H. (1998). *Exposure-Response Relationships for Transportation Noise*. J. Acoust. Soc. Am.104 (1998) 3432-3445.
- [31] Ambassade du Chili en France/Embajada de Chile en Francia (2010). www.amb-chili.fr.
- [32] Rey, G.; Barroigón J., Gómez V., Carmona J., Vilchez-Gómez R., Méndez J., (2009). *El Método de Categorización Aplicado al Estudio de Ruido de una Ciudad Extremeña de Pequeño Tamaño*. Tecniacústica 2009. Cádiz, España. Disponible en Internet en: <http://www.sea-acustica.es/Cadiz09/RDO%20023.pdf>
- [33] WHO (2009), *Night Noise Guidelines For Europe*. Disponible en Internet en: <http://www.euro.who.int/document/e92845.pdf>
- [34] Crocker Malcolm J. (2007), *Handbook of Noise and Vibration Control*. John Wiley & Sons, Inc. (pág. 410)
- [35] Crocker Malcolm J. (2007), *Handbook of acoustics*. John Wiley & Sons, Inc. (pág. 914)
- [36] Ministerio de Obras Públicas de Chile (2010). *Chile 2020, Obras Públicas Para el Desarrollo*.
- [37] Department of the Navy Naval Facilities Engineering Command (2005). *Guidelines for Sound Insulation of Residences Exposed to Aircraft Operations, Unites Estates*. Disponible en Internet en: http://www.fican.org/pdf/Wyle_Sound_Insulation.pdf