



ESCUELA DE ARQUITECTURA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO  
Y ESTUDIOS URBANOS

**mase**

## RUIDO, AUTOPISTA Y VIVIENDA.

---

Confort Acústico en la Autopista Central para su manejo urbano y residencial.

POR VALENTINA HENRÍQUEZ MONTERO.

Tesis presentada a la Escuela de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica de Chile para optar al título profesional de Arquitectura con Magíster en Arquitectura Sustentable y Energía.

Profesores Guía:

Renato D' Alencon, Pilar García y María José Martínez

Enero del 2022.

Santiago de Chile.

© 2022 Valentina Henríquez Montero.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

## INDICE

RESUMEN .....	1	5 PROPUESTAS CONTROL DE RUIDO.....	53
1 INTRODUCCIÓN .....	2	5.1 COMPONENTES A ESCALA URBANA .....	53
1.1 EL PROBLEMA DEL RUIDO.....	3	5.2 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE LA VIVIENDA.....	57
1.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	6	5.3 GEOMETRÍAS EN FACHADA.....	64
1.3 HIPÓTESIS.....	6	6 PROPUESTAS EN TORNO AL RUIDO .....	66
1.4 OBJETIVOS.....	6	6.1 PROYECTO URBANO .....	66
1.5 METODOLOGÍA .....	7	6.2 PROYECTO EN VIVIENDA.....	71
2 RUIDO URBANO: AUTOPISTA CENTRAL.....	8	7 CONCLUSIONES .....	82
2.1 HISTORIA GENERAL DE LA AUTOPISTA CENTRAL.....	8	8 ANEXOS.....	83
2.2 ESCALAS Y SONIDO EN LA AUTOPISTA CENTRAL.....	11	8.1 CONCEPTOS GENERALES DE SONIDO.....	83
2.3 ANÁLISIS DE SOLUCIONES ACÚSTICAS .....	18	8.2 CARACTERIZACIÓN DEL RUIDO.....	84
3 RUIDO EN LA VIVIENDA: CASO DE ESTUDIO .....	20	8.3 ENCUESTA COMPLETA.....	85
3.1 CARACTERIZACIÓN ESPACIAL DE LA VIVIENDA.....	20	9 REFERENCIAS .....	89
3.2 ELABORACIÓN DE LA ENCUESTA .....	26		
3.3 ANÁLISIS SONORO IN SITU DE LA VIVIENDA.....	28		
3.4 ANÁLISIS RADIACIÓN DE LA VIVIENDA.....	41		
3.5 ANÁLISIS DE ILUMINACIÓN EN LA VIVIENDA.....	43		
4 ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	45		
4.1 RESULTADOS DE LA ENCUESTA .....	45		
4.2 SIMULACIÓN SONORA EN CONTEXTO .....	47		
4.3 SIMULACIÓN SONORA EN FACHADA .....	50		

## RESUMEN

El ruido, entendido como un sonido indeseable o molesto, fue estudiado en estructuras que debido a su morfología y función son una de las principales fuentes de ruido dentro de la ciudad, es decir, en las infraestructuras viales: carreteras, líneas de metro, calles, entre otros, en las que la fuente generadora de ruido proviene principalmente de la circulación de los vehículos a motor, los cuales de por sí generan sonido sobre los 80 dB. Por otro lado, se tiene como registro que los niveles de ruido generados por el metro se encuentran dentro de los más altos. *"Entre el transporte público, el metro tiene los niveles de ruido más altos: 87 dB (A). No existen diferencias entre los buses antiguos o "micros amarillos" y los del proyecto Transantiago."* (Platzer, Iñiguez, Cevo, & Ayala, 2007)

En consideración a esta variable, la siguiente investigación tiene como caso de estudio la Autopista Central en su parte hundida cercana a la estación de metro Santa Ana de Línea 2, donde hay sonidos sobre los 80 dB durante el día y sobre los 75 dB durante la noche, es decir, dentro de rangos inaceptables para la salud.

Teniendo esto en cuenta y lo perjudicial que puede llegar a ser el ruido constante en los seres humanos, se realizó una encuesta en los departamentos cercanos a la Autopista, donde la idea era obtener la percepción del usuario en torno al ruido. Sumado a ello, con la limitante de que solamente cinco voluntarios aceptaron realizar un estudio de ruido en sus departamentos, se midió espacialmente los departamentos de un edificio ubicado en frente de la Autopista Central, y el ruido que llegaba a los cuartos de estar teniendo la ventana abierta y, luego, cerrada.

Además, se realizaron diversos estudios del ruido, simulando su impacto en la fachada del mismo edificio mencionado anteriormente y las posibles maneras disminuirlo. De este modo, la presente investigación, pretende generar nuevas estrategias arquitectónicas a nivel de planimetría del edificio, es decir, en torno a la disposición de los recintos, obstrucciones en fachadas y estilo de vida general. Por otro lado, también se busca el manejo del ruido a nivel urbano, teniendo en cuenta a la Autopista Central como algo existente e identitario del lugar, por lo que, se pretende mejorar el entorno urbano con estrategias acústicas.

La conclusión que se obtuvo al realizar estos estudios dio cuenta de la importancia de comparar las mediciones cuantitativas con la perspectiva de los residentes de modo cualitativo, ya que se mostraron claves del entendimiento general del caso de estudio, tal como el caso del sonido nocturno, el cual pese a tener menor intensidad sonora en el Mapa de Ruido de Santiago, tiene una percepción que genera molestias y problemas para dormir. Es así, que el manejo del ruido se da al generar un espesor, esto a nivel urbano, con propuestas de distanciamientos del foco del ruido y masas de tierra a modo de parque, y a nivel de vivienda, con intervenciones en fachadas con distintas inclinaciones y colocando conductos, instalaciones, electrodomésticos, entre otros, en esta, a modo de aprovechar el espacio y posibles usos.

**Palabras claves:** *Sonido en Fachadas - Acústica Urbana - Vivienda Contemporánea - Sonido y Ruido - Sonido en Infraestructuras Viales.*

---

## 1 INTRODUCCIÓN

Los sonidos dentro de la ciudad son cada vez mayores, sobre todo, en infraestructuras viales que son caracterizadas como las principales generadoras de ruido, por lo que el estudio de la acústica urbana es relevante para saber cuáles son las formas, porosidades, materiales, entre otros, con los que se puede intervenir dentro de la ciudad para el manejo del ruido, y con ellos poder mejorar diversos espacios.

Además, la percepción del sonido se hace importante a la hora de comprenderlo, ya que, ciertos usuarios pueden o no acostumbrarse a ciertos niveles de ruido o sentir que no es un impedimento para realizar su vida cotidiana. Es así también, que muchos de estos usuarios también logran percibir sonidos agradables ocultos en la ciudad, tales como sonidos del viento, pájaros, agua, entre otros, los cuales son beneficiosos para la salud *"Nuestro metaanálisis indicó que los sonidos del agua tenían el mayor efecto sobre la salud y resultados afectivos positivos, mientras que sonidos de los pájaros tuvo el mayor efecto en aliviar el estrés y la molestia, y ambos sonidos fueron audibles >23% del tiempo en la grabación del parque sitios"* (Buxton, Pearson, Allou, Fristrup, & Wittemyer, 2020).

En este punto, cabe cuestionar el rol del arquitecto en torno a este problema y las posibles intervenciones que pueden surgir al respecto, puesto que la forma de los edificios influye tanto en el interior como en el exterior, por la manera en que se redirigen y absorben los sonidos en ellos. Algunas de las propuestas han sido fachadas vibratorias para contrarrestar los ruidos con el fenómeno de la interferencia, también está

el estudio del paisaje sonoro o "soundscape", donde por ejemplo, Fowler ha estudiado la geometría y posicionamiento de los materiales para la recreación de sonidos agradables y la investigadora Jordan Lacey ha hecho intervenciones donde convierte el ruido del tráfico en una experiencia musical *"ella cree que es importante tener "instalaciones arquitectónicas auditivas", dentro de las ciudades para crear una red de "rupturas sónicas", lugares donde la tecnología y el paisajismo transformen los ruidos urbanos en silencio, para que uno pueda tomarse un descanso"* (BBC News Mundo, 2019)

Es así como varios sonidos interactúan en el entorno urbano, sin embargo, es necesario tener en cuenta la manera en que tanto los sonidos urbanos como los sonidos naturales se manejan y disponen. Es por ello, que la investigación se centra en el estudio del ruido en la Autopista Central, específicamente en su parte hundida cercana a la Estación de metro Santa Ana, con su contexto inmediato, es decir, los edificios de vivienda ubicados en el borde. La propuesta incluye una intervención sobre la Autopista Central, a modo de atenuar la cantidad de ruido proveniente de su tráfico, junto con ello, se analizará un edificio de vivienda construido después de la construcción de la autopista, a modo de analizar la composición interior, y proponer nuevas formas de organización para atenuación de ruido sumado a una intervención en fachada.

## 1.1 EL PROBLEMA DEL RUIDO

En los últimos años las ciudades han incrementado su tamaño y con ello el sonido y/o ruido en su interior. Murray Schafer, estudioso del paisaje sonoro, en 1969 comparó los diversos ruidos predominantes en distintas épocas (ver Fig. 1), donde en las culturas primitivas los sonidos predominantes eran los naturales, ocupando un 69% al compararlo con los sonidos humanos, y los sonidos de herramientas y la tecnología, en la actualidad, los sonidos predominantes los ocupan las herramientas y la tecnología con un 68%. Es así como notamos que el crecimiento urbano trajo consigo la construcción de infraestructuras viales donde se concentra la mayor parte del ruido, esto debido tanto al sonido de los vehículos que pasan y sus bocinas, o en el caso de infraestructuras públicas como el metro, el mismo ruido que genera el recorrido del metro por los rieles, y no sólo esto, según la OMS, estos ruidos, junto con la industria y el comercio, son a los que estamos mayor cantidad expuestos.

	Sonidos naturales	Sonidos humanos	Los sonidos de herramientas y la tecnología
Culturas primitivas	69 %	26 %	5 %
Culturas medieval, renacentista y pre-industrial	34 %	52 %	14 %
Culturas post-industriales	9 %	25 %	66 %
Actualmente	6 %	26 %	68 %

Fig. 1. Evolución de los índices de la presencia de Sonido. Fuente: Murray Schafer, 1969.

El ruido, conocido como “el contaminante invisible”, es considerado un sonido desagradable, molesto o indeseado, “Desde el punto de vista físico, un ruido es una mezcla compleja de sonidos de varias frecuencias y en general se distinguen: los ruidos estacionarios, que prácticamente no tienen fluctuaciones en función del tiempo, y los ruidos no estacionarios, que presentan fluctuaciones más o menos fuertes” (Acústica Integral, 2021). Para la OMS el ruido es cualquier sonido sobre 65 dB en el día y sobre 55 dB en la noche, donde cabe señalar que “es barato de producir y necesita muy poca energía para ser emitido, es complejo de medir y cuantificar, no deja residuos, se apaga la fuente de ruido, se acaba el ruido, no tiene un efecto acumulativo en el medio, pero puede tener un efecto acumulativo en sus efectos en la salud, tiene un radio de acción mucho menor que otros contaminantes, es decir, es localizado, se percibe sólo por un sentido: el oído, lo cual hace subestimar su efecto. Esto no sucede con el agua, por ejemplo, donde la contaminación se puede percibir por su aspecto, olor y sabor.” (Ministerio del Medio Ambiente, 2018)

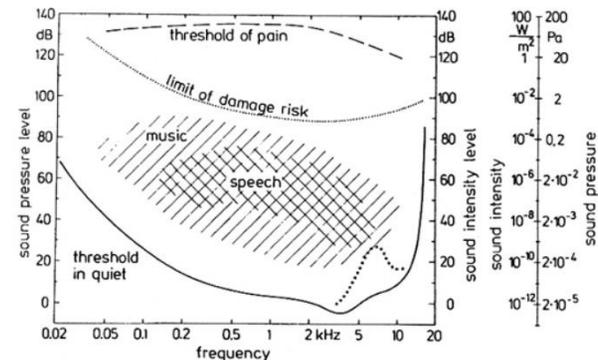


Fig. 2. Umbrales de la audición respecto a la intensidad sonora y la frecuencia. Fuente: E. Zwicker; H. Fastl: Psychoacoustics. Facts and models.

Se ha estudiado que la contaminación acústica genera trastornos del sueño, problemas cardiovasculares, incremento de la irritabilidad, deterioro auditivo, etc. (ver Fig. 3) Para tener en cuenta, el rango auditivo del ser humano empieza en los 0dB, donde a los 85dB empieza a ser incómodo y peligroso, donde a los 120dB empieza el umbral del dolor; los ruidos molestos empiezan en los 75 Decibeles y el estar expuesto a 85 Decibeles durante 8 horas, puede generar daños auditivos.

Es así como el ruido del tráfico intenso alcanza entre aproximadamente 80-100 Decibeles, lo cual es considerado muy ruidoso "De igual forma, la Organisation for Economic Co-operation and Development OECD-, considera que 130 millones de personas se encuentran expuestas a un ambiente sonoro superior a 65 dB (decibeles).

Las estimaciones de estas organizaciones muestran que 300 millones de personas en todo el mundo siente incomodidad acústica, es decir, están expuestas a niveles sonoros entre 55 y 65 dB (decibeles). Estas mismas organizaciones han estimado que la incomodidad sonora proviene en un 80% de los vehículos de motor y que el ruido por tráfico urbano es una de las mayores molestias en todo el mundo". (Sandoval, 2005)

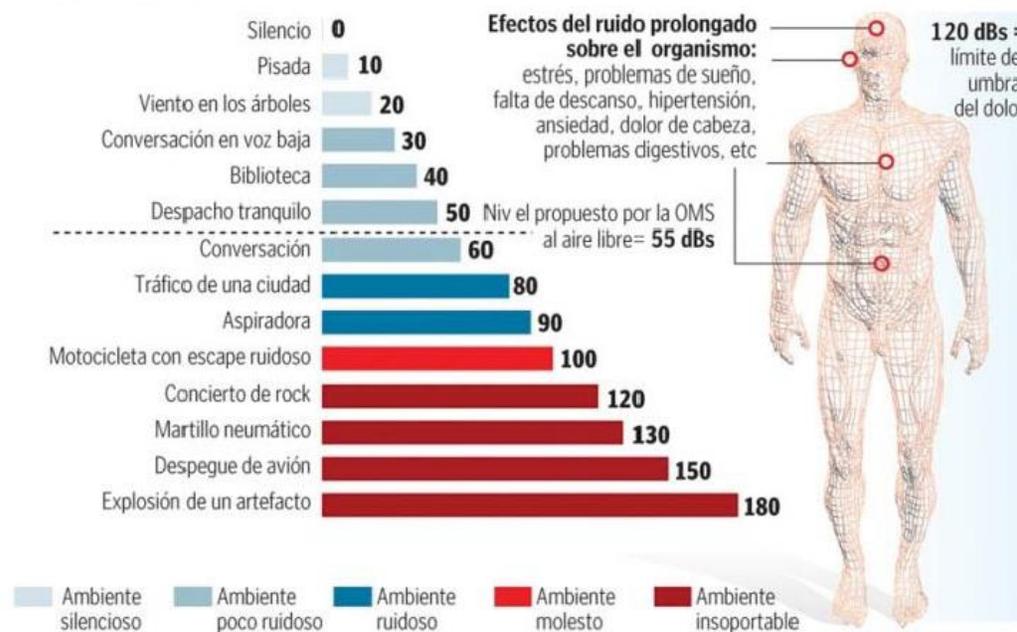


Fig. 3. Umbrales de escucha y comparación con fuentes cotidianas. Fuente: Instituto Botanical.



Fig. 4. Acercamiento al Mapa de Ruido de Santiago, 2016. A la izquierda se muestra el ruido diurno y a la derecha el ruido nocturno. Fuente: Red de Monitoreo, Gobierno de Chile.

---

Además, es posible notar el problema en las vías de tránsito, ya que, al analizar el mapa de Ruido de Santiago (ver Fig. 4), se observa que los sonidos sobre 80 dB provienen de avenidas principales y autopistas, contrario a espacios con áreas verdes, que están bajo los 45 dB *“el Ministerio del Medio Ambiente genera diagnósticos sobre ruido ambiental a través de la línea de trabajo denominada mapas de ruido, los cuales han sido elaborados para distintas ciudades del país y para la Ruta 5. Así, conforme a lo indicado en el Capítulo 12 del Informe del Estado del Medio Ambiente<sup>1</sup>, se ha estimado que en el Gran Santiago Urbano aproximadamente 1.440.000 personas están expuestas a altos niveles de ruido en el periodo nocturno, de las cuales 400.000 personas sufren alta alteración del sueño. También se estima que el 3,7% de las enfermedades isquémicas son atribuibles a la exposición del ruido ambiental”*. (Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2021)

## 1.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Qué estrategias son necesarias para la comprensión y el manejo del ruido en edificios residenciales?

¿Cómo debe ser la configuración de espacios interiores de una vivienda para poder disminuir el ruido molesto proveniente de la Autopista?

¿Qué formas arquitectónicas en fachada puede ayudar a manejar el ruido?

## 1.3 HIPÓTESIS

La presente tesis propone que, al estudiar el Ruido, en su cuantificación en Decibeles y Frecuencia, del tramo hundido de la Autopista Central junto a la percepción de los usuarios que viven en edificios aledaños, se encontrarán claves para su manejo. Por lo que, a través de geometrías, materialidades, porosidades, entre otros, que permitan que el sonido sea reflejado, absorbido o difundido según se requiera, se desea generar espacios, que ayuden a manejar la acústica urbana, y de esta manera de mejorar tanto el modo en que impacta en fachadas como en el espacio público.

Además, al proponer un nuevo orden de recintos en planta de departamentos tipo, es posible la disminución de ruido y la calidad de vida dentro de las viviendas.

## 1.4 OBJETIVOS

Estudiar, analizar y comprender las características del sonido en la Autopista Central junto con la influencia del contexto que la rodea.

Realizar un mapa de Ruido de la percepción de los residentes, para poder comprender desde los usuarios la molestia real en torno a este problema.

Mediciones de sonido en el interior de los departamentos cercanos a la Estación de medición del ruido.

Evaluar distintas opciones de celosías en los edificios escogidos dentro de las características del sitio.

---

## 1.5 METODOLOGÍA

El objeto es la Autopista Central en sus diversos tramos, dando énfasis a su parte hundida, por lo que, se propone estudiar de modo cuantitativo los datos obtenidos por la Red de Monitoreo de Ruido en la Autopista Central, para así compararlos con datos cualitativos de los residentes de los edificios cercanos a la Estación.

Así mismo, se levantarán los datos de Intensidad Sonora (dB) y Tono (Hz) en los departamentos de un edificio ubicado mirando hacia la autopista. Esto será medido diversas horas del día, entre 2pm hasta 7pm, en distintos niveles del edificio según la disponibilidad de los usuarios para realizar el estudio, donde cada departamento será medido con la ventana abierta y luego con la ventana cerrada, para así establecer una comparación del fenómeno sonoro.

Posterior a la comprensión de los sonidos según las características de la vivienda, se propone explorar la modificación de la planta a modo de que la disposición de los recintos e incorporar distintos elementos en fachada que ayuden a la disminución del ruido. Así, se busca que la autopista, el entorno cercano, la envolvente y el interior de la edificación del borde, puedan interactuar de manera saludable. De este modo, también se proponen tanto modelos digitales como modelos físicos, para comprender mejor el sonido y la incidencia, sumado a modelos lumínicos, para que así las estrategias en fachadas no dificulten de sobremanera la entrada de luz.

## 2 RUIDO URBANO: AUTOPISTA CENTRAL

### 2.1 HISTORIA GENERAL DE LA AUTOPISTA CENTRAL

Para el estudio del Ruido urbano se seleccionó como caso de estudio de la Autopista Central (Fig. 5), en específico en su tramo hundido, tomado los alrededores de la estación Santa Ana de Línea 2 del Metro de Santiago de Chile.

De esta manera, se investigó características específicas en el lugar, donde las fuentes de sonido se encuentran tanto en la autopista y recorrido del metro, la cual es una zona que está hundida, como también a nivel de calle, en donde hay dos avenidas tanto al oriente y el poniente. Esta composición finaliza con un contexto edificado de fachadas tanto altas como bajas, siendo en su mayoría pertenecientes a manzanas densificadas.

Respecto a la historia del lugar, la autopista surge en el siglo XX como parte de las estrategias tras el crecimiento de Santiago, donde parte de la urbanización fue la densificación y la expansión de las redes de transporte. *"La necesidad de construir un eje que atravesara Santiago de norte a sur data de los años 30. Era una forma de unificar el tráfico nacional, regional y local. Casi 70 años después, y con una autopista que cruza enterrada ese eje en 41 kilómetros a cielo abierto, el objetivo pareciera cumplido. Sin embargo, para muchos se convirtió en la denominada "Herida Urbana" que partió la ciudad de Santiago en dos, generando dispar desarrollo urbano y condiciones sociales distintas."* (Schmidt, 2011)



**Fig. 5.** Recorte de tramo de Autopista Central y Cortes de la Autopista Central. Fuente: Tesis de Doctorado "Desde la Avenida Norte Sur a la Autopista Central: Estudio crítico del eje norte sur de la ciudad de Santiago", Danilo Lagos.

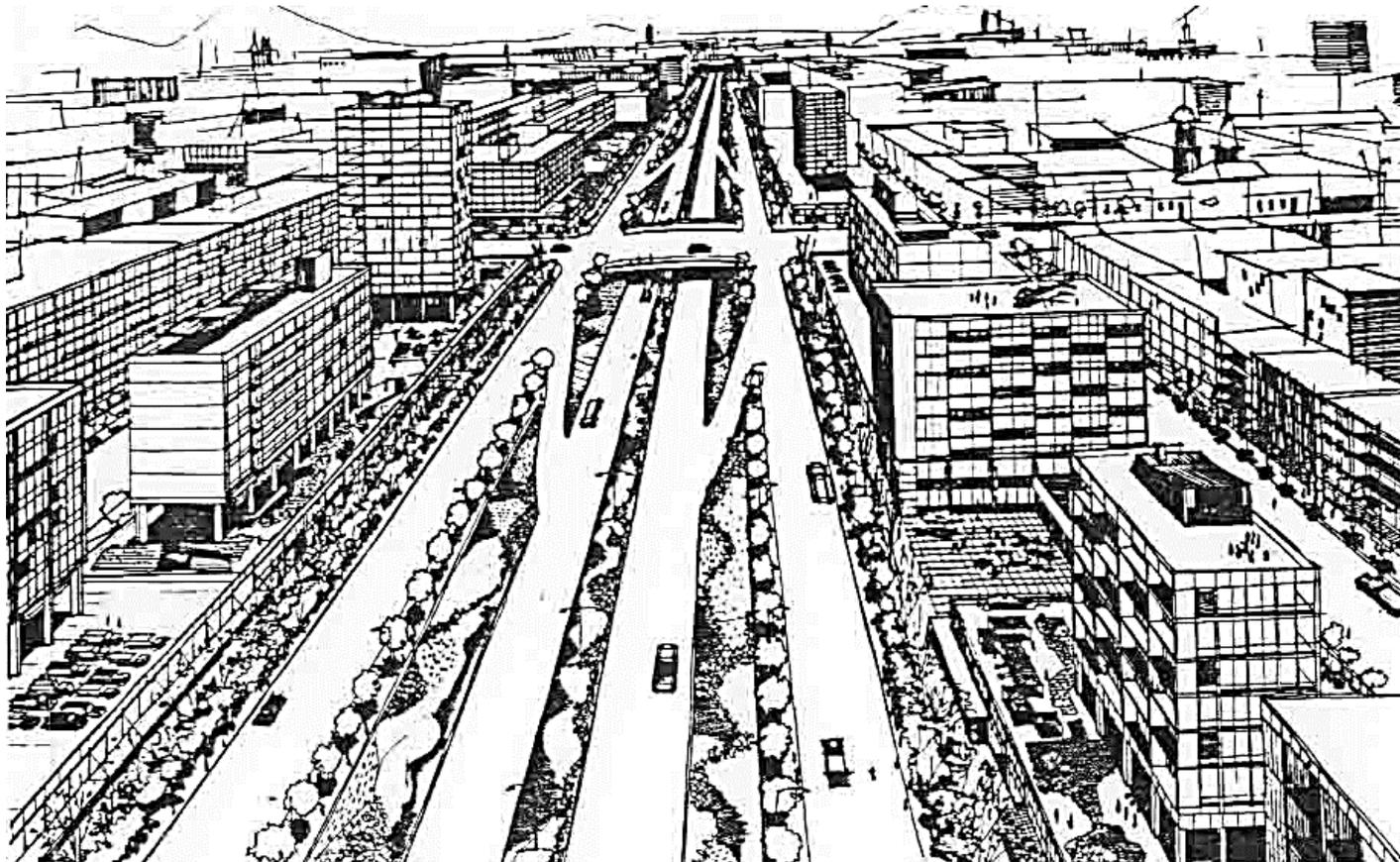
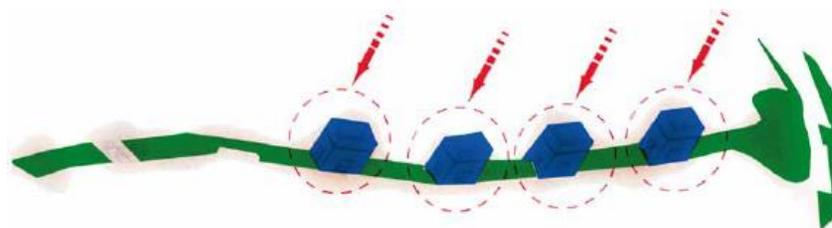


Fig. 6. Dibujo de Carlos Martner, 1959. Avenida Norte-Sur en el sector de la calle Manuel Rodríguez de Santiago. Fuente: Revista ARQUITECTURA, Dirección de Arquitectura MOP, Stgo. de Chile, primer semestre de 1959, Sección Noticias

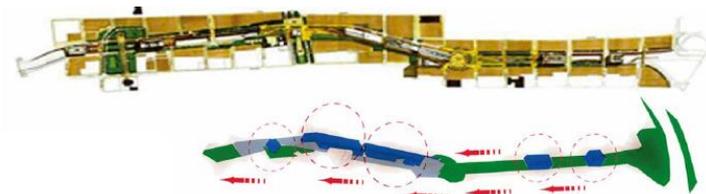
En un principio las propuestas sobre el sitio, es decir, previo a la construcción de la autopista, se observaba las influencias de la Arquitectura Moderna en el sitio, en un afán de avanzar en temas urbanos en torno al automóvil y volver más eficiente los flujos en la ciudad (ver Fig. 6). Sin embargo, hoy en día, la construcción de esta autopista se ve como algo negativo debido a que, aparte de ser un gran generador de ruido urbano, se ve como un límite y separador de la ciudad, donde muchas de las propuestas sobre su parte hundida, van por cubrir completamente el sitio.



**Fig. 7:** Centro de negocios de Santiago Siglo XXI, Boza, 1990. Fuente: "Parque Urbano sobre Autopista Norte-sur. Estación Metro Santa Ana. Santiago", Fernando Schmidt Barriga.

Existen muchos proyectos que juegan con cubrir la autopista y convertirla en áreas verdes, como también propuestas de nuevos centros de oficinas. Por mencionar algunos, son el "Centro de negocios de Santiago Siglo XXI, Boza, 1990" que propone la creación de cuatro torres de treinta pisos cada una, donde los programas del primer piso sean comerciales y los otros de oficina (ver Fig. 7), otro es "Terraza para Santiago Metropolitano, 1991" que propone un corredor con equipamientos tanto de hoteles y oficinas junto con cubrir parcialmente la superficie con edificios comerciales y, por último, "Propuesta Oficina Urbe, 2010", que plantea una

intervención de plan maestro y paisajismo que contempla cubrir la autopista (ver Fig. 8) La gran parte de estos proyectos contemplan reconstruir y cubrir la autopista, sin contemplar que de alguna forma este elemento ya está integrado en la ciudad y de alguna forma se ha vuelto identitario, por lo que, además de solucionar el problema urbano que identifica la autopista como un límite, la idea también es proponer el problema a través del sonido, que es uno de los principales temas que vuelven este sitio poco saludable para el bienestar humano.



**Fig. 8.** Propuesta Oficina Urbe, 2010. Fuente: "Parque Urbano sobre Autopista Norte-sur. Estación Metro Santa Ana. Santiago", Fernando Schmidt Barriga.

---

## 2.2 ESCALAS Y SONIDO EN LA AUTOPISTA CENTRAL

Más allá del estudio general de la Autopista Central, se tiene en consideración el tramo hundido, donde cerca de la zona de estudio este tramo abarca aproximadamente 1,4 kilómetros de recorrido. En este sentido, se debe considerar las diversas escalas del contexto mirando desde la Autopista Central, donde se pueden encontrar en su gran mayoría manzanas densificadas en las que el principal uso es vivienda (ver Fig. 9)

Es así, que, de alguna manera, al haber un contexto mayormente residencial se debe considerar esto como un "habitar" la autopista (ver Fig. 10) y lo que esto implica para la calidad de vida de los residentes implicados. Dentro de este punto, una de las residentes del Edificio ubicado en Manuel Rodríguez 308 dio a conocer que por parte del municipio se colocaban termo panel para evitar el ruido del tráfico en edificios construidos después de la Autopista Central, sin embargo, en el que ella vive no lo hacen pues está construido después de la inauguración de esta, por ello, cabe decir que el problema del ruido sigue estando presente y sin ser solucionado dentro de las nuevas edificaciones.

Por ello, que el problema del ruido debe ser visto en tres escalas: la primera vendría siendo la Escala Urbana, la cual implica el comportamiento del ruido según la manera en que la manzana está distribuida, la segunda vendría siendo el comportamiento del ruido según la altura, orientación y forma de los edificios y la tercera, y última, vendría siendo la composición de la fachada misma, y las características acústicas que se pueden generar por esta misma.



Fig. 9. Planimetría del Contexto Urbano de la Autopista Central. Fuente: Elaboración propia a partir plano base de la Comuna de Santiago.



Fig. 10. Fotografía de Autopista Central mirando a Pasarela Huérfanos.  
Fuente: Fotografía propia a partir de Dron.

---

De este modo, se logró observar distintas situaciones del tramo hundido de la autopista central en general, la cual analizada en corte muestra cómo el comportamiento cambia al modificar ciertos parámetros.

En las figuras 11 y 12, se observa la Autopista Central en su intersección con calle Huérfanos, donde para analizar el sonido proveniente en específico de la autopista, se ubicaron tres fuentes representativas, es decir, autos a los bordes y el sonido del metro en el centro. En el caso del corte mostrado, se observa que hay más reflexiones de sonido con el edificio más alto a diferencia del lado contrario, donde el edificio es más bajo.

En las figuras 13 y 14, se observa la Autopista Central en su intersección al norte de la calle Alameda, donde a diferencia del tramo que intercepta la calle Huérfanos, la zona hundida se encuentra en diagonal y abierta, dando espacio para que el sonido rebote en los edificios que son más bajo que en el caso anterior.

En las figuras 15 y 16, se observa la Autopista Central en su intersección en Metro Toesca, donde a diferencia de los tramos mencionados anteriormente, la estación se encuentra cerrada al exterior, por lo que, el sonido fue analizado ubicando dos fuentes de sonido proveniente de los automóviles en la autopista. En este caso se observa que la estación hace que el sonido rebote hasta llegar a los edificios del borde, generando así mayor ruido reflejado.

En las figuras 17 y 18, se observa la Autopista Central en su intersección en Escuela Militar, donde dentro del corte analizado, solamente se pasó por el edificio más cercano, por lo que el sonido solamente rebotó en el suelo del contexto, sin embargo, en la fachada se reflejó una sola vez, dispersándose completamente, además, cabe mencionar, que en este tramo la topografía de la autopista no estaba menos hundida que los casos analizados anteriormente, es decir, el sonido desde las fuentes, pasó prácticamente directo a la fachada del borde.

Es así, que, observando estas diversas situaciones dentro del mismo tramo hundido de la Autopista, se pueden obtener diversos comportamientos del sonido. Hay que considerar que las fuentes sonoras son representativas y consideradas solamente de la parte hundida del contexto, puesto que el sonido en esta zona es aún mayor al representado con mayores fuentes sonoras, aun así, se puede lograr comprender cómo la disposición de los edificios en la manzana y sus alturas, pueden influir en las reflexiones del sonido.

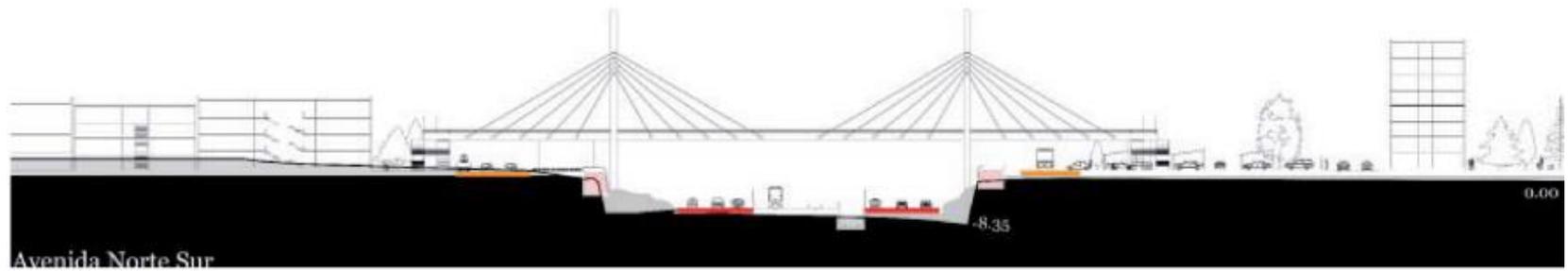


Fig. 11. Autopista intersección con Calle huérfanos. Fuente: Tesis de Doctorado "Desde la Avenida Norte Sur a la Autopista Central: Estudio crítico del eje norte sur de la ciudad de Santiago", Danilo Lagos.

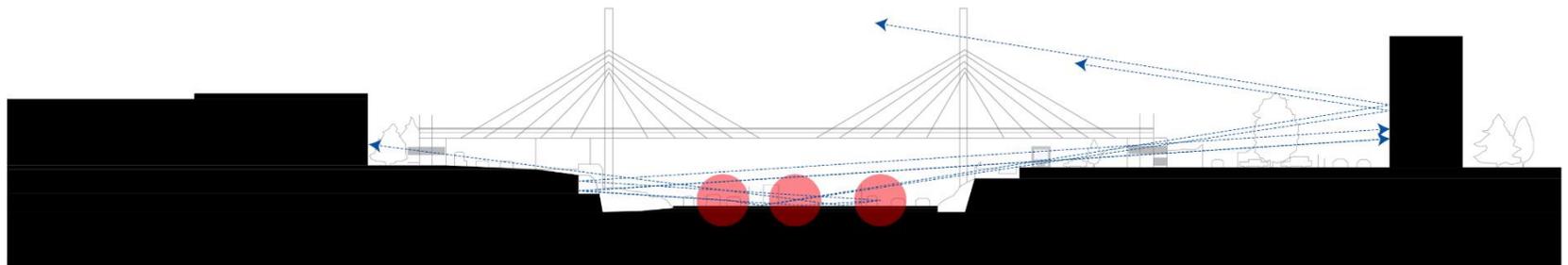


Fig. 12. Análisis de la reflexión del sonido (color azul) proveniente en tres fuentes representativas (color rojo), dos autos y metro. Fuente: Elaboración propia a partir de Software Esquissos.

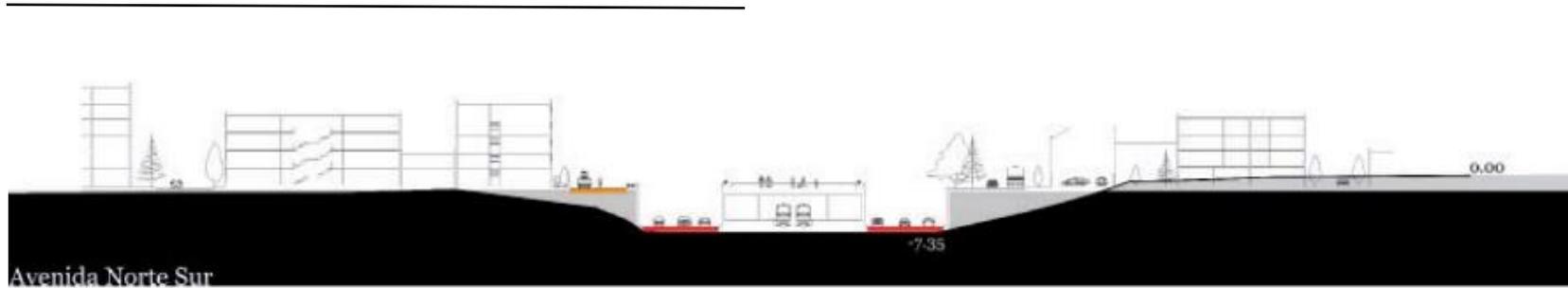


Fig. 13. Autopista intersección al norte de la calle Alameda. Fuente: Tesis de Doctorado "Desde la Avenida Norte Sur a la Autopista Central: Estudio crítico del eje norte sur de la ciudad de Santiago", Danilo Lagos.

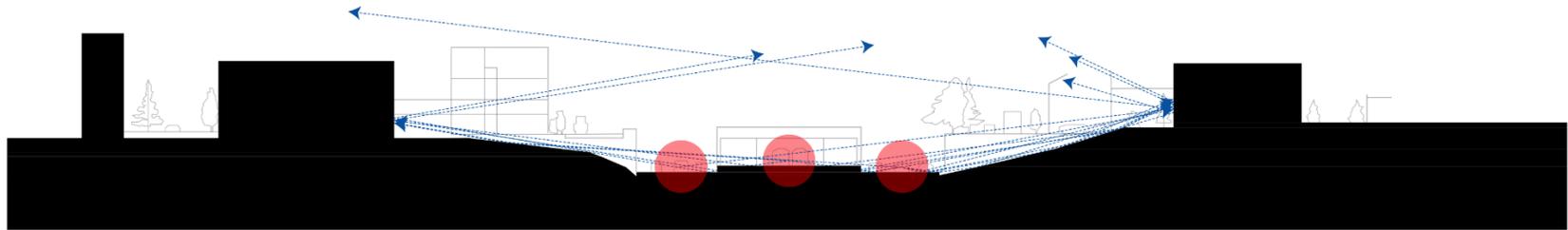


Fig. 14. Análisis de la reflexión del sonido (color azul) proveniente en tres fuentes representativas (color rojo), dos autos y metro. Fuente: Elaboración propia a partir de Software Esquissons.

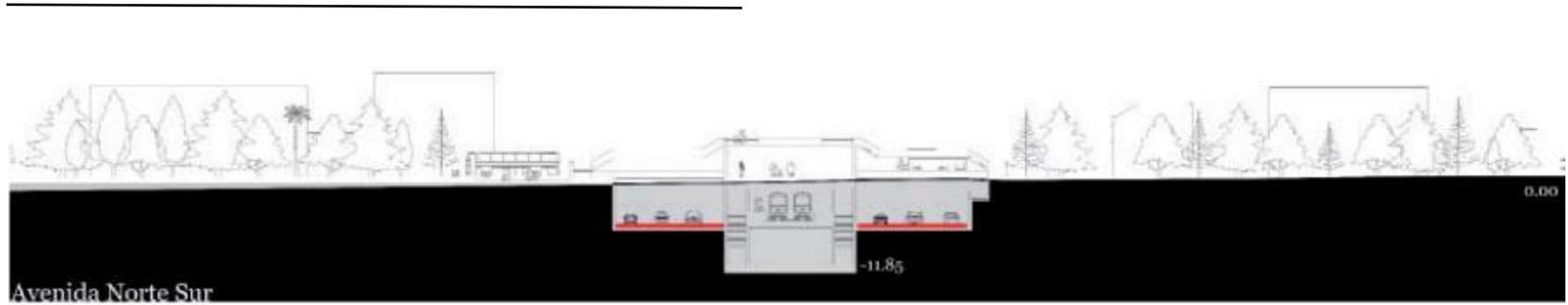


Fig. 15. Autopista intersección en Metro Toesca. Fuente: Tesis de Doctorado "Desde la Avenida Norte Sur a la Autopista Central: Estudio crítico del eje norte sur de la ciudad de Santiago", Danilo Lagos.

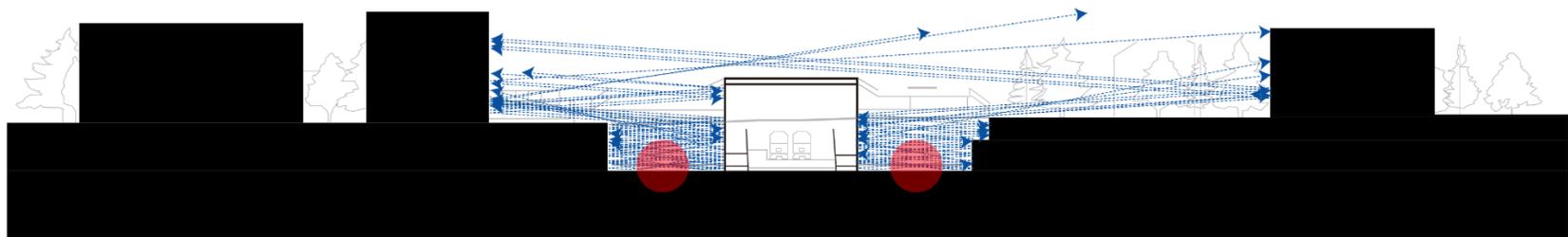


Fig. 16. Análisis de la reflexión del sonido (color azul) proveniente en dos fuentes representativas (color rojo), es decir, dos autos. Fuente: Elaboración propia a partir de Software Esquissos.

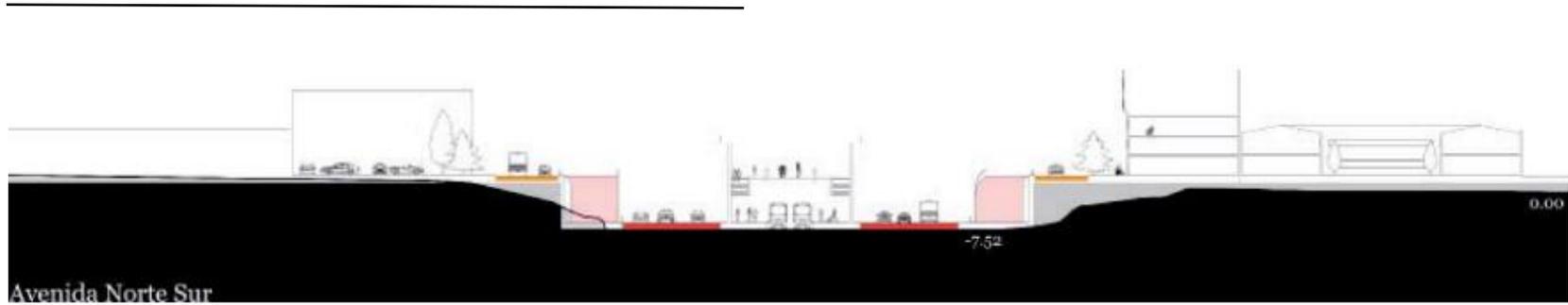


Fig. 17. Autopista intersección en Escuela Militar. Fuente: Tesis de Doctorado "Desde la Avenida Norte Sur a la Autopista Central: Estudio crítico del eje norte sur de la ciudad de Santiago", Danilo Lagos.

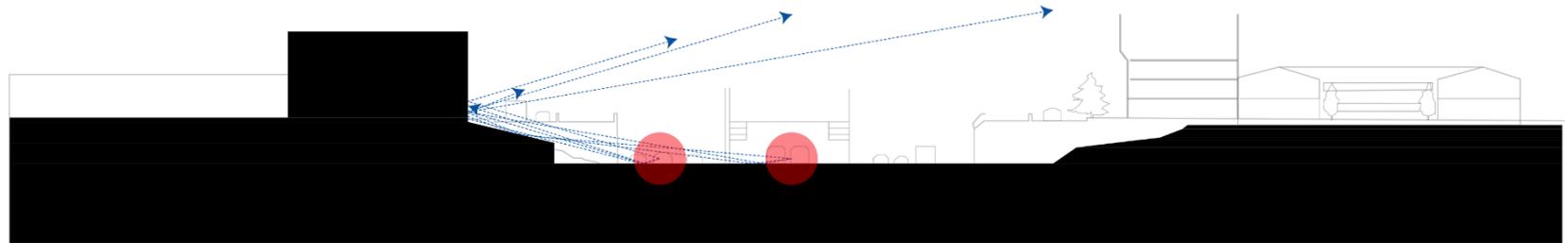


Fig. 18. Análisis de la reflexión del sonido (color azul) proveniente en dos fuentes representativas (color rojo), un auto y metro. Fuente: Elaboración propia a partir de Software Esquissons.

## 2.3 ANÁLISIS DE SOLUCIONES ACÚSTICAS

Dentro de las diversas estrategias acústicas que se pueden utilizar para manejar y disminuir el ruido urbano, son la Absorción del Sonido, que depende material que se utilice y la Difusión, que busca que las ondas sonoras se dispersen para disminuir la reverberación y la potencia.

Es así, que una de las posibilidades que se tienen para el manejo del ruido a nivel urbano son agregar masa de tierra (ver Fig. 19), puesto que la tierra tiene mayor capacidad de absorción del sonido que el actual suelo de hormigón (ver Fig. 20), dónde, además, estas masas de tierra funcionan de por si como barreras visuales permitiendo a los peatones transitar sin preocuparse del tránsito vehicular. Por otro lado, cabe mencionar que, en estas masas de tierra, es posible incluir vegetación por lo que, complementarían a esta barrera como un amortiguador natural.

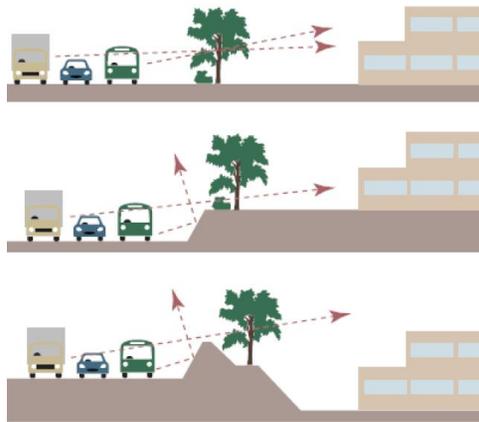


Fig. 19. Barreras acústicas naturales. Fuente: Análisis de factores de confort acústico y su relación con variables de ventilación de entrada en aulas de instituciones educativas ubicadas en ciudades de clima tropical (caso de estudio Medellín), Jeiser Rendón Giraldo.

Coeficientes de Absorción Acústica				
Nombre del Material	Bandas de Frecuencia [Hz]			
	250	500	1000	2000
Grava, suelo flojo y húmedo	0,6	0,65	0,7	0,75
Hormigón, Bloques	0,45	0,3	0,25	0,4
Hormigón Normal	0,012	0,02	0,02	0,023

Fig. 20. Comparación de coeficientes de Absorción Acústica, tomando en cuenta que la situación actual del borde la autopista tiene una materialidad de hormigón, y que, al poner masas de tierra, la materialidad cambia a una parecida a la grava o suelo flojo. Fuente: Reelaboración a partir de Portal de Sonido en <https://www.bunker-audio.com/bunker-audio-portal-sonido-documentos.php?id=3>

Otras posibilidades son las pantallas acústicas (ver Fig. 21 y 22), ya que la mayoría de las fachadas ubicadas en el sitio presentan materiales que reflejan el ruido, por lo tanto, además de apuntar a materiales absorbentes en las fachadas, es posible proponer pantallas acústicas, en específico en las paredes de la autopista en su tramo hundido, puesto que así, con los materiales y formas de estas pantallas, se puede prevenir la reflexión del sonido.



Fig. 21. Pantallas acústicas Fuente: Poder informativo en <https://www.poderinformativo.mx/2020/05/28/avanza-obra-de-muro-anti-ruido-en-las-brisas/>



Fig. 22. Pantallas acústicas Fuente: Evaluación de la pérdida de inserción de una barrera acústica aplicada en un proyecto lineal, Esteban Olmos, 2002.

Otra de las estrategias que se pueden utilizar para la atenuación de ruido urbano en el contexto, es la posibilidad de incorporar agua, o sonidos agradables en el ambiente, puesto que estos pueden contrarrestar sonidos molestos en la zona que se encuentren, sin embargo, este tipo de estrategia debe ser acompañada con una de disminución del ruido del tránsito vehicular, puesto que al aplicarla de forma aislada sólo agregaría más sonido al ambiente, sin una disminución real.

En este sentido, esta estrategia puede ser acompañada de una intervención con zonas verdes, donde las masas de tierra y vegetación amortiguan el ruido y se complementen con el sonido del agua (ver Fig. 23) “Los sonidos del agua no solo pueden enmascarar el ruido, sino que también aumentar la agradabilidad y la percepción positiva del espacio verde urbano. El canto de los pájaros también es un componente generalizado de la naturaleza experiencias y puede restaurar la atención, mejorar el estado de ánimo, disminuir estrés percibido, y aumentar la familiaridad y el agrado de un paisaje sonoro. Nuestro análisis mostró que la exposición a sonidos

naturales ofrece beneficios para la salud en comparación con la exposición al ruido.” (Buxton, Pearson, Allou, Fristrup, & Wittemyer, 2020)

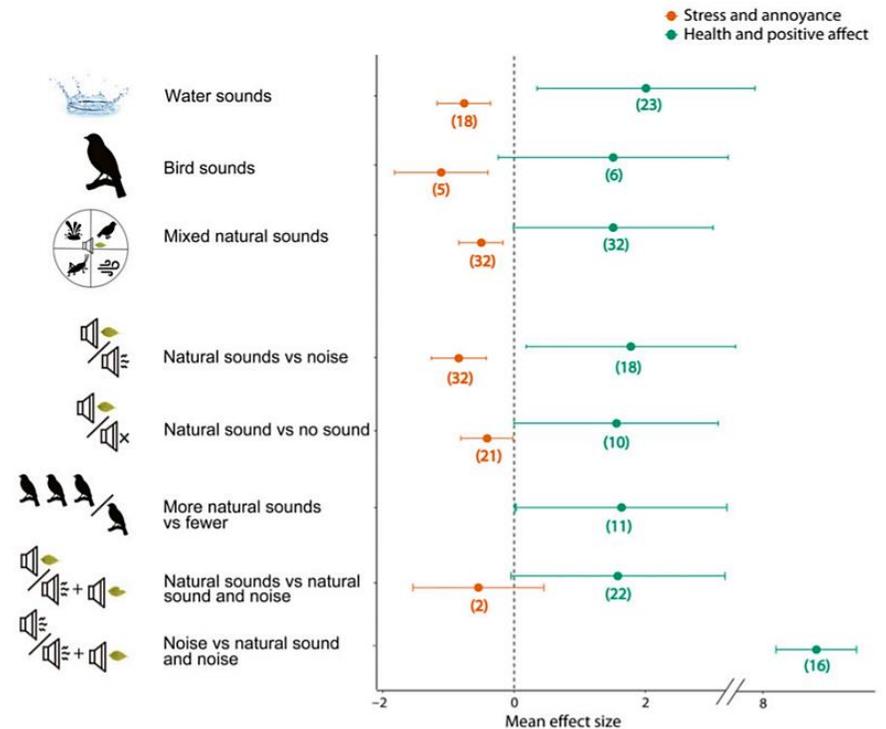


Fig. 23. Ponderación del efecto del sonido natural sobre la salud. Fuente: “A synthesis of health benefits of natural sounds and their distribution in national parks”, Proceedings of the National Academy of Sciences.

### 3 RUIDO EN LA VIVIENDA: CASO DE ESTUDIO

#### 3.1 CARACTERIZACIÓN ESPACIAL DE LA VIVIENDA

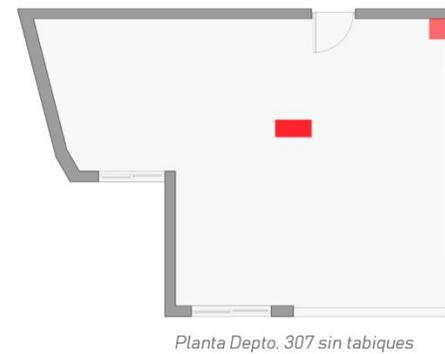
Para entender el problema del ruido en las viviendas ubicadas en el borde de la Autopista Central, fue necesario estudiar los departamentos desde el interior y así obtener datos exactos en Decibeles [dB] y Frecuencia [Hz]. Para ello, fue necesario contactar a la administración de edificios cercanos a la Autopista Central cercano a la Estación de Metro Santa Ana Línea 2 (ver Fig. 25). En este punto, la limitante fue que los residentes aceptaran que sus viviendas fueran medidas desde el interior tanto en espacialidad, con identificación de recintos, tabiques y muros, sumado la medición del sonido (Decibeles y Frecuencia). Por lo tanto, dentro de los diferentes edificios, solamente fue posible estudiar a cabalidad el que está ubicado en Manuel Rodríguez 308, pues cinco de los departamentos que fueron estudiados, justamente se encontraban en el borde que mira a la Autopista mirando hacia el Oriente. Estos departamentos estaban a diversas alturas, uno en el segundo piso, otro en el tercero, dos en el séptimo, uno en el octavo y otro en el piso dieciséis, sin embargo, estas tipologías se ordenan de la misma manera (ver Fig. 24).



Fig. 24. Departamentos que miran hacia la Autopista Central, en edificio ubicado en Manuel Rodríguez 308. Fuente: Elaboración propia,



Fig. 25. Fotografías de distintas fachadas del contexto estudiado. Fuente: Elaboración propia a través de un dron.



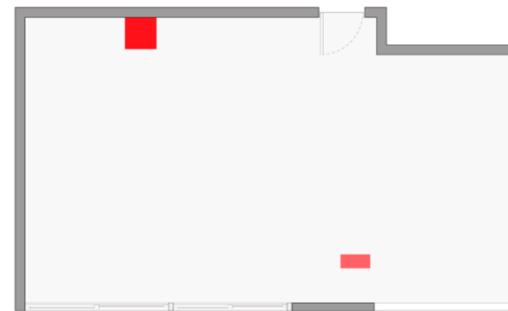
■ Shaft Baño ■ Shaft Cocina

Empezando desde el departamento del piso más bajo (ver Fig. 26), es decir, en el tercer piso, se puede decir que este consiste en dos habitaciones, un baño, un balcón, living-comedor y cocina americana. El usuario que habita este departamento vive solo, por lo que, la habitación más pequeña la usa como una bodega. En la habitación principal, existen dos armarios, uno pequeño y otro más grande. En cuanto a la circulación, esta es directa debido al tamaño del departamento, por lo que pasa y forma parte de la cocina y parte del living-comedor. La ventana del balcón está constantemente abierta porque hay mascotas.

**Fig. 26.** Planimetría del departamento 307 del Edificio ubicado en Manuel Rodríguez 308, desglosada en el área de los distintos recintos. Fuente: Elaboración propia.



Planta Depto. 704

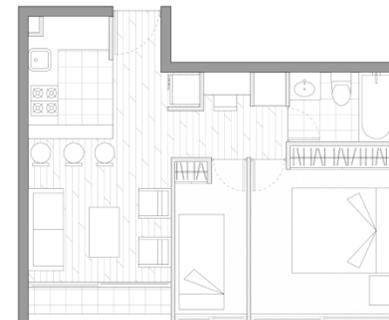


Planta Depto. 704 sin tabiques

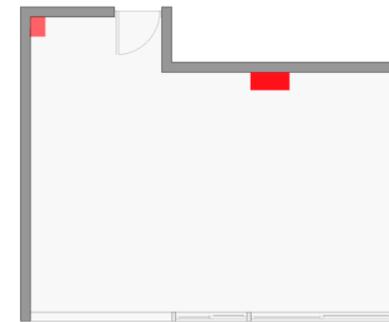
■ Shaft Baño ■ Shaft Cocina

El departamento ubicado en el piso siete (ver Fig. 27), consiste en dos habitaciones, dos baños, una cocina, una logia, un balcón y un living-comedor. La circulación de este departamento incluye en su entrada un escritorio. Aquí, los usuarios consistían en una familia constituida por dos adultos y un niño, por lo que, las habitaciones eran utilizadas como tal. Y, por último, el escritorio ubicado en la entrada no es utilizado para ese fin, pues sólo se usa para dejar objetos como llaves, cuentas, entre otros.

Fig. 27. Planimetría del departamento 704 del Edificio ubicado en Manuel Rodríguez 308, desglosada en el área de los distintos recintos. Fuente: Elaboración propia.



Planta Depto. 705

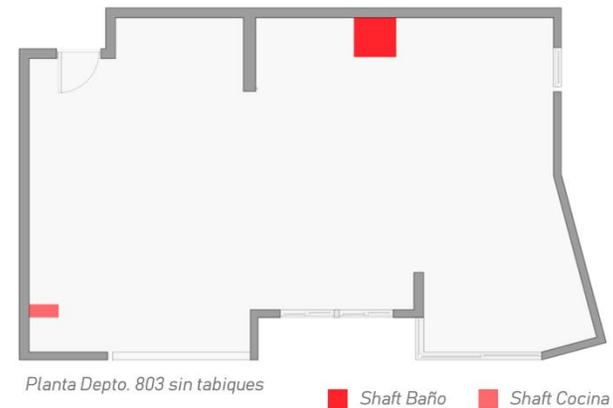


Planta Depto. 705 sin tabiques

■ Shaft Baño ■ Shaft Cocina

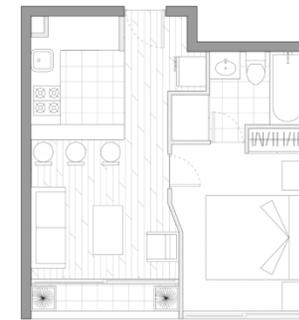
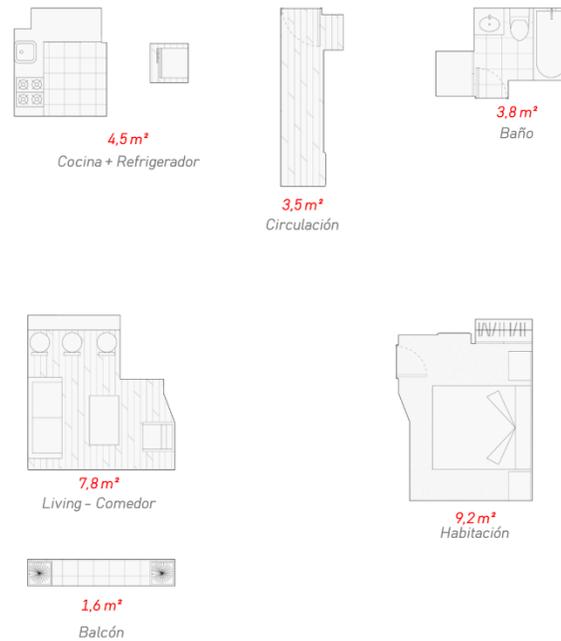
El otro departamento ubicado en el piso siete (ver Fig. 28), consiste en dos habitaciones, un baño, un balcón, un living-comedor y una cocina. En este caso, el usuario vive solo, por lo que, a habitación más pequeña es utilizada como bodega. Por otro lado, existen espacios que no son recintos como tal, por ejemplo, hay un escritorio y un closet orillados hacia la pared, esto, además, interrumpe la circulación fluida en ese espacio por la silla del escritorio. Además, en cuanto a la circulación esta forma parte de recintos como la cocina, en la cual, se separa el refrigerador y parte del living-comedor.

Fig. 28. Planimetría del departamento 705 del Edificio ubicado en Manuel Rodríguez 308, desglosada en el área de los distintos recintos. Fuente: Elaboración propia.

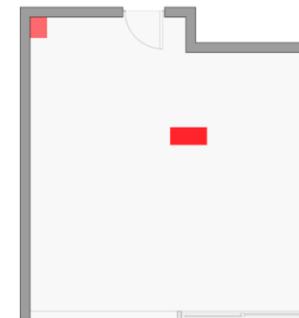


En el departamento del octavo piso (ver Fig. 29), la distribución consistía a grandes rasgos en tres habitaciones, dos baños, un living, un comedor, un balcón, una cocina y una logia. El usuario de este departamento vive solo, por lo que, utiliza las dos habitaciones pequeñas como bodegas. Cabe mencionar que en su habitación tiene un walk-in closet donde además tiene una caldera. En este caso, parte de la circulación forma parte del living como también del comedor.

Fig. 29. Planimetría del departamento 803 del Edificio ubicado en Manuel Rodríguez 308, desglosada en el área de los distintos recintos. Fuente: Elaboración propia.



Planta Depto. 1606



Planta Depto. 1606 sin tabiques

■ Shaft Baño ■ Shaft Cocina

Finalmente, el departamento del piso dieciséis, consiste a grandes rasgos en un living-comedor, una cocina, un balcón, un baño y una habitación. La circulación forma parte de la cocina, donde el refrigerador está apartado. El usuario vive en pareja, y debido a diversos problemas de sueño por ruido, decidieron poner termo panel tanto en el ventanal como en las ventanas de la habitación, donde en estas últimas mantuvo redujo el área de aperturas de estas (ver Fig. 31). El usuario, además, manifestó el sobrecalentamiento del departamento en verano, donde usa climatización para evitar abrir las ventanas por el ruido exterior.

Fig. 30. Planimetría del departamento 1606 del Edificio ubicado en Manuel Rodríguez 308, desglosada en el área de los distintos recintos. Fuente: Elaboración propia.



Fig. 31. Ventana de la habitación del depto. 1606, con aperturas en la parte inferior Fuente: Elaboración propia.

---

### 3.2 ELABORACIÓN DE LA ENCUESTA

Para el estudio del Ruido en Autopista Central se diseñó una encuesta a través de Formularios de Google, que buscaba evaluar cómo afecta el ruido a las personas. El objetivo era saber qué variables influyen en el confort acústico y la molestia por ruido. Además, se busca obtener la perspectiva de residentes que viven en edificaciones aledañas a la Autopista Central.

Esta encuesta toma como referencia un estudio ya realizado llamado "Confort acústico frente a la molestia por ruido: Diferentes Casuísticas en un entorno" 48º Congreso Español de Acústica. Encuentro Ibérico de Acústica. TecniAcustica, 2017. (Revisar encuesta completa en Anexos: "8.3 Encuesta")

Esta encuesta constaba de un total de 26 preguntas, ordenadas en seis categorías:

1. Información General: Para tener conocimiento general del usuario.
2. Ubicación: para tener claridad del lugar espacial donde se encuentra el usuario
3. Identificación de Fuentes de Sonido: Diversas fuentes de sonido identificadas por el usuario, junto con los horarios más frecuentes y en qué esto afecta en sus actividades diarias.
4. Percepción del Sonido: Respecto al sonido en diferentes escalas.
5. Satisfacción General: datos generales a nivel de vivienda, barrio y comuna en torno a su satisfacción.
6. Percepción Positiva: Sonido o ruido que a su percepción sea agradable

Algunas de las preguntas que se elaboraron en torno al ruido fueron:

"En donde usted vive ¿Cuáles son las principales fuentes de sonido que percibe como molestas?" (ver Fig. 32)

8. En donde usted vive ¿Cuáles son las principales fuentes de sonido que percibe como molestas? Indicar una o más fuentes \*

- Transporte rodado (automóviles, motos, buses, etc.)
- Transporte aéreo (avión, helicóptero, etc.)
- Ferroviario (trenes, metro, etc.)
- Fuentes industriales (fábricas, entre otras)
- Fuentes vinculadas a servicios del Barrio (actividades de ocio, almacenes, ferias libres, etc.)
- Fuentes sociales (grupos sociales, conversaciones, etc.)
- No hay fuentes sonoras molestas
- Otras

Fig. 32. Fragmento de la encuesta realizada junto con las alternativas disponibles. Pregunta 8. Fuente: Elaboración propia.

"En donde usted vive ¿El ruido ambiental ha afectado sus actividades diarias?" (ver Fig. 33).

11. Si en la pregunta número 10 contestó "Sí" o "A veces" ¿Cuáles actividades diarias se le dificultan más? Indicar una o máximo 3 actividades afectadas por el ruido ambiental \*

- Comunicación dentro del hogar
- Trabajo en el hogar
- Actividades de Ocio y el esparcimiento (ver la televisión, escuchar la radio, etc.)
- Lectura y/o Estudios
- Problemas para dormir
- Otros
- El ruido no ha afectado mis actividades diarias

Fig. 33. Fragmento de la encuesta realizada junto con las alternativas disponibles. Pregunta 11. Fuente: Elaboración propia.

"Respecto al ruido ambiental, donde usted vive, ¿Qué día de la semana los ruidos son más molestos? Indica una o más alternativas" (ver Fig. 34).

14. Respecto al ruido ambiental, donde usted vive, ¿Qué día de la semana los ruidos son más molestos? Indica una o más alternativas \*

- Lunes
- Martes
- Miércoles
- Jueves
- Viernes
- Sábado
- Domingo

**Fig. 34.** Fragmento de la encuesta realizada junto con las alternativas disponibles. Pregunta 14. Fuente: Elaboración propia.

"Respeto al Ruido ambiental, donde usted vive, ¿En qué horario los ruidos son más molestos?" (ver Fig. 35)

15. Respecto al ruido ambiental, donde usted vive, ¿En qué horario los ruidos son más molestos? Indicar una o máximo 3 alternativas \*

- Entre las 7 a.m. y las 9 a.m.
- Entre las 9 a.m. y las 12 p.m.
- Entre las 12 p.m. y las 3 p.m.
- Entre las 3 p.m. y las 6 p.m.
- Entre las 6 p.m. y las 8 p.m.
- Entre 8 p.m. y 11 p.m.
- Entre las 12 a.m. hasta las 7 a.m. (madrugada)

**Fig. 35.** Fragmento de la encuesta realizada junto con las alternativas disponibles. Pregunta 15. Fuente: Elaboración propia.

"En donde vive ¿Su molestia al ruido ambiental le afecta en el interior de su vivienda?"

"En donde vive ¿Su molestia al ruido ambiental le afecta al exterior de su vivienda?"

"Respecto a su percepción del nivel de ruido, ¿Cómo evaluaría el nivel de ruido de su VIVIENDA?" (ver Fig. 36)

18. Respecto a su percepción del nivel de ruido, ¿Cómo evaluaría el nivel de ruido de su VIVIENDA (entendiendo que el ruido proviene del exterior)? Siendo los niveles: 1 Nada ruidoso, 2 Poco ruidoso, 3 Normal, 4 Ruidoso y 5 Muy ruidoso. \*

	1	2	3	4	5	
Nada Ruidoso	<input type="radio"/>	Muy Ruidoso				

**Fig. 36.** Fragmento de la encuesta realizada junto con las alternativas disponibles. Pregunta 18. Fuente: Elaboración propia

"Respecto a su percepción del nivel de ruido, ¿Cómo evaluaría el nivel de ruido de su CALLE?"

"Respecto a su percepción del nivel de ruido, ¿Cómo evaluaría el nivel de ruido de su BARRIO?"

"En donde vive ¿Existe una fuente de sonido que usted encuentre agradable?"

Para realizar esta encuesta en el área estudiada, fue necesario ir a los edificios y pedir el correo de administración, y así los residentes tuvieron acceso al enlace de la encuesta personalmente. Además, se consultó a diversas personas que se encontraran dentro del área de estudio si podían responder la encuesta, por ejemplo, personas que atendían en almacenes en los primeros pisos de edificios aledaños a la Autopista, para así obtener más cantidad de datos de percepción.

---

### 3.3 ANÁLISIS SONORO IN SITU DE LA VIVIENDA

Dentro del estudio realizado, se levantaron las medidas espaciales de cinco departamentos ubicados en Manuel Rodríguez 308, donde además se midió el sonido en el interior de estos.

El sonido fue medido en Frecuencia y en Decibeles, esto fue realizado con la ventana abierta y con la ventana cerrada en el espacio principal de cada departamento, es decir, en las salas de estar. Estas mediciones fueron realizadas en distintos horarios, el departamento 307 de aproximadamente 40,8 m<sup>2</sup>, fue evaluado entre las 2pm y 3pm, aquí se vio una disminución de 10 decibeles al cerrar las ventanas, siendo en promedio 36 dB con ventana abierta y 26 dB con ventana cerrada.

El departamento 704 de aproximadamente 53,8 m<sup>2</sup>, fue evaluado entre las 5pm y 6pm, donde la disminución fue de 9 dB al cerrar las ventanas, siendo en promedio 34 dB con ventana abierta y 25 dB con ventana cerrada.

El departamento 705 de aproximadamente 37,9 m<sup>2</sup>, fue evaluado entre las 3pm y 4pm, donde la disminución fue de 8 dB al cerrar las ventanas, siendo en promedio 34 dB con ventana abierta y 26 dB con ventana cerrada.

El departamento 803 de aproximadamente 65,3 m<sup>2</sup>, fue evaluado entre las 2pm y 3pm, donde la disminución fue de 8 dB al cerrar las ventanas, siendo en promedio 36 dB con ventana abierta y 28 dB con ventana cerrada.

El departamento 1606 de aproximadamente 33,3 m<sup>2</sup>, fue evaluado entre las 6pm y 7pm, donde la disminución fue de 15

dB al cerrar las ventanas, siendo en promedio 34 dB con ventana abierta y 19 dB con ventana cerrada. En este último caso, la disminución de decibeles fue mayor debido a la instalación de termo panel en la parte exterior del balcón, manteniendo el ventanal original, es decir, doble vidriado. (ver Fig.37).



**Fig. 37.** Ventanal de la sala de estar del depto. 1606, donde se observa en primer plano el ventanal y atrás de este una ventana termo panel en el borde. Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, podemos notar, que evaluando los promedios de decibeles y frecuencia (ver Fig. 38 y 39) en un viernes, se puede analizar que no existe una relación entre la altura y el promedio de decibeles que llegan a la sala de estar con la ventana abierta, lo mismo en relación con el horario, pues, no varía el resultado tan evidentemente, sin embargo, en comparación, los horarios de 2 pm a 3 pm en los que coinciden los departamentos 307 y 803, tuvieron mayor promedio de decibeles (36 dB).

Respecto a la Frecuencia promedio obtenida en los departamentos con ventana abierta y ventana cerrada (ver Fig. 39), sin tener en cuenta el resultado de departamento 705, se puede observar que en los pisos inferiores es mayor que en los pisos superiores. Esto se invierte al cerrar las ventanas, donde se observa mayor frecuencia promedio en los pisos superiores. En cuanto al horario de medición en el departamento 807 y 1606, se observa mayor frecuencia al cerrar las ventanas, siendo el horario entre 2 pm a 3 pm y 6 pm a 7 pm respectivamente, es decir, solamente coincidente con el horario punta en el caso del departamento 1606.

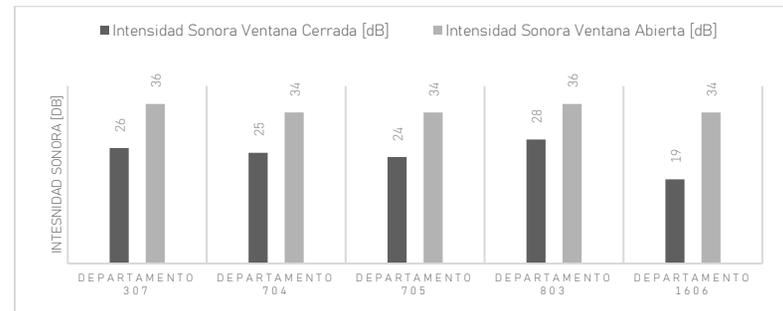


Fig. 38. Gráfico de Decibeles. Fuente: Elaboración propia.

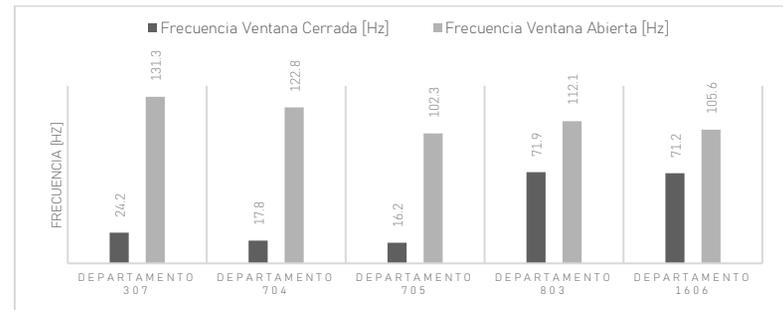


Fig. 39. Gráfico de Frecuencia. Fuente: Elaboración propia.

---

Haciendo un análisis del caso de cada departamento, sumado al resultado de la encuesta en la pregunta sobre la sensación al tener "Problemas para dormir", en el departamento 307 (Fig. 40), la respuesta obtenida fue que la sensación implicaba "Sobresaltos con ruidos repentinos de motos que pasan a alta velocidad en horas de la madrugada por la autopista. Camiones o micros ruidosas a altas horas de la noche. Bocinas repetidas en horas de taco", es decir, para el usuario, es un problema evidente la ubicación de su departamento.

Si analizamos la relación entre Decibeles y Frecuencia con ventana cerrada (ver Fig. 41), podemos notar que la fluctuación del ruido se concentra entre los 20 dB a 50 dB, mientras que en frecuencia (ver Fig. 42) dentro de este rango fluctúa entre los 0 Hz a 1000 Hz. Mientras que con ventana abierta la fluctuación va de los 30 dB a 70 dB, y la frecuencia de 0 Hz a 1500 Hz.

Por otro lado, el usuario de esta vivienda indicó que percibe el ruido ambiental como muy ruidoso de lunes a viernes entre las 12 p.m. y 8 p.m. Además, en cuanto a satisfacción tanto a nivel de barrio, comuna y vivienda, considera poco satisfactorio el "Nivel de Silencio". Y finalmente, respecto a si percibe algún ruido agradable en el lugar donde vive, indicó que no.

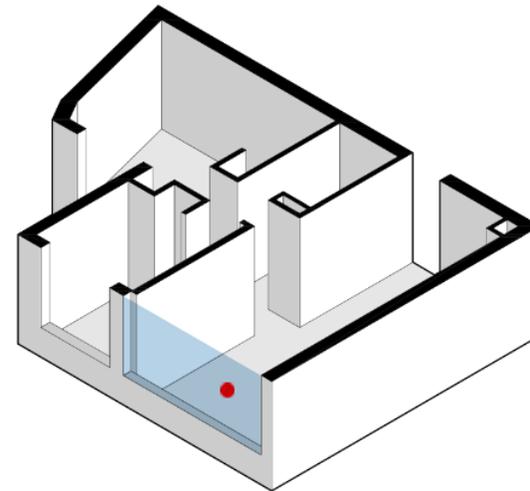


Fig. 40. Axonométrica de Depto. 307, donde en rojo se ubica el medidor de sonido, siendo esa la ventana que se abre y cierra Fuente: Elaboración propia.

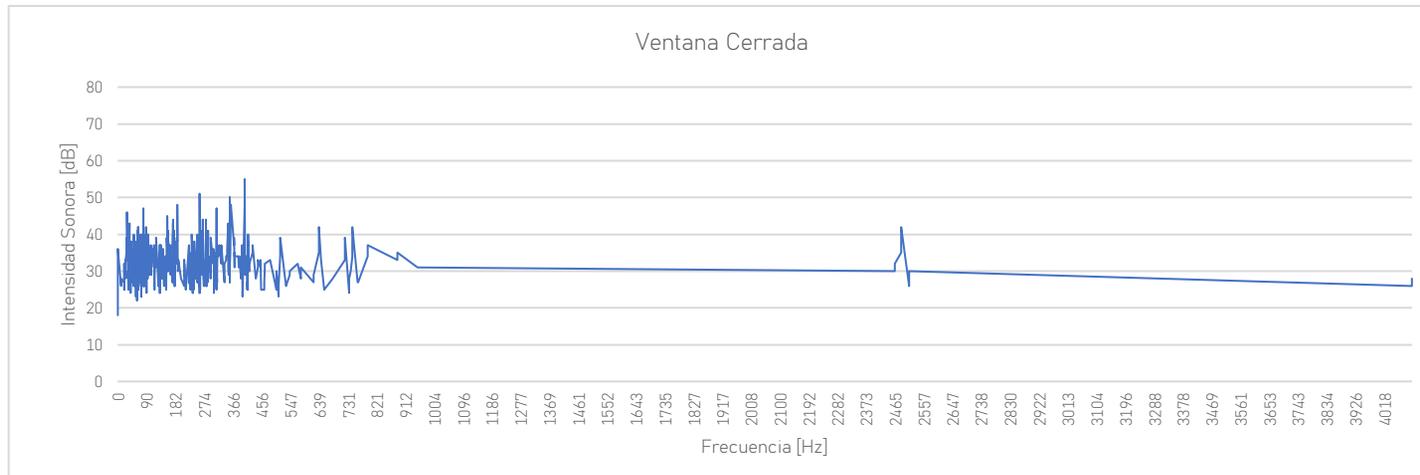


Fig. 41. Gráfico de Decibeles y Frecuencia Depto. 307. Ventana Cerrada  
Fuente: Elaboración propia.

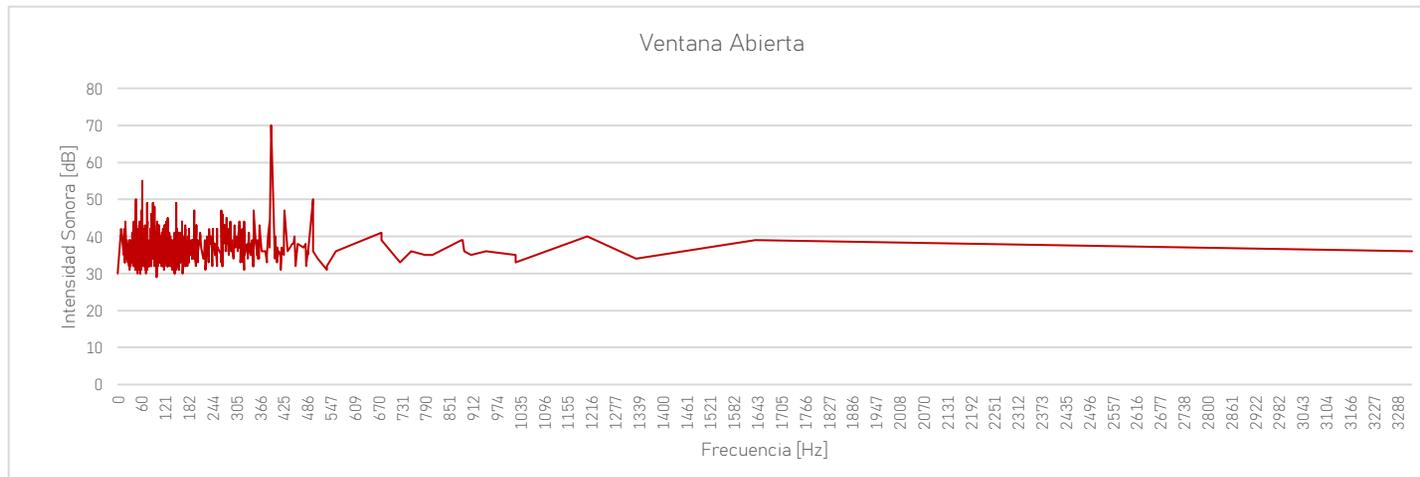


Fig. 42. Gráfico de Decibeles y Frecuencia Depto. 307. Ventana Abierta.  
Fuente: Elaboración propia.

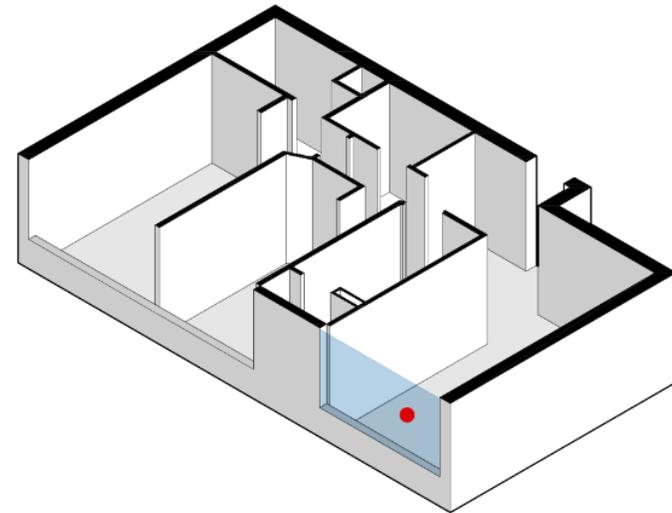
---

En el Departamento 704 (ver Fig. 43), por otro lado, en la pregunta sobre las tareas que se ven dificultadas por el ruido se contestó que "Al recibir visitas, estas perciben el ruido ambiente, nosotros casi no lo hacemos por la costumbre". Donde se ve que, en este caso, los usuarios se acostumbraron al ruido constante en su vivienda.

El usuario de esta vivienda indicó en la encuesta que percibe todos los días y horarios de la semana con ruido ambiental molesto. Además, indicó que tanto a nivel de vivienda, calle y de barrio, considera el nivel de sonido como "muy ruidoso".

Referido a otros aspectos, existe una baja satisfacción tanto a nivel de barrio como de comuna en aspectos de "Seguridad" y "Áreas verdes", sumado a baja satisfacción con el "Nivel de Silencio" también en vivienda. Finalmente, este usuario no percibe ningún sonido como agradable en el lugar donde vive.

Respecto a esto, se puede analizar la fluctuación que hay con ventana cerrada (ver Fig. 44) que es entre 20 dB a 50 dB, y en frecuencia se concentran entre 0 Hz a 700 Hz, mientras que con ventana abierta varía entre 30 a 50 dB dentro de una frecuencia cargada entre los 0 Hz a 1000 Hz (ver Fig. 45).



**Fig. 43.** Axonométrica de Depto. 704, donde en rojo se ubica el medidor de sonido, siendo esa la ventana que se abre y cierra Fuente: Elaboración propia.

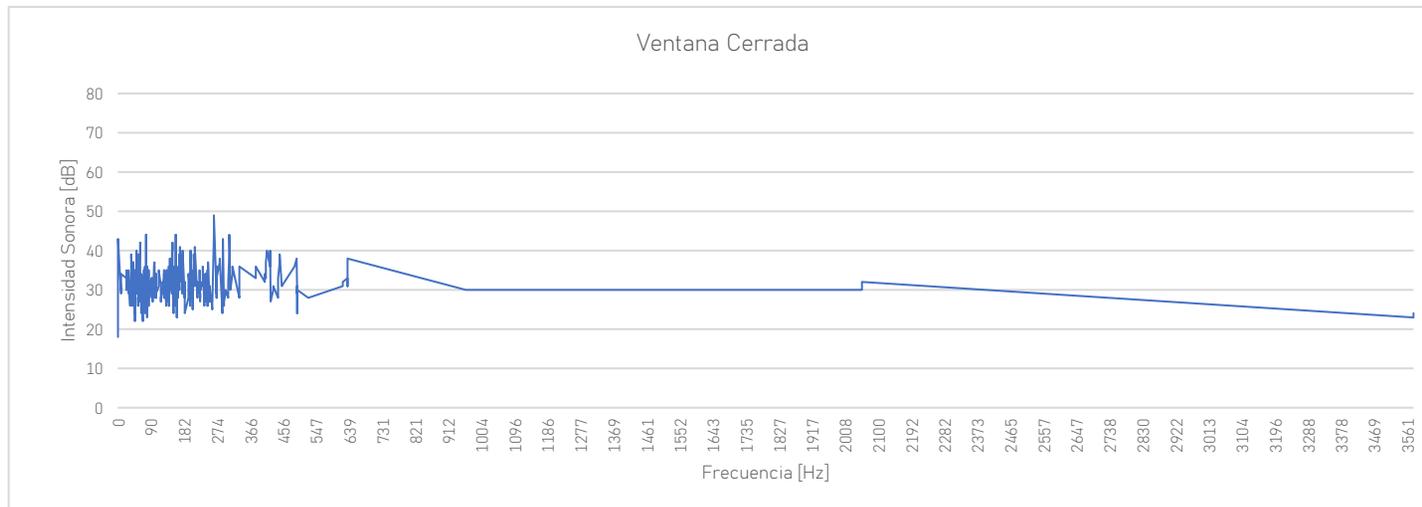


Fig. 44. Gráfico de Decibels y Frecuencia Depto. 704. Ventana Cerrada  
Fuente: Elaboración propia.

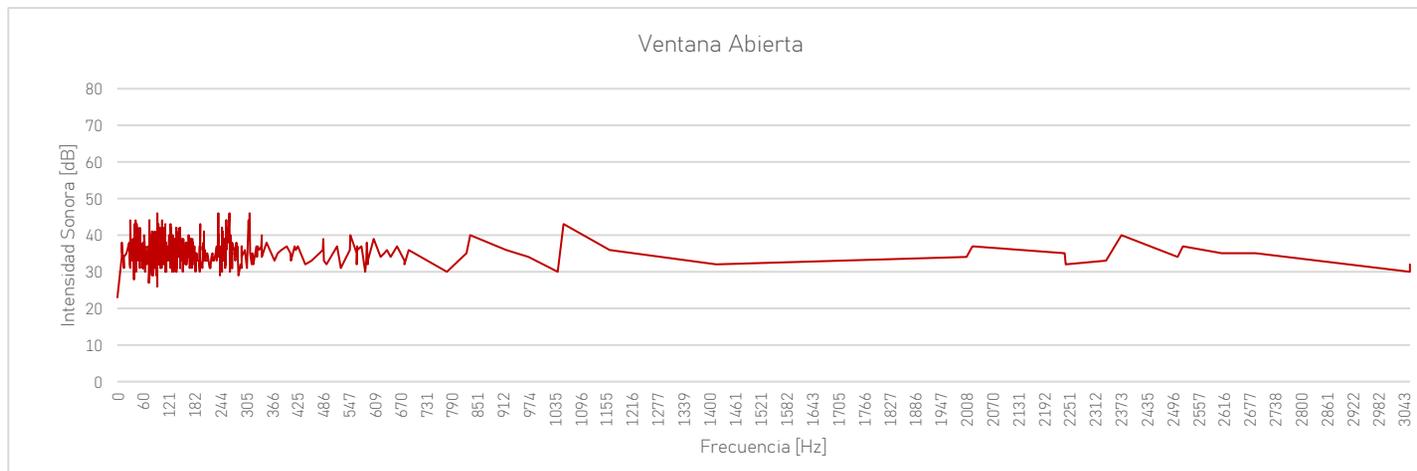


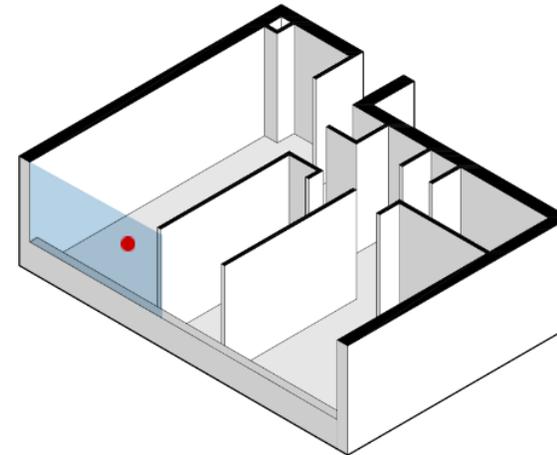
Fig. 45. Gráfico de Decibels y Frecuencia Depto. 704. Ventana Abierta  
Fuente: Elaboración propia.

---

En el departamento 705 (ver Fig. 46), la sensación de problemas para dormir descrita en la encuesta fue de "Sobresaltos con los ruidos". Por lo que también se observa un problema respecto al ruido en este caso. En este caso, las fluctuaciones del ruido con ventana cerrada son entre 20 dB a 50 dB, mientras que, en frecuencia, es entre 0 Hz a 2500 Hz (ver Fig. 47). Por otro lado, con la ventana abierta, las fluctuaciones van desde los 30 dB a 50 dB y la frecuencia de 0 Hz a 300 Hz aproximadamente (ver Fig. 48).

El usuario de esta vivienda considera que el ruido ambiental es más molesto de lunes a viernes, entre diversos rangos de horas, siendo estos entre 7 a.m. y 9 a.m., luego entre 12 p.m. y 3 p.m., y finalmente, entre 6 p.m. y 8 p.m.

Sumado a esto, a nivel de satisfacción del barrio tanto en nivel de barrio como de comuna, el usuario considera el "Áreas Verdes" y "Nivel de Silencio" como poco satisfactorias, siendo esta última también considerada a nivel de vivienda. Por otro lado, al preguntar si considera algún sonido agradable en donde vive, este dijo que no.



**Fig. 46.** Axonométrica de Depto. 705, donde en rojo se ubica el medidor de sonido, siendo esa la ventana que se abre y cierra Fuente: Elaboración propia.

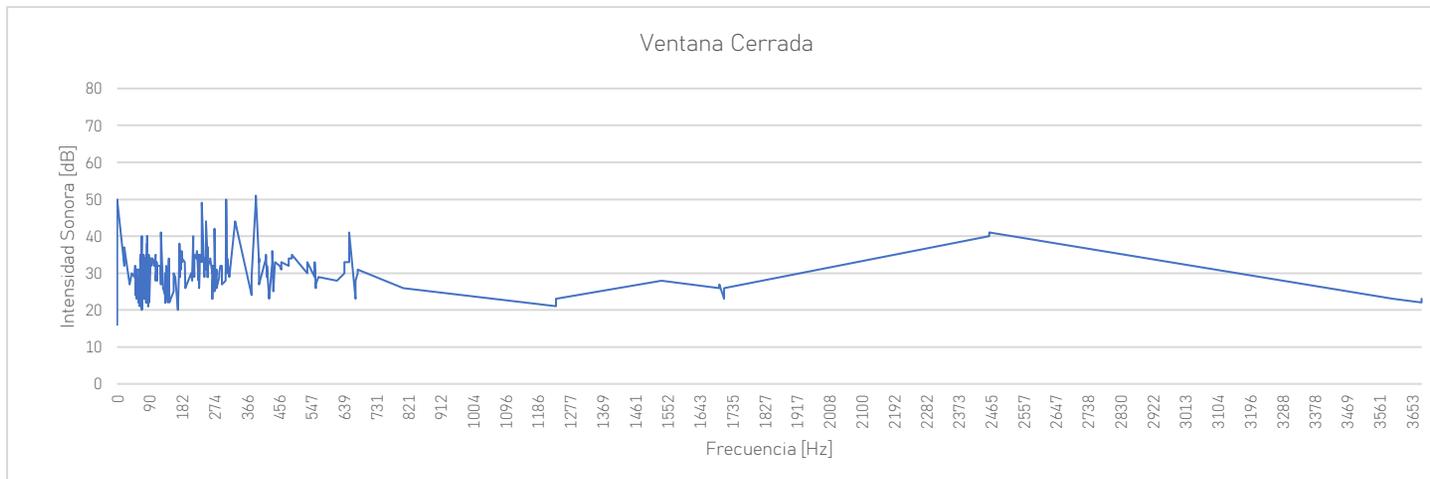


Fig. 47. Gráfico de Decibeles y Frecuencia Depto. 705. Ventana Cerrada  
Fuente: Elaboración propia

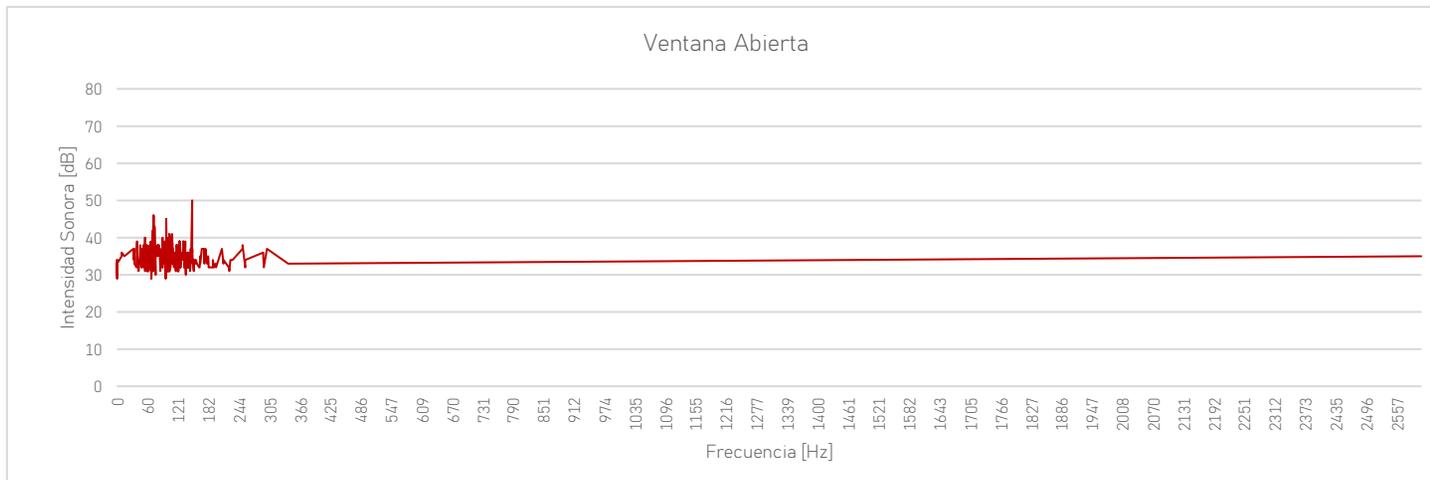


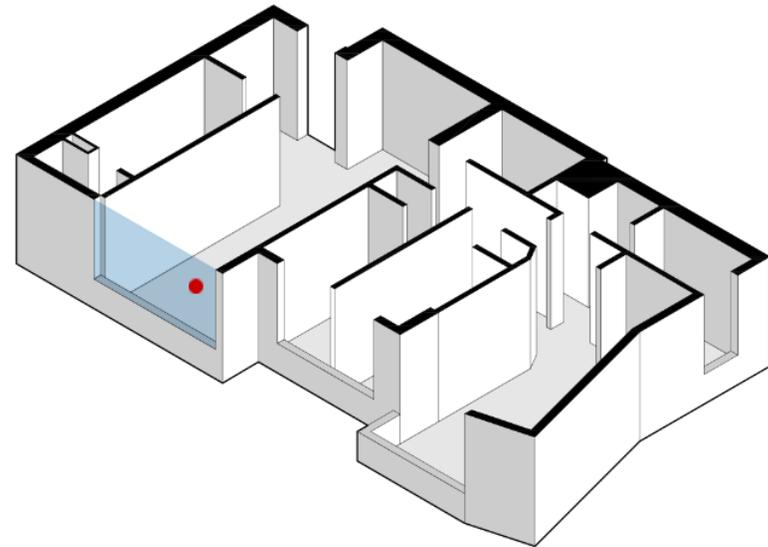
Fig. 48. Gráfico de Decibeles y Frecuencia Depto. 705. Ventana Abierta.  
Fuente: Elaboración propia

---

Respecto al departamento 803 (ver Fig. 49), la respuesta que se obtuvo en la descripción de sus problemas para dormir se contestó "Despierto luego de dormir, y me sobresalto con el ruido principalmente de las motos durante la madrugada". En este punto, el usuario identifica el problema dentro del tráfico, donde comenta, además, que en particular las motocicletas sin escape son las que identifica más molestas.

Ahora bien, las fluctuaciones del ruido obtenido que encuentra con ventana cerrada (ver Fig. 50) entre los 20 dB a 40 dB con una frecuencia fluctuante entre los 0 Hz a 600 Hz. Mientras que con la ventana abierta (ver Fig. 51) esto aumenta en 30 dB a 50 dB con una frecuencia que fluctúa entre los 0 Hz a 500 Hz.

El usuario de esta vivienda considera que el ruido ambiental es más molesto todos los días de la semana en todos los horarios. Además, respecto a nivel de satisfacción en su barrio se encuentra poco satisfecho con las "Áreas verdes" y "Nivel de Silencio", este último también se encuentra poco satisfecho a nivel de comuna y vivienda. Además, respondió que no considera ningún sonido agradable donde vive.



**Fig. 49.** Axonométrica de Depto. 803, donde en rojo se ubica el medidor de sonido, siendo esa la ventana que se abre y cierra Fuente: Elaboración propia.

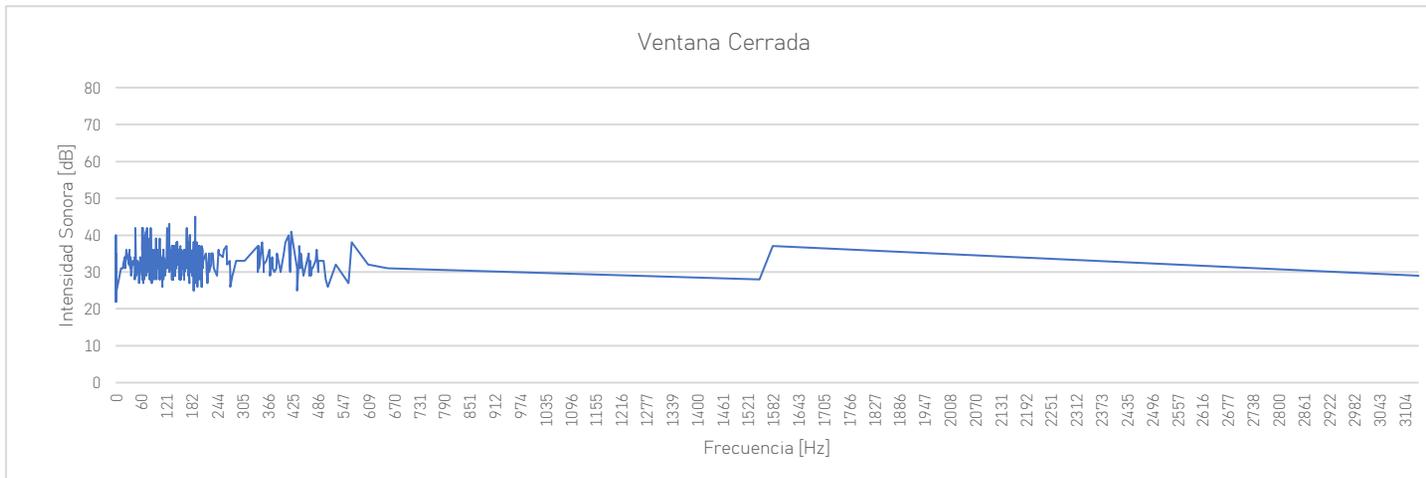


Fig. 50. Gráfico de Decibeles y Frecuencia Depto. 803. Ventana Cerrada.  
Fuente: Elaboración propia

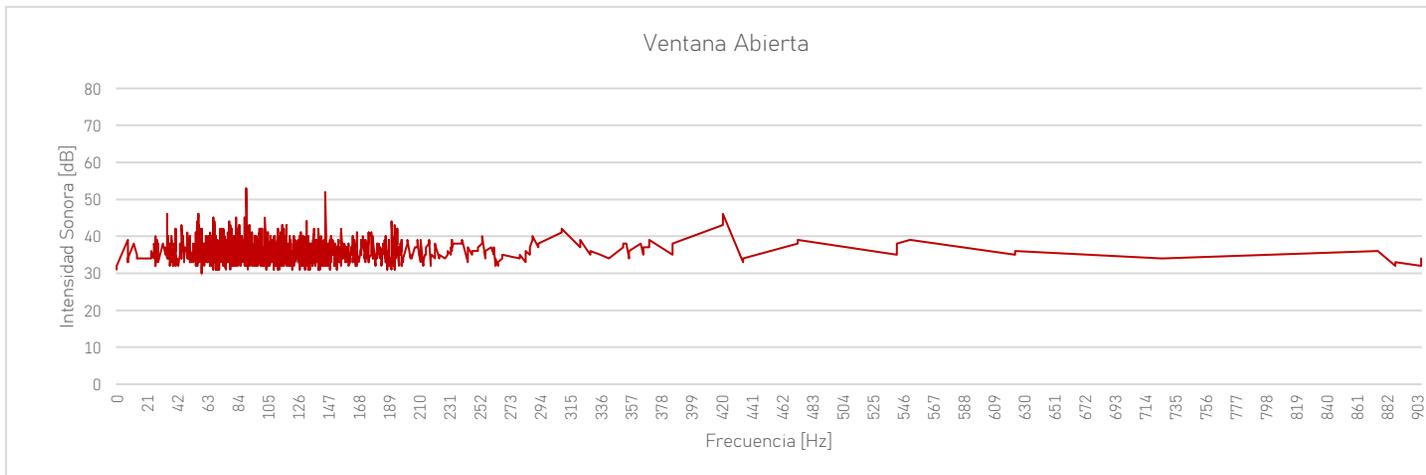


Fig. 51. Gráfico de Decibeles y Frecuencia Depto. 803. Ventana Abierta.  
Fuente: Elaboración propia

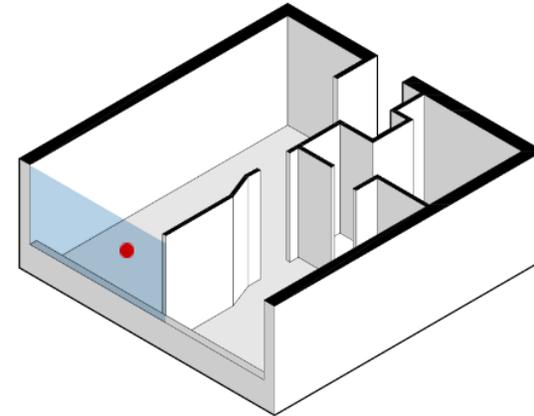
---

Finalmente, respecto al departamento 1606 (ver Fig. 52), la respuesta que se obtuvo en la descripción de sus problemas para dormir se contestó "Sobresaltos con los ruidos excesivos de motos sin silenciadores, despertar asustado con las bocinas de autos o sirenas de carros de bomberos".

En este punto, el usuario identifica el problema dentro del tráfico, que tienen que ver con los artefactos sonoros que tienen los automóviles. Ahora bien, las fluctuaciones del ruido obtenido que encuentra con ventana cerrada (ver Fig. 53) entre los 10 dB a 50 dB con una frecuencia fluctuante entre los 0 Hz a 4000 Hz. Mientras que con la ventana abierta (ver Fig. 54) esto fluctúa en 30 dB a 40 dB con una frecuencia que fluctúa entre los 0 Hz a 400 Hz aproximadamente.

El usuario considera que el ruido ambiental es molesto todos los días de la semana y en todas las horas del día. Por otro lado, respecto al nivel de satisfacción el usuario se encuentra poco satisfecho tanto a nivel de vivienda, barrio y comuna, en el "Nivel de Silencio". En otros aspectos, también se encuentra poco satisfecho con el "Tamaño general de la vivienda".

Finalmente, al preguntarle si considera algún sonido agradable en donde vive, este respondió que sí, siendo estos las "Aves, sonido del viento, sonido de la lluvia".



**Fig. 52.** Axonométrica de Depto. 1606, donde en rojo se ubica el medidor de sonido, siendo esa la ventana que se abre y cierra Fuente: Elaboración propia.

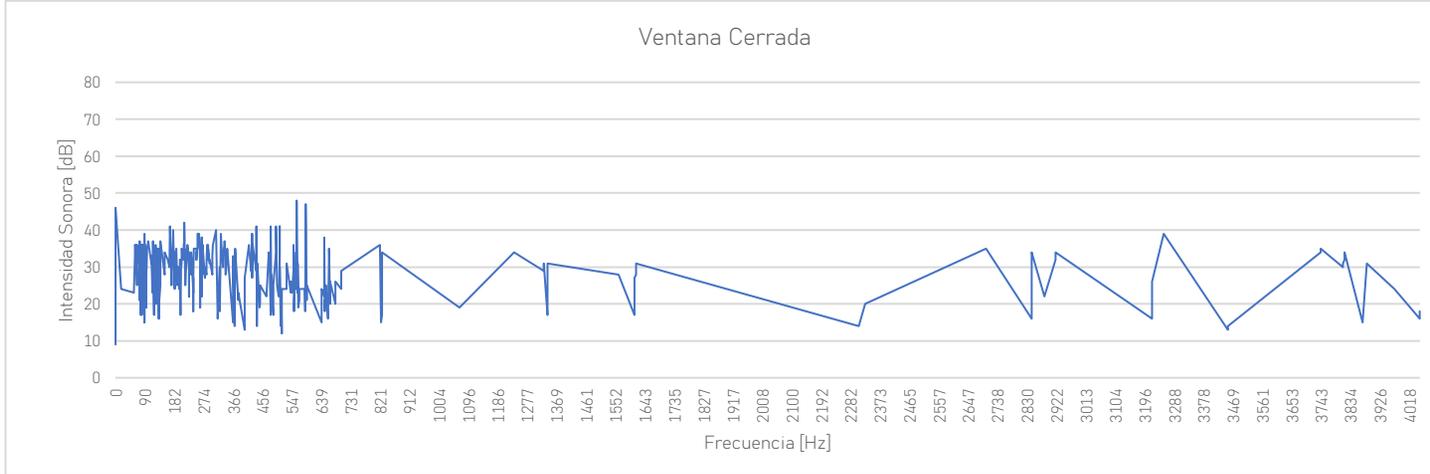


Fig. 53. Gráfico de Decibeles y Frecuencia Depto. 1606. Ventana Cerrada.  
Fuente: Elaboración propia

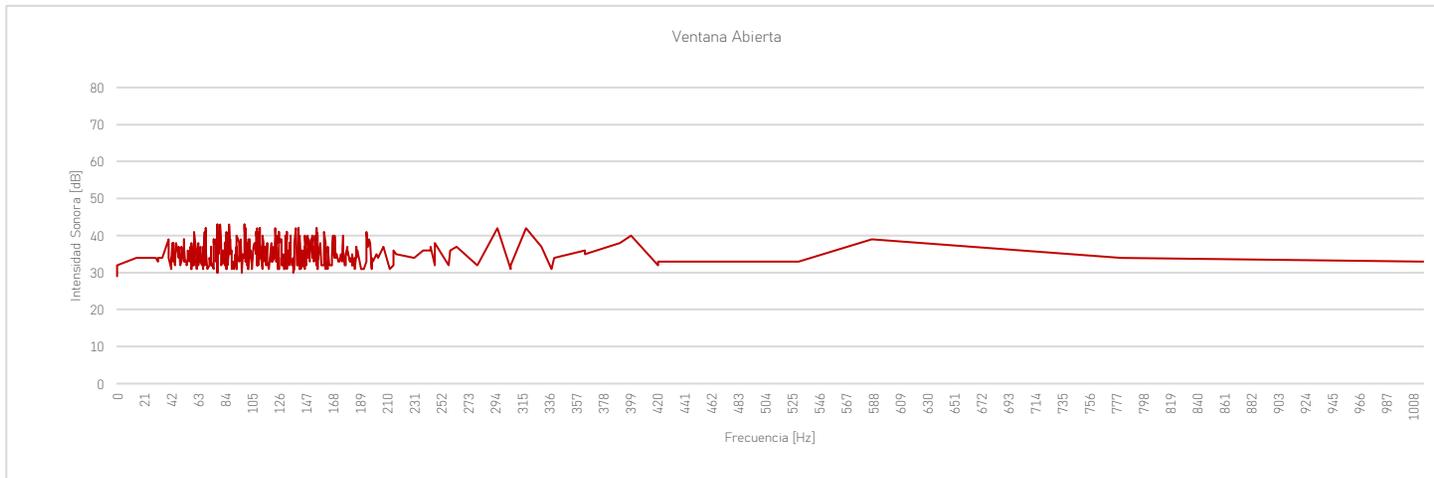


Fig. 54. Gráfico de Decibeles y Frecuencia Depto. 1606. Ventana Abierta.  
Fuente: Elaboración propia

---

Al comparar el Departamento 307 de 40,8 m<sup>2</sup> y 803 de 65, 3 m<sup>2</sup> que fueron evaluados durante un viernes en los mismos horarios, es decir, entre 2 p.m. y 3 p.m., se puede concluir que, el departamento de menor tamaño y ubicado en los pisos inferiores, disminuyó más que el departamento de mayor tamaño ubicado en los pisos superiores, sus valores de intensidad sonora y frecuencia con la ventana cerrada.

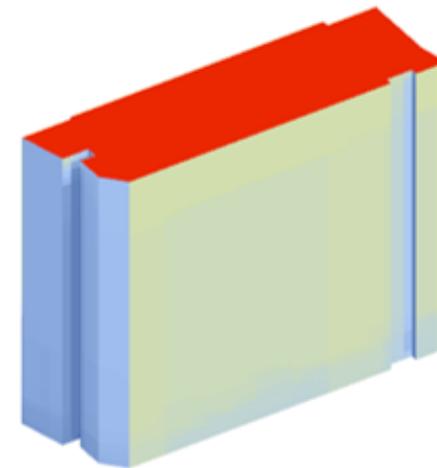
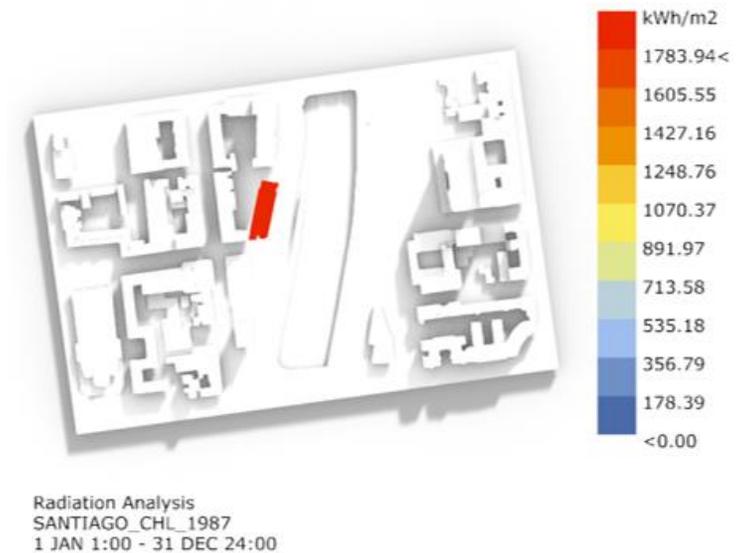
Cabe mencionar el caso del departamento 705, donde se evalúa dos condiciones distintas, donde en el espacio del Cuarto de estar la ventana es de vidrio simple, mientras que en la Habitación Principal se instaló termo panel. Respecto a los datos obtenidos en la Habitación se observa que con la Ventana Abierta marcó una intensidad sonora promedio de 33 dB y un tono promedio de 92,8 Hz, mientras que, con la Ventana Cerrada, marcó 18 dB (disminuyó 15 dB) y promedio de 0 Hz (disminuyó 92,8 Hz). Mientras que en el caso del Cuarto de estar con la Ventana Abierta la intensidad sonora promedio marcó 34 dB y un tono de 102,3 Hz, y luego con la Ventana Cerrada marcó 24 dB (disminuyó 6 dB) y 16,2 Hz (disminuyó 86,1 Hz). En conclusión, el termo panel ayuda a disminuir aproximadamente el doble de la intensidad sonora dentro de distintos recintos del mismo departamento.

### 3.4 ANÁLISIS RADIACIÓN DE LA VIVIENDA

Para poder realizar distintas intervenciones a nivel de edificio y fachada es necesario tener claridad inicial de la luz y radiación actual que llega al edificio estudiado, puesto que más allá de poder controlar el ruido, se debe considerar la luz natural sin disminuirla demasiado y realizar propuestas que eviten el sobrecalentamiento.

En este caso se evaluó la radiación anual (ver Fig. 55) que llega directamente en la fachada del edificio, donde los valores fluctuaron entre los 0 kWh/m<sup>2</sup> hasta los 1783,94 kWh/m<sup>2</sup>. En la fachada sur oriente que es la evaluada en torno al ruido, se puede observar que los niveles de radiación están aproximadamente entre los 891,97 kWh/m<sup>2</sup>. Considerando el movimiento del sol, la luz directa llega principalmente en las mañanas.

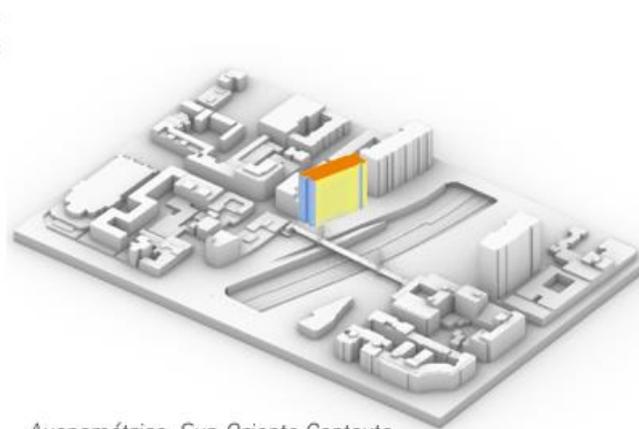
Por otro lado, al realizar un análisis por periodo de año, tanto en verano como en invierno, se puede observar que, la situación varía. Teniendo en consideración que en invierno el sol está más bajo, la fachada con mayor radiación vendría siendo la Norte con 197,68 kWh/m<sup>2</sup> (ver Fig. 56), y la fachada Suroriente, que es la que da hacia Autopista Central tiene una radiación de 118,61 kWh/m<sup>2</sup>. Por otro lado, en verano, cuando el sol está más alto, la fachada con mayor radiación es la evaluada en torno al ruido, es decir, la Suroriente, la cual 181,3 kWh/m<sup>2</sup> (ver Fig. 57). Respecto a esto, cabe señalar que todos los recintos de los departamentos están expuestos al sol, pues es una fachada con vidrio de lado a lado.



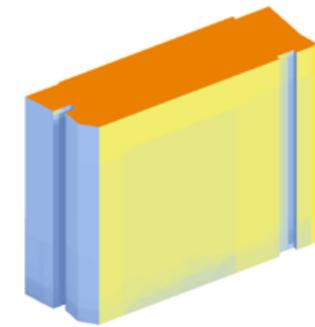
**Fig. 55.** Evaluación de radiación anual en edificio dentro del contexto en fachada sur - oriente. Fuente: Elaboración propia a partir de HoneyBee de Grasshopper.



Radiation Analysis  
SANTIAGO\_CHL\_1987  
21 JUN 1:00 - 21 SEP 24:00



Axonométrica Sur-Oriente Contexto

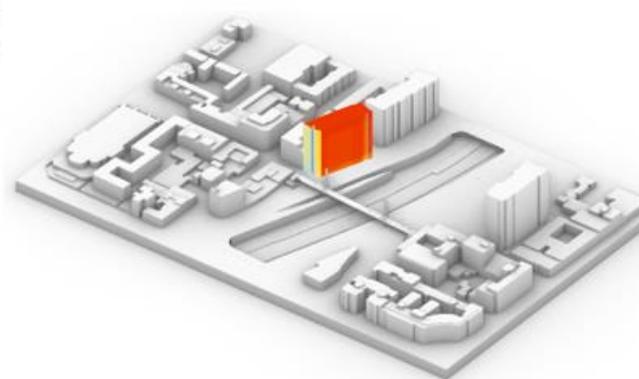


Fachadas Sur y Oriente

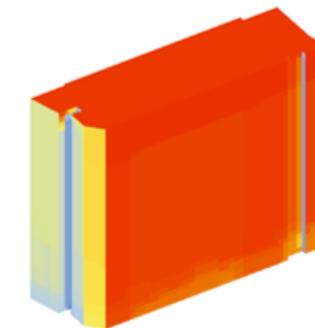
Fig. 56. Evaluación de radiación en invierno en edificio dentro del contexto.  
Fuente: Elaboración propia a partir de HoneyBee de Grasshopper.



Radiation Analysis  
SANTIAGO\_CHL\_1987  
21 DEC 1:00 - 21 MAR 24:00



Axonométrica Sur-Oriente Contexto



Fachadas Sur y Oriente

Fig. 57. Evaluación de radiación en verano en edificio dentro del contexto.  
Fuente: Elaboración propia a partir de HoneyBee de Grasshopper.

---

### 3.5 ANÁLISIS DE ILUMINACIÓN EN LA VIVIENDA

Para enfrentar el problema del ruido, se propone mejorar el espacio interior de los departamentos, para ello, la estrategia abarca también un estudio de la luz.

En este sentido, se propone llevar servicios como baños al fondo de los departamentos, es decir, donde no llega luz, ya que son espacios que de por sí para realizar actividades diarias no requieren mayormente de luz natural a diferencia de recintos como el living-comedor.

Se tiene conocimiento que la fachada que enfrenta a la autopista central está orientada hacia el oriente y que los mismos residentes del lugar se han quejado del calor en verano, pues son departamentos que se sobrecalientan. En este sentido, se observa que en la Fig. 58 anualmente la mitad del departamento recibe una iluminancia sobre los 1000 lux, llegando incluso en el borde a 3000 lux, es decir, demasiado alto para las actividades que se realizan en una casa, donde se recomiendan para habitaciones entre 100 a 200 lux, y en living-comedor y cocina 200 a 300 lux.

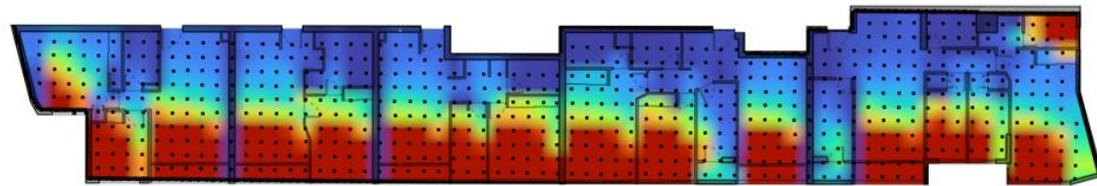
Por otro lado, *“La guía LM-83 define la ASE como la fracción o porcentaje del espacio que tiene una iluminancia de 1000 lux o superior durante 250 horas por año o más, considerando también una ocupación diaria de las 8:00 a.m. a las 6:00 p.m. Así, un ASE de 25% indica que una cuarta parte del espacio excede las condiciones establecidas, es decir, tiene más de 1000 lux durante más de 250 horas. La misma guía establece que valores de ASE superiores al 10% pueden llevar al discomfort visual de los ocupantes, por lo que recomienda que los diseñadores busquen no superar ese límite.”* (Seiscubos, 2020), es decir, en el espacio de edificio estudiado, es de un

11,5% por lo que en estas zonas se puede producir cierto discomfort visual.

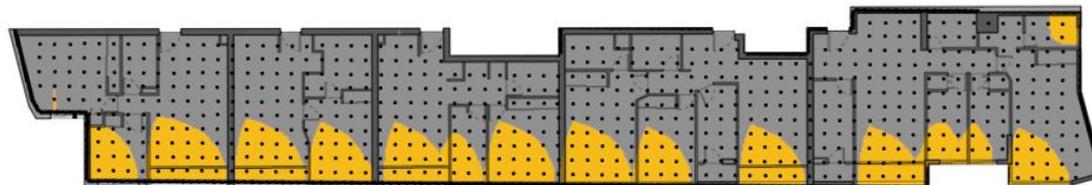
Además, *“de acuerdo con la LM-83, la sDA se define como el porcentaje del área del espacio que tiene una iluminancia de al menos 300 lux durante por lo menos el 50% de las horas ocupadas durante un año, considerando una ocupación diaria de las 8:00 a.m. a las 6:00 p.m.”* (Seiscubos, 2020), donde en el caso estudiado, es de un 68,9%, es decir, en general la mayor parte de los departamentos tienen una iluminación sobre los 300 lux. Sin embargo, al considerar esta variable notamos que, aun así, la cantidad de lux se excede si consideramos lo mencionado anteriormente, que recintos principales de una vivienda necesitan entre 200 a 300 lux.

Zonas de estudio o lectura dentro de la casa son las que requieren mayor luz, que bordea los 500 lux, es por ello, que este tipo de recintos serán considerados para reordenarlos cercanos a la fachada.

En sí, la distribución en planta aleja la zona húmeda del baño de la fachada, para así aprovechar el resto del espacio, mientras que recintos como la cocina se colocan cercanos a la fachada, donde además la actividad misma de cocinar genera ruido. Así mismo, se piensa despejar la planta para volverla flexible según la necesidad del usuario, es por ello, que se propone poner shaft, closet y diversas máquinas en la fachada a modo de generar una barrera contra el ruido, sin embargo, esto se ordenará de manera estratégica a modo de no perder demasiada luz.



Luz promedio anual: 2197 lux



ASE: 11,5%



sDA: 68,9%

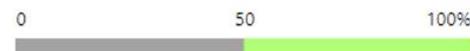


Fig. 58. Fragmento del edificio estudiado. Se muestra los departamentos que en su fachada dan hacia la autopista central en torno al estudio de la iluminancia.

## 4 ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1 RESULTADOS DE LA ENCUESTA

La encuesta realizada fue respondida por un total de 65 personas, de las cuales 58 eran residentes de edificios ubicados en el borde de la Autopista Central. Dentro de esta encuesta se tuvo claridad de la percepción del ruido de la gente que “habita” la autopista. En este sentido, se tuvo claridad de los días de la semana percibido como molestos, junto con horarios específicos y las dificultades de convivir con el ruido.

Dentro de las respuestas más importantes se encontraban la identificación de fuentes de sonido (ver Fig. 59), actividades diarias que se veía afectadas en torno al ruido (ver Fig. 60), los días de la semana considerados más ruidosos (ver Fig. 61), y el horario considerado más ruidoso (ver Fig. 62).

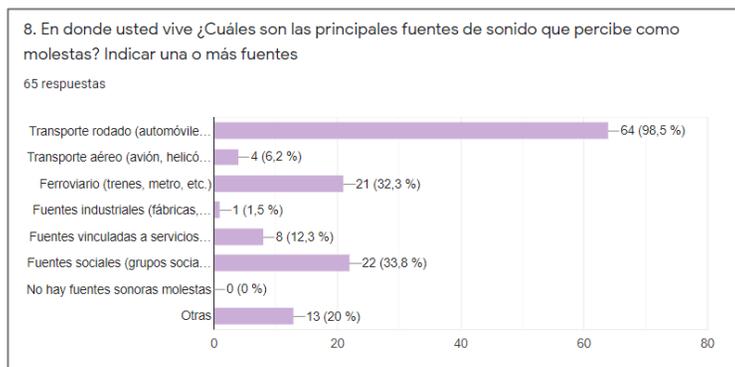


Fig. 59. Resultado de Encuesta “Confort Acústico cercano a Autopista Central” Fuente: Elaboración propia con formularios de Google.

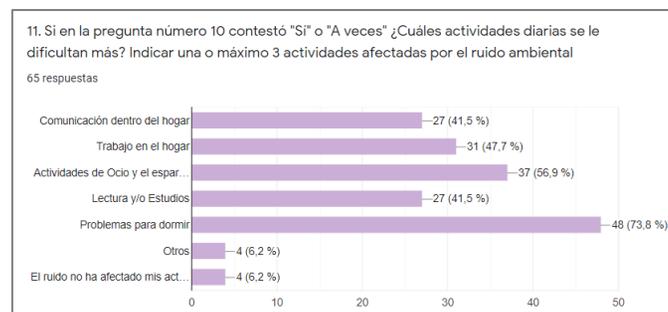


Fig. 60. Resultado de Encuesta “Confort Acústico cercano a Autopista Central” Fuente: Elaboración propia con formularios de Google.

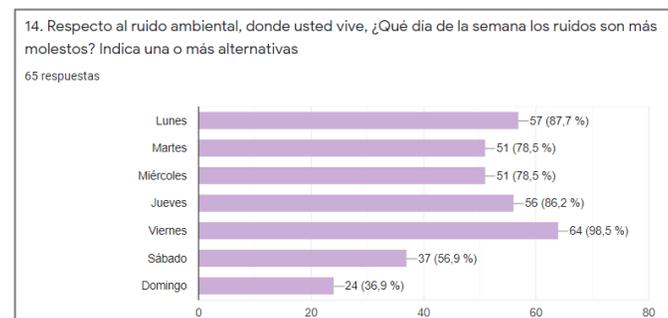


Fig. 61. Resultado de Encuesta “Confort Acústico cercano a Autopista Central” Fuente: Elaboración propia con formularios de Google.



Fig. 62. Resultado de Encuesta “Confort Acústico cercano a Autopista Central” Fuente: Elaboración propia con formularios de Google.

En este punto se identificó como el transporte rodado como el ruido más molesto por los usuarios, las actividades diarias que les ha afectado en su mayoría se componen de problemas para dormir y actividades de ocio / esparcimiento. El día de la semana que se percibe más molesto por los Ruidos son los viernes, en un horario escogido por los usuarios entre 6 pm a 8 pm, es decir, la hora punta.

Respecto a otras preguntas de vivienda y barrio, se cuestionó si el ruido ambiental les afectaba en dos ámbitos: a nivel interior de la vivienda (ver Fig. 63) y a nivel exterior de la vivienda (ver Fig. 64).

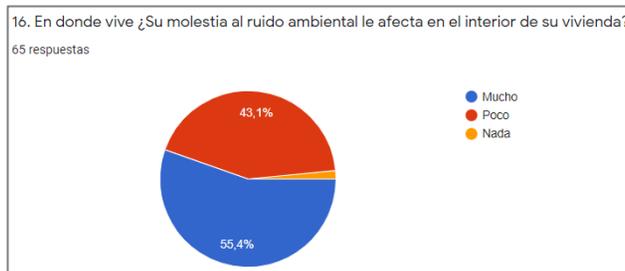


Fig. 63. Resultado de Encuesta "Confort Acústico cercano a Autopista Central" Fuente: Elaboración propia con formularios de Google.

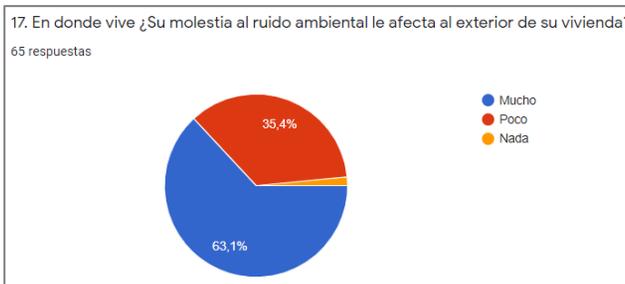


Fig. 64. Resultado de Encuesta "Confort Acústico cercano a Autopista Central" Fuente: Elaboración propia con formularios de Google.

En general, las respuestas respecto a si les afecta el sonido en interior de la vivienda, el mayor porcentaje decía que les afectaba "mucho" en un 56,4% mientras que "poco" en un 43,1%. Por otro lado, respecto a la molestia al ruido ambiental que es afecta al exterior de la vivienda, marcó que "mucho" en un 63,1% y "poco" en un 35,4%, es decir, los resultados apuntan a que la mayor molestia es cuando están fuera de la vivienda, aun así más de la mitad de los usuarios les afecta mucho el ruido inclusive en el interior de su vivienda.

Por último, dentro de las preguntas más subjetivas, se cuestionó si se percibe algún sonido agradable, donde la mayor parte marcó que "no" en un 70,8% (ver Fig. 65), sin embargo, dentro las respuestas mencionadas como "sí" respondieron "Mi música", "Los pájaros que se escuchan por la calle paralela a Manuel Rodríguez norte poniente", "Mi departamento con las ventanas cerradas", "Música callejera (alguna)", "Aves, sonido del viento, sonido de la lluvia", "Trinar de pajaritos" y "El ruido de los autos por la carretera es como las olas del mar". Siendo el sonido del cantar de pájaros el más común como sonido agradable en este caso.



Fig. 65. Resultado de Encuesta "Confort Acústico cercano a Autopista Central" Fuente: Elaboración propia con formularios de Google.

## 4.2 SIMULACIÓN SONORA EN CONTEXTO

Dentro del lugar de estudio, que es la Autopista Central cercano a Estación de Metro Santa Ana en Línea 2, se enfocó en las cuadras entre Agustinas y Compañía de Jesús, donde se encuentra además el edificio estudiado (ver Fig. 67).

Entre las calles Agustinas y Huérfanos (ver Fig. 66, cortes G, H, I, J, K) podemos observar que la densidad de la manzana es alta, sin embargo, los edificios son en general bajos, teniendo el más alto una altura de 20 metros. Por otro lado, entre las calles Huérfanos y Compañía de Jesús (ver Fig. 66, cortes A, B, C, D, E, F)) se observa un aumento en la altura de los edificios, dentro de un contexto densificado, aquí la altura del edificio más alto es de 50,5 metros aproximadamente.

En los cortes se pueden observar diversos casos donde se enfrenta la autopista (la parte hundida) con el contexto más cercano, teniendo, por ejemplo, edificios altos en cada borde, uno alto y uno bajo, o ambos edificios bajos en los bordes. Así como está el puente que atraviesa, y también, podemos notar que un en el borde hacia el oriente (a la derecha de autopista central en la Fig. 68), están más alejados los edificios del borde, no así en el caso del borde poniente que los edificios enfrentan inmediatamente la autopista y calles, siendo este el caso del edificio escogido como caso de estudio. Se puede observar en los cortes D, E y F, hacia la izquierda de la Fig. 68 el edificio ubicado en Manuel Rodríguez 308. Es aquí donde se seleccionó situaciones para ver la reflexión del sonido, siendo una la del corte B, otra la del corte E, otra en G, otra en I y otra en J.

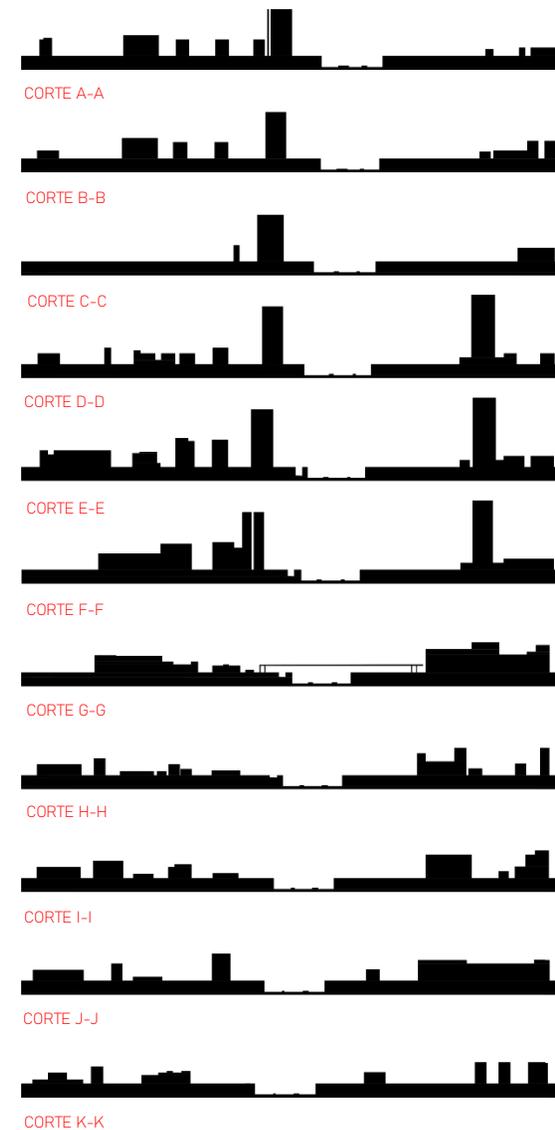


Fig. 66. Cortes del lugar de estudio en relación con la planta de la Fig. 64.  
Fuente: Elaboración propia.

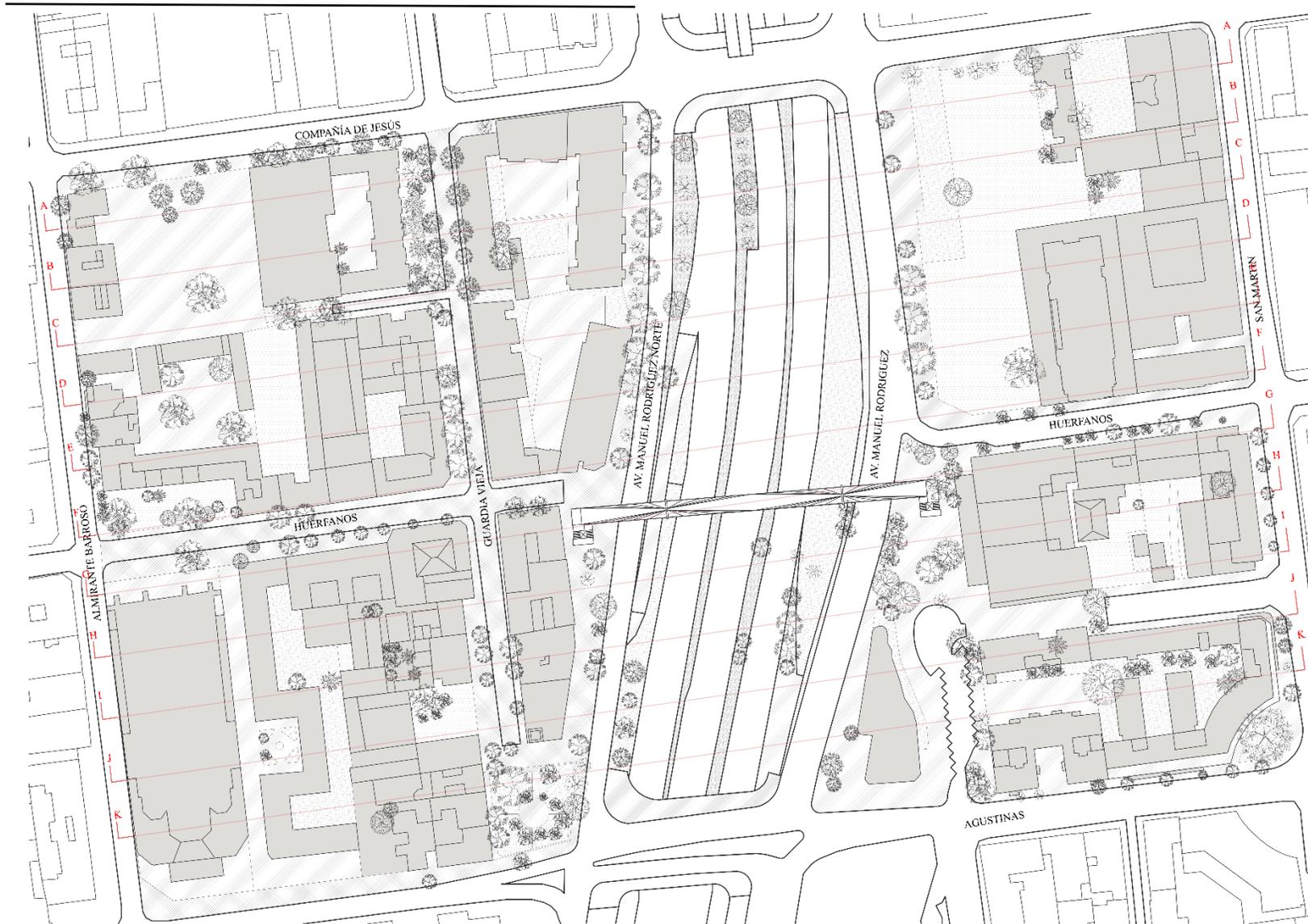


Fig. 67. Levantamiento del lugar de estudio, donde en línea roja se marca los diferentes cortes que pasan a través de este. Norte hacia arriba. Fuente: Elaboración propia.

Para evaluar y visualizar las reflexiones en corte se utilizó el software de Grasshopper "Esquissons" (ver Fig. 69), donde se pide seleccionar fuentes de sonido (Cuadro verde), el receptor del sonido (cuadro rojo), y las geometrías implicadas (cuadro morado).

Al observar las diversas situaciones en el contexto en cuanto al sonido (ver Fig. 68), se puede hacer la comparación entre estas, como es el caso del Corte B y E, en el primer caso el lado izquierdo de la imagen presenta un edificio alto, y a la derecha uno bajo, por lo que no hay mayor rebote en este, sin embargo, en el Corte E, se observa que hay mayores impactos por reflexión en fachada, pues se enfrentan dos edificios altos. Por otro lado, el corte G tiene un puente, donde se observan varias reflexiones en torno a esta estructura, que, en parte, hace que se concentre el sonido sólo en la autopista. Finalmente, al comparar el Corte I y J, notamos que, en el J, se interpone un edificio pequeño en el lado derecho en comparación al Corte J, así que disminuye el impacto del sonido en el edificio trasero.

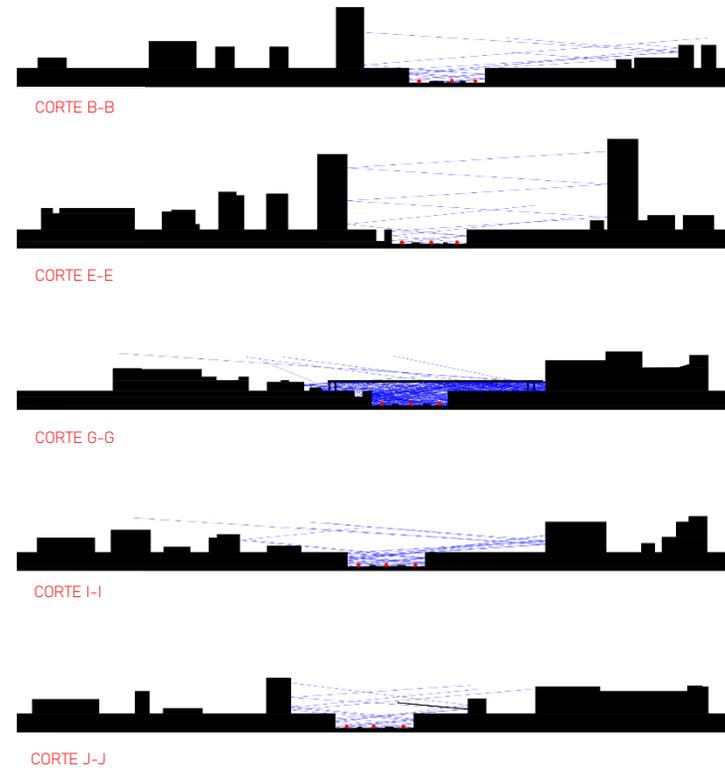


Fig. 68. Cortes seleccionados del contexto utilizando el Software de Grasshopper "Esquissons" para observar reflexiones en azul y fuentes sonoras en rojo. Fuente: Elaboración propia.

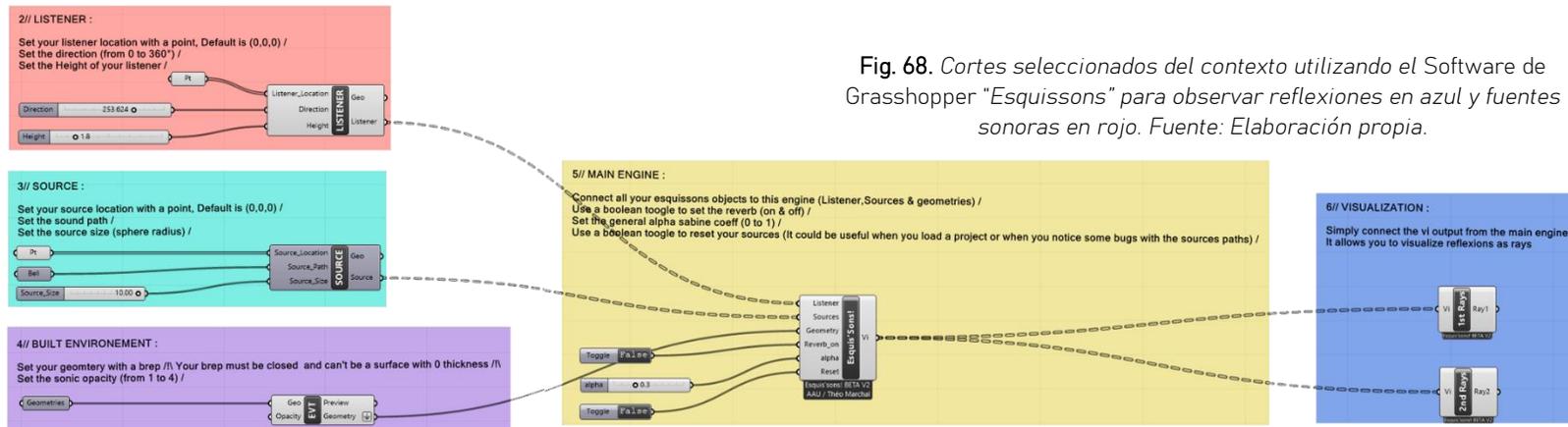


Fig. 69. Software de Grasshopper "Esquissons" Fuente: Elaboración propia.

### 4.3 SIMULACIÓN SONORA EN FACHADA

Se realizaron dos modelos para comprender a grandes rasgos el sonido en fachada. El primero fue un modelo físico, el cual consistió en construir dos situaciones de la fachada actual, es decir, un fragmento de la fachada que consiste en viga y ventana, y otro que consiste en viga, balcón y ventana (ver Fig. 70).

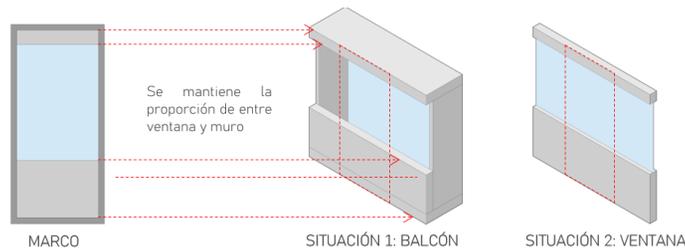


Fig. 70. Fragmento de fachada dentro de un marco construido en dos situaciones: Balcón y Ventana. Fuente: Elaboración propia.

Estos dos fragmentos de fachada fueron construidos para introducirse dentro de una caja que fuera capaz de aislar del sonido exterior, y así, introducir en su interior un medidor de sonido (ver Fig. 71 y 72).

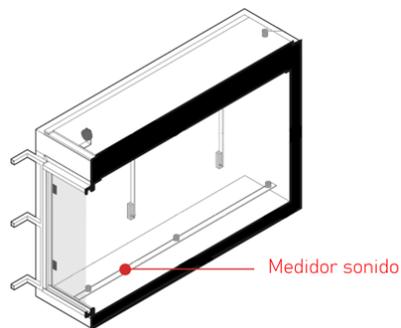


Fig. 71. Corte de la caja que permite aislar de los sonidos exteriores y en rojo la posición del medidor de sonido. Fuente: Elaboración propia.



Fig. 72. Fragmentos de la Fachada construidos y puestos en el marco de la caja que aísla del exterior. Fuente: Elaboración propia.

Una vez puesto un medidor dentro de la caja y se instaló una de las situaciones construidas (ventana o balcón) de la fachada y se generó un sonido desde el exterior que simulara el contexto urbano ruidoso, donde además este sonido también fue medido, para tener como referencia la intensidad y frecuencia del sonido de la fuente. Es por ello por lo que en los resultados se obtuvo decibeles y frecuencias interiores que permitía conocer cuándo ruido filtraba la situación en fachada existente, y decibeles y frecuencias exteriores que permitía saber el sonido inicial desde la fuente sonora.

En cuanto a los resultados, se obtuvo que en la situación Balcón en el interior tuvo un promedio de 11 dB y 0 Hz, mientras que en el exterior se obtuvo un promedio de 36 dB y 219 Hz, es decir, la fachada logró filtrar 25 dB y 219 Hz. Por otro lado, en la situación Ventana se obtuvo en el interior un promedio de 13 dB y 0,5 Hz, mientras que en el exterior se obtuvo un promedio de 35 dB y 222 Hz, es decir, esta situación

en Fachada logró filtrar 22 dB y 221,5 Hz (ver Fig. 73). De esto se puede analizar que en la situación del balcón al tener un vidrio (ventanal) más lejos de la fachada misma, la viga es la que interactúa con el exterior inmediato y el medidor de sonido está más lejano a la fuente, teniendo una "doble" protección con la viga primero, un espacio (balcón) y después un vidrio. Por otro lado, en la situación de la ventana, el vidrio es más pequeño y se encuentra adosado a la viga, por lo que el vidrio interactúa directamente con el exterior. Es por esto, que se puede concluir, respecto a los decibeles, que la situación del balcón es más efectiva para filtrar el ruido. Respecto a la medición en Frecuencia, las medidas no son interpretables.

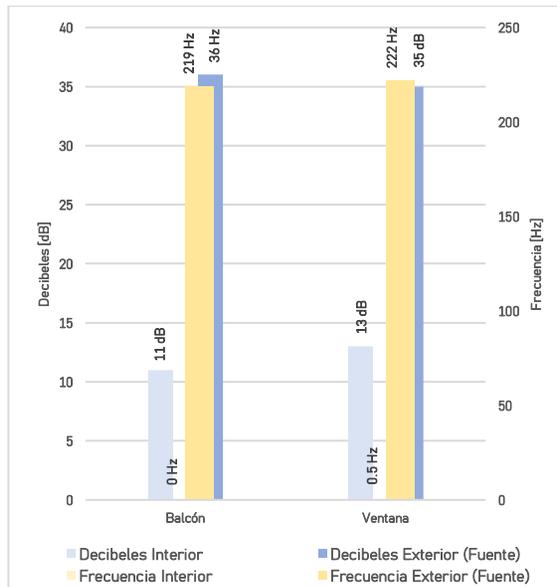


Fig. 73. Gráfico que muestra la diferencia entre la situación interior y exterior del balcón y la ventana. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, para observar el comportamiento del sonido desde la Autopista Central en la fachada también se hizo uso del software de Grasshopper "Esquissos" (ver Fig. 69). Esto se vio en planta y en corte, a modo de comprender cómo es la reflexión del sonido según la posición del receptor en altura. De esta forma, se estudiaron los primeros cinco pisos de la fachada, poniendo al receptor a una altura representativa de 0 m, 3 m, 6 m, 9 m y 12 m, manteniendo la posición de la fuente sonora (ver Fig. 74).

Al observar las reflexiones generadas en la fachada, se puede observar que mientras más alto esté el receptor del sonido, mayores son las reflexiones que se generan. Estas reflexiones se generan en la fachada y en el rebote con el pavimento del lugar. Se puede deducir que estas reflexiones llegan en menor intensidad sonora a mayor altura, sin embargo, notamos que para que el sonido llegue a mayor altura, primero rebotó en diversas direcciones.

Si se agregaran más fuentes sonoras a este ejemplo, se mostraría lo mismo pero intensificado. En resumidas cuentas, el primer piso recibe un sonido más bien directo, donde se observa que a medida que se mueve el receptor del sonido a los pisos tercero, cuarto y quinto, el sonido rebota en la fachada y luego en el pavimento sucesivamente, es decir, si se agregan más fuentes sonoras, los sonidos rebotarían sucesivamente e incluso se superpondrían sucesivamente generando la contaminación acústica ya conocida en el sitio (ver Fig. 75).

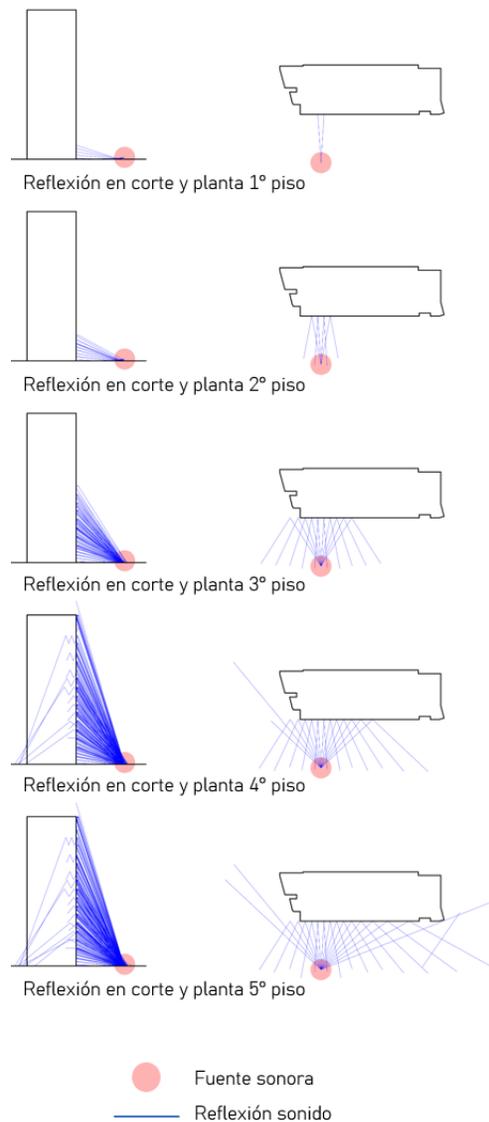


Fig. 74. Reflexión del sonido generada por una misma fuente y cambiando la altura del receptor. Las líneas azules representan el comportamiento del ruido y los círculos rojos la fuente sonora. Fuente: Elaboración propia.

En conclusión, la fachada actual permite la reflexión del sonido, donde al exponerla a una sola fuente sonora, se muestra diversos comportamientos al exponer al receptor a diversas alturas. Este comportamiento muestra que a mayor altura hay mayores reflexiones y que la fachada actual las permite.

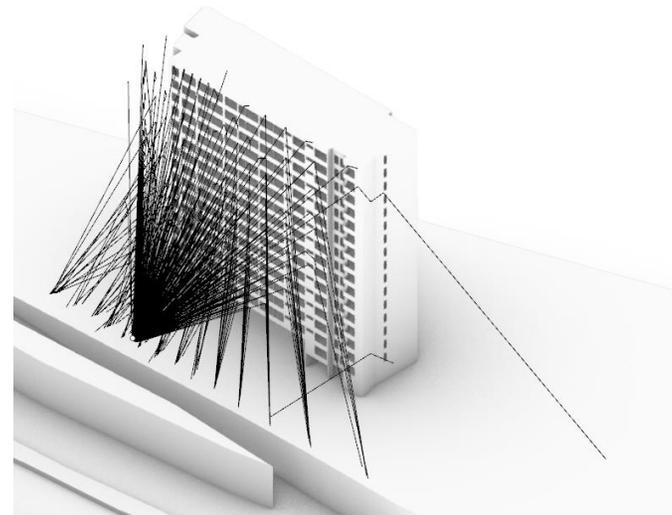


Fig. 75. Reflexión del sonido generada por el programa Esquissons del quinto piso mostrada en Axonométrica. Fuente: Elaboración propia.

---

## 5 PROPUESTAS CONTROL DE RUIDO

### 5.1 COMPONENTES A ESCALA URBANA

Para observar el comportamiento del sonido según diversas estrategias urbanas se hizo uso del software de Grasshopper "Esquissons" (ver Fig. 69). Se estudiaron seis situaciones en total, dos de ellas respecto a la semi cubierta de la Autopista Central a modo de comparar la reflexión del sonido según el ángulo, otras dos respecto a la posición en altura de puentes que conecten la zona oriente con el poniente por la Autopista, y unas últimas dos de altura de muros para contener el sonido (teniendo esto en cuenta para la posición de masas de tierra). Esto se observó y comparó en corte, y así se logró observar si las reflexiones aumentaban o disminuían según la estrategia utilizada.

Se observa en la Fig. 76 que al probar dos tipos de semi cubiertas sobre la Autopista Central las reflexiones del sonido pueden cambiar según las formas e inclinaciones de esta. En el caso de la semi cubierta sin inclinación donde los ángulos son rectos, se observa mayor cantidad de reflexiones en la autopista y, por ende, se expande hacia las fachadas de los edificios. Sin embargo, al agregar inclinación a esta semi cubierta, en este caso de 10° se observa que disminuyen la cantidad de reflexiones en el interior de la Autopista, por lo que, el sonido se extiende en menor medida hacia las fachadas.

Luego, al observar el caso de los puentes peatonales en la Fig. 77, se tiene el caso base que es el ya existente puente pasarela ubicada a 5 m sobre el nivel de suelo y una segunda propuesta a nivel del suelo.

En este caso, se observó que el puente situado a 5 m sobre el nivel de suelo permite que el sonido se refleje y se mueva hacia las fachadas. Esto sucede en menor medida en el caso del puente a nivel de suelo, donde la mayor parte del sonido se refleja en la Autopista siendo más aislado del exterior en este punto y llegando en menor medida a las fachadas.

Finalmente, en la Fig. 78 se probaron muros en los bordes de la Autopista a modo de observar el comportamiento del sonido según la altura de estos muros. El muro de 2,5 m deja pasar el sonido hacia las fachadas, no así el muro de 6 m, esto teniendo un receptor ubicado entre la fachada de edificio del borde y el muro.

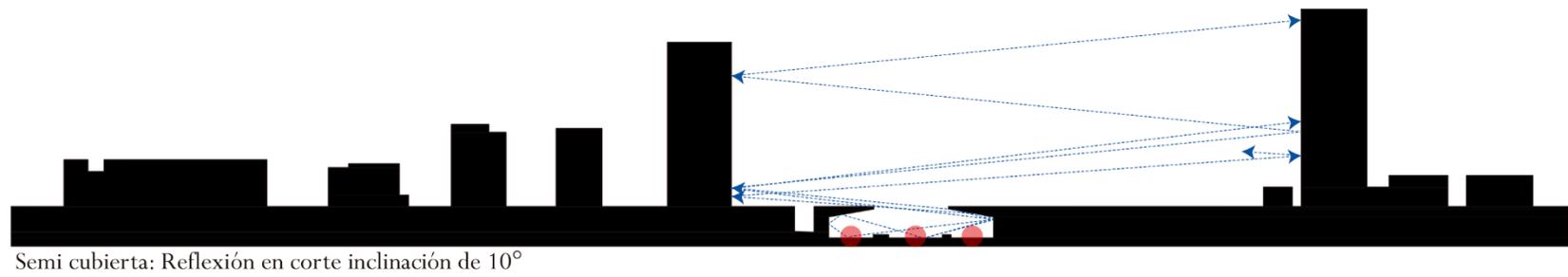
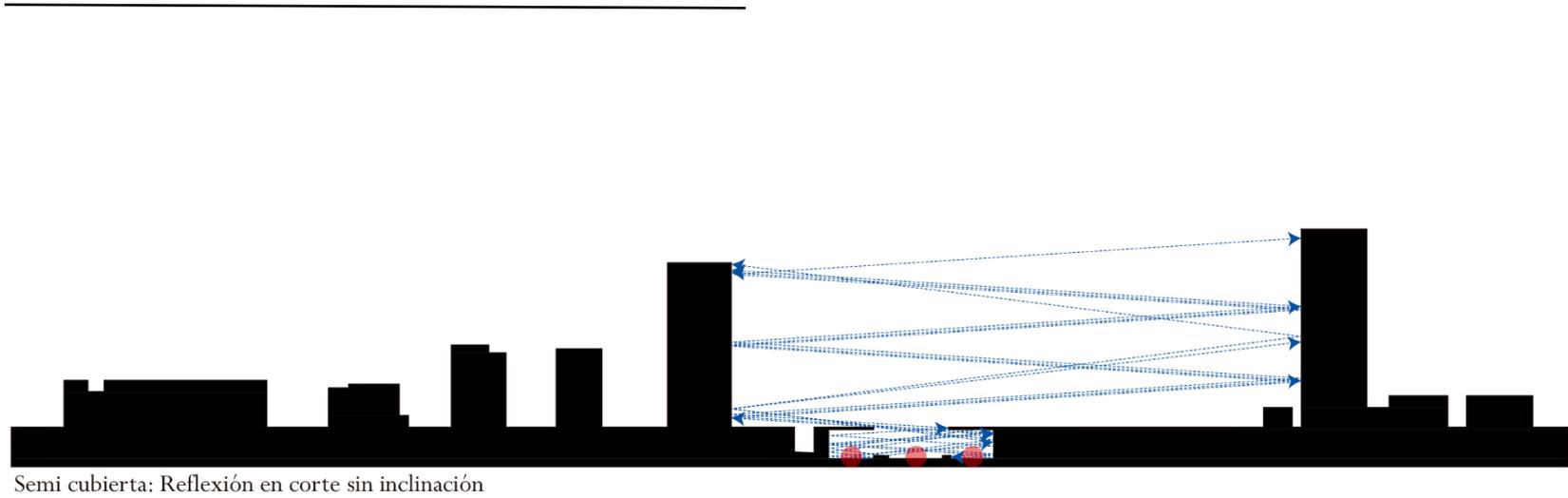


Fig. 76. Reflexión del sonido generada por el programa Esquissos de dos pruebas de semi cubiertas. Las líneas azules representan el comportamiento del ruido y los círculos rojos la fuente sonora. Fuente: Elaboración propia.

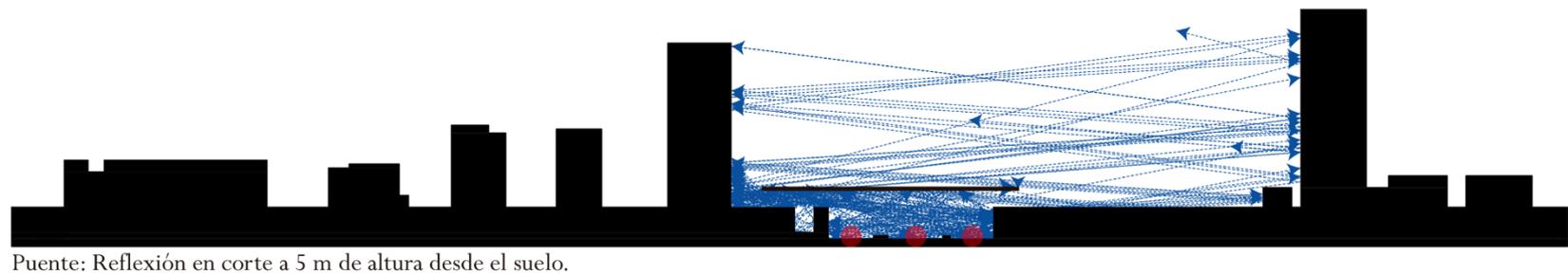
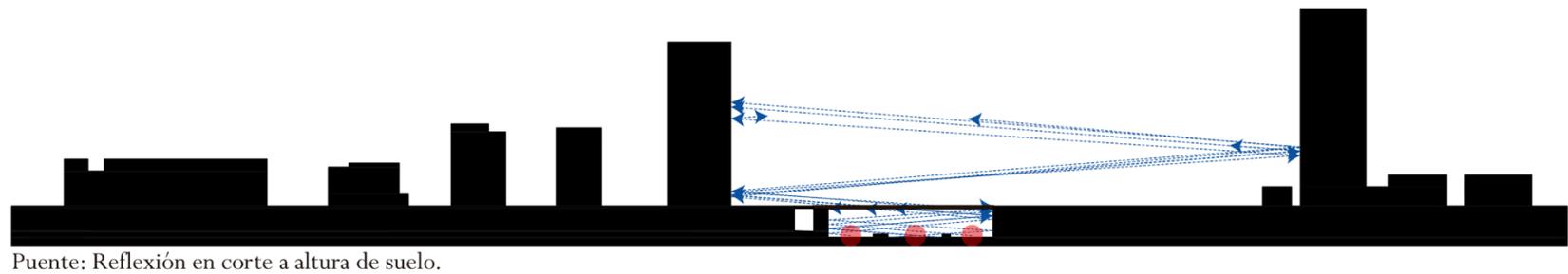


Fig. 77. Reflexión del sonido generada por el programa Esquissons de dos pruebas de puentes peatonales. Las líneas azules representan el comportamiento del ruido y los círculos rojos la fuente sonora. Fuente: Elaboración propia.

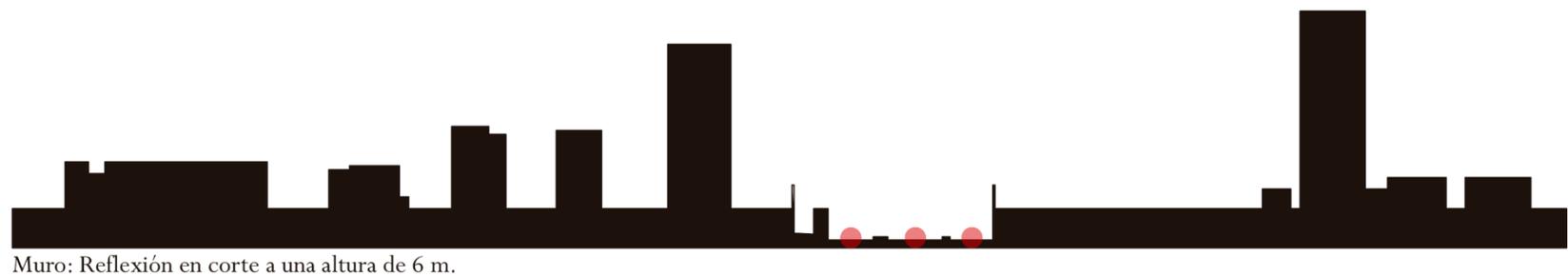
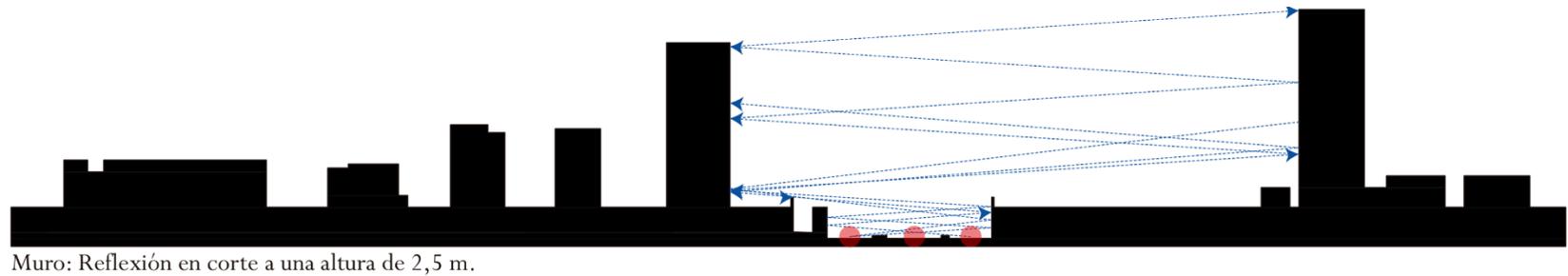


Fig. 78. Reflexión del sonido generada por el programa Esquissos de dos pruebas de muros en los bordes. Las líneas azules representan el comportamiento del ruido y los círculos rojos la fuente sonora. Fuente: Elaboración.

---

## 5.2 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE LA VIVIENDA

Para poder tomar diversas decisiones de diseño en el interior de la vivienda, se tuvo en consideración tanto el problema del ruido como el de la luz. Esto debido a que es necesario saber cuánto de la actual fachada puede ser obstruida sin perder luz natural.

Primero, se analizó la luz en los departamentos del tercer piso y el piso diecisiete (último piso), los cuales son iguales en cuanto a orden general de los recintos interiores (ver Fig. 79). Aquí teniendo en consideración las aperturas, se observa que, al subir de nivel, la intensidad de la luz es mayor, pasando de 2436 lux en el tercer piso a 2613 lux en el último, presentando mayor sobre iluminación en el borde y mayor alcance lumínico al fondo del departamento.

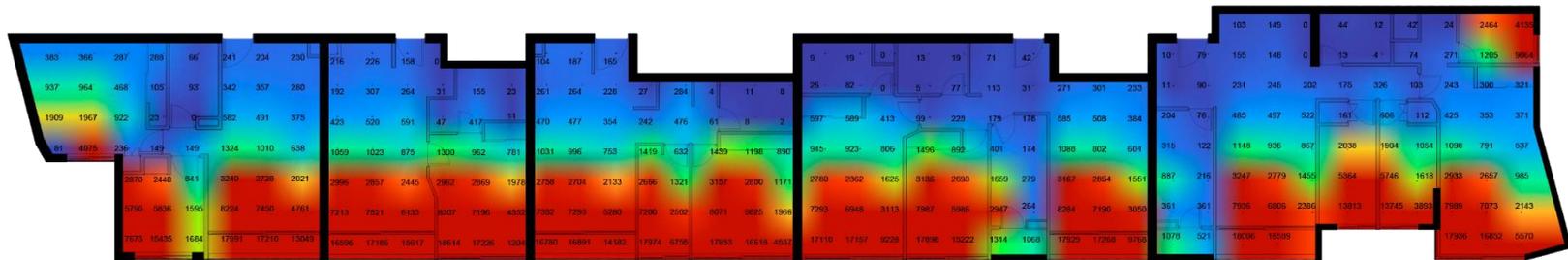
Al tener en consideración el ruido y la construcción de una fachada, que permita alejar al usuario de las fuentes sonoras, también se debe tener en cuenta la manera en que se distribuye los elementos en esta, es decir, al mover ciertos electrodomésticos, instalaciones, conductos, entre otros, la luz natural va a disminuir. Si bien, teniendo el caso base sobre iluminado, esto ayudaría a mejorar las condiciones del espacio interior de la vivienda, sin embargo, se debe tener en consideración cuánto es posible cubrir la fachada.

Para saber cuánto es posible cubrir las aperturas actuales, el enfoque de estudio estuvo en un mismo departamento en distintas situaciones. Esto a modo esquemático para lograr observar el comportamiento de la luz en el interior de la vivienda.

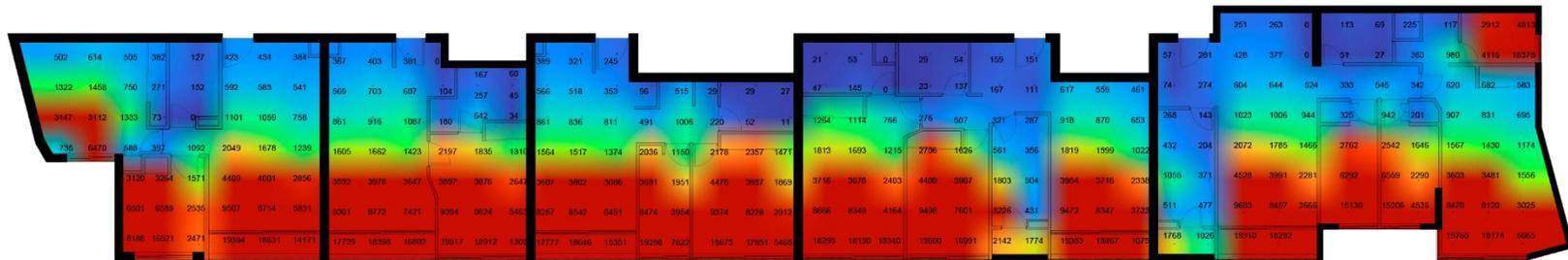
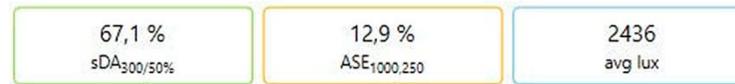
Primero se analizó un departamento del tercer piso en su estado actual (ver Fig. 80), con sus respectivos recintos y

orden, donde el promedio anual llegó a 3802 lux. Se logra observar una sobre iluminación en el borde que da hacia la autopista e iluminación deficiente en el fondo de la vivienda. Se puede decir que los tabiques conforman el problema de que la luz no llegue de manera pareja en todos los recintos.

Es así como se estudió el mismo departamento, pero esta vez quitando los tabiques (ver Fig. 81), esto dio como promedio anual 4402, es decir, aumentó la exposición a la luz natural en el departamento, sin embargo, se puede observar que llega de manera más uniforme al fondo y con luz adecuados en esta zona. La distribución de la planta estaría dada al notar el déficit de luz en general al fondo, es así, que recintos como baños, que no requieren en especial luz natural, estarían al fondo. Luego, al notar la sobre iluminación en el borde, la propuesta sería alejar la entrada solar directa, es así como se prueba poniendo un borde de 0,8 m (ver Fig. 82), el cual hace que el promedio anual sea 2040 lux, disminuyendo incluso a la mitad la sobre iluminación del borde. Se estudia este mismo caso, con el borde de 0,8 m, y cubriendo las aperturas en un 50% (ver Fig. 83), donde se observa que aún el borde sigue sobre iluminado, pero ya la mitad de la vivienda se encuentra con una cantidad pareja, en promedio 1388 lux. Finalmente, se disminuyen las aperturas, quedando un 25% abiertas (ver Fig. 84), donde aún se logra observar que aún hay calidad lumínica, en promedio 692 lux, llegando a un ASE de 0%, es decir, sin discomfort por sobre iluminación, sin embargo, 36,2% de la planta presenta luz sobre los 300 lux, teniendo espacios con menor calidad lumínica, por lo que, como se mencionó anteriormente, pueden ser espacios de baños.



Planta Lux Piso 3



Planta Lux Piso 17

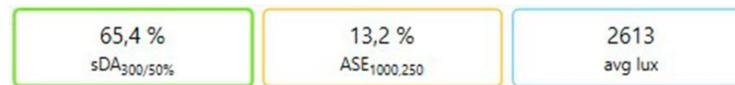
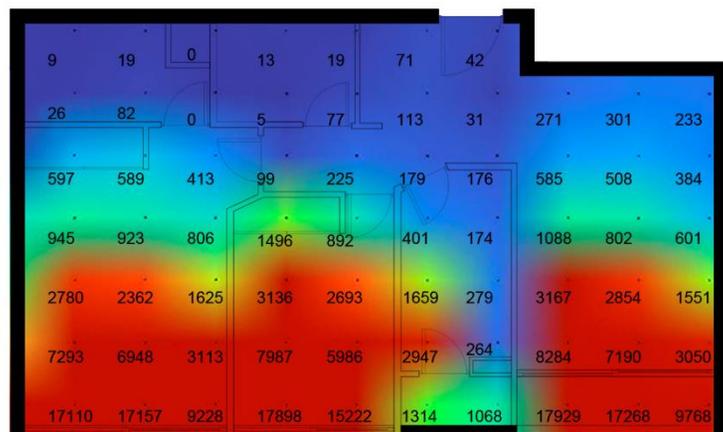


Fig. 79. Fragmento del edificio estudiado comparando el piso tres con el diecisiete. Se muestra los departamentos que en su fachada dan hacia la autopista central en torno al estudio de la iluminancia. Fuente: Elaboración propia a través de Climate Studio



Planta Actual: Lux Piso 3

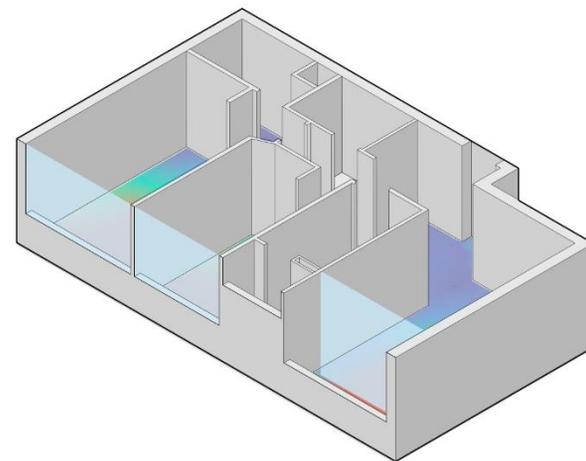
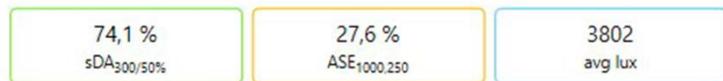
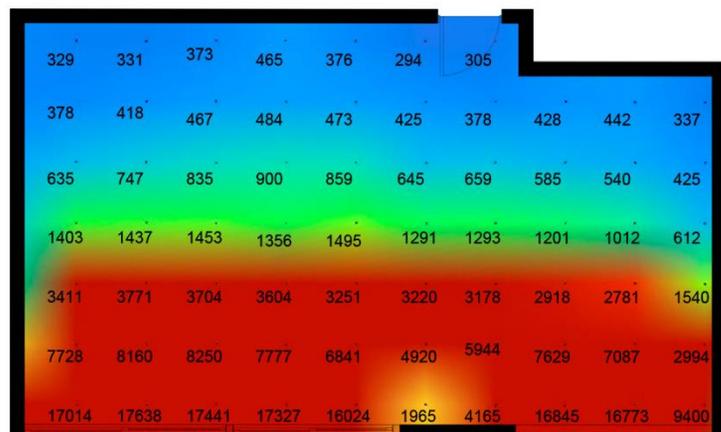


Fig. 80. Departamento del tercer piso estudiado en torno a la luz. Se muestra el estado actual de la vivienda con la composición de tabiques y obstrucciones hacia el exterior. Fuente: Elaboración propia a través de Climate Studio



Planta Sin Tabiques: Lux Piso 3

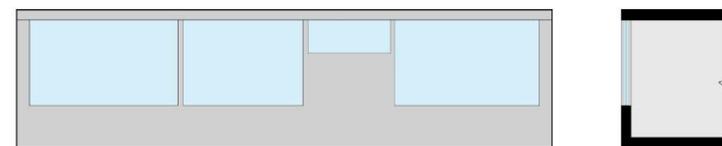
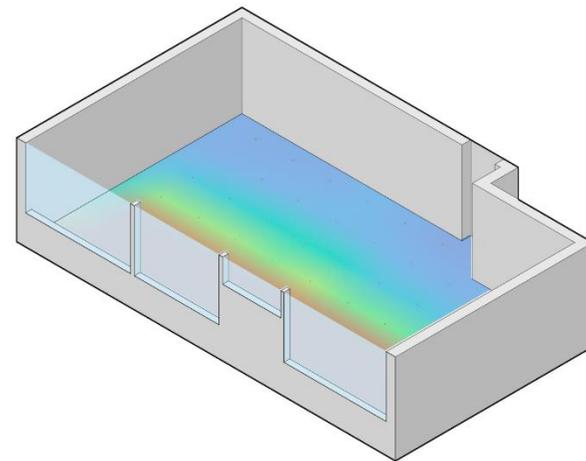
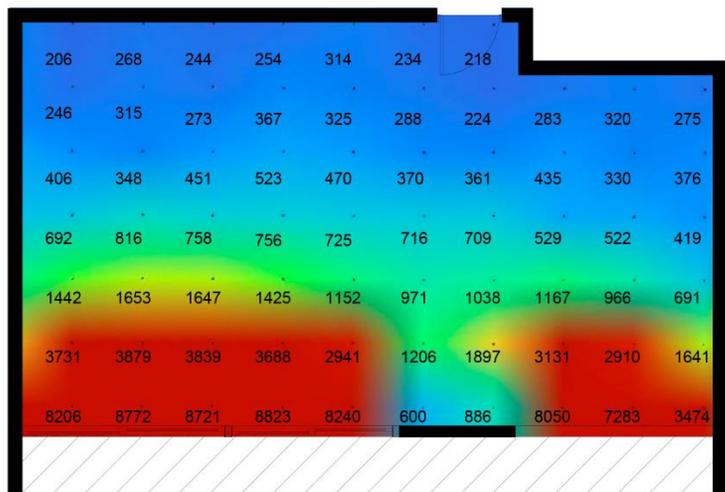


Fig. 81. Departamento del tercer piso estudiado en torno a la luz. Se muestra el estado sin tabiques de la vivienda. Fuente: Elaboración propia a través de Climate Studio



Planta Sin Tabiques con espacio de 0,8 m: Lux Piso 3

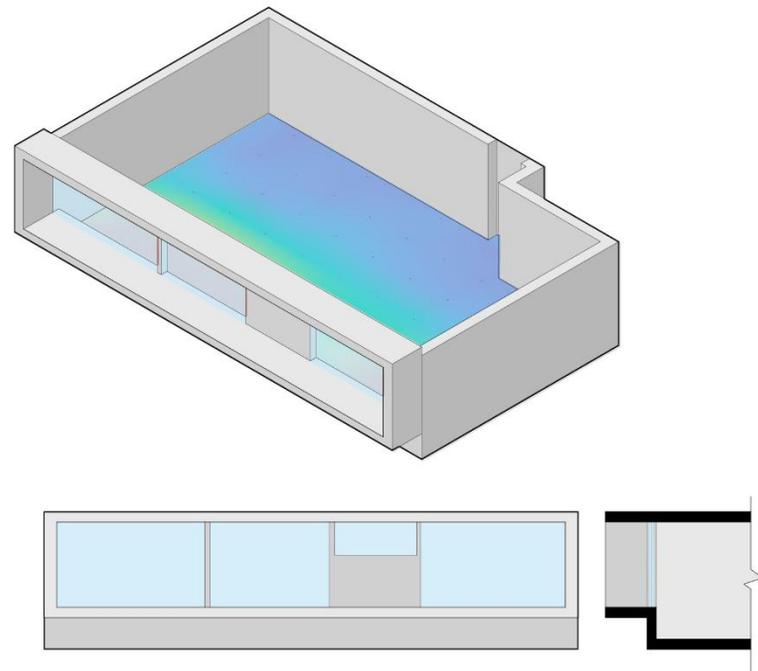
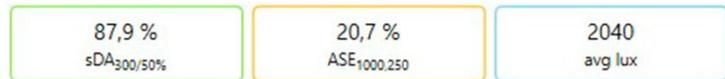
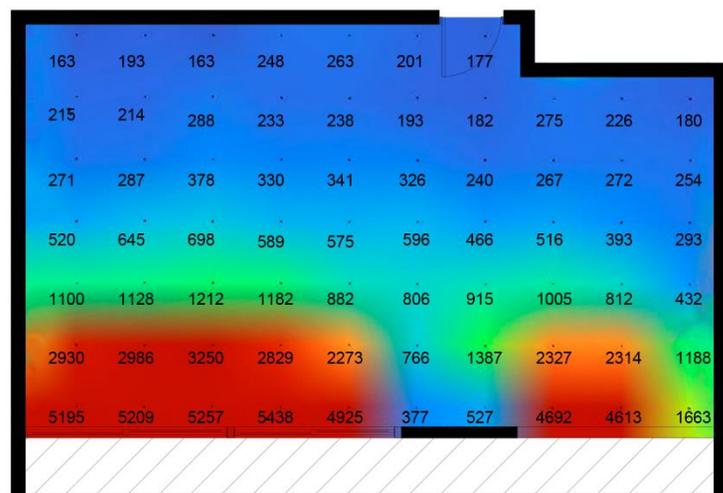


Fig. 82. Departamento del tercer piso estudiado en torno a la luz. Se muestra el estado sin tabiques de la vivienda y una extensión de 0,8 m en las aperturas. Fuente: Elaboración propia a través de Climate Studio



Planta Sin Tabiques con espacio de 0,8 m y 50% de apertura: Lux Piso 3

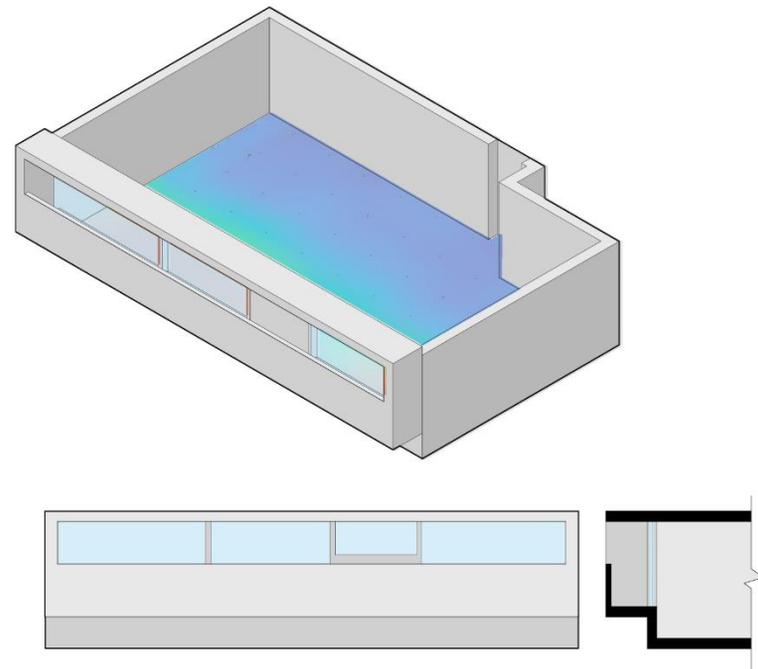
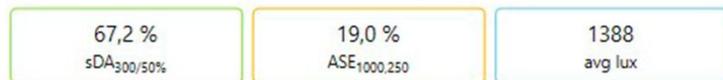
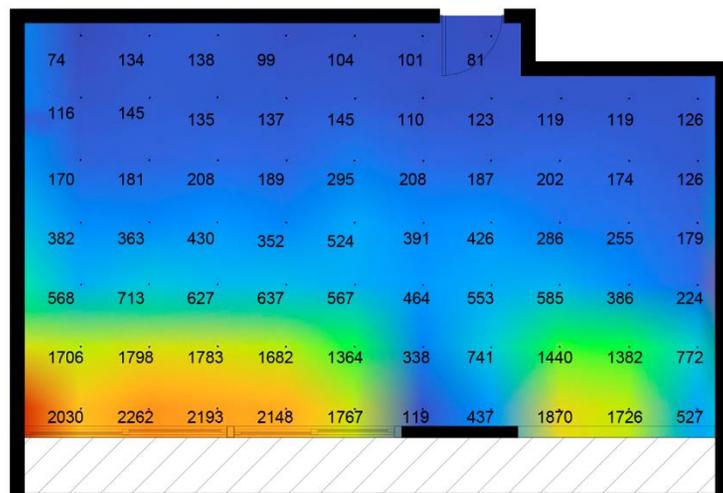


Fig. 83. Departamento del tercer piso estudiado en torno a la luz. Se muestra el estado sin tabiques de la vivienda y una extensión de 0,8 m en las aperturas, reduciéndolas al 50%. Fuente: Elaboración propia a través de Climate Studio



Planta Sin Tabiques con espacio de 0,8 m y 25% de apertura: Lux Piso 3

36,2 % sDA <sub>300/50%</sub>	0,0 % ASE <sub>1000,250</sub>	692 avg lux
----------------------------------	----------------------------------	----------------

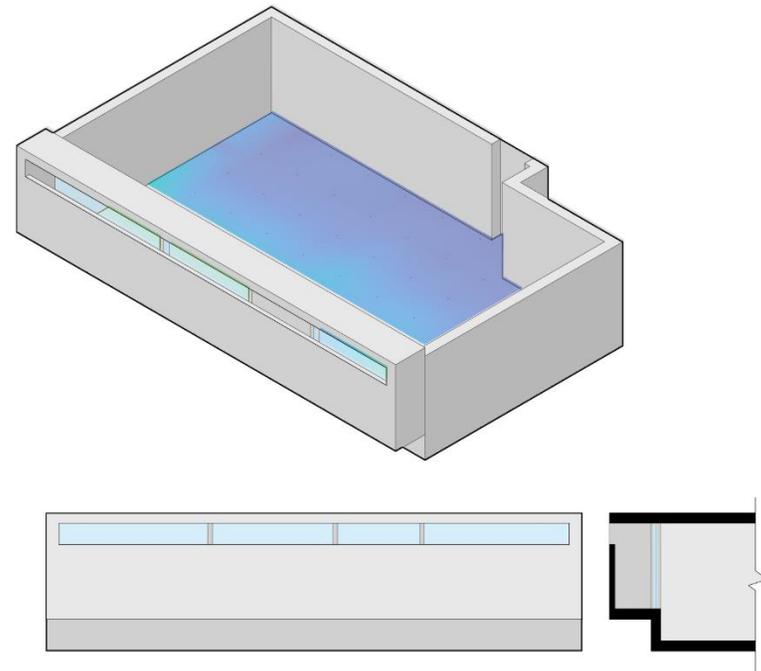


Fig. 84. Departamento del tercer piso estudiado en torno a la luz. Se muestra el estado sin tabiques de la vivienda y una extensión de 0,8 m en las aperturas, reduciéndolas al 25%. Fuente: Elaboración propia a través de Climate Studio.

### 5.3 GEOMETRÍAS EN FACHADA

Se propone estudiar diversas formas en fachada, en este caso, figuras en cada piso con ángulos de 30°, 45° y 60°. Esto se estudió moviendo el receptor del sonido en distintas alturas, se eligió una altura de 1,9 m para representar los pisos bajos, una altura de 20 m para representar los pisos del medio y una altura de 40 m para representar los pisos más altos. Es así, que se observó el caso base con una fachada recta, luego con los diversos ángulos propuestos (ver Fig. 85).

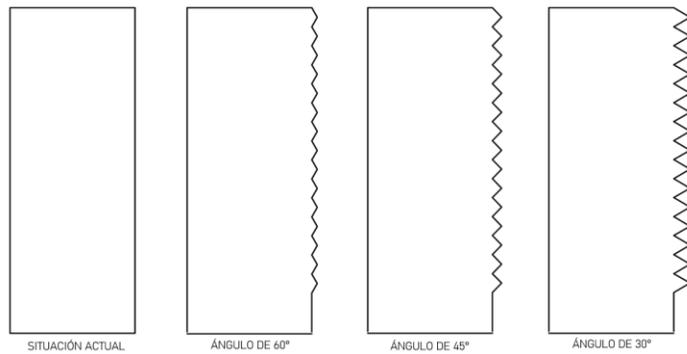


Fig. 85. Diversos ángulos probados en fachada en torno al sonido. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados mostraron que, al comparar la situación actual, con el resto en los primeros pisos, el ángulo que permite al sonido no rebotar en la fachada contraria es el de 45°. No sucede lo mismo en los pisos medios, donde se observa que el ángulo que permite menor reflexión del sonido es de 30°, el mismo que en los pisos más altos, donde se observa que el sonido no rebota con el edificio del frente (ver Fig. 86, 87, 88).

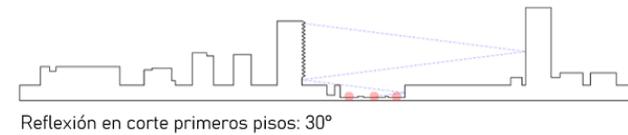
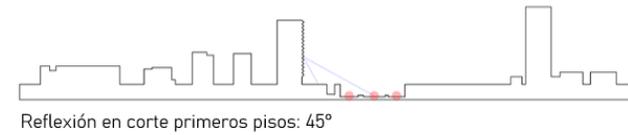
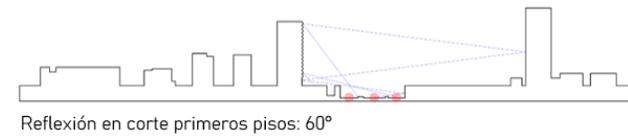
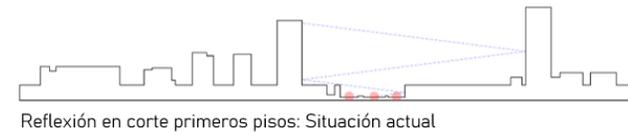
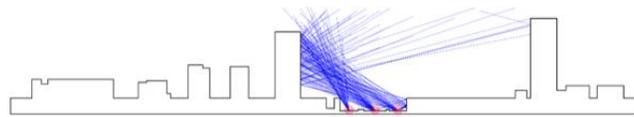
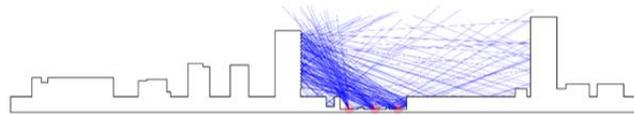


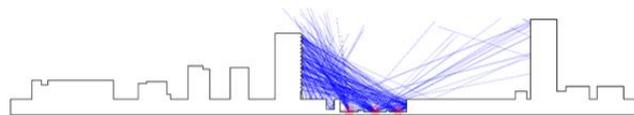
Fig. 86. Reflexión del sonido en los primeros pisos del edificio mostrado en Corte. Las líneas azules representan el comportamiento del ruido y los círculos rojos la fuente sonora. Fuente: Elaboración propia.



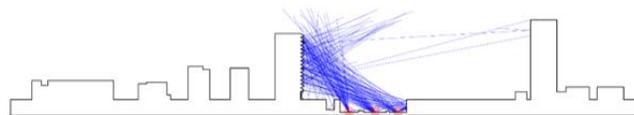
Reflexión en corte pisos medios: Situación actual



Reflexión en corte pisos medios: 60°

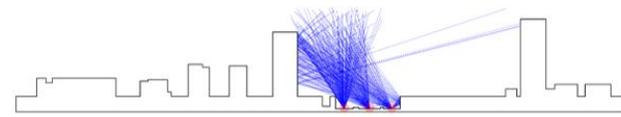


Reflexión en corte pisos medios: 45°

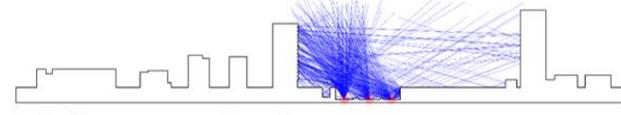


Reflexión en corte pisos medios: 30°

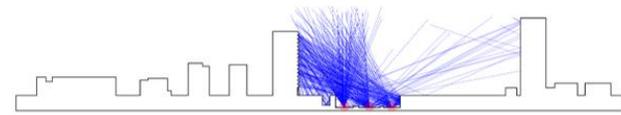
**Fig. 87.** Reflexión del sonido en los pisos del medio del edificio mostrado en Corte. Las líneas azules representan el comportamiento del ruido y los círculos rojos la fuente sonora. Fuente: Elaboración propia.



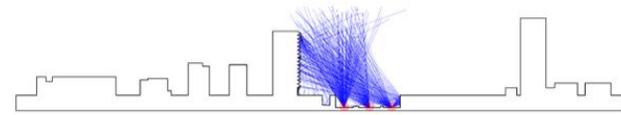
Reflexión en corte pisos altos: Situación actual



Reflexión en corte pisos altos: 60°



Reflexión en corte pisos altos: 45°



Reflexión en corte pisos altos: 30°

**Fig. 88.** Reflexión del sonido en los últimos pisos del edificio mostrado en Corte. Las líneas azules representan el comportamiento del ruido y los círculos rojos la fuente sonora. Fuente: Elaboración propia.

## 6 PROPUESTAS EN TORNO AL RUIDO

### 6.1 PROYECTO URBANO

El proyecto urbano, trata de tomar el problema del ruido desde el mismo foco, es decir, desde el emisor hasta el receptor del sonido (ver Fig. 90).

De esta manera, tomando las estrategias estudiadas, primero se consideró la semicubierta en una inclinación de 10° para así evitar que gran parte del ruido generado en la Autopista se propague al exterior.

Luego, se analizó las estructuras que existían, en este caso, la pasarela Huérfanos, que pasa sobre nivel en la autopista, en la que se observó que esta estructura genera múltiples reflexiones de sonido en su ubicación. Es por esto por lo que, al poner la misma pasarela, pero a nivel de suelo y se observó que las reflexiones son menores al compararlo con el caso actual.

Finalmente, al probar muros o barreras al borde de la autopista, se observó que se logran bloquear las reflexiones a mayor altura de estas barreras.

Dentro de todas las observaciones derivadas de los estudios realizados, se tiene en consideración que en las avenidas Manuel Rodríguez y Manuel Rodríguez Norte debería existir una disminución del tráfico llevando mayor parte a la autopista, de modo de enfocar el problema mayor en un solo punto.

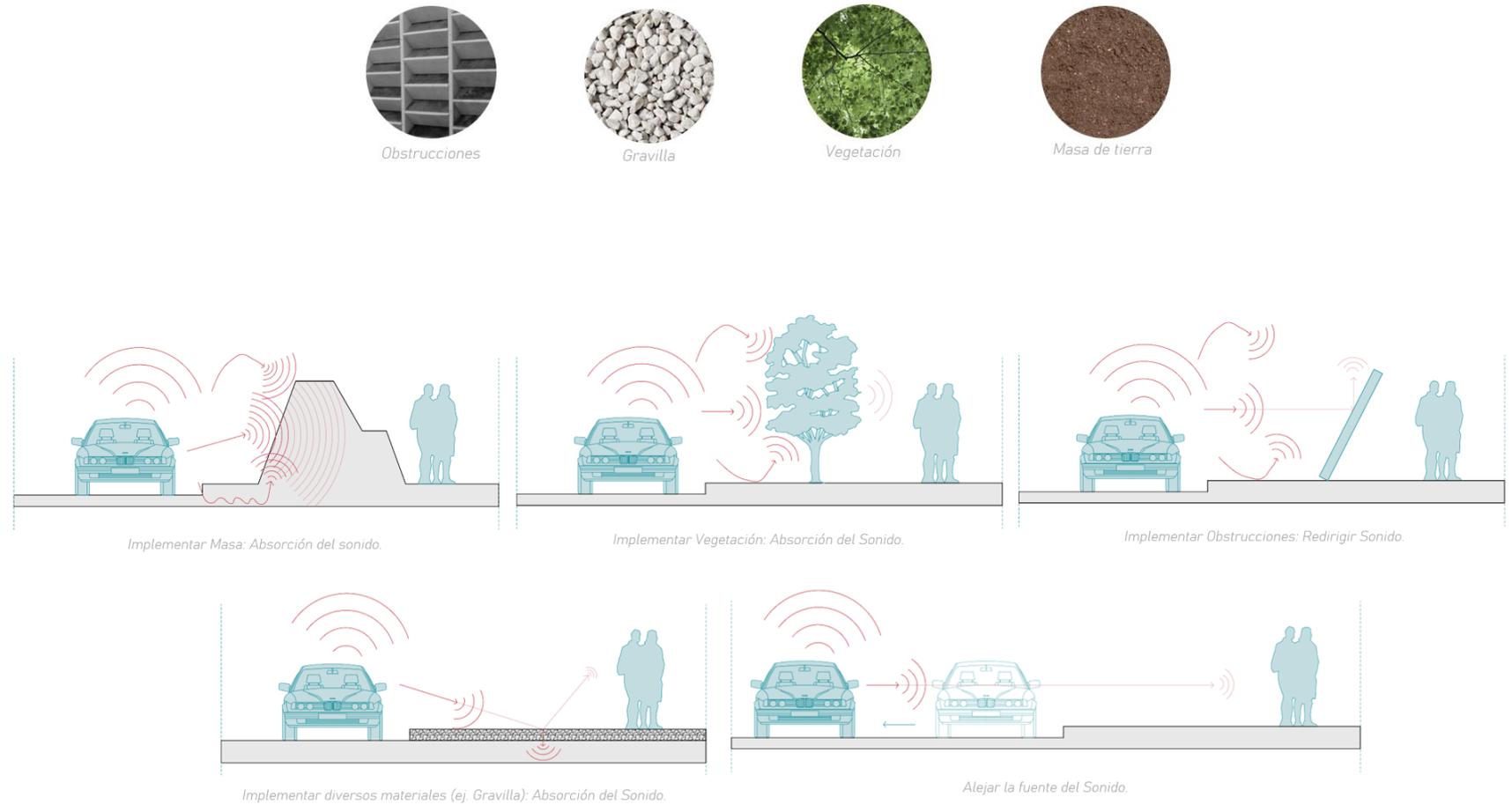
Del mismo modo, al generar un traspaso de oriente a poniente a nivel de suelo, debe existir menor tráfico, o más lento en las avenidas anteriormente mencionadas. En este punto, se comparó la percepción de los usuarios sobre el horario más

molesto, en donde el que alcanzó el 66,2% fue entre las 6 p.m. y 8 p.m., coincidiendo con el mapa de tránsito de Google Maps que es el horario donde se acumulan autos, generando tacos (ver Fig. 89)

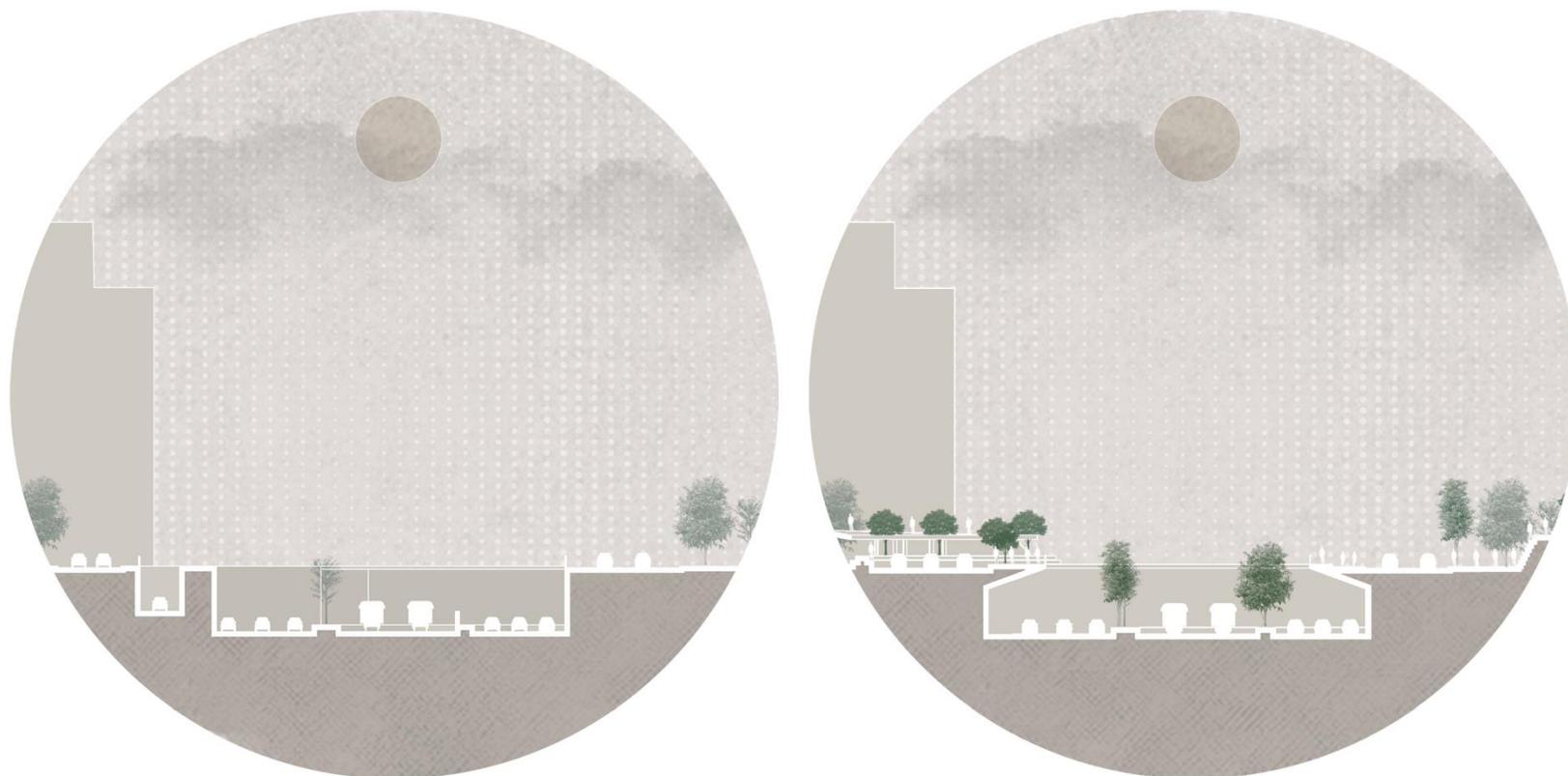
Por otro lado, dentro de la autopista misma, se busca contener el sonido generado por los autos lo más posible, por lo que, espacios compuestos por tierra o más bien sin uso, se propone taparlos y mover las pistas de Manuel Rodríguez Norte y Manuel Rodríguez alejados de las fachadas de los edificios (ver Fig. 91, 92 y 93).



**Fig. 89.** Comparación de percepción de horario molesto según percepción (en los porcentajes) con el tránsito vehicular. Fuente: Elaboración propia.



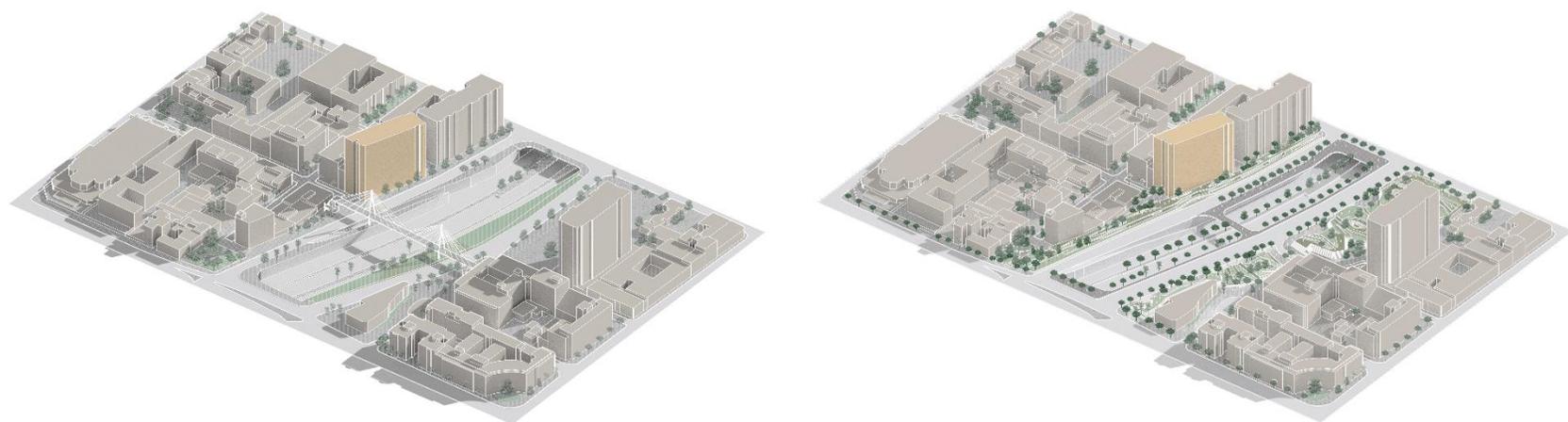
**Fig. 90.** Soluciones Acústicas en el entorno urbano. Posibles intervenciones para reducción del ruido. Fuente: Elaboración propia.



**Fig. 91.** Comparación en corte del estado actual de la Autopista Central en la izquierda con la propuesta general en la derecha utilizando las estrategias para el manejo del ruido. Fuente: Elaboración propia.



**Fig. 92.** Comparación en planta del estado actual de la Autopista Central en la izquierda con la propuesta general en la derecha utilizando las estrategias para el manejo del ruido. Fuente: Elaboración propia.



**Fig. 93.** Comparación en axonométrica del estado actual de la Autopista Central en la izquierda con la propuesta general en la derecha utilizando las estrategias para el manejo del ruido. Fuente: Elaboración propia.

---

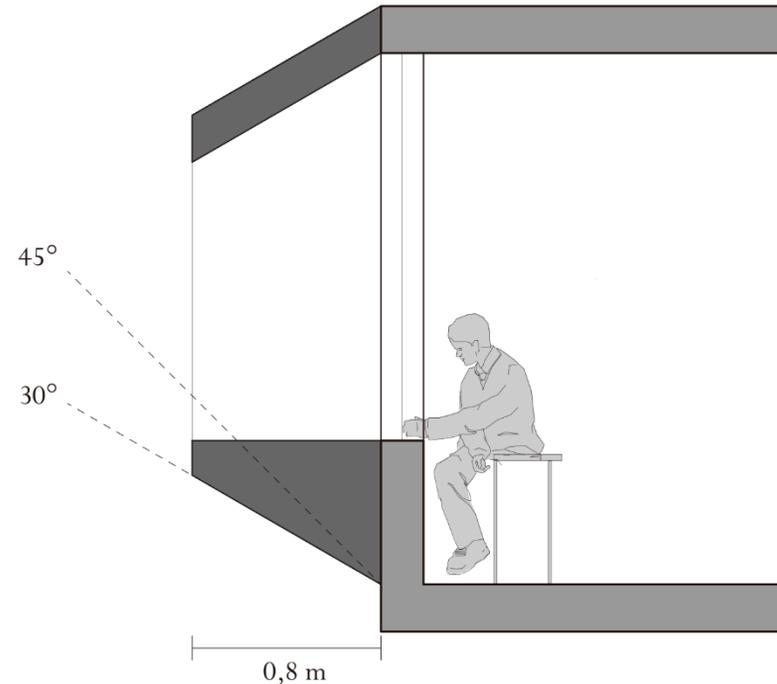
## 6.2 PROYECTO EN VIVIENDA

El proyecto enfocado en la vivienda explora distribuciones y nuevas formas de habitar el espacio, con ello se tiene en consideración diversos referentes de la vivienda contemporánea, donde la idea es trabajar con lo mínimo, explorando posibilidades desde la simpleza.

Para empezar, se tiene en consideración los estudios realizados en torno a las geometrías en fachadas y las reflexiones del sonido en torno a un caso base y ángulos de  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  y  $60^\circ$ , donde se observó que disminuyen la cantidad de reflexiones en los primeros pisos con inclinaciones de  $45^\circ$ , por otro lado, en los pisos medios y altos, el mejor resultado se dio con inclinaciones de  $30^\circ$ .

Junto con esto y los estudios lumínicos, se tiene en consideración agregar un espacio de 0,8 m, con el que se pretende no sólo evitar la sobre iluminación en el borde, sino que también considerarlo como un espacio de utilidad, tal como el esquema de la Fig. 94, que se considera como un posible espacio utilizado como escritorio.

En otros casos, este uso puede variar según la apertura que se quiera tener hacia el exterior, por ejemplo, también el uso puede ser dado por espacios más cerrados, como un closet o no tan peculiares como electrodomésticos.



**Fig. 94.** Esquema de inclinación y posibles usos del espacio intermedio creado para evitar la sobre iluminación con ángulos que evitan las reflexiones de sonido hacia otras fachadas. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, se propone un orden simplificado de la vivienda tal como se muestra en el esquema de la Fig. 95, donde se muestra uno de los departamentos que dan hacia el oriente, es decir, mirando a la Autopista. En este se muestra dos ejes principales: El primero estaría dado por la zona húmeda, donde se encontrarían los baños, mientras que en el segundo estaría dado por el espacio intermedio que compone a la nueva fachada. En este último eje se dispondrían diversos elementos, tales como shaft, electrodomésticos y diversos espacios con usos que requiera el usuario.



Fig. 95. Esquema de departamento propuesto con ejes básicos de orden.  
Fuente: Elaboración propia.

El departamento en sí se acomodaría según las necesidades de los usuarios, por lo que a la planta original se le quitarían los tabiques a modo de generar una planta libre.

Algunos de los referentes para tener en cuenta son de Shigeru Ban, quien, en gran parte de sus viviendas, las construía con una base que podía ser modificada según el estilo de vida deseado. Tal es el caso de "Naked House, 1999" (ver Fig. 96) donde "las personas que están adentro viven en módulos, habitaciones con ruedas que se pueden mover y colocar dentro del espacio de la casa de 139 metros cuadrados. El interior ha sido apropiadamente descrito como "un gran espacio único"." (Craven, 2018). "Esta casa es, de hecho, el resultado de mi visión de una vida agradable y flexible, que evolucionó a partir de la propia visión del cliente hacia una vida y una vida familiar" (Shigeru Ban Architects, 2005)



Fig. 96. Interior de Naked House de Shigeru Ban. Fuente: ThoughtCo en <https://www.thoughtco.com/interiors-japanese-houses-of-shigeru-ban-177319>

---

Se busca la flexibilidad de habitar la vivienda dependiendo de las necesidades y entendiendo la modificación de los círculos familiares en el tiempo. La construcción de un diseño flexible implica ciertas lógicas de estructuras bases. En el caso del proyecto de vivienda en el edificio de Manuel Rodríguez 308, se busca ampliar las posibilidades al tener en cuenta que las divisiones actuales son tabiques y que es posible construir una planta libre con cierta búsqueda a diversos usos. Otro referente de estudio es la casa "Nine-Square Grid House, 1997" (ver Fig. 97), en donde "La composición espacial combina los sistemas de dos paredes y un Suelo Universal", describe Ban. "Estas puertas corredizas permiten una variedad de arreglos espaciales, ajustables para adaptarse a las necesidades estacionales o funcionales". (Craven, 2018)



**Fig. 97.** Interior de Nine-Square Grid House de Shigeru Ban. Fuente: ThoughtCo en <https://www.thoughtco.com/interiors-japanese-houses-of-shigeru-ban-177319>

Junto con estos referentes, también se encuentra "PC Pile House, 1992" (ver Fig. 98) "Esta casa es uno de los primeros encargos de Ban, pero presenta todos los elementos que se encuentran en el trabajo posterior de Shigeru Ban: un plano de planta abierto, paredes exteriores móviles y el desenfoque del espacio interior y exterior." (Craven, 2018).

Sumado a estos, finalmente, se tiene en consideración la "Furniture House 1, 1995" (ver Fig. 99 y 100) que presenta elementos estructurales que definen el espacio y a la vez funciona como mobiliario, por lo que, definen el espacio y agregan espesores a la conformación de recintos, lo cual, para esta investigación es de interés por el lado del control de ruido también entre recintos de la vivienda cuando vive más de un usuario en ellas.



**Fig. 98.** Interior de PC Pile House, 1992. Fuente: ThoughtCo en <https://www.thoughtco.com/interiors-japanese-houses-of-shigeru-ban-177319>

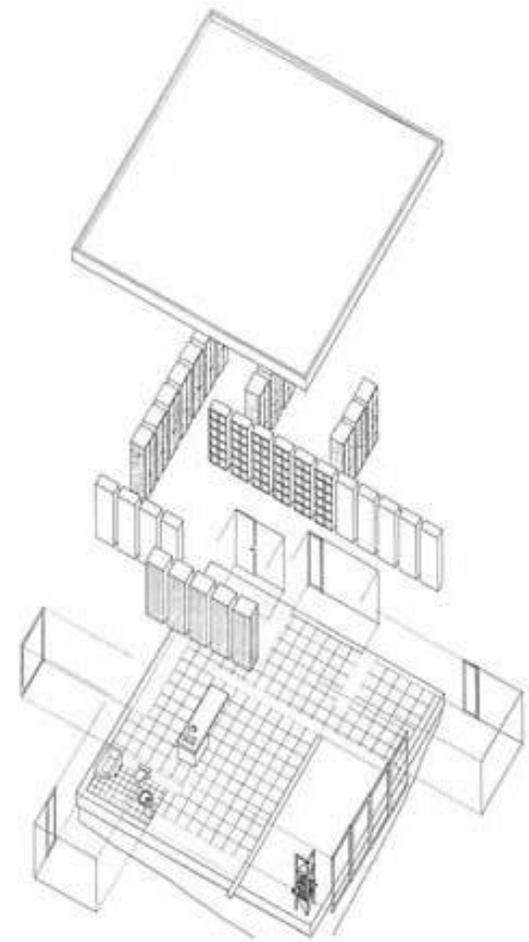
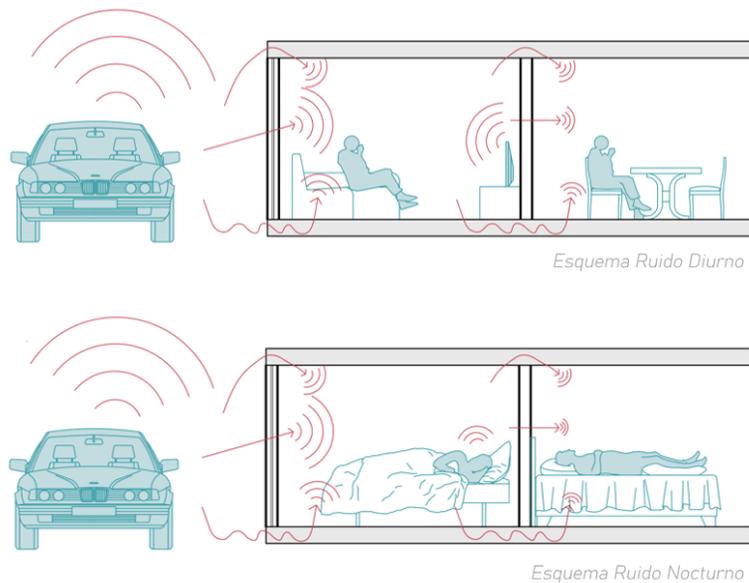


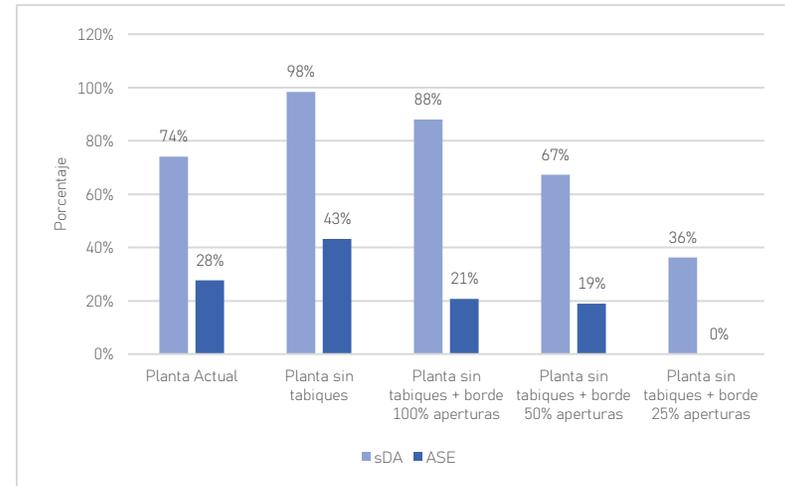
Fig. 99 y 100. Interior de Furniture House 1, 1995. Fuente: Shigeru Ban Architects en <http://www.shigerubanarchitects.com>

Al tener en consideración las propuestas y los referentes anteriormente mencionados, se muestra en la Figura 101 la influencia de la fachada en el traspaso del sonido al interior y cómo este puede afectar en las actividades diarias de los usuarios, sin embargo, para crear una intervención se debe considerar la iluminación tal como se realizó en el capítulo 5.2, teniendo los gráficos resumen en las Figuras 102 y 103.

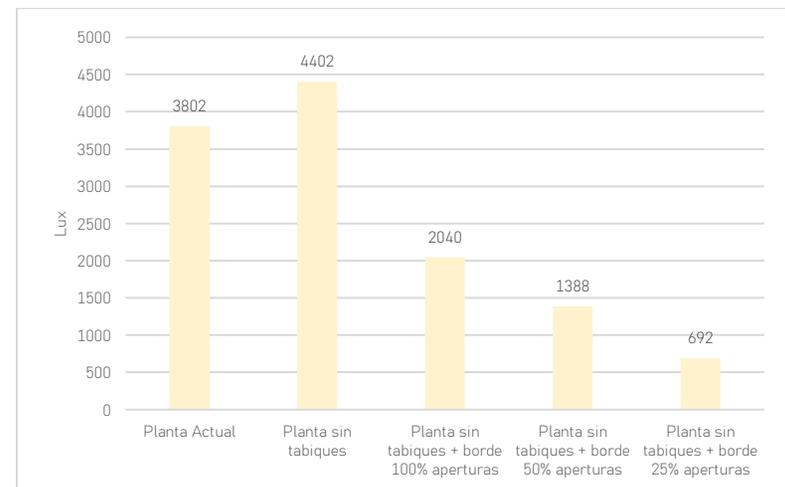
De esta manera, se muestra en la Figura 104, los diversos usos del espacio intermedio creado en la fachada, y desde la Figura 105 a la 109, las diversas intervenciones en planta de los departamentos estudiados.



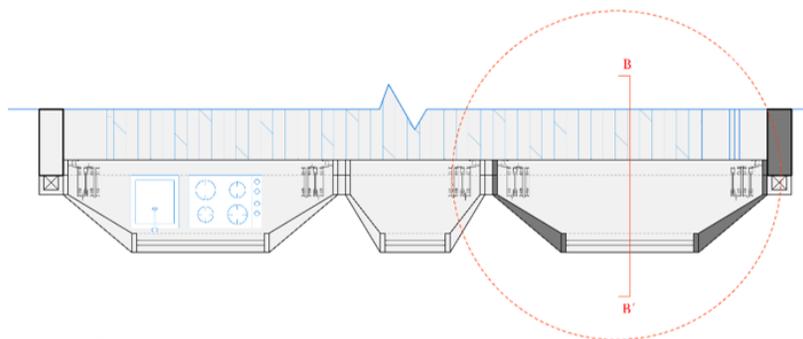
**Fig. 101.** Esquema de Ruido Diurno y Nocturno dentro de la Vivienda. Fuente: Elaboración propia



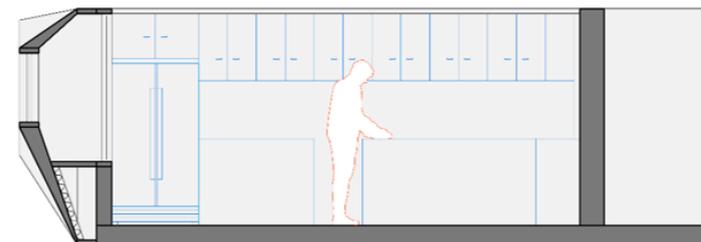
**Fig. 102.** Gráfico comparativo de sDA y ASE al modificar la fachada de uno de los departamentos estudiados. Fuente: Elaboración propia



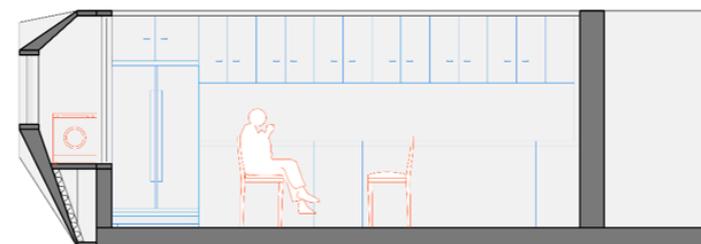
**Fig. 103.** Gráfico comparativo de los Lux al modificar la fachada de uno de los departamentos estudiados. Fuente: Elaboración propia



Planta Detalle



Corte Detalle



Corte Detalle

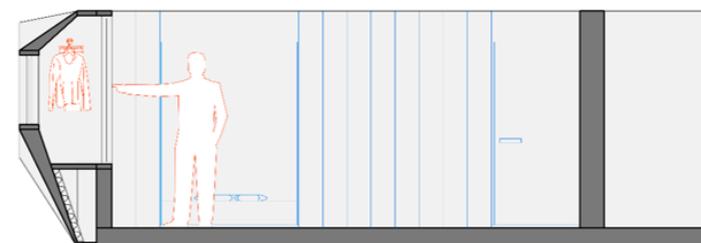


Fig. 104. Detalle del espacio intermedio realizado en el departamento 705.  
Fuente: Elaboración propia

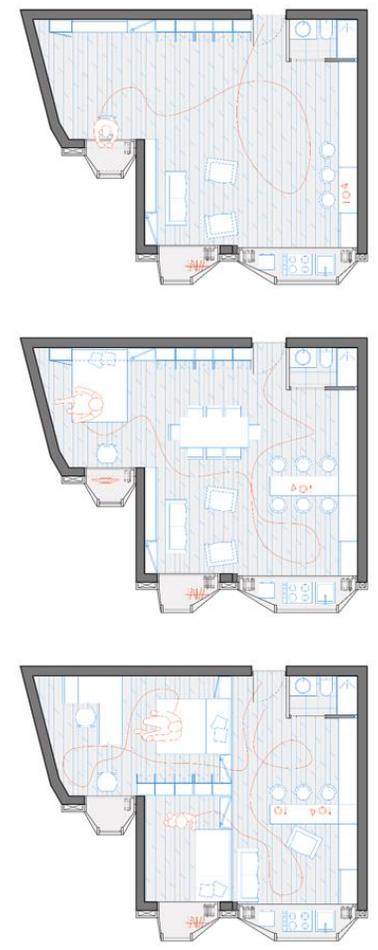


Fig. 105. Departamento 307. La primera imagen a la izquierda es de su estado actual y debajo se encuentra la modificada, a la derecha sus posibles modificaciones según se requiera. Fuente: Elaboración propia.



Fig. 106. Departamento 1606. La primera imagen a la izquierda es de su estado actual y debajo se encuentra la modificada, a la derecha sus posibles modificaciones según se requiera. Fuente: Elaboración propia.



Fig. 107. Departamento 705. La primera imagen a la izquierda es de su estado actual y debajo se encuentra la modificada, a la derecha sus posibles modificaciones según se requiera. Fuente: Elaboración propia.

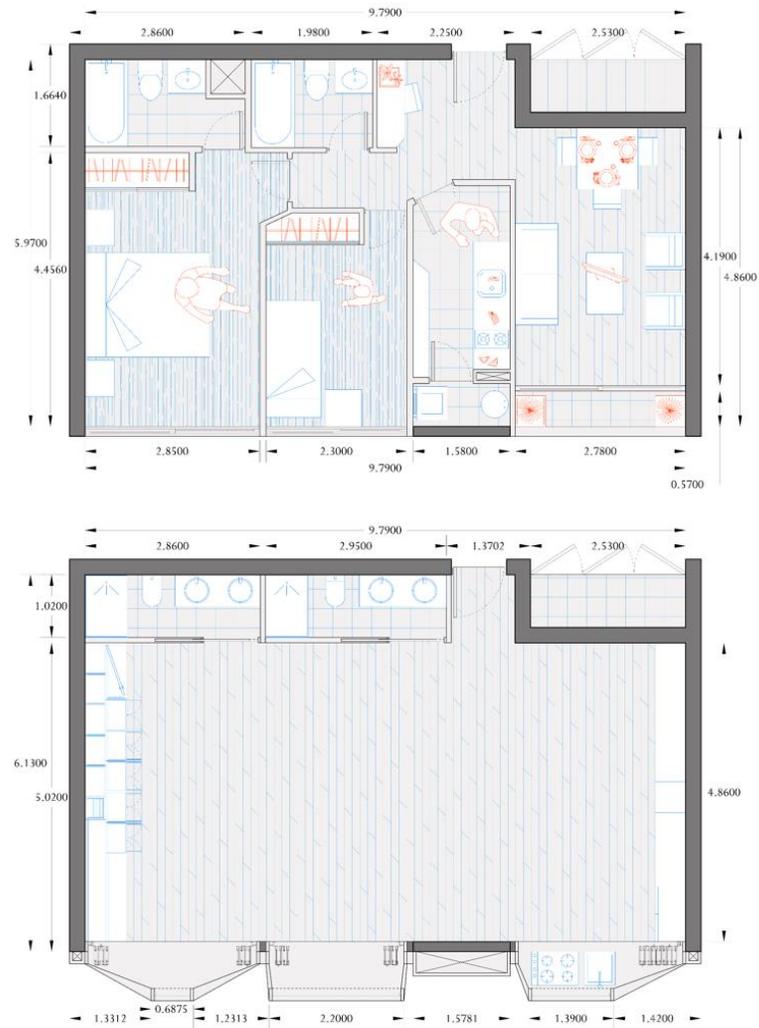


Fig. 108. Departamento 704. La primera imagen a la izquierda es de su estado actual y debajo se encuentra la modificada, a la derecha sus posibles modificaciones según se requiera. Fuente: Elaboración propia.



Fig. 109. Departamento 803. La primera imagen a la izquierda es de su estado actual y debajo se encuentra la modificada, a la derecha sus posibles modificaciones según se requiera. Fuente: Elaboración propia.

---

## 7 CONCLUSIONES

La presente investigación dio cuenta de la importancia del control del sonido para mantener el cuerpo sano, puesto que existen frecuencias y decibeles máximos que el ser humano puede tolerar. Debido a esto, es importante regularlo ya que a largo plazo puede generar enfermedades físicas o psicológicas.

De este modo, fue importante comparar las mediciones en el lugar de modo cuantitativo con la perspectiva de los residentes de modo cualitativo, ya que se mostraron claves del entendimiento general del caso de estudio, tal como el caso del sonido nocturno, el cual pese a tener menor intensidad sonora en el Mapa de Ruido de Santiago, tiene una percepción que genera molestias y problemas para dormir. También se pudo rescatar la percepción subjetiva del sonido por parte de los habitantes de las viviendas asociadas al estudio de caso, pues, así como hubo personas que manifestaron que el ruido de automóviles les era molesto, para otros resultó agradable. Así también se tuvo conocimiento de qué sonidos comunes se perciben como agradables en el sitio, por ejemplo, el cantar de los pajaritos.

Por otro lado, la instancia haber podido acceder a de estudiar el sonido desde el interior de los departamentos, permitió además obtener información de la actual distribución espacial de los recintos dentro de cada una de estas viviendas, lo cual derivó en observar, por ejemplo, que la cocina, tenía sus elementos dispuestos de manera desordenada donde la cruza la circulación de la entrada. Se observó en tres departamentos que el usuario vivía solo o en pareja, por lo que, las habitaciones que sobraban las utilizaba como bodegas. Esto significa que son departamentos de una

espacialidad rígida, que no permiten cambios según el requerimientos o necesidades del usuario, por lo que, existe espacio en desuso, junto con circulaciones que ocupan metros cuadrados. Es posible cambiar eso debido a que las divisiones de recintos en los departamentos son tabiques, es así, que se hace una propuesta de habitabilidad flexible. Esto deriva en una nueva disposición de objetos y recintos, donde espacios de almacenamiento, closet, incluso espacios de máquinas de lavado, sean llevadas a la fachada de manera estratégica funcionando como un amortiguador acústico, y así despejar la planta de los departamentos.

Para esto, fue necesario un estudio de la luz, a modo que la luz natural sea suficiente en los recintos importantes. Es así como la investigación derivó al análisis de estos dos factores para no perjudicar el estado actual e incluso mejorarlo.

Por otro lado, con el estudio de las reflexiones en el contexto y la fachada, fue posible comprender el comportamiento del sonido a modo de probar diversas estrategias de soluciones para disminuir el ruido. Esto ayudó a la elección de ciertas formas, ángulos y elementos que podrían ayudar a disminuir las reflexiones. Es así, que, según lo estudiado y observado, por lo que responde a la hipótesis de que diversas geometrías permiten que el sonido sea reflejado según se requiera, donde es posible generar espacios, que ayuden a manejar la acústica urbana, de modo que disminuya el ruido que impacta en las fachadas del entorno.

## 8 ANEXOS

### 8.1 CONCEPTOS GENERALES DE SONIDO

El sonido es una onda mecánica, la cual se propaga por un medio elástico, es decir, se produce por un conjunto de vibraciones que se propagan a través de un material y genera presión en un medio. De esta manera, surge el concepto de Acústica, que es la ciencia encargada de estudiar el Sonido en cuanto a su producción, transmisión y recepción. (Murua, 2017) Al tener en cuenta esto, los materiales tienen propiedades propias que influyen en la transmisión del sonido, teniendo como consecuencia la reflexión, absorción y difusión de este (ver Fig. 110).

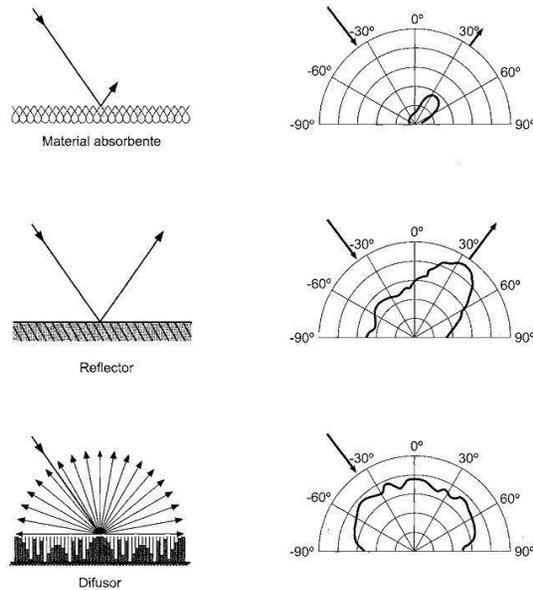


Fig. 110. Efectos producidos sobre una onda sonora incidente en un material absorbente, un reflector y un difusor. Fuente: Ingeniería de Ondas- Acústica Arquitectónica.

**Reflexión:** Es cuando la onda sonora choca con una superficie y rebota en ella sin lograr traspasarla. De este fenómeno también se produce el eco, que es la repetición del sonido a 17 metros de distancia, que se demora en regresar a su punto de origen en más de 0,1 segundos, y la reverberación, que es la repetición del sonido demorándose menos de 0,1 segundos en regresar a la fuente emisora (D'Alercon, 2008)

**Absorción:** Es cuando parte de la energía de la onda sonora es capaz de atravesar el material. Este fenómeno está ligado con la porosidad del material, el cual para lograr la absorción reduce la cantidad de veces que se refleja el sonido.

**Difusión:** Es cuando debido a la disposición de un material, la onda sonora se dispersa de manera uniforme en múltiples direcciones.

Por otro lado, entre las maneras de medir el sonido, se considerarán las unidades de medida Decibel y Frecuencia.

**Decibel (dB):** Se utiliza para expresar la relación entre potencia, intensidad y presión del sonido. Mide los niveles de presión del sonido.

**Frecuencia (Hz):** Es el número de ondas de presión sonora que hay en un segundo, es decir, en el caso del sonido da característica a su tono.

## 8.2 CARACTERIZACIÓN DEL RUIDO

Parte del problema del sonido es que al sobrepasar cierta cantidad de decibeles esto se vuelve riesgoso para la salud de los seres humanos. Así también se dice que existe una diferencia entre los sonidos deseados y los no deseados, siendo estos últimos clasificados como Ruido (ver Fig. 111). Este se genera por una variación aleatoria en la presión sonora en un rango de tiempo “Es un sonido complejo, y puede ser caracterizado por la frecuencia de los sonidos puros que lo componen y por la amplitud de la presión acústica correspondiente a cada una de esas frecuencias. Si estas últimas son muy numerosas, se caracteriza entonces el ruido por la repartición de la energía sonora en bandas de frecuencias contiguas, definiendo lo que se denomina espectro frecuencial del ruido.” (Ripoll, 2010)

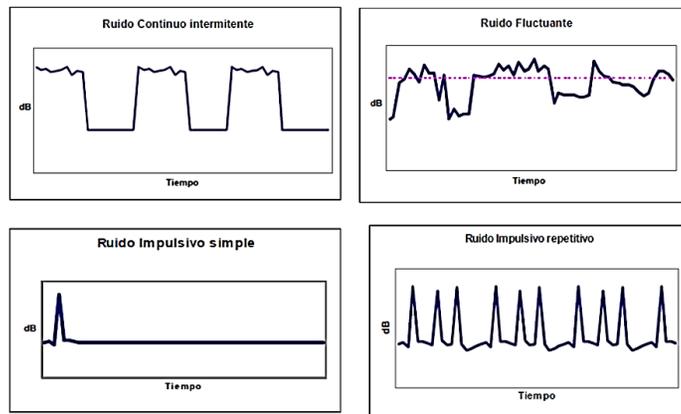


Fig. 111. Tipos de Ruido. Fuente: Evolución de la contaminación acústica provocada por el tráfico de la N-332 en Altea, Sara Ripoll Gimeno.

Dentro de la ciudad, este se conoce como *Ruido Urbano* y es totalmente identificable y caracterizado con elementos

relacionados al tráfico urbano. En este ámbito es donde también surge la interacción con la arquitectura, ya que “La planificación urbana y la acústica deben interactuar, procurando lograr, a través de diversas técnicas de control del ruido, armonizar el diseño urbano y la arquitectura empleada en ello, participando en la imagen de la ciudad a través de sonidos mimetizados en el espacio” (Stryjenski, 1967)

De esta manera, también se puede entender que existen muchos factores que caracterizan el sonido urbano, ya que tanto la forma de las fachadas (ver Fig. 112), las fuentes de sonido, la ubicación de los peatones, entre otros, pueden influir en cómo se es percibido.

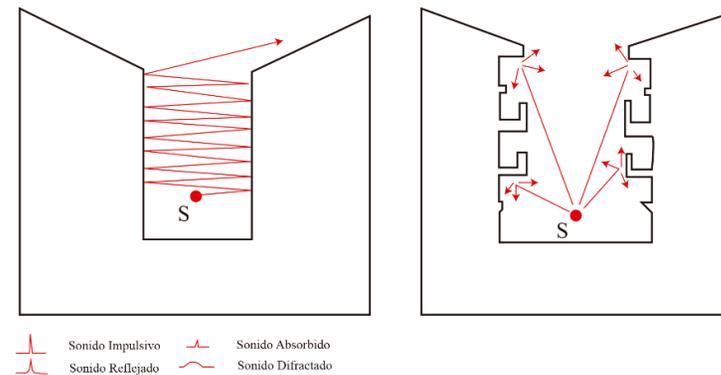


Fig. 112. Comportamiento del sonido en Fachadas. Fuente: Redibujado a partir de Augoyard y Torgue, 2006.

Es así como otros sonidos de la ciudad son opacados por el ruido del tráfico, en el cual se ve afectado la sensibilización del humano a sonidos que definen la identidad de un lugar, se puede decir que se invaden los micro sonidos, tales como la campana de una iglesia, que como define Murray Schafer se denomina *Soundmark* (Baatti, 2020).

---

### 8.3 ENCUESTA COMPLETA

#### “Confort Acústico cercano a Autopista Central”

Este estudio busca evaluar cómo afecta el ruido a las personas. El objetivo saber qué variables influyen en el confort acústico y la molestia por ruido. Se busca obtener la perspectiva de residentes que viven en edificaciones aledañas a la Autopista Central. Esta encuesta toma como referencia un estudio ya realizado llamado “Confort acústico frente a la molestia por ruido: Diferentes Casuísticas en un entorno” 48º Congreso Español de Acústica. Encuentro Ibérico de Acústica. TecniAcustica, 2017. Esta encuesta es totalmente pedagógica, donde el objetivo es tener datos para una tesis de título, por lo que su respuesta es importante y anónima.

#### INFORMACIÓN GENERAL

Las preguntas a continuación son para tener una idea de los usuarios estudiados, los datos obtenidos son para un estudio de ruido, por lo que sus datos serán anónimos.

1. Edad Actual:
2. ¿Con qué género se identifica?:
3. Nivel de Estudios:

#### UBICACIÓN

Las preguntas a continuación son para tener claridad del lugar espacial donde se encuentra el usuario, esto para poder realizar estudios de ruido a nivel cualitativo y cuantitativo.

4. Indique su comuna de residencia:

5. Indique su dirección exacta (En caso de no querer precisar, indicar intersección de calles cercanas a su ubicación):
6. Indique el PISO en el que vive actualmente:
7. Indique la orientación de su vivienda (Indicar hacia qué calles o lugares miran las ventanas de su vivienda):

#### IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE SONIDO

Las preguntas a continuación son para tener claridad de las diversas fuentes de sonido identificadas por usted, junto con los horarios más frecuentes y en qué esto afecta en sus actividades diarias.

8. En donde usted vive ¿Cuáles son las principales fuentes de sonido que percibe como molestas? Indicar con una “X” una o más fuentes

Transporte rodado (automóviles, motos, buses, etc.)	
Transporte aéreo (avión, helicóptero, etc.)	
Ferroviano (trenes, metro, etc.)	
Fuentes industriales (fábricas, entre otras)	
Fuentes vinculadas a servicios del Barrio (actividades de ocio, almacenes, ferias libres, etc.)	
Fuentes sociales (grupos sociales, conversaciones, etc.)	
No hay fuentes sonoras molestas	
Otras	

9. Si en la pregunta 8 marcó "Otras" indicar cuáles otras:

10. En donde usted vive ¿El ruido ambiental ha afectado sus actividades diarias? Marcar con una "X"

\_\_\_Sí                      \_\_\_No                      \_\_\_A veces

11. Si en la pregunta número 10 contestó "Sí" o "A veces" ¿Cuáles actividades diarias se le dificultan más? Indicar una o máximo 3 actividades afectadas por el ruido ambiental. Marcar con una "X"

Comunicación dentro del hogar	
Trabajo en el hogar	
Actividades de Ocio y el esparcimiento (ver la televisión, escuchar la radio, etc.)	
Lectura y/o Estudios	
Problemas para dormir	
Otros	
El ruido no ha afectado mis actividades diarias	

12. Si en la pregunta 11 marcó "Otros" indicar cuáles otros:

13. Si en la pregunta 11 marcó "Problemas para dormir", describa la sensación que tiene al tratar de dormir (despierta luego de dormirse, no logra dormirse, se sobresalta con el ruido, entre otros)

14. Respecto al ruido ambiental, donde usted vive, ¿Qué día de la semana los ruidos son más molestos? Indica una o más alternativas. Marcar con una "X"

\_\_\_Lunes                      \_\_\_Martes                      \_\_\_Miércoles  
 \_\_\_Jueves                      \_\_\_Viernes                      \_\_\_Sábado  
 \_\_\_Domingo

15. Respecto al ruido ambiental, donde usted vive, ¿En qué horario los ruidos son más molestos? Indicar con una "X" una o más alternativas:

Entre las 7 a.m. y las 9 a.m.	
Entre las 9 a.m. y las 12 p.m.	
Entre las 12 p.m. y las 3 p.m.	
Entre las 3 p.m. y las 6 p.m.	
Entre las 6 p.m. y las 8 p.m.	
Entre las 8 p.m. y 11 p.m.	
Entre las 12 a.m. hasta las 7 a.m. (madrugada)	

## PERCEPCIÓN DEL SONIDO

Las preguntas a continuación son para evaluar su percepción respecto al sonido en diferentes escalas. Tener en cuenta que las preguntas van del interior de la vivienda hacia el exterior. La idea de evaluar su percepción de ruido en la vivienda, luego a nivel de calle (cuando sale de su casa o edificio) y a nivel de barrio (cuando recorre diversos sitios cercanos a su vivienda)

16. En donde vive ¿Su molestia al ruido ambiental le afecta en el interior de su vivienda? Marcar con una "X"

\_\_\_Mucho                      \_\_\_Poco                      \_\_\_Nada

17. En donde vive ¿Su molestia al ruido ambiental le afecta al exterior de su vivienda? Marcar con una "X"

\_\_\_Mucho                      \_\_\_Poco                      \_\_\_Nada

18. Respecto a su percepción del nivel de ruido, ¿Cómo evaluaría el nivel de ruido de su VIVIENDA (entendiendo que el ruido proviene del exterior)? Siendo los niveles: 1 Nada ruidoso, 2 Poco ruidoso, 3 Normal, 4 Ruidoso y 5 Muy ruidoso. Marcar con una "X".

\_\_\_1 Nada ruidoso      \_\_\_2 Poco ruidoso  
 \_\_\_3 Normal      \_\_\_4 Ruidoso      \_\_\_5 Muy ruidoso

19. Respecto a su percepción del nivel de ruido, ¿Cómo evaluaría el nivel de ruido de su CALLE? Siendo los niveles: 1 Nada ruidoso, 2 Poco ruidoso, 3 Normal, 4 Ruidoso y 5 Muy ruidoso. Marcar con una "X"

\_\_\_1 Nada ruidoso      \_\_\_2 Poco ruidoso  
 \_\_\_3 Normal      \_\_\_4 Ruidoso      \_\_\_5 Muy ruidoso

20. Respecto a su percepción del nivel de ruido, ¿Cómo evaluaría el nivel de ruido de su BARRIO? Siendo los niveles: 1 Nada ruidoso, 2 Poco ruidoso, 3 Normal, 4 Ruidoso y 5 Muy ruidoso. Marcar con una "X"

\_\_\_1 Nada ruidoso      \_\_\_2 Poco ruidoso      \_\_\_3  
 Normal      \_\_\_4 Ruidoso      \_\_\_5 Muy ruidoso

### SATISFACCIÓN GENERAL

Las preguntas a continuación son para tener datos generales a nivel de vivienda, barrio y comuna en torno a su satisfacción. A nivel de vivienda se evalúan distintos aspectos constructivos según su sensación, luego, a nivel de

barrio, para evaluar la calidad de su entorno inmediato según su percepción, y, finalmente, a nivel de comuna, para evaluar la calidad de su entorno más lejano según su percepción.

21. En donde vive, ¿Cuál es su nivel de satisfacción en los siguientes aspectos respecto a su VIVIENDA? Siendo 1 Poco Satisfecho y 5 Muy Satisfecho. Marcar con una "X"

Aspectos	1 (Poco Satisfecho)	2	3	4	5 (Muy Satisfecho)
Materialidad					
Temperatura interior					
Nivel de Silencio					
Tamaño general de la vivienda					
Iluminación					
Altura interior de la vivienda					

22. En donde vive, ¿Cuál es su nivel de satisfacción en los siguientes aspectos respecto a su BARRIO? Siendo 1 Poco Satisfecho y 5 Muy Satisfecho. Marcar con una "X"

Aspectos	1 (Poco Satisfecho)	2	3	4	5 (Muy Satisfecho)



---

## 9 REFERENCIAS

Acústica Integral. (2021). *Acústica Integral*. Obtenido de <https://www.acusticaintegral.com/3296/>

Baatti, A. (2020). *Interpretación del paisaje sonoro. Análisis de Umbrales acústicos*.

BBC News Mundo. (19 de Agosto de 2019). *BBC News Mundo*. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-49386325>

Buxton, R., Pearson, A., Allou, C., Fristrup, K., & Wittemyer, G. (2020). A synthesis of health benefits of natural sounds and their distribution in national parks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*.

Craven, J. (13 de Diciembre de 2018). *ThoughtCo*. Obtenido de <https://www.thoughtco.com/interiors-japanese-houses-of-shigeru-ban-177319>

D'Alercon, R. (2008). *Acondicionamientos*. Santiago: Ediciones ARQ.

Ministerio del Interior y Seguridad Pública. (25 de Junio de 2021). Ministerio del medio ambiente da inicio a la elaboración del anteproyecto de norma primaria de calidad ambiental para ruido. *Diario Oficial de la República de Chile*, págs. 1-2.

Ministerio del Medio Ambiente. (21 de Noviembre de 2018). *Ministerio del Medio Ambiente*. Obtenido de <https://ruido.mma.gob.cl/temas/>

Murua, K. (2017). *Acústica para la Arquitectura*.

Platzer, U., Iñiguez, R., Cevo, J., & Ayala, F. (2007). Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile. *Revista de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello*, 122-128.

Ripoll, S. (2010). *Evolución de la contaminación acústica provocada por el tráfico de la N-332 en Altea*. Valencia.

Sandoval, A. (2005). RUIDO POR TRÁFICO URBANO: CONCEPTOS, MEDIDAS DESCRIPTIVAS Y VALORACIÓN ECONÓMICA. *Revista de Economía y Administración*.

Schmidt, F. (2011). *Parque Urbano sobre Autopista Norte-sur. Estación Metro Santa Ana. Santiago*. Santiago.

Seiscubos. (15 de Febrero de 2020). *Seiscubos*. Obtenido de <https://www.seiscubos.com/conocimiento/metodos-de-analisis-dinamicos>

Shigeru Ban Architects. (2005). *Shigeru Ban Architects*. Obtenido de [http://www.shigerubanarchitects.com/works/2000\\_naked-house/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/2000_naked-house/index.html)

Stryjenski, J. (1967). *L'acoustique appliquée à l'urbanisme*. Francia: Genève (Suisse): Les éditions techniques, (circa. 1967).