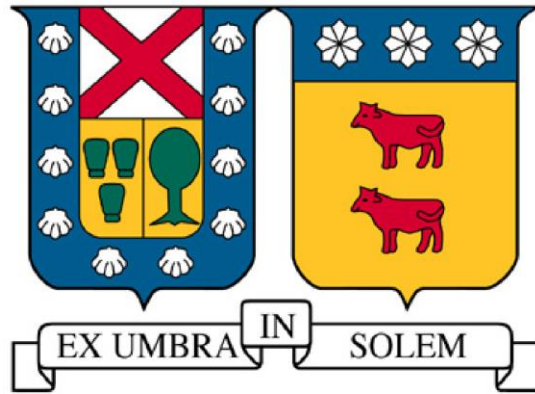


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE AERONÁUTICA
CAMPUS VITACURA
SANTIAGO – CHILE



PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN Y ADAPTACIÓN DE NORMATIVAS
INTERNACIONALES PARA LA GESTIÓN DEL RUIDO AEROPORTUARIO
EN CHILE: DESAFÍOS Y CONSIDERACIONES PARA SU APLICACIÓN
NACIONAL

PABLO ANDRÉS ALONSO RIVERA DURÁN

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO EN AVIACIÓN COMERCIAL

PROFESOR GUÍA: Sr. Martinus Potters
CORREFERENTE: Sra. Catalina Saavedra

JULIO 2025

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título; ☐ Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN Y ADAPTACIÓN DE NORMATIVAS INTERNACIONALES PARA LA GESTIÓN DEL RUIDO AEROPORTUARIO EN CHILE: DESAFÍOS Y CONSIDERACIONES PARA SU APLICACIÓN NACIONAL

Nombre del candidato(a): PABLO ANDRÉS ALONSO RIVERA DURÁN.

Carrera / Grado: INGENIERÍA EN AVIACIÓN COMERCIAL

Campus: Santiago Vitacura ; **Departamento:** AERONÁUTICA

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Martinus Potters, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

☒ El trabajo **NO contiene información que amerite confidencialidad** y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

☐ 6 meses; ☐ 12 meses; ☐ 2 años; ☐ 3 años; ☐ 5 años; ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 29/07/2025 ; **Firma:** 

SiEstudiante o Candidato(a):

Fecha: 29/07/2025 ; **Firma:** 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

BIB-FO2385

Agradecimientos

En primer lugar, le dedico gran parte de este logro a mis padres, quienes siempre confiaron en mis capacidades y me han apoyado en cada uno de mis proyectos de vida. Sin ustedes, yo no sería la persona que soy ahora.

Le agradezco a mi familia, profesores y cada persona que estuvo presente a lo largo de este proceso, estén o no estén aún.

Gracias a cada uno de mis amigos que siempre estuvieron ahí, tanto en las buenas como en las malas.

Me gané un completo en el Miguelayo.

RESUMEN EJECUTIVO

La presente memoria propone la implementación de una normativa nacional de monitoreo y mitigación del ruido aeronáutico en Chile, tomando como referencia experiencias y casos internacionales y las condiciones técnicas, normativas e institucionales del país. Si bien el crecimiento del transporte aéreo ha traído importantes beneficios en conectividad y desarrollo, también ha generado impactos negativos en comunidades aledañas a los aeropuertos, siendo el ruido una de las principales fuentes de conflicto ambiental no resuelto.

En Chile, actualmente no existe una norma ambiental específica que regule el ruido generado por aeronaves en vuelo. Los únicos instrumentos que abordan esta temática desde una perspectiva técnica son las Disposiciones Aeronáuticas Nacionales (DAN), como la DAN 91, 92 y 121, emitidas por la DGAC, que exigen certificaciones acústicas mínimas y control de trayectorias. Sin embargo, estas disposiciones no están orientadas a la protección ambiental ni permiten fiscalización ni sanción por parte de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA).

Frente a este vacío normativo, se propone una norma que integre monitoreo automático de ruido, límites por franja horaria y zona poblacional, sanciones por desvíos injustificados, y medidas de compensación y aislamiento acústico para viviendas en sectores sensibles. La propuesta incluye además incentivos para la modernización de flota y un modelo de gobernanza institucional basado en la coordinación entre el Ministerio del Medio Ambiente, la SMA, la DGAC, el MINVU, los operadores aeroportuarios y las aerolíneas.

Desde el enfoque metodológico, se revisaron marcos normativos internacionales (OACI, Unión Europea, EE.UU., ISO), y se adaptaron sus principios al contexto nacional, considerando también los costos estimados del sistema, el uso de suelo y la necesidad de reformas legales para viabilizar su implementación.

En pocas palabras, el trabajo demuestra que la regulación del ruido aeronáutico en Chile es una necesidad urgente y técnicamente viable, y que su implementación permitiría compatibilizar el desarrollo aéreo con la salud y calidad de vida de la población expuesta.

Conceptos clave: ruido aeronáutico, regulación ambiental, monitoreo de ruido.

ABSTRACT

This report proposes the implementation of national regulations for monitoring and mitigating aircraft noise in Chile, drawing on international experiences and cases and the country's technical, regulatory, and institutional conditions. While the growth of air transport has brought significant benefits in terms of connectivity and development, it has also had negative impacts on communities surrounding airports, with noise being one of the main sources of unresolved environmental conflict.

In Chile, there is currently no specific environmental regulation governing noise generated by aircraft in flight. The only instruments that address this issue from a technical perspective are the National Aeronautical Provisions (DAN), such as DAN 91, 92, and 121, issued by the DGAC, which require minimum acoustic certifications and flight path control. However, these provisions are not aimed at environmental protection and do not allow for enforcement or sanctions by the Superintendency of the Environment (SMA).

In light of this regulatory gap, a standard is proposed that integrates automatic noise monitoring, limits by time slot and population zone, penalties for unjustified deviations, and compensation and soundproofing measures for homes in sensitive areas. The proposal also includes incentives for fleet modernization and an institutional governance model based on coordination between the Ministry of the Environment, the SMA, the DGAC, the MINVU, airport operators, and airlines.

From a methodological perspective, international regulatory frameworks (ICAO, European Union, US, ISO) were reviewed and their principles adapted to the national context, also considering the estimated costs of the system, land use, and the need for legal reforms to make its implementation feasible.

In short, the work demonstrates that the regulation of aircraft noise in Chile is an urgent and technically feasible necessity, and that its implementation would make it possible to reconcile aviation development with the health and quality of life of the exposed population.

Key concepts: aircraft noise, environmental regulation, noise monitoring.

Índice

<i>Agradecimientos</i>	2
RESUMEN EJECUTIVO	3
ABSTRACT	4
ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES	11
INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES	14
1.1 Justificación.....	14
1.2. Objetivos.....	17
1.2.1. Objetivo General	17
1.2.2. Objetivos Específicos	17
1.3. Metodología	19
1.4. Alcance	21
CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE	23
2.1. Antecedentes	23
2.2. Marco Teórico	24
2.2.1. Conceptos Básicos de la Acústica	24
2.2.2. Tipos de Fuente de Ruido	26
2.2.3. Contaminación Acústica	27
2.2.4. Estándares de Ruido.....	28
2.2.5. Impactos Sociales por la Generación de Ruido	30
2.2.6. Impactos Económicos por la Generación de Ruido.....	40
2.2.7. Ruido por Operaciones de Aeronaves	41
2.2.8. De las Aeronaves y sus Trayectorias.....	41
2.2.9. De los Umbrales de Ruido de las Aeronaves.....	43
2.2.10. Unión Europea – Directivas y Regulaciones.....	44
2.2.11. Recomendaciones y Asambleas OACI	48
2.2.12. FAR Part 150	53
2.2.13. Estándares ISO 1996-2:2017 e ISO 20.906:2009.....	54
2.2.14. Regulación de Ruido en Chile.....	56
2.2.15. Cómo Se Gestiona y Monitorea el Ruido Aeroportuario.	59
2.2.16. Sistema de Monitoreo de Ruido en Chile – Caso de AMB.	67

2.2.17.	Proveedores de Monitoreo de Ruido.	72
2.2.18.	De los Equipamientos de Monitoreo (hardware)	74
2.3.	Propuesta Metodológica	76
CAPÍTULO 3: DESARROLLO		78
3.1.	Situación Regulatoria en Chile por Ruido Aeronáutico.....	78
3.1.1.	Limitaciones del Marco Normativo Chileno para la Regulación del Ruido Aeroportuario.....	82
3.2.	Criterios para Monitorear Aeropuertos/Aeródromos	85
3.2.1.	Selección por Magnitud de Operaciones	85
3.2.2.	Cercanía a Zonas Habitadas	86
3.3.	Análisis de Datos Históricos AMB.....	87
3.4.	Propuesta Preliminar de Inserción Normativa en Chile.....	90
3.4.1.	De los indicadores de control.....	91
3.4.2.	Ubicación de Puntos de Monitoreo.....	91
3.4.3.	De los Aeropuertos	92
3.4.4.	De las Aeronaves.	93
3.4.4.	De las trayectorias.	93
3.4.5.	De las Restricciones Operacionales.	94
3.4.6.	Gestión acústica aérea integrada: Emisión, Territorio y Protección Acústica.	95
3.4.7.	De las Medidas de Reducción.	97
3.4.7.	De las Sanciones.....	98
3.4.8.	Del Enfoque Equilibrado y la Introducción Progresiva.....	98
3.4.9.	De los Roles y Responsabilidades.....	98
3.5.	De los Incentivos Positivos.	102
3.6.	De los Costos Asociados.	102
3.9.	De los Beneficios Esperados.....	104
CONCLUSIONES.....		105
ANEXOS		107
BILIOGRAFÍA.....		134

Índice de Figuras

Figura 1: Mapa interactivo de AENA para Monitoreo de Ruido Aeroportuario (AENA, 2025).....	61
--	----

Figura 2: Mapa interactivo de AENA para Monitoreo de Ruido Aeroportuario (AENA, 2025)	61
Figura 3: Mapa interactivo de NOMOS del Aeropuerto de Ámsterdam, Schiphol, Holanda (Schiphol Amsterdam Airport, 2025).....	62
Figura 4: Ubicaciones de las estaciones de monitoreo de ruido del Sistema NOMOS alrededor del aeropuerto de Ámsterdam, Schiphol, Holanda (Schiphol Amsterdam Airport, 2025)...	63
Figura 5: Mapa interactivo del sistema de monitoreo de ruido aeroportuario en el aeropuerto de Ámsterdam, Schiphol, Holanda, con visualización de rutas aéreas (Schiphol Amsterdam Airport, 2025).	63
Figura 6: Mapa interactivo del sistema de monitoreo de ruido aeroportuario en el aeropuerto de Ámsterdam, Schiphol, Holanda, con la visualización de información de aeronaves (Schiphol Amsterdam Airport , 2025).....	64
Figura 7: Mapa interactivo del sistema de monitoreo de ruido aeroportuario en el aeropuerto de Inglaterra, Heathrow (Heathrow, 2024).....	65
Figura 8: Mapa interactivo de las trayectorias de las operaciones aéreas del aeropuerto de Heathrow (Heathrow, 2024).	67
Figura 9: Mapa de las ubicaciones de las estaciones de monitoreo del sistema de ruido de AMB (Google Earth)	69
Figura 10: Recorte de plataforma web TraVis del Sistema de Monitoreo de Ruido de AMB (Dirección General de Aeronáutica Civil, 2025).....	72
Figura 11: Simulación de trayectorias de vuelo (ANOTEC Engineering, 2025).....	73
Figura 12: Monitores de ruido Cirrus Research y Svantek, respectivamente (Svantek, 2025).	75

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Gráfico correspondiente al comportamiento del nivel de presión acústica en un intervalo de tiempo de terminado (Kamsu-Foguem, 2018).....	26
Gráfico 2: Relación entre la exposición al ruido de aeronaves y Enfermedades cardiovasculares (Organización Mundial de la Salud, 1999).	34
Gráfico 3: Relación entre la exposición al ruido de aeronaves y la hipertensión por estudios transversales (Organización Mundial de la Salud, 1999).	35

Gráfico 4: Relación entre la exposición al ruido de aeronaves y los accidentes cerebrovasculares (Organización Mundial de la Salud, 1999).	36
Gráfico 5: Relación entre la exposición al ruido de aeronaves y la molestia e irritabilidad de los afectados (Organización Mundial de la Salud, 1999).	38
Gráfico 6: Promedio de Eventos de Ruido durante el día por Estación de Monitoreo (Autoría Propia).	88
Gráfico 7: Promedio de Eventos de Ruido durante la noche por Estación de Monitoreo (Autoría Propia).	88

Índice de Tablas

<i>Tabla 1: Estándares OCDE (Ministerio de Medio Ambiente, 2022)</i>	28
<i>Tabla 2: Niveles de Ruido Ambientales sugeridos por la OMS para ambientes específicos. (Organización Mundial de la Salud, 1999)</i>	29
<i>Tabla 3: Niveles Admisibles de exposición diaria al ruido (Organización Mundial de la Salud, 2022).</i>	29
<i>Tabla 4: Esquema PICOS/PECCOS de resultados críticos de salud por exposición a ruido de aeronaves (World Health Organization, 2018).</i>	32
Tabla 5: Resumen de hallazgos clave sobre los efectos del ruido de aeronaves (Organización Mundial de la Salud, 1999).....	33
<i>Tabla 6: Relación entre la exposición a ruido de aeronaves y la molestia/irritabilidad (Organización Mundial de la Salud, 1999).</i>	38
Tabla 7: Resumen de los hallazgos de efectos en la salud por exposición a ruido de aeronaves (Organización Mundial de la Salud, 1999).....	39
Tabla 8: Aeronaves comerciales de ala fija que operan en aeropuertos chilenos (AirFleets.net, 2025).....	41
Tabla 9: Niveles de ruido de aeronaves, por número de motores, fases de vuelo y por bandas de octava en Hz (Furet H., Acústica Arquitectónica y Urbanística, 2024).	43
Tabla 10: Artículos y Anexos destacados de la Directiva 2002/49/CE - Evaluación y Gestión del Riesgo Ambiental (Unión Europea, 2002).	45

Tabla 11: Artículos y Anexos destacados de la Directiva 2006/93/CE - Regulación del Uso de Aviones (Unión Europea, 2006).	46
Tabla 12: Artículos y Anexos destacados de Reglamento N° 598/2014 – Restricciones Operativas con el Ruido de los Aeropuertos (Unión Europea, 2014).	47
Tabla 13: Requisitos de Certificación según el tipo y antigüedad de las aeronaves (Organización de Aviación Civil Internacional, 2014).	52
Tabla 14: Tipos de fuentes, los organismos fiscalizadores e instrumentos que aplican (Ministerio de Medio Ambiente, 2025).	57
Tabla 15: Total de Operaciones Aéreas en Reino Unido, España y Chile desde 2016 a 2023 (Autoría Propia, desde 2016 a 2023).	85
Tabla 16: Proporcionalidad entre operaciones aéreas de UK-Chile, España-Chile para determinar aeropuertos/aeródromos críticos (Autoría Propia, desde 2016 a 2023).	86
Tabla 17: Aeropuertos y Aeródromos considerados críticos o de estudio utilizando un criterio de selección por magnitud de operaciones de 10.000 operaciones sobre la base del promedio de los tres años anteriores a la evaluación del ruido (Autoría Propia).	86
Tabla 18: Distancias de Aeródromos y Aeropuertos a zonas habitadas (Autoría Propia). ..	87
Tabla 19: Porcentaje de Operaciones Aéreas que Generan eventos de Ruido (Autoría Propia).	89
Tabla 20: Máximo de Eventos de Ruido anual y el correspondiente Nivel de Presión Sonora como moda, por estación de monitoreo, separado en horarios día-noche (Autoría Propia). 90	
Tabla 21: Matriz de Aceptación de Eventos de Ruido dependiendo de su Nivel de Presión Sonora y la Distancia a la que fue reportado (Autoría Propia).	91
Tabla 22: Niveles de aceptación de los Eventos de Ruido generados por las Aeronaves (Autoría Propia).	92
Tabla 23: Costos asociados a la implementación de un sistema de monitoreo para un aeropuerto con 13 estaciones de monitoreo. Se incluyen valores unitarios estimados.	104

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1	24
Ecuación 2	24
Ecuación 3	25

Ecuación 4	25
------------------	----

ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES

AD	Aeródromo
ATO	Aeropuerto
CI	Confidence Interval
DASA	Departamento de Aeródromos y Servicios Aeronáuticos
dB	Decibel
DGAC	Dirección General de Aeronáutica Civil
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental
FAST	Respuesta de 125 milisegundos en sonómetro
GDG	Guidelines Development Group
ISO	Organización Internacional de Normalización
JAC	Junta de Aeronáutica Civil
L_{day}	Nivel de presión sonora continuo equivalente de día (07:00 – 22:00)
L_{night}	Nivel de presión sonora continuo equivalente de noche (22:00 – 07:00)
L_{den}	Nivel de presión sonora ponderada día-tarde-noche (ISO 1996-1:2016)
MMA	Ministerio de Medio Ambiente
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
OMS	Organización Mundial de la Salud
PECCOS	Population, Exposure, Comparator, Confounder, Outcome and Study.
PICOS	Population, Intervention, Comparator, Outcome and Study (framework)
RCA	Resolución de Calificación Ambiental
RR	Relative Risk
SCIE	Código OACI para AP. Carriel Sur de Concepción
SEA	Servicio de Evaluación Ambiental
SEIA	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
SLOW	Respuesta de 10.000 milisegundos en sonómetro
UE	Unión Europea

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la industria aeronáutica ha impulsado la conectividad, el comercio y el crecimiento económico en todo el mundo. Sin embargo, este progreso también ha generado desafíos ambientales significativos, entre los cuales destaca la contaminación acústica. La proximidad de los aeropuertos a áreas urbanas implica que las operaciones aéreas pueden afectar directamente a las comunidades circundantes, generando impactos negativos en la salud pública y el bienestar de los habitantes.

La contaminación acústica generada por las aeronaves, clasificada como una de las principales fuentes de ruido ambiental, puede provocar trastornos del sueño, estrés, enfermedades cardiovasculares y otros problemas de salud. Además, el ruido aeroportuario puede generar conflictos sociales, reducir el valor inmobiliario y afectar la percepción de calidad de vida en las zonas cercanas a los aeropuertos. Estos factores hacen que la gestión y mitigación del ruido se conviertan en un tema crucial para el desarrollo sostenible del transporte aéreo.

En este contexto, los sistemas de monitoreo de ruido se han consolidado como herramientas esenciales para evaluar y mitigar los efectos de la contaminación acústica. Estos sistemas no solo permiten medir y analizar el ruido generado por las operaciones aéreas, sino que también proporcionan datos fundamentales para la formulación de políticas públicas, regulaciones y estrategias de mitigación efectivas. Países como Reino Unido, Estados Unidos y España han implementado sistemas robustos de monitoreo de ruido, mostrando resultados positivos en la gestión de este problema.

En Chile, el Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez cuenta con un sistema de monitoreo que ha permitido obtener datos precisos sobre el ruido en sectores específicos de la capital. Sin embargo, esta iniciativa no se ha replicado en otros aeropuertos del país, a pesar de la creciente cantidad de operaciones y la proximidad de varios aeropuertos a áreas urbanizadas.

El Aeropuerto Carriel Sur en Concepción es un caso representativo de esta necesidad. Con un constante aumento en sus operaciones y su ubicación próxima a áreas residenciales

densamente pobladas, este aeropuerto enfrenta desafíos significativos en términos de contaminación acústica. Implementar un sistema de monitoreo en este aeropuerto permitiría recopilar datos precisos, identificar las áreas más afectadas y proponer estrategias efectivas para mitigar el impacto del ruido, mejorando la calidad de vida de las comunidades locales.

El presente trabajo propone la implementación de un sistema de monitoreo de ruido aeroportuario, planteando las bases para un modelo que se pueda replicar en otros aeropuertos del país, contribuyendo así al desarrollo sostenible de la aviación comercial en Chile, enfocándose en el respeto a las comunidades.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Justificación

El crecimiento constante del tráfico aéreo en Chile y del mundo plantea importantes desafíos ambientales, entre los cuales la contaminación acústica aeroportuaria se posiciona como un factor crítico. El ruido generado por las operaciones aéreas impacta directamente la calidad de vida de las comunidades circundantes a los aeropuertos, contribuyendo a efectos negativos en la salud pública, tales como trastornos del sueño, enfermedades cardiovasculares, estrés y afectaciones cognitivas, además de incidir en la valoración inmobiliaria de las zonas afectadas.

A nivel nacional, la gestión del ruido aeroportuario carece de un marco normativo específico que regule de manera integral su impacto y establezca límites claros para su control. Actualmente, el monitoreo de ruido en Chile se encuentra en una “etapa inicial”, con registros limitados al Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez en Santiago. Esta situación evidencia la necesidad de establecer bases normativas y regulatorias que permitan gestionar de manera eficiente el ruido aeroportuario en el país, alineando a Chile con los estándares internacionales promovidos por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

La implementación de sistemas de monitoreo de ruido en los aeropuertos es una herramienta fundamental para cuantificar, analizar y gestionar los niveles de ruido generados por las operaciones aéreas. Estos sistemas proporcionan datos precisos y verificables, facilitando la implementación de políticas públicas, normativas y medidas de mitigación que permitan equilibrar el desarrollo aeroportuario con la protección del bienestar social y ambiental.

Asimismo, establecer estrategias de mitigación del ruido, tales como el establecimiento de procedimientos operacionales optimizados, restricciones horarias, planificación del uso del suelo y mejoras tecnológicas en las aeronaves, permitirá reducir el impacto acústico en comunidades expuestas a altos niveles de ruido.

Este proyecto busca sugerir las bases normativas para la gestión del ruido aeroportuario en Chile, los criterios para la instalación de sistemas de monitoreo de ruido y proponer medidas de mitigación. La consolidación de estos elementos contribuirá a desarrollar un modelo replicable que pueda garantizar la gestión sostenible del ruido en los aeropuertos nacionales, promoviendo su integración en las políticas ambientales del país y pudiendo alinearse con las prácticas internacionales.

La implementación de una regulación ambiental del ruido en Chile debe sustentarse en principios claros que integren salud pública, evidencia técnica, justicia territorial y compromisos internacionales. En este contexto, se identifican cuatro ejes clave que orientan esta propuesta y permiten avanzar hacia una aviación más sustentable y socialmente responsable:

Proteger la Salud Pública

Adaptar normativas y límites de ruido a estándares internacionales que reduzcan los efectos adversos en la población.

Implementar un sistema de monitoreo continuo

Garantizar datos objetivos que permitan evaluar la efectividad de estrategias de mitigación de ruido en los aeropuertos.

Prevenir conflictos socioambientales

Generar políticas basadas en evidencia que equilibren el desarrollo aeroportuario con el bienestar de las comunidades cercanas.

Cumplir con compromisos internacionales

Chile ha avanzado en regulaciones ambientales, sin embargo, el ruido aeroportuario sigue siendo un desafío pendiente en comparación con países que han adoptado estrategias basadas en las directrices de la OMS.

La implementación de un sistema de monitoreo de ruido aeroportuario en Chile responde a la necesidad de mejorar la calidad de vida de la población circundante a los aeropuertos, reduciendo los impactos negativos del ruido generado por las operaciones aéreas. Numerosos estudios han demostrado que la exposición prolongada a niveles elevados de ruido puede generar efectos adversos en la salud, como trastornos del sueño, enfermedades

cardiovasculares y deterioro cognitivo en niños. En este contexto, contar con un sistema de monitoreo efectivo permitirá identificar áreas críticas y desarrollar estrategias de mitigación, permitiendo avanzar hacia un entorno más saludable para las comunidades.

Además, la adopción de esta medida permitirá que Chile se sume a políticas ambientales internacionales enfocadas en la gestión del ruido aeroportuario, alineándose con estándares promovidos por organismos como la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y la Organización Mundial de la Salud (OMS). Países con regulaciones avanzadas en materia de ruido aeroportuario han implementado estrategias basadas en monitoreo continuo, restricción de horarios y planificación del uso del suelo, lo que ha permitido minimizar el impacto acústico en sus comunidades. La incorporación de estas prácticas en Chile podría contribuir a fortalecer el cumplimiento de compromisos ambientales y a consolidar un desarrollo aeroportuario sostenible, compatible con la protección del bienestar social y ambiental.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Proponer la base normativa, técnica y operativa para la implementación y generalización de un sistema de gestión y monitoreo de ruido aeroportuario en la Red Nacional de Aeropuertos de Chile, estableciendo criterios de evaluación, metodologías de instalación y estrategias de mitigación que permitan una gestión integral del impacto acústico, en concordancia con estándares internacionales y en consideración a las bases normativas chilenas

1.2.2. Objetivos Específicos

- Definir los criterios de evaluación de ruido en los aeropuertos de la Red Nacional, considerando variables como la proximidad a zonas urbanas, densidad poblacional, flujo de operaciones aéreas, impacto acústico estimado y normativas internacionales aplicables, para definir aeropuertos críticos.
- Establecer los lineamientos técnicos y operativos para la aplicación de normativas y restricciones de ruido y operaciones a los aeropuertos de Chile, asegurando su alineación con estándares internacionales, integrando los métodos de control de ruido.
- Proponer medidas de mitigación del ruido aeroportuario, incluyendo procedimientos operacionales optimizados, restricciones horarias, planificación del uso del suelo y mejoras tecnológicas en las aeronaves, tomando como referencia experiencias internacionales y adaptándolas al contexto chileno.
- Diseñar un marco regulatorio para la gestión del ruido aeroportuario en Chile, estableciendo recomendaciones para actualizar o crear normativas nacionales, incluyendo límites de ruido, metodologías de medición, umbrales de afectación y protocolos de sanción para operadores que incumplan la normativa.
- Proponer mecanismos de control, fiscalización y sanción para operadores aéreos que excedan los límites de ruido establecidos, en concordancia con regulaciones

internacionales y considerando la viabilidad de su aplicación en Chile.

- Crear un modelo de colaboración interinstitucional entre la DGAC, el Ministerio del Medio Ambiente, la Superintendencia del Medio Ambiente y gobiernos locales, asegurando la viabilidad, implementación y sostenibilidad del sistema de monitoreo y gestión del ruido aeroportuario.

1.3. Metodología

El desarrollo de esta memoria se basará en una metodología estructurada en varias etapas, orientadas a establecer las bases normativas para la gestión del ruido aeroportuario, la instalación de sistemas de monitoreo y la implementación de medidas de mitigación en Chile.

Para comenzar, se realizará una revisión bibliográfica exhaustiva sobre la contaminación acústica aeroportuaria y sus efectos en la salud pública. Se consultarán estudios de casos nacionales e internacionales, así como normativas vigentes establecidas por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y regulaciones implementadas en otros países con modelos avanzados de gestión del ruido. Este análisis permitirá contextualizar el impacto del ruido aeroportuario en el país y justificar la necesidad de un sistema normativo adecuado para su control.

En la siguiente etapa, se recopilarán y analizarán los datos históricos de ruido aeroportuario registrados en el Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez (AMB) durante el período 2016-2023. La información recopilada incluirá niveles de presión sonora medidos en estaciones de monitoreo, informes anuales publicados por la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) y mapas de ruido generados. A partir de estos datos, se identificarán tendencias, patrones y fluctuaciones en los niveles de ruido, correlacionándolos con los periodos de alta demanda de operaciones aéreas.

Posteriormente, se llevará a cabo una evaluación del cumplimiento normativo, analizando en qué medida los niveles de ruido registrados en AMB cumplen con los límites de exposición establecidos por regulaciones nacionales e internacionales. Se compararán los valores medidos con los estándares ambientales vigentes en Chile, los límites recomendados por la OACI y la OMS, así como las regulaciones adoptadas en otros países que cuentan con sistemas avanzados de control del ruido aeroportuario. Este análisis permitirá determinar las brechas normativas existentes en la regulación chilena y fundamentar la necesidad de actualizar o crear normativas específicas para el control del ruido aeroportuario.

Como parte del estudio, se definirán los criterios técnicos y normativos para evaluar la necesidad de instalar sistemas de monitoreo de ruido en otros aeropuertos de la Red Nacional.

Para ello, se considerarán variables como la proximidad de los aeropuertos a zonas urbanas, la densidad poblacional afectada, el flujo de operaciones aéreas, el impacto acústico estimado y la existencia de quejas o denuncias previas por ruido aeroportuario. Esto permitirá priorizar los aeropuertos que requieren un sistema de monitoreo inmediato y establecer un modelo replicable para su implementación en el país.

Además, se elaborará una propuesta de medidas de mitigación del ruido aeroportuario, basada en estrategias operacionales y normativas. Entre las medidas consideradas se incluyen procedimientos operacionales optimizados, como rutas de vuelo diseñadas para minimizar la afectación a zonas residenciales, restricciones horarias en operaciones nocturnas, planificación del uso del suelo para reducir la exposición de nuevas comunidades al ruido y la promoción de mejoras tecnológicas en aeronaves. De igual forma, se propondrán sanciones para operadores aéreos que excedan los límites de ruido permitidos, tomando como referencia normativas internacionales y adaptándolas al contexto chileno.

Asimismo, se diseñará un modelo de colaboración interinstitucional entre la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), el Ministerio del Medio Ambiente, la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) y gobiernos locales, con el propósito de garantizar la implementación y sostenibilidad del sistema de monitoreo de ruido aeroportuario. Este modelo permitirá mejorar la coordinación entre las entidades responsables, fortalecer la fiscalización y aplicar de manera efectiva las normativas de control del ruido en los aeropuertos nacionales.

En síntesis, la metodología que se aplicará para la realización del presente estudio permitirá abordar de manera integral la problemática del ruido aeroportuario en Chile, estableciendo bases normativas sólidas, criterios técnicos para la implementación de sistemas de monitoreo, y medidas de mitigación que contribuyan a reducir el impacto acústico de las operaciones aéreas en las comunidades cercanas a los aeropuertos.

1.4. Alcance

Este trabajo se enfocará en el análisis, diseño y propuesta de ampliación del sistema de monitoreo de ruido aeroportuario en los aeropuertos de la Red Nacional de Chile. Para ello, se tomará como referencia el caso del Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez (AMB), único en el país con un sistema consolidado de monitoreo, cuyas características operativas y demográficas permitirán establecer un marco inicial de evaluación. A partir de los datos y la experiencia recogida en el AMB, se extrapolarán criterios y lineamientos para su aplicación en otros aeropuertos del país, considerando variables como su localización geográfica, cercanía a zonas urbanas, densidad poblacional y volumen de operaciones aéreas.

La investigación contemplará el análisis de bases de datos históricos de ruido aeroportuario del AMB en el período 2016-2023, las cuales incluyen niveles de presión sonora, correlaciones con trayectorias de vuelo y registros meteorológicos asociados. En paralelo, se revisará el marco normativo nacional vigente, particularmente la normativa técnica de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) y del Ministerio del Medio Ambiente, junto con los estándares internacionales establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y la Unión Europea.

Uno de los objetivos centrales será establecer criterios objetivos para determinar la necesidad de instalar estaciones de monitoreo de ruido en aeropuertos, en base a factores como el flujo de operaciones, la proximidad a zonas residenciales y la cantidad de población potencialmente expuesta al ruido.

La propuesta incluirá también la identificación de tecnologías y software adecuados para el registro, procesamiento y análisis de datos acústicos, con base en soluciones empleadas internacionalmente como aquellas utilizadas por AENA en España o la FAA en Estados Unidos. Estos sistemas integran estaciones automáticas, sonómetros clase 1, plataformas de integración radar-sonido y herramientas de visualización pública.

Finalmente, los resultados estarán orientados a formular recomendaciones técnicas y normativas que sirvan como base para la creación de un marco regulatorio específico en Chile para el control y gestión del ruido aeroportuario. El alcance de este trabajo no incluye el

desarrollo legislativo final, sino la entrega de insumos técnicos, evaluativos y estratégicos que contribuyan a esa futura tarea.

CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE

2.1. Antecedentes

El ruido ambiental que es generado por las operaciones aéreas es uno de los principales desafíos para las distintas organizaciones que regulan el transporte aéreo. Este tipo de contaminación afecta la calidad de vida y la salud de las comunidades que se encuentran ubicadas cerca de los aeropuertos, generando impactos psicológicos, fisiológicos y sociales. Organismos como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), entre otras, han reconocido esta problemática, estableciendo una serie de directrices para la gestión y mitigación de los efectos del ruido ambiental, promoviendo el uso de sistemas de monitoreo y gestión de ruido.

En Chile, el Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez (SCEL), en conjunto con la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), implementaron un sistema de monitoreo de ruido como parte de su Plan de Monitoreo Ambiental, lo que permitió obtener información crucial para la gestión acústica. Sin embargo, esta gestión ambiental no se ha extendido a otros aeropuertos o aeródromos del país, lo que genera una brecha significativa en la gestión del ruido ambiental a nivel nacional.

El crecimiento constante del tráfico aéreo en los aeropuertos de la Red Nacional, combinado con el desarrollo de áreas urbanas cercanas, ha incrementado la necesidad de herramientas de monitoreo efectivas y de regulaciones específicas que aseguren un equilibrio entre el desarrollo aeroportuario y el bienestar de las comunidades cercanas a los aeropuertos. En este contexto, este trabajo busca abordar estas necesidades, proponiendo un modelo replicable de monitoreo acústico para los aeropuertos chilenos.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Conceptos Básicos de la Acústica

Según la Sección de Ruido del Instituto de Salud Pública de Chile, el **Nivel de Presión Sonora** (SPL – Sound Pressure Level) es una medida logarítmica de la presión efectiva de una onda sonora, medido en decibeles ([dB]), unidad de medida que se utiliza para expresar el nivel de intensidad de un sonido (Instituto de Salud Pública de Chile, 2012). A continuación, se presentarán indicadores de ruido y sus respectivas fórmulas de cálculo:

a. Nivel de Presión Acústica (L_p)

El nivel mínimo de presión sonora que puede ser percibido por el oído humano es igual a 0 [dB], lo cual corresponde a una presión sonora de 20 [μPa], conociéndose este punto como "Umbral de Audición" (Barbot, 2008). Para calcular el nivel de presión acústica, se utiliza la siguiente fórmula, cuyo valor es en decibeles:

Ecuación 1

$$L_p = 10 \log \left(\frac{P}{P_{ref}} \right)^2$$

b. Nivel de Sonido Equivalente ($L_{eq,T}$ o L_{AeqT})

El *Equivalent Sound Level* es la “dosis” de ruido que se considera como un indicador de inconformidad o molestia. Corresponde al nivel de presión sonora continuo equivalente calculado para un intervalo de tiempo determinado, en decibeles. En otras palabras, es el nivel de ruido percibido por los habitantes de un sector cuando una aeronave pasa por sobre ellos.

Ecuación 2

$$L_{eq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^T \log 10^{\frac{L_{p_i}}{10}} \right]$$

c. Medición de Nivel de Ruido Día – Noche (L_{AeqD})

La medición del nivel de ruido día – noche es un indicador esencial para la evaluación y gestión de los problemas relacionados a la percepción de ruido cerca de los aeropuertos. Las zonas de ruido consideradas como sensibles alrededor de un aeropuerto están

prohibidas debido a niveles de ruido por sobre los 65 [dB], aunque se considera que bajo este valor de todas formas se pueden generar problemas:

Ecuación 3

$$L_{DN} = 10 \log \left[\frac{1}{24} \left(15 \times 10^{\frac{L_{AeqD}}{10}} + 90 \times 10^{\frac{L_{AeqN}}{10}} \right) \right]$$

Donde L_D es el nivel de presión sonora equivalente durante el día, considerado desde las 07:00 a 22:00 horas, mientras que L_N se refiere al periodo nocturno desde las 22:00 a 07:00 horas. Ambos valores corresponden al ruido generado por aeronaves, por lo tanto, las demás fuentes de ruido como tráfico vehicular, ferroviario, industrial o comunitario no se consideran en la modelación.

d. Nivel Sonoro Medio Anual Día – Noche (YDNL)

Corresponde al descriptor acústico que se utiliza para evaluar el nivel de ruido generado por aeronaves, entregando un nivel estimado de un periodo de tiempo de 1 [año], considerando los niveles diarios (L_{DN}) durante 365 [día].

Ecuación 4

$$YDNL = 10 \log \left[\frac{1}{365} \sum_{i=0}^{365} \log 10^{\frac{L_{DNi}}{10}} \right]$$

El valor T corresponde al intervalo de tiempo de medición del ruido, donde $T = (t_2 - t_1)$, mientras que t_1 y t_2 son respectivamente los tiempos correspondiente a la intersección entre la curva de nivel de presión sonora y la horizontal $L_p = L_{p_{MAX}} - 10[dB]$, la cual representa el nivel de presión acústica equivalente (Kamsu-Foguem, 2018).

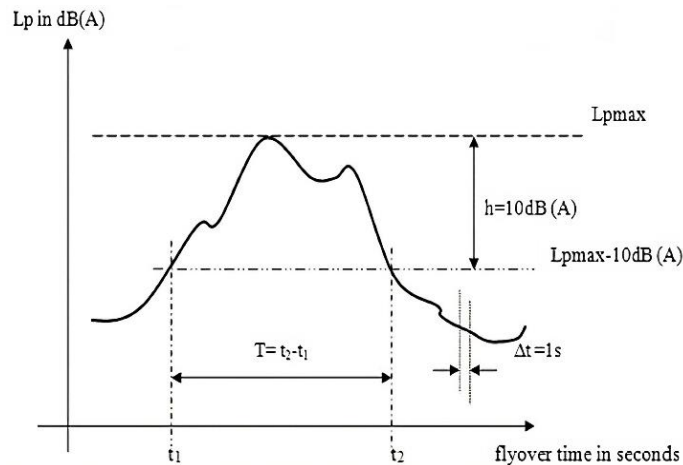


Gráfico 1: Gráfico correspondiente al comportamiento del nivel de presión acústica en un intervalo de tiempo de terminado (Kamsu-Foguem, 2018)

En otras palabras, el **Nivel de Presión Sonora (SPL)** es una forma de medir la intensidad de un sonido, la cual se compara con el nivel más bajo que el oído humano es capaz de percibir, conocido como el **umbral de medición** en decibeles.

Debido al comportamiento logarítmico de los decibeles, convierte una escala grande y no manejable de presiones sonoras a una escala más práctica y alineada con la percepción humana. Por ejemplo, una aeronave ligera (Cessna 172) genera aproximadamente 70-80 [dB], mientras que una aeronave comercial (Boeing 737), 100-110 [dB]. Además de esto, la diferencia se encuentra en que una aeronave comercial es, desde 100 hasta 1000 veces, más ruidosa, en términos de presión sonora, que una aeronave ligera.

2.2.2. Tipos de Fuente de Ruido

Dependiendo de la estacionalidad de la fuente de emisión de ruido, se puede categorizar como fuente fija o móvil.

a. Fuentes Fijas: Las fuentes fijas de emisión se pueden agrupar en dos subcategorías principales, según su modo de generación y alcance de impacto:

- **Fuentes Puntuales:** aquellas instalaciones establecidas en un lugar fijo, cuya actividad genera emisiones contaminantes significativas a la atmósfera, asociadas generalmente a procesos industriales y productivos.

- **Fuentes de Área:** Esta categoría abarca establecimientos y actividades que, de manera individual, producen emisiones relativamente pequeñas; sin embargo, en conjunto pueden representar una contribución considerable a la contaminación atmosférica.
- b. Fuentes Móviles:** Las fuentes móviles se clasifican en función de su operación y el entorno en el que generan emisiones contaminantes:
- **Fuentes Móviles en Ruta:** Comprende aquellos vehículos diseñados para transitar por carreteras y vías urbanas, como automóviles particulares, camiones, buses, motocicletas y vehículos de tres ruedas. Estas fuentes suelen ser la principal causa de emisiones contaminantes en zonas urbanas, aunque su impacto varía en función del número, tipo y patrones de circulación de los vehículos.
 - **Fuentes Móviles Fuera de Ruta:** Se refiere a aquellas fuentes de emisión que no operan en vías urbanas o carreteras convencionales. Este grupo incluye aeronaves, equipos de construcción, embarcaciones y trenes, los cuales han recibido creciente atención debido a su impacto ambiental.

2.2.3. Contaminación Acústica.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define el ruido ambiental como:

*“...el ruido emitido desde todas las fuentes exceptuando el ruido producido en un lugar de trabajo industrial. Las fuentes de ruido pueden ser carreteras, **tráfico aéreo**, industrias, construcción, trabajos en la vía pública y conjuntos habitacionales.”*

Dada la problemática del ruido ambiental, la OMS advierte que más de 1.000 millones de personas en edades comprendidas entre los 12 y 35 años corren el riesgo de perder la audición debido a una prolongada exposición al ruido, debido a una prolongada exposición al ruido proveniente de, por ejemplo, sonidos recreativos (música a alto volumen), o bien, ruido permanente en ambientes de trabajo (Vivanco Font, 2022).

El Ministerio de Medio Ambiente de Chile establece a las actividades aeroportuarias como una “megafuente” de ruido atmosférico, definiendo al ruido como “cualquier sonido calificado como molesto, desagradable o inoportuno por quien lo percibe” (Ministerio del Medio Ambiente, 2020). Además, indica que el ruido ambiental es un tipo independiente de contaminantes debido a que (Vivanco Font, 2022):

- Este tipo de contaminación está vinculada directamente al horario y actividad en que se emite el ruido.
- No deja residuos en el medioambiente, pero sí en la salud de las personas.
- Es uno de los contaminantes que requiere menos cantidad de energía para ser producido.
- Su radio de acción es pequeño y localizado.
- No es susceptible de ser transportado a otros sistemas naturales como algún tóxico que se transporta por el aire o medio líquido.
- Se percibe sólo por un sentido; el oído.
- Posee un componente subjetivo, ya que un ruido puede ser molesto para una persona y para otra no. Sin embargo, sobre ciertos niveles sonoros, todas las personas se declaran *molestas*.

2.2.4. Estándares de Ruido.

El Ministerio de Medio Ambiente establece los siguientes valores, como aceptables e inaceptables, tanto para el periodo diurno como nocturno:

Periodo	Aceptable	Inaceptable
Diurno	Menor a 65 [dB]	Mayor o igual a 65 [dB]
Nocturno	Menor a 55 [dB]	Mayor o igual a 55 [dB]

Tabla 1: Estándares OCDE (Ministerio de Medio Ambiente, 2022)

La OMS indica un valor de ruido de **55 [dB]** como **límite superior deseable al aire libre**, además de otros valores adicionales para ambientes específicos (Vivanco Font, 2022), los cuales se presentan en la siguiente tabla:

Ambiente	Valor de Ruido en [dB]
Viviendas	50
Escuelas	35
Discotecas	90 (máximo 4 horas)
Conciertos, Festivales	100 (máximo 4 horas)
Comercio y Tráfico	70

Tabla 2: Niveles de Ruido Ambientales sugeridos por la OMS para ambientes específicos. (Organización Mundial de la Salud, 1999)

Adicionalmente, la OMS indica que el volumen recomendado de cualquier sonido está por debajo de los 85 [dB] para una duración máxima de ocho horas al día. De esta forma, el tiempo máximo admisible se reduce a medida que aumenta la intensidad del sonido. La iniciativa “Escuchar sin Riesgo” del año 2022 (OMS), establece los siguientes niveles admisibles de exposición diaria al ruido:

Objeto/Actividad	dB	Tiempo de exposición sin riesgo
Avión a reacción	130	Menos de 1 segundo
Trueno/Tormenta	125	3 segundos
Trompeta/Bocina	120	9 segundos
Concierto	115	28 segundos
Sierra Eléctrica	110	30 segundos
Máquina Excavadora	105	4 minutos
Secador de Pelo	100	15 minutos
Motocicleta	95	47 minutos
Cortadora de Pasto	90	2 horas, 30 minutos
Automóvil	85	8 horas

Tabla 3: Niveles Admisibles de exposición diaria al ruido (Organización Mundial de la Salud, 2022).

2.2.5. Impactos Sociales por la Generación de Ruido

La OMS señala que la contaminación atmosférica es un problema serio de salud pública que se encuentra en crecimiento, agregando que la exposición constante al ruido puede generar efectos en la salud de la población, de los cuales se encuentran problemas cardiovasculares, trastornos del sueño, metabolismo e incluso deterioro cognitivo y salud mental (World Health Organization, 2018).

Para la evaluación de los efectos en la salud de las principales fuentes de ruido en una ciudad, ya sea por tráfico vehicular urbano, ferrocarriles y aeronaves, es necesario realizar estudios transversales sobre los impactos en la salud de la población ante la exposición a ruido ambiental, con tal de exponer adecuadamente recomendaciones futuras (World Health Organization, 2018).

Dependiendo del tipo de fuente del ruido, la OMS establece distintas recomendaciones, así como tráfico vehicular urbano, ferroviario, por aeronaves, turbinas de viento, entre otros. Estas recomendaciones se dividen entre **fuertes** y **condicionales**. Una recomendación fuerte puede ser adoptada como una política a aplicar, donde la directriz de basa en la certeza de que los efectos deseados del cumplimiento de la recomendación superen los efectos indeseados. Mientras que una recomendación condicional requiere de un proceso de formulación de políticas donde se necesita la participación de diversos actores. Es menor la certeza de la eficacia de las recomendaciones condicionales debido a la baja calidad de evidencia de un beneficio neto, valores y preferencias opuestas de los individuos y poblaciones afectadas o la alta necesidad de recursos que conlleva esta recomendación (World Health Organization, 2018).

Respecto a las recomendaciones fuertes y condicionales formuladas por la OMS, centrándose en el ruido generado por aeronaves, se presentan tres, las cuales son del carácter fuerte:

1. “Para exposiciones medias de ruido, la GDG (Grupo de Desarrollo de Directrices – Guidelines Development Group) fuertemente recomienda reducir los niveles de ruido generado por aeronaves bajo **45 [dB]** de **L_{den}**. El ruido de aeronaves que superen este valor es asociado con efectos adversos a la salud.” (World Health Organization, 2018)

2. “Para exposiciones de ruido nocturnas, la GDG estrictamente fuertemente reducir los niveles de ruido generado por aeronaves durante la noche bajo **40 [dB]** de **L_{night}**. El ruido de aeronaves que superen este valor es asociado con efectos adversos a la salud.” (World Health Organization, 2018)
3. “Para reducir los efectos de salud, la GDG fuertemente recomienda que los creadores de políticas implementen mediciones adaptables para reducir la exposición de ruido de aeronaves en la población expuesta a niveles sobre los valores de exposición media y nocturna de ruido establecidos. Para intervenciones específicas, las GDG recomienda implementar cambios adaptables a la infraestructura”. (World Health Organization, 2018)

El GDG (Guidelines Development Group), perteneciente a la OMS, identificó resultados claves de salud asociados con la contaminación acústica, categorizándolos como **críticos**, **importantes** e **irrelevantes**. Se categorizaron efectos en la salud de las personas basándose en la seriedad y prevalencia de los efectos:

- **Efectos de Salud Críticos:** enfermedades cardiovasculares, molestia o irritabilidad, trastornos de sueño, problemas cognitivos y de audición.
- **Efectos de Salud Importantes:** calidad de vida, bienestar y salud mental, además de efectos en el metabolismo.

Los efectos en la salud antes mencionados fueron categorizados como críticos o importantes, con la finalidad de formular recomendaciones para la gestión de ruido en las ciudades. Evidencia científica demuestra que los efectos que genera el ruido de aeronaves en sus operaciones producen estrés, problemas para conciliar el sueño hasta incidencias en el coeficiente intelectual de los afectados (World Health Organization, 2018).

Por su parte, se ha demostrado que el ruido ambiental, en este caso, el generado por las aeronaves, afecta directamente en el valor económico de las viviendas aledañas a los aeropuertos. Diversos estudios indican que la inexistencia de ruido de los aviones provoca un aumento medio del 24,43% en los precios de las viviendas que se encuentran alrededor de los aeropuertos. En otras palabras, el valor de económico de las viviendas es mayor a medida que la presencia de ruido ambiental disminuye (Zheng, Peng, & Hu, 2020).

La OMS trabaja con un marco metodológico conocido como PECCOS/PICOS, el cual es utilizado para estructurar revisiones sistemáticas y evaluar evidencia científica en el contexto de la relación entre el ruido ambiental y sus efectos en la salud. PICOS es un acrónimo que ayuda a definir los elementos clave de una pregunta de investigación e hipótesis para evaluaciones científicas. A continuación se presentan las descripciones de cada letra de la sigla PICOS:

PICOS	Descripción	Caso de Fuente Aeronáutica
P – Population /Población	El grupo de personas afectadas o estudiadas.	La población en general.
I – Intervention /Intervención	La exposición o tratamiento que se evalúa.	Exposición a altos niveles de ruido producidos por tráfico aéreo (medio/noche).
C – Comparator /Comparador	El grupo de referencia o condiciones con las que se compara la población expuesta.	Personas expuestas a niveles más bajos de ruido o no expuestas.
O – Outcome /Resultado	Los efectos o resultados medidos.	Para exposiciones de ruido medio: ● Problemas cardiovasculares. ● Molestia y/o Irritabilidad. ● Deterioro cognitivo. ● Deterioro auditivo. ● Resultados adversos en el nacimiento. ● Calidad de vida, bienestar y salud mental. ● Resultados metabólicos. Para exposiciones de ruido nocturno: ● Efectos en el sueño.
S – Study Design /Diseño del Estudio	El tipo de estudio considerado en la evaluación.	Estudios observacionales, experimental, etc.

Tabla 4: Esquema PICOS/PECCOS de resultados críticos de salud por exposición a ruido de aeronaves (World Health Organization, 2018).

A continuación, se presenta el sumario de hallazgos clave sobre los efectos del ruido de aeronaves, medido por Nivel de Presión Sonora ponderado día-tarde-noche (L_{den}), en la salud de las personas:

Noise metric	Priority health outcome measure	Quantitative risk for adverse health	Lowest level of exposure across studies	Number of participants (studies) ^a	Quality of evidence
Cardiovascular disease					
L_{den}	Incidence of IHD	RR = 1.09 (95% CI: 1.04–1.15) per 10 dB increase	47 dB	9 619 082 ^a (2)	Very low (downgraded for risk of bias; upgraded for dose-response)
L_{den}	Incidence of hypertension	RR = 1.00 (95% CI: 0.77–1.30) per 10 dB increase	N/A	4712 (1)	Low (downgraded for risk of bias and because only one study available)
Annoyance					
L_{den}	%HA	OR = 4.78 (95% CI: 2.27–10.05) per 10 dB increase	33 dB	17 094 (12)	Moderate (downgraded for inconsistency)
Cognitive impairment					
L_{den}	Reading and oral comprehension	1–2-month delay per 5 dB increase	Around 55 dB	(4)	Moderate (downgraded for inconsistency)
Hearing impairment and tinnitus					
L_{den}	Permanent hearing impairment	–	–	–	–

Note: ^a Results are partly derived from population-based studies.

Tabla 5: Resumen de hallazgos clave sobre los efectos del ruido de aeronaves (Organización Mundial de la Salud, 1999).

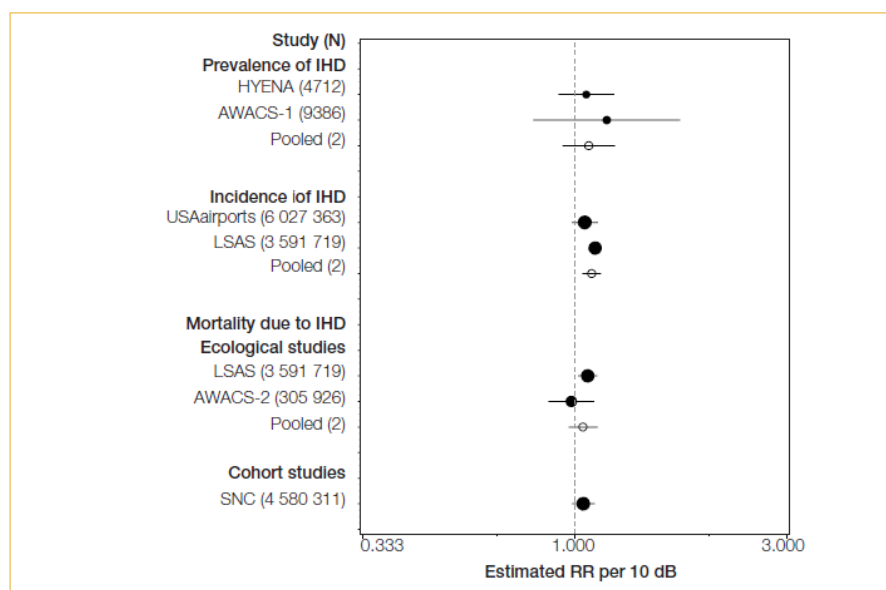
De la tabla anterior se identifican asoficiaciones entre la exposición al ruido y un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares (desde los 47 [dB]), molestias significativas a partir de 33 [dB] y dificultades en el aprendizajes en niños expuestos a niveles cercanos a 55 [dB]. La calidad de la evidencia varía entre baja y moderada, destacando la necesidad de considerar no solo los umbrales técnicos, sino también los efectos percibidos por la población en el diseño de políticas públicas.

a. Enfermedades Cardiovasculares:

Se estima que, por cada 10 [dB] de aumento en el nivel promedio diario (L_{den}) de exposición al ruido por aeronaves, aumenta un 9% el riesgo relativo (RR=1.09) al desarrollo de enfermedades cardiacas isquémicas. Estos efectos comienzan a manifestarse desde un nivel de exposición de 47 [dB], lo que resalta que incluso niveles moderados de ruido son capaces de generar efectos adversos a la salud cardiovascular.

Altas intensidades de ruido activan respuestas fisiológicas como el estrés y la hiperestimulación del sistema nervioso simpático, aumentando la presión arterial y el riesgo de hipertensión, lo cual , eventualmente, podría contribuir a la presencia de distintas enfermedades cardiacas.

El siguiente gráfico muestra la relación entre la exposición al ruido de las aeronaves y la incidencia, prevalencia y mortalidad por enfermedades cardiovasculares (específicamente por cardiopatía isquémica IHD), en distintos estudios poblacionales.



Notes: The dotted vertical line corresponds to no effect of exposure to aircraft noise. The black circles correspond to the estimated RR per 10 dB and 95% CI. The white circles represent the pooled random effect estimates and 95% CI. For further details on the studies included in the figure please refer to the systematic review on environmental noise and cardiovascular and metabolic effects (van Kempen et al., 2018).

Gráfico 2: Relación entre la exposición al ruido de aeronaves y Enfermedades cardiovasculares (Organización Mundial de la Salud, 1999).

El gráfico muestra que la exposición al ruido aeronáutico se asocia con mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares, como hipertensión y cardiopatía isquémica. Esta relación se observa de forma consistente en diversos estudios, lo que refuerza la necesidad de considerar el ruido como un factor de riesgo para la salud pública.

b. Hipertensión:

Existe una limitada evidencia disponible, sin embargo, en algunas ocasiones, la exposición al ruido generado por las aeronaves en sus operaciones se asocia a un aumento en la generación de hipertensión arterial. Se estima que por cada aumento de 10 [dB] en L_{den} , existe un leve incremento en la probabilidad de desarrollar hipertensión.

Sin embargo, debido a la alta variabilidad en los resultados del presente estudio, las conclusiones a las que se llegan no son representativas. Además, en este punto no se especifica un nivel mínimo de exposición al ruido de aeronaves, debido a una falta de estudios y análisis adicionales.

El siguiente gráfico presenta la relación entre la exposición al ruido de aeronaves y la hipertensión arterial, expresada como riesgo relativo (RR) por cada incremento de 10 dB en el nivel de ruido, en distintos estudios.

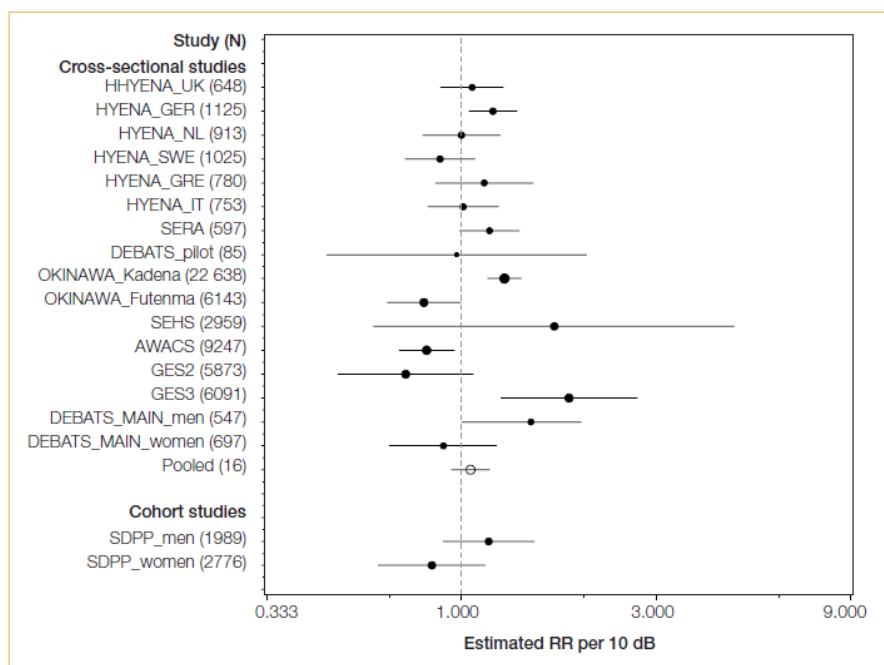


Gráfico 3: Relación entre la exposición al ruido de aeronaves y la hipertensión por estudios transversales (Organización Mundial de la Salud, 1999).

El gráfico evidencia que la mayoría de los estudios muestra un leve aumento del riesgo de hipertensión con mayor exposición al ruido aeronáutico, aunque con variabilidad entre países y metodologías. Si bien algunos resultados no presentan estadísticas representativas, el

análisis combinado sugiere una tendencia consistente que respalda esta relación, lo que justifica la preocupación por efectos cardiovasculares incluso en exposiciones crónicas moderadas.

c. Accidente cerebrovascular:

A pesar de la falta de evidencia, según indica el mismo estudio, también se ha relacionado la exposición al ruido de las operaciones aéreas con el riesgo de padecer accidentes cerebrovasculares. Debido a que la calidad de la evidencia es considerada como baja, en varios casos, debido al riesgo de sesgo y la falta de estudios replicables en diferentes contextos, se destacan inconsistencias en los estudios existentes y además un intervalo de confianza muy amplio, lo cual dificulta establecer una relación causal directa.

El siguiente gráfico presenta los resultados de diversos estudios sobre la relación entre el ruido aeronáutico y los accidentes cerebrovasculares (ACV), midiendo el riesgo relativo (RR) por cada aumento de 10 dB.

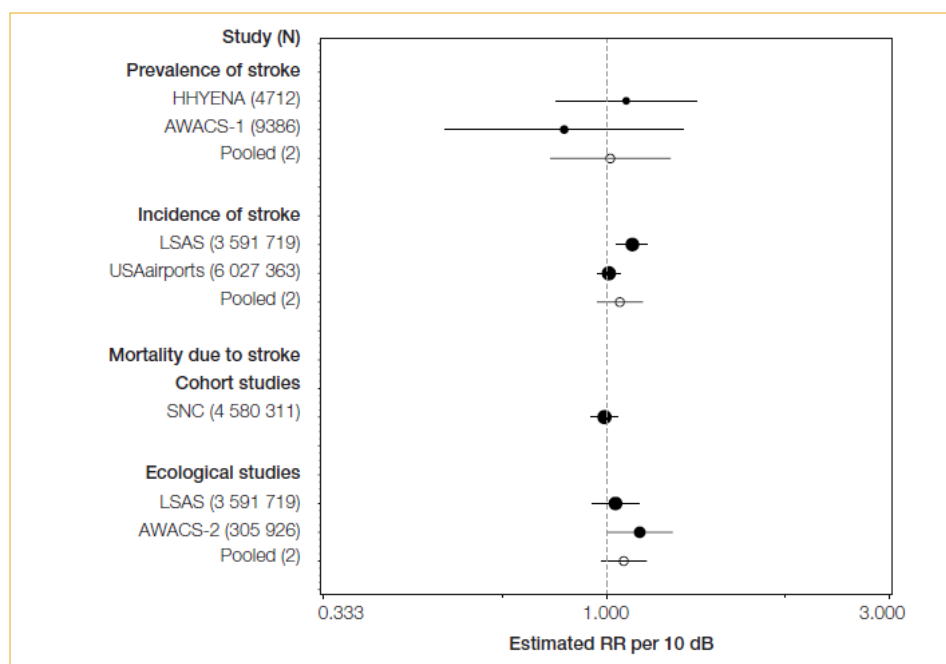


Gráfico 4: Relación entre la exposición al ruido de aeronaves y los accidentes cerebrovasculares (Organización Mundial de la Salud, 1999).

Los datos muestran una posible asociación entre exposición al ruido y mayor riesgo de ACV, aunque la evidencia es menos consistente que en otros efectos cardiovasculares.

d. Presión sanguínea de niños:

El estudio identifica una asociación entre los niveles elevados de ruido y el aumento en la presión sanguínea en los niños expuestos a estos altos niveles, aunque los resultados existentes varían dependiendo del estudio realizado. En parte, estos efectos son a raíz de la activación del sistema nervioso simpático y el estrés que genera el ruido constante, lo que impacta negativamente en el sistema cardiovascular en desarrollo de los niños. La calidad de la evidencia disponible es limitada, con inconsistencias en los datos debido a la falta de estudios que puedan confirmar esta relación de forma más sólida.

e. Molestia / Irritabilidad:

Es directa la asociación entre el ruido de las aeronaves con los altos niveles de molestia en las comunidades expuestas (%HA). Según indica la OMS en los estudios realizados, las probabilidades de experimentar molestias severas aumentan significativamente por cada 10 [dB] de incremento en el nivel promedio diario de ruido. Este efecto empieza a manifestarse a partir de los 33 [dB] (considerado como nivel bajo de ruido), lo cual resalta que incluso exposiciones moderadas pueden generar incomodidad significativa en la población, incluyéndose irritación, estrés y una percepción reducida de calidad de vida, factores que pueden generar conflictos sociales en las áreas cercanas a los aeropuertos.

El siguiente gráfico muestra la relación entre el nivel de ruido aeronáutico (Lden) y el porcentaje de personas que muestran molestia por su exposición al este mismo (%HA), utilizando datos recopilados de distintos aeropuertos y modelos de regresión.

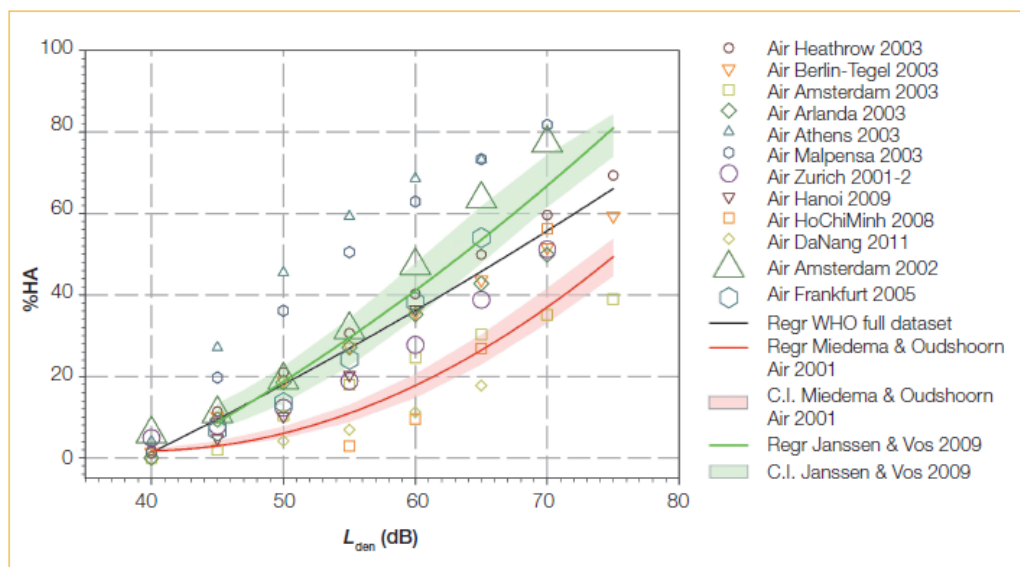


Gráfico 5: Relación entre la exposición al ruido de aeronaves y la molestia e irritabilidad de los afectados (Organización Mundial de la Salud, 1999).

El gráfico evidencia una relación directa y creciente entre el aumento del ruido y la percepción de molestia, incluso desde niveles inferiores a 50 dB. La curva de la OMS se ubica por sobre estudios previos, lo que sugiere una mayor sensibilidad actual al ruido aéreo. La siguiente tabla complementa el gráfico anterior, mostrando la relación entre la intensidad del ruido y el porcentaje de personas afectadas, generando molestias e irritabilidad:

L_{den} (dB)	%HA
40	1.2
45	9.4
50	17.9
55	26.7
60	36.0
65	45.5
70	55.5

Tabla 6: Relación entre la exposición a ruido de aeronaves y la molestia/irritabilidad (Organización Mundial de la Salud, 1999).

f. Deterioro cognitivo:

Estudios demuestran una relación estadística significativa o al menos demostraron una tendencia entre el incremento del ruido de aeronaves y el deterioro en la comprensión lectora y oral. Un aumento de 5 [dB] en los niveles promedio de ruido se asocia con un retraso de 1 a 2 meses en el desarrollo de habilidades de orales y de comprensión de lectura. Este efecto

comienza a observarse en niveles de ruido de aproximadamente 55 [dB] (Hygge, Evans, & Bullinger, 2002).

El deterioro cognitivo se explica por el impacto negativo del ruido en proceso como la capacidad de concentración y de atención, aspectos fundamentales para el aprendizaje. Además, la exposición prolongada puede dificultar el desarrollo académico, especialmente en niños que viven cerca de aeropuertos con altos niveles de tráfico.

g. Alteración del sueño:

El ruido provocado por aeronaves perturba notablemente el sueño, afectando no solo el descanso sino también la salud general y la calidad de vida. Un incremento de 10 dB en el nivel de ruido nocturno eleva de manera significativa el riesgo de interrupciones del sueño y dificulta volver a dormirse. A partir de los 40 dB, se registran efectos significativos como despertar en la noche de forma frecuente y la reducción en las fases más reparadoras del sueño.

A pesar de que diversos estudios respaldan estos hallazgos, la calidad de la evidencia puede verse influida por variables como las diferencias entre los métodos de medición y la percepción individual del ruido. La interrupción crónica del sueño debido al ruido de aeronaves no solo genera fatiga y reducción en la productividad diaria, sino que también contribuye a problemas de salud a largo plazo, como un mayor riesgo de hipertensión y enfermedades cardiovasculares. La siguiente tabla resume los principales hallazgos sobre los efectos del ruido aeronáutico en la calidad del sueño, particularmente en relación con el despertar nocturno (HSD) por cada aumento de 10 dB.

Noise metric	Priority health outcome measure	Quantitative risk for adverse health	Lowest level of exposure across studies	Number of participants (studies)	Quality of evidence
Effects on sleep					
L_{night}	%HSD	OR: 1.94 (95% CI: 1.61–2.33) per 10 dB increase	35 dB	6371 (6)	Moderate (downgraded for study limitations, inconsistency; upgraded for dose-response, magnitude of effect)

Tabla 7: Resumen de los hallazgos de efectos en la salud por exposición a ruido de aeronaves (Organización Mundial de la Salud, 1999).

Se observa una asociación significativa entre el ruido y el deterioro del sueño, con efectos detectables desde niveles tan bajos como 35 dB. Esto evidencia que incluso exposiciones moderadas pueden afectar el descanso y la salud general.

2.2.6. Impactos Económicos por la Generación de Ruido

El ruido generado por los aeropuertos y las operaciones aéreas representan un costo económico considerable para diversos países, debido a aquellos factores que afectan tanto la salud pública como el valor de las propiedades y la calidad de vida de las comunidades cercanas a los aeropuertos y aeródromos.

Como se señaló antes, la exposición prolongada al ruido generado por las operaciones aéreas está directamente relacionada con problemas de salud como trastornos del sueño, enfermedades cardiovasculares y estrés, lo que incrementa la demanda por parte de la ciudadanía y otras entidades de los servicios de salud y, en consecuencia, los gastos públicos en este ámbito.

Adicionalmente, el ruido aeronáutico puede provocar la devaluación de las propiedades situadas en las cercanías de los aeropuertos, afectando el valor del patrimonio de los propietarios y disminuyendo la posibilidad de venta de dichos inmuebles. Estudios han mostrado que el ruido de aeronaves puede reducir el valor de las viviendas cercanas a los aeropuertos hasta en un 10.7% en algunos casos (Marmolejo Duarte & Romano Córdoba, n.d., 3).

Algunos Estados invierten en programas de mitigación, como la instalación de barreras acústicas, aislamiento de viviendas y restricciones operativas en horarios nocturnos, para reducir el impacto del ruido en las comunidades afectadas. Por ejemplo, en Europa y EE.UU. se han destinado fondos de miles de millones de dólares en programas de mitigación de ruido aeroportuario, incluyendo aislamiento de viviendas y compra de terrenos para evitar construcciones en zonas de alto impacto acústico (Marmolejo Duarte, 2009).

En algunos casos, las comunidades afectadas pueden emprender acciones legales contra operadores aeroportuarios o el Estado, lo que implica costos adicionales en términos de

litigios y posibles compensaciones económicas. El Aeropuerto de Barcelona, en su ampliación, requirió compensaciones que ascendieron a 1,266 euros por hogar afectado, lo que refleja el alto costo de las externalidades acústicas (Marmolejo Duarte & Romano Córdoba, n.d.).

La implementación y supervisión de políticas públicas destinadas a gestionar y mitigar el ruido aeroportuario requieren de recursos económicos y humanos, representando un costo para las administraciones públicas.

2.2.7. Ruido por Operaciones de Aeronaves

Desde el punto de vista técnico, las fases de despegue y aterrizaje son las que generan mayor contaminación acústica, debido a la alta potencia acústica que se produce en estas maniobras. Luego del despegue de la aeronave, el ruido, desde el punto de vista terrestre, va disminuyendo progresivamente a medida que la aeronave va aumentando su distancia con respecto a la zona afectada.

2.2.8. De las Aeronaves y sus Trayectorias.

En Chile son distintas las aerolíneas que operan dentro de los aeropuertos del país, cuyas flotas, en general, se componen de aeronaves de Boeing, Airbus y Embraer. Las aerolíneas chilenas se componen, a la fecha de redacción de esta memoria, de las siguientes flotas:

Aerolínea	Aeronave	Cantidad
LATAM Airlines	Boeing 767-300 ER	9
	Boeing 777-300 ER	10
	Boeing 787-8	10
	Boeing 787-9	27
	Airbus A319-100	40
	Airbus A320-200	135
	Airbus A320-NEO	25
	Airbus A321-200	49
	Airbus A321-NEO	14
SKY Airlines	Airbus A320-NEO	25
	Airbus A321-NEO	3
JetSMART	Airbus A320-NEO	28
	Airbus A320-200	10
	Airbus A321-NEO	9

Tabla 8: Aeronaves comerciales de ala fija que operan en aeropuertos chilenos (AirFleets.net, 2025)

Además, según datos de AirFleet, aerolíneas extranjeras operan con los siguientes modelos de aeronaves en Chile:

- Boeing 737-800NG (-8 Max) (-9 Max).
- Boeing 767-300 ER (-400) (-F).
- Boeing 787-8 (-9).
- Boeing 777-200 (-300) (-ER).
- Boeing 747-400F (-8F).
- Boeing 757F.
- Airbus A319.
- Airbus A320-232 (-NEO).
- Airbus A321-211.
- Airbus A330-200 (-300).
- Airbus A350-941.
- Embraer E190

Las aeronaves que operan en espacio aéreo chileno son reguladas de forma técnica por la DGAC, a través de normas aeronáuticas (DAN). Algunas de estas normas establecen requisitos que deben cumplir las aeronaves en términos de su operación, certificación de ruido y cumplimiento de las trayectorias establecidas en sus operaciones habituales, lo que permite ordenar y supervisar estas mismas de forma segura y más eficiente.

Una de las normas aeronáuticas más relevantes en el tema de la acústica es la DAN92 Vol. II, la cual establece que todas aquellas aeronaves que operen en el país deben estar certificadas según lo establecido en los estándares del Anexo 16 Vol. I de la OACI, específicamente respecto a los niveles de ruido que pueden emitir. Además, la norma establece y exige que las aeronaves ajusten sus operaciones a aquellos procedimientos que atenúen el ruido, si es que existen, dependiendo del aeródromo o aeropuerto.

Por su parte, la DAN91 Vol. II regula el cumplimiento de las rutas, trayectorias y niveles de vuelo autorizados. Esta norma establece márgenes técnicos de desviación, permitiendo variaciones de hasta más o menos 90 metros, o 300 pies, respecto al nivel autorizado. Además, exige la incorporación de sistemas automáticos de advertencia de desvíos.

2.2.9. De los Umbrales de Ruido de las Aeronaves.

La OACI, en su manual “*Guidelines for Community Noise*” indica que, tanto los despegues como los aterrizajes, son las fases de las operaciones aéreas más ruidosas y molestas debido a la gran potencia acústica que generan los motores dentro de las maniobras que se deben realizar en estos procedimientos. La intensidad del ruido disminuye a medida que la aeronave aumenta su distancia con los receptores más cercanos.

Avión	Fase de vuelo y régimen de motor	dB(A)	Por bandas de octava en Hz							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Birreactor distancias medias	Despegue máximo	109	94	101	105	106	105	102	96	85
	Despegue reducido	101	84	89	94	96	97	95	89	75
	Aterrizaje	81	69	71	79	78	77	74	71	74
Cuatrirreactor distancias largas	Despegue máximo	105	100	102	105	103	102	98	90	81
	Despegue reducido	99	92	93	95	95	95	93	87	74
	Aterrizaje	87	73	71	76	80	81	80	80	78

Tabla 9: Niveles de ruido de aeronaves, por número de motores, fases de vuelo y por bandas de octava en Hz (Furet H., *Acústica Arquitectónica y Urbanística*, 2024).

La Tabla 9, parte del estudio de *Acústica Arquitectónica y Urbanística* de Ronald Furet, muestra los niveles de presión sonora (NPL) expresados en decibeles (dB) y por bandas de octava en Hz, generados por dos tipos de aeronaves (bimotores y cuatrimotores) en las fases de despegue y aterrizaje. Las mediciones fueron realizadas a una distancia de 300 metros del avión.

Según el estudio, se observa que las aeronaves, durante las fases de despegue a máxima potencia, son las que generan los niveles de ruido más alto, alcanzando los 109 [dB] para los bimotor y 105 [dB] para los cuatrimotores. Cuando el despegue es realizado con potencia reducida, se observa una disminución en el nivel de ruido a 101 [dB] en el caso de los bimotor y 99 [dB] para los cuatrimotor. Por último, en la fase de aterrizaje, el nivel de ruido es significativamente inferior, con valores de 81 [dB] para los bimotor y 87 [dB] para los cuatrimotor. Esto se explica por la menor potencia requerida y la configuración aerodinámica de la aeronave durante el descenso.

El análisis por bandas de frecuencia permite identificar en qué parte del espectro acústico se concentra la energía sonora. Se observa que los niveles más elevados se ubican entre los 500 y 2000 [Hz], con picos de hasta 106 dB en 1000 [Hz] para bimotores en despegue máximo. Sin embargo, también se registra una importante componente de baja frecuencia,

especialmente en la banda de 63 [Hz], lo cual puede contribuir a la percepción de zumbido o vibraciones, típicamente más molestas y difíciles de mitigar mediante aislamiento pasivo.

2.2.10. Unión Europea – Directivas y Regulaciones

La Unión Europea estableció normativas que obligan a los países a monitorear el ruido ambiental generado por las operaciones aéreas. En el año 2002, la Directiva 2002/30/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, tuvo como objetivo el impedir el nivel sonoro global en las zonas próximas a los aeropuertos, centrándose en la evaluación y gestión del ruido ambiental, refiriéndose a este como “uno de los mayores problemas medioambientales en Europa” (Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea, 2002). Esto con la finalidad de promover el desarrollo sostenible del transporte aéreo a través de la reducción del ruido de las aeronaves en los aeropuertos.

Con tal de actualizar la normativa ambiental, la UE liberó el Reglamento N° 598/2014 “relativo al establecimiento de normas y procedimientos con respecto a la introducción de restricciones operativas relacionadas con el ruido en los aeropuertos de la Unión dentro de un enfoque equilibrado”, el reglamento el cual derogó la Directiva 2002/30/CE. Este reglamento establece las normas sobre el proceso que deberá seguirse para la introducción de restricciones operativas relacionadas con el ruido de manera coherente para cada aeropuerto de la UE. Nuevamente, con el objetivo de contribuir a la mejora del entorno acústico y reducir el número de personas afectadas de manera significativa por los posibles efectos nocivos del ruido de las aeronaves (Parlamento Europeo y del Consejo, 2014).

a. Directiva 2002/49/CE – Evaluación y Gestión del Riesgo Ambiental

La Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo establece un marco común para los países de la Unión Europea para la evaluación y gestión del ruido ambiental, cuyos objetivos se centran en:

- Medir y analizar el ruido ambiental a través de indicadores comunes como L_{den} (ruido día-tarde-noche) y L_{night} (ruido nocturno).

- Crear mapas estratégicos de ruido que representen los niveles de ruido en áreas urbanas, ejes viarios, ferroviarios y aeropuertos.
- Generar planes de acción para prevenir y reducir la exposición nociva al ruido, con énfasis en proteger las áreas tranquilas y mejorar la calidad acústica del ambiente.
- Ser transparentes, dejando la información para conocimiento público, promoviendo la participación ciudadana en la elaboración de políticas de reducción de ruido.
- Fomentar una recopilación de datos comparables entre Estados miembros de la Unión para adoptar políticas comunitarias coherentes.

De esta directiva, para efectos del presente estudio, se destacan los siguientes artículos y anexos:

Artículo / Anexo	Contenido Principal	Aspectos Clave
Art. 1 – Objetivos	Establece los pilares de la Directiva.	✓ Determinar exposición mediante mapas de ruido.- Informar a la población. ✓ Adoptar planes de acción para reducir el ruido y proteger la salud.
Art. 5 – Indicadores	Define indicadores comunes.	Uso de Lden y Lnight para evaluar y comparar internacionalmente el ruido ambiental.
Art. 6 – Métodos de Evaluación	Promueve métodos estandarizados.	Para ruido aeronáutico, se recomienda el ECAC Doc. 29, con técnica de segmentación de trayectorias de vuelo.
Art. 7 – Mapas Estratégicos	Requiere mapas de ruido.	Aplicables a aeropuertos con más de 50.000 movimientos/año.- Permiten identificar zonas críticas.
Art. 8 – Planes de Acción	Obliga a elaborar planes de mitigación.	✓ Medidas adaptadas por cada Estado. ✓ Prioridad en zonas que superen umbrales definidos.
Art. 9 – Información Pública	Garantiza acceso ciudadano.	Mapas y planes deben divulgarse de forma clara y comprensible, incluyendo un resumen ejecutivo.
Arts. 10 y 11	Ciclo de evaluación continua.	✓ Centralización y publicación periódica de datos. ✓ Enfoque de mejora continua.
Anexo III	Evaluación de efectos en salud.	Relación dosis-efecto entre Lden/molestia y Lnight/sueño.
Anexo V	Medidas recomendadas.	Regulación de tráfico, ordenamiento territorial, tecnologías más silenciosas, e incentivos económicos o normativos.

Tabla 10: Artículos y Anexos destacados de la Directiva 2002/49/CE - Evaluación y Gestión del Riesgo Ambiental (Unión Europea, 2002).

b. Directiva 2006/93/CE – Regulación del Uso de Aviones

La Directiva 2006/93/CE del Parlamento Europeo y del Consejo regula el uso de aviones a reacción subsónicos civiles según las normas y recomendaciones sobre emisiones sonoras

establecidas en el Anexo 16 del Convenio de Aviación Civil Internacional (Parlamento Europeo y del Consejo, 2006). Algunos puntos importantes de la Directiva indican:

Artículo / Considerando	Contenido Principal	Aspectos Clave
Artículo 2	Requiere cumplimiento de normas de ruido para aeronaves.	✓ Todos los aviones de reacción subsónicos civiles deben cumplir con el Capítulo 3 del Anexo 16 Volumen I del Convenio de Chicago (1988). ✓ Aplica a aeronaves operando en aeropuertos de la UE.
Artículo 5	Establece régimen sancionatorio.	✓ Los Estados miembros deben aplicar sanciones proporcionales y disuasorias por incumplimientos de la normativa.
Considerando 4	Justifica el uso de aeronaves ecológicamente aceptables.	✓ Ante la congestión aeroportuaria, se promueve el uso de aeronaves que reduzcan el impacto ambiental, optimizando el uso de la infraestructura existente.
Considerando 7	Promueve equilibrio entre desarrollo y sostenibilidad.	✓ Aboga por reducir el ruido aeronáutico manteniendo el equilibrio entre aviación, medio ambiente y efectos económicos.
Considerando 8	Da prioridad a aeronaves más silenciosas.	✓ Enfatiza el uso de aeronaves que cumplan con las exigencias del Capítulo 3 del Anexo 16, promoviendo una aviación menos contaminante acústicamente.

Tabla 11: Artículos y Anexos destacados de la Directiva 2006/93/CE - Regulación del Uso de Aviones (Unión Europea, 2006).

c. **Reglamento N° 598/2014 – Restricciones Operativas con el Ruido de los Aeropuertos**

El Reglamento (UE) N.º 598/2014 establece las normas y procedimientos a seguir para la introducción de restricciones operativas relacionadas con el ruido en los aeropuertos de la Unión Europea, siguiendo el "enfoque equilibrado" propuesto por la OACI. Su objetivo principal es mitigar los impactos acústicos en las comunidades circundantes mientras se garantiza el desarrollo sostenible del transporte aéreo (Parlamento Europeo y del Consejo, 2014).

El reglamento promueve la combinación de medidas como la reducción en origen, ordenación del suelo, procedimientos operativos de reducción del ruido y, como último recurso, las restricciones operativas, para gestionar las emisiones de ruido en los aeropuertos, exigiendo, a su vez, considerar soluciones costo-efectivas antes de implementar estas restricciones.

El reglamento se basa en lo establecido por la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, obligando a consultar a los operadores aéreos, residentes, autoridades locales, proveedores de servicios de navegación aérea y otras partes interesadas al momento de realizar evaluaciones y planificación de medidas de mitigación.

Establece a L_{den} y L_{night} como indicadores para las evaluaciones regulares de ruido, las cuales deben incluir un análisis de costo-eficacia de las medidas de mitigación y su impacto tanto social como ambiental. De esta directiva se destacan los siguientes artículos:

Artículo / Anexo	Contenido Principal	Aspectos Clave
Art. 1 – Objeto, objetivos y ámbito	Define objetivos del reglamento y su aplicación.	✓ Busca mejorar el entorno acústico en aeropuertos de la UE. ✓ Permite aplicar restricciones operativas bajo el enfoque equilibrado. ✓ Aplica solo a aeronaves civiles.
Art. 2 – Definiciones	Establece conceptos clave.	✓ Aeronave: ≥ 34.000 kg. ✓ Aeropuerto: > 50.000 movimientos anuales. ✓ Enfoque equilibrado: integración de medidas técnicas, territoriales y operativas. ✓ Restricciones operativas: limitan el acceso o capacidad operativa por ruido.
Art. 5 – Normas de gestión del ruido	Regula el uso del enfoque equilibrado.	✓ Obligación de definir objetivos de reducción. ✓ Evaluar medidas según costo-efectividad: • Reducción en origen (aeronaves más silenciosas) • Ordenación del territorio • Procedimientos operativos • Restricciones operativas (último recurso). ✓ Uso de incentivos compatible con ayudas estatales.
Art. 6 – Evaluación del ruido	Establece procesos para evaluar niveles de ruido.	✓ Evaluación periódica con L_{den} y L_{night} (Directiva 2002/49/CE). ✓ Solo se justifican nuevas restricciones si otras medidas no funcionan. ✓ Requiere monitoreo e información pública. ✓ Fomenta participación activa de operadores y aerolíneas.
Art. 8 – Introducción de restricciones operativas	Regula el proceso de imposición de restricciones.	✓ Informe técnico debe justificar cada restricción (objetivos, medidas evaluadas, análisis costo-beneficio). ✓ En caso de retiro de aeronaves marginales: • No se permite superar los movimientos del año anterior en los 6 meses siguientes. • Reducción anual no debe superar el 25% de movimientos marginales por operador.
Anexo I	Evaluación de ruido aeroportuario.	Define metodología estandarizada para medir niveles de ruido en aeropuertos.
Anexo II	Evaluación de costo-eficacia.	Establece criterios para analizar viabilidad económica de restricciones operativas por ruido.

Tabla 12: Artículos y Anexos destacados de Reglamento N° 598/2014 – Restricciones Operativas con el Ruido de los Aeropuertos (Unión Europea, 2014).

d. Doc. 29 - Conferencia Europea de Aviación Civil (CEAC)

El Documento 29 de la Conferencia Europea de Aviación Civil (ECAC) es una guía técnica que establece el método estándar para calcular contornos de ruido alrededor de aeropuertos civiles. Utiliza un modelo basado en la segmentación de trayectorias de vuelo, permitiendo estimar con precisión la exposición poblacional al ruido mediante indicadores como *Lden* y *Lnight*.

Este documento es relevante para el presente estudio, ya que es el método recomendado por la Directiva 2002/49/CE para la elaboración de mapas estratégicos de ruido en entornos aeroportuarios, sirviendo como base técnica clave para el diseño de medidas de mitigación y planificación normativa en el contexto europeo

2.2.11. Recomendaciones y Asambleas OACI

La OACI, además de sus normas técnicas, emite recomendaciones y resoluciones a través de sus asambleas, las cuales orientan a los Estados en la gestión del ruido aeronáutico. A continuación se presentan algunos documentos y asambleas recopiladas, relevantes para este estudio:

a. Doc. 9829 Guidance on the Balanced Approach to Aircraft Noise Management

Documento emitido por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) que establece el concepto de “Enfoque Equilibrado” para la gestión del ruido aeronáutico. Este enfoque proporciona a los Estados una metodología estructurada para abordar el ruido en los aeropuertos, permitiendo implementar medidas que maximicen la reducción del impacto acústico de forma progresiva y costo-efectiva. El Documento 9829 identifica cuatro pilares fundamentales para la gestión del ruido aeroportuario, los cuales:

- **Reducción del Ruido de Fuente:** Promoviendo el desarrollo y la adopción de aeronaves más silenciosas según las normas del Anexo 16 de la OACI, fomentando de esta forma la eliminación gradual de aeronaves más ruidosas.

- **Planificación y Gestión del Uso de Suelo:** Establece la necesidad de que se establezca, por parte de los Estados, políticas de zonificación para minimizar la exposición de la población al ruido, incluyendo restricciones de construcción, programas de aislamiento acústico y reubicación de viviendas.
- **Procedimientos Operativos de Reducción del Ruido:** Implementa rutas de vuelo optimizadas, procedimientos de despegue y aterrizaje que minimicen el impacto acústico, incluyendo medidas como la Aproximación de Descenso Continuo (CDA) y la asignación de pistas en función del ruido.
- **Restricciones Operativas:** Medidas como toques de queda o limitaciones de aeronaves ruidosas. Estas medidas sólo se aplican si las demás estrategias no logran los objetivos de reducción de ruido.

El documento, además, establece criterios técnicos y metodológicos para la evaluación del ruido, incluyendo el uso de indicadores objetivos como L_{den} , L_{night} y el DNL, para medir la exposición acumulativa; la creación de contornos de ruido, mostrando las áreas afectadas y facilitando la toma de decisiones, y la evaluación del impacto acústico en aeropuertos mediante estudios a largo plazo (Organización de Aviación Civil Internacional, 2008).

La OACI, a través de este documento, no establece requisitos obligatorios como criterios para la instalación de sistemas de monitoreo; sin embargo, recomienda que los aeropuertos adopten sistemas de monitoreo que:

- Registren datos en tiempo real para evaluar la evaluación del ruido.
- Sean capaces de correlacionar eventos de ruido con operaciones de aeronaves específicas (poder segregar la información).
- Se integren con sistemas de gestión de tráfico aéreo para la optimización de rutas y procedimientos de vuelo.
- Faciliten la consulta pública, promoviendo transparencia y participación ciudadana.

Además, la OACI establece el “Enfoque Equilibrado” para la creación de políticas de gestión de ruido aeroportuario, sugiriendo que los Estados adopten políticas basadas en evaluaciones

de impacto acústico a nivel aeroportuario; consulta por partes interesadas, incluyendo operadores aeroportuarios, aerolíneas y comunidades locales; mecanismos de resolución de disputas para gestionar conflictos entre los aeropuertos y las comunidades, y la aplicación de restricciones progresivas basadas en estudios costo-beneficio (Organización de Aviación Civil Internacional, 2008).

b. Resolución A33-7 – Declaración Consolidada de Políticas Ambientales de la OACI

Resolución de la OACI que promueve la innovación tecnológica en la reducción del ruido aeronáutico, impulsando la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías, junto con la creación de incentivos y mecanismos de financiamiento para su implementación.

Esta recomendación es especialmente relevante, ya que reconoce que la modernización tecnológica es clave para lograr reducciones sostenidas del impacto acústico sin comprometer la eficiencia operativa. Asimismo, promueve a los Estados a coordinar sus políticas de control de ruido, con el fin de evitar distorsiones en la conectividad aérea internacional, resguardando el equilibrio entre sostenibilidad ambiental y desarrollo del transporte aéreo global.

c. Resolución A40-20 – Política Consolidada de la OACI sobre Protección Ambiental

En esta resolución de la OACI se hace una integración de la calidad del aire con la gestión del ruido, ampliando el enfoque del Documento 9829, considerando la interdependencia entre el ruido y las emisiones atmosféricas, como NO_x y material particulado.

Incorpora, a su vez, el Cambio Climático en la planificación aeroportuaria, reconociendo que los efectos del cambio climático pueden afectar a la propagación del ruido, instando a los Estados a desarrollar estrategias para infraestructuras aeroportuarias resilientes al clima.

d. Anexo 16 – Volumen 1

El Volumen I del Anexo 16 de la OACI es el documento principal en la regulación del ruido de aeronaves y la gestión del impacto acústico en aeropuertos. Este anexo define los criterios de homologación, certificación, monitoreo y mitigación del ruido, a través del enfoque equilibrado.

La homologación acústica de las aeronaves, es el proceso mediante el cual una aeronave recibe un certificado de tipo que acredita que cumple con los estándares de ruido definidos por la OACI. Se otorga con base en las mediciones de ruido en condiciones controladas, siendo un requisito para operar internacionalmente. La siguiente tabla resume los requisitos de certificación de ruido según el tipo y antigüedad de las aeronaves, destacando los criterios aplicados para medir y limitar su impacto acústico:

Categoría de Aeronave	Requisitos Principales
Aviones de reacción subsónicos (Certificación antes del 6 de octubre de 1977)	Medición de ruido en despegue, sobrevuelo y aproximación. Cumplimiento de límites máximos de ruido
Aviones de reacción subsónicos y turbohélices (>8,618 kg, Certificación entre 1977-2006)	Medición en tres puntos con niveles de ruido específicos según peso. Compensaciones por tecnología de motores
Aviones de reacción subsónicos (>55,000 kg, Certificación entre 2006-2017)	Aplicación de niveles más bajos de ruido. Pruebas de homologación con procedimientos estandarizados.
Aviones de reacción subsónicos (<55,000 kg, Certificación entre 2006-2020)	Cumplimiento con niveles máximos de ruido. Evaluación de ruido en función de la masa máxima de despegue.
Aviones turbohélice (>8,618 kg, Certificación entre 2006-2020)	Limitación del ruido en las fases de despegue y aproximación. Evaluación de certificación con homologación previa.
Aviones turbohélice (>8,618 kg, Certificación antes de 1985)	Aplicación de límites previos a 1985. Procedimientos de prueba en campo.
Aviones turbohélice (<8,618 kg, Certificación antes del 17 de noviembre de 1988)	Normas específicas para aviones pequeños de hélice. Control de niveles de ruido en entorno aeroportuario.
Helicópteros (Todos los pesos)	Pruebas en vuelo y en tierra. Medición de niveles de ruido en distintas fases de operación.

Aeroplanos supersónicos	Normas diferenciadas para aeronaves supersónicas. Aplicación de límites máximos según configuración de vuelo.
Aeronaves de rotor basculante (Certificación después de 2018)	Aplicación de criterios de homologación similares a helicópteros. Uso de medición específica para rotor basculante.

Tabla 13: Requisitos de Certificación según el tipo y antigüedad de las aeronaves (Organización de Aviación Civil Internacional, 2014).

Para la obtención de la homologación acústica, se debe presentar una Solicitud de Certificado de Tipo al Estado de diseño de la aeronave, la cual debe cumplir con los límites máximos de ruido especificados en el Anexo 16, dependiendo del tipo de aeronave según corresponda. Para ello, se realizan pruebas de ruido en los procedimientos más críticos; despegue, aterrizaje y sobrevuelo.

Del mismo modo, una aeronave puede perder la homologación acústica si no se cumple con los estándares de ruido tras una reevaluación, si se le realizan alteraciones a la aeronave que aumenten sus niveles de ruido sin cumplir con una nueva homologación o, si el Estado de matrícula revoca la certificación por incumplimientos.

El Anexo 16, por su parte, establece recomendaciones para minimizar el impacto del ruido mediante el Enfoque Equilibrado, incluyendo:

- **Reducción del ruido en la fuente:** uso de motores más silenciosos, tecnologías de reducción de ruido y el retiro progresivo de aeronaves ruidosas.
- **Planificación y gestión del uso de suelo:** zonificación alrededor de los aeropuertos para evitar construcciones en zonas con altos niveles de ruido y programas de aislamiento acústico en comunidades cercanas.
- **Procedimientos operacionales para reducir el ruido:** aplicación de aproximación de descenso continuo (CDA) y uso de rutas de vuelo optimizadas para evitar zonas densamente pobladas.

- **Restricciones operativas:** a través de la limitación de operaciones nocturnas y la prohibición de aeronaves ruidosas en aeropuertos con altos niveles de impacto acústico.

Además, la OACI recomienda que la instalación de sistemas de monitoreo de ruido en aeropuertos contemple los siguientes aspectos: los sensores deben ubicarse estratégicamente en zonas sensibles al ruido, como áreas residenciales cercanas o sectores de alto tráfico aéreo; el sistema debe permitir el registro continuo de datos en tiempo real, además de almacenar información histórica para análisis posteriores; debe integrarse con datos operacionales, vinculando los niveles de ruido con el tráfico aéreo para identificar fuentes específicas; se deben emplear normas de medición reconocidas internacionalmente, como el Nivel de Ruido Percibido Específico (EPNL); y, finalmente, se debe garantizar la transparencia mediante la publicación periódica de reportes accesibles al público (Organización de Aviación Civil Internacional).

2.2.12. FAR Part 150

Oficialmente conocida como la 14 CFR Part 150 del Código de Regulaciones Federales de Estados Unidos, es la normativa de la Administración Federal de Aviación (FAA) que establece el marco para la Planificación y Gestión de Ruido en Aeropuertos (Airport Noise Compatibility Planning), la cual define cómo los aeropuertos pueden desarrollar planes de compatibilidad de uso del suelo en torno a sus instalaciones, buscando minimizar los efectos del ruido sobre las comunidades cercanas.

Su principal objetivo es la reducción de los conflictos entre las operaciones aeroportuarias y las áreas residenciales u otros sectores considerados como críticos, como, por ejemplo, colegios y hospitales, sin restringir de forma innecesaria la capacidad operacional del aeropuerto.

Esta normativa establece la metodología de cómo medir y analizar el ruido aeronáutico, la elaboración de mapas de exposición al ruido (Noise Exposure Map), el diseño e implementación de programas de mitigación y el acceso a financiamiento federal para la aplicación de medidas de reducción del ruido de las aeronaves.

Los aeropuertos de los Estados Unidos no se encuentran obligados a cumplir con la aplicación de esta norma, sin embargo, aquellos aeropuertos que deseen optar el desarrollo de un plan bajo la FAR 150 pueden acceder a financiamiento federal y poder obtener respaldo normativo para implementar restricciones operacionales u otras medidas de mitigación.

Contar con una normativa similar a la FAR Part 150 en Chile sería clave para abordar de manera estructurada los efectos del ruido aeronáutico sobre las comunidades cercanas a los aeropuertos. Este tipo de medidas permitiría, por un lado, estandarizar la medición y monitoreo del ruido, y por otro, planificar el uso del suelo en zonas de influencia aeroportuaria, previniendo la expansión urbana descontrolada hacia sectores altamente expuestos.

Además, una regulación de este tipo facilitaría la implementación de programas de mitigación como aislamiento acústico en viviendas, rediseño de rutas de vuelo o restricciones horarias, permitiendo equilibrar el desarrollo aeroportuario con la calidad de vida de las personas. Finalmente, daría un respaldo técnico y legal a las autoridades aeroportuarias, fomentando políticas públicas basadas en evidencia para una gestión más sustentable del entorno acústico.

2.2.13. Estándares ISO 1996-2:2017 e ISO 20.906:2009.

La norma ISO 1996-2:2017 “Acústica: Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental” establece las recomendaciones y directrices para la medición y evaluación de ruido ambiental en la Parte 2 de la norma, “Determinación de los niveles de presión sonora”, incluyendo fuentes de ruido móviles como el tráfico rodado, ferroviario, industrial y aéreo.

Si bien, la norma es aplicable al ruido de las aeronaves, ésta misma indica que ciertos procedimientos pueden no ser los adecuados para este tipo de ruido, debido a que, por ejemplo, la dirección de despegue y aterrizaje de una aeronave depende de la componente vectorial del viento a lo largo de la pista, lo que implica que, en algunas ubicaciones de los micrófonos, las condiciones de propagación favorables pueden no ocurrir nunca, sumándose, además, la incertidumbre de las mediciones por parte de los equipos instrumentales.

Si bien, la ISO 1996-2:2017 ofrece un marco general para la medición del ruido ambiental, incluyendo el generado por las aeronaves, debido a las particularidades del ruido aeroportuario, como la dependencia de las operaciones respecto a las condiciones meteorológicas, se recomienda, además, considerar las normas ISO complementarias a ésta, como la ISO 20.906, la cual se enfoca específicamente en el monitoreo no atendido del ruido de aeronaves en las proximidades de aeropuertos.

La ISO 20.906:2009 “Acústica – Vigilancia no Atendida del Sonido de Aeronaves en las Proximidades de Aeropuertos”, establece las directrices para la instalación y operación de sistemas automatizados de monitoreo de ruido en las áreas cercanas a los aeropuertos. Su objetivo principal es garantizar la medición continua y precisa del ruido generado por las operaciones aéreas, proporcionando datos más precisos para la evaluación del impacto acústico en las comunidades circundantes a los aeropuertos.

La norma aborda aspectos clave como la aplicación de sistemas de monitoreo, las especificaciones de rendimiento de los sistemas, los requisitos de instalación y operación, la detección y clasificación de eventos sonoros y la recolección y reporte de datos, los cuales se despliegan a continuación:

- **Especificaciones de Rendimiento de los Instrumentos y Equipos de Monitoreo:** la norma establece que los sistemas de monitoreo deben utilizar sonómetros que cumplan con las especificaciones de rendimiento electroacústico de la IEC 61672-1 para instrumentos de Clase 1, debido a que estos dispositivos ofrecen una mayor precisión y tolerancias más estrictas en la medición de niveles de presión sonora (NPL) en comparación con los de Clase 2. Además, se especifica que los equipos sean capaz de minimizar el ruido inducido por condiciones meteorológicas.
- **Requisitos de Instalación y Operación:** se indica que los micrófonos deben ubicarse en lugares que minimicen la influencia de sonidos residuales no relacionados con las aeronaves, garantizando así la precisión en la detección de eventos sonoros específicos de aeronaves. En cuanto al montaje de los micrófonos, la instalación debe

considerar la protección contra condiciones ambientales adversas y posibles interferencias.

- **Detección y Clasificación de Eventos Sonoros:** se describe un sistema basado en umbrales para reconocer eventos sonoros en entornos complejos con múltiples fuentes de ruido. Este enfoque permite identificar y diferenciar el ruido generado por las aeronaves de otras fuentes de ruido, por ejemplo, vehículos rodados, trenes, etc. Para una clasificación precisa de los eventos sonoros, se requiere un conjunto mínimo de datos que incluya el nivel máximo de presión sonora y otros parámetros relevantes del evento sonoro.
- **Recolección y Reporte de Datos:** Los sistemas deben recopilar datos como el nivel máximo de presión sonora, la duración del evento y la exposición sonora, parámetros fundamentales para evaluar el impacto acústico de las operaciones aéreas. Además, se recomienda que los sistemas de monitoreo hagan la correlación entre los niveles de ruido registrados con la información de radares y planes de vuelo.

2.2.14. Regulación de Ruido en Chile

El Ministerio de Medio Ambiente de Chile presenta la preocupación de la situación ambiental y motiva a los diferentes agentes a trabajar en medidas de mitigación de las emisiones de ruido atmosférico. En Chile el ruido ambiental es una de las principales problemáticas dentro de la vida cotidiana de los ciudadanos, especialmente para aquellas personas que viven dentro de zonas urbanas altamente pobladas, siendo las principales fuentes de ruido el tráfico vehicular, transporte público, metro, industrias y aeropuertos y aeródromos.

Dependiendo del tipo de fuente del ruido son distintas las entidades institucionales que actúan para el control de la problemática, actuando en muchas ocasiones de forma coordinada o complementaria.

Fuentes de Ruido	Organismos Fiscalizadores	Instrumento que le aplica
Fuentes Fijas: ● Industrias ● Discotecas ● Actividades de Construcción ● Entre otras.	● Superintendencia del Medio Ambiente ● Municipalidades ● Seremi de Salud	● D.S. N°38/11 MMA ● Ordenanza y/o permisos ● D.S. N°10/2010 MINSAL (solo para locales que le aplica)
Fuentes Móviles: ● Automóviles ● Buses ● Motos	● Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones	● D.S. N°129/02 MTT ● D.S. N°7/2015 MMA (sólo ingreso a parque vehicular)
Ruido de Vecinos Actividades en la Vía Pública	● Municipalidad ● Carabineros de Chile	● Ordenanzas y permisos
Actividades como Carreteras y Aeropuertos (que cuentan con RCA)	● Superintendencia del Medio Ambiente	● Resoluciones de Calificación Ambiental

Tabla 14: Tipos de fuentes, los organismos fiscalizadores e instrumentos que aplican (Ministerio de Medio Ambiente, 2025)

Hoy en día, es el Decreto Supremo 38 del Ministerio de Medio Ambiente del año 2011, que entrega los niveles máximos de emisión de ruido permitidos generados por fuentes fijas para la comunidad. Este Decreto establece que el ruido máximo para las zonas residenciales es de 55 decibeles en horario de 7 a 21 horas (lo cual equivale al ruido que produce un aire acondicionado de ventana, por ejemplo), y de 45 decibeles entre las 21 a 7 horas (lo que equivale al ruido de una calle con poco tráfico) (Ministerio de Medio Ambiente, 2001).

La finalidad del Decreto 38 es proteger la salud de las comunidades a través de la regulación del ruido emitido por fuentes fijas y algunas específicas, excluyendo algunas fuentes móviles, siendo una de ellas el tráfico aéreo. El Decreto se aplica a fuentes emisoras de ruido, incluyendo:

- **Actividades productivas:** industrias, talleres, bodegas.
- **Actividades comerciales:** compraventa de productos y servicios.
- **Actividades de esparcimiento:** recreación, deportes, cultura.

- **Actividades de servicios:** educación, salud, seguridad, religión.
- **Faenas constructivas:** construcción y demolición.
- **Elementos de infraestructura:** plantas de tratamiento de agua, energía, telecomunicaciones.

Sin embargo, este Decreto no aplica al ruido generado por:

- Tránsito vehicular, ferroviario y marítimo.
- El tránsito aéreo (despegue, sobrevuelo y aterrizaje de aeronaves).
- Uso del espacio público: voces, circulación, reunión de personas, mascotas, electrodomésticos, arreglos, reparaciones domésticas y similares propias de viviendas y edificaciones habitacionales.
- Sistemas de alarma y de emergencia.
- Voladuras y/o tronaduras.

Por su parte, en la norma se establecen los niveles máximos de presión sonora ajustados, dependiendo de la zona y el horario, siendo los límites más estrictos en horario nocturno y en las zonas rurales; además, establece cuáles serán los métodos de medición:

- Uso de sonómetros clase 1 o 2 con certificación periódica.
- Medición de ruido ambiental con técnicas estandarizadas, asegurando datos confiables.
- Se deben realizar mediciones internas y externas, dependiendo de la fuente emisora de ruido.
- Correcciones por ruidos de fondo y otras condiciones específicas.

Si bien, el Decreto 38 no regula el ruido de aeropuertos ni aeronaves en vuelo, sí establece una metodología para la medición y control de ruido ambiental en Chile.

Si bien, Chile carece de una norma ambiental específica para el ruido de aeronaves en vuelo, sí se tienen presentes indicaciones técnicas para las aeronaves, las cuales se encuentran

contenidas en la normativa aeronáutica vigente, regulada por la DGAC. En particular, las DAN92 y DAN121 establecen que todas aquellas aeronaves que operen dentro del espacio aéreo chileno deben contar con una certificación acústica conforme a los estándares del Anexo 16, Volumen I de la OACI, específicamente bajo los criterios del capítulo 3 y 4. A su vez, la autoridad aeronáutica exige que los operadores ajusten sus operaciones a los procedimientos de atenuación de ruido definidos para cada aeródromo, si es que existen.

Sin embargo, estas normas por parte de la autoridad aeronáutica local, se enmarcan más bien en el ámbito técnico y operacional, y no poseen un enfoque ambiental integrado ni una vinculación directa con la protección de la salud de las comunidades expuestas.

2.2.15. Cómo Se Gestiona y Monitorea el Ruido Aeroportuario.

a. Chile:

En Chile, la gestión del ruido aeroportuario se realiza de manera indirecta mediante la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, la cual establece el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) como instrumento preventivo para la identificación, evaluación y mitigación de los impactos ambientales significativos de proyectos o actividades.

Cuando algún aeropuerto se encuentre en fase de construcción, ampliación o modificación, ingresa al SEIA, debiendo presentar una Declaración o Estudio de Impacto Ambiental (DÍA o EIA, respectivamente). Estos documentos deben tener identificado todas las fuentes potenciales de impacto, incluyendo el ruido y proponer medidas de mitigación si se determina que dicho efecto es significativo. La revisión de estos antecedentes es realizada por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) y culmina con una Resolución de Calificación Ambiental (RCA). Esta resolución puede establecer algunas obligaciones específicas para el titular encargado de la realización del proyecto como restricciones operativas, medidas de aislación acústica en viviendas cercanas, implementación de monitoreo continuo de ruido y compromisos de uso de aeronaves certificadas acústicamente.

Sin embargo, esta forma de gestión es puntual y limitada a los proyectos evaluados, sin que exista una norma ambiental general a nivel nacional que regule el ruido generado por las aeronaves en las operaciones habituales. Además, las RCAs no aplican a aeropuertos existentes antes de la promulgación de la ley y que nunca han sido evaluados ambientalmente bajo los actuales criterios, dejando fuera del control formal a gran parte de los terminales aéreos del país, salvo aquellos proyectos de ampliación y/o modificación que se pudieran efectuar.

Por otro lado, y tal como se mencionó anteriormente, la DGAC también impone ciertas exigencias acústicas para las aeronaves que operan en el país, como:

- DAN121 y DAN92, las cuales aseguran que las aeronaves operen con certificación acústica conforme a OACI y sigan procedimientos que mitiguen el ruido.
- DAN91 Vol. II la cual exige mantener altitud y trayectoria, con alertas automáticas para desviaciones superiores a aproximadamente 90 metros, apoyando la integridad de rutas y evitando excesos no previstos.

b. España:

En España, la gestión y control del ruido aeroportuario y de las operaciones aéreas es parte de sus principales prioridades para garantizar la calidad de vida de las comunidades cercanas a los aeropuertos del país. AENA (Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea), la institución que administra los aeropuertos españoles desarrolló el SCMRS (Sistema Corporativo de Monitoreado de Ruido y Sendas de Vuelo), para supervisar y gestionar el ruido generado por las operaciones aéreas.

El sistema opera con Terminales de Monitoreado de Ruido (TMR), los cuales son dispositivos equipados con sonómetros que registran los niveles de ruido generado por las aeronaves en tiempo real. Estos terminales se ubican estratégicamente en puntos bajo las rutas aéreas y zonas sensibles al ruido. Por lo general, las TMR están acompañadas de una estación meteorológica que registra las condiciones ambientales, como la velocidad del viento, temperatura y humedad, los cuales son esenciales para contextualizar las mediciones de ruido y garantizar su precisión.

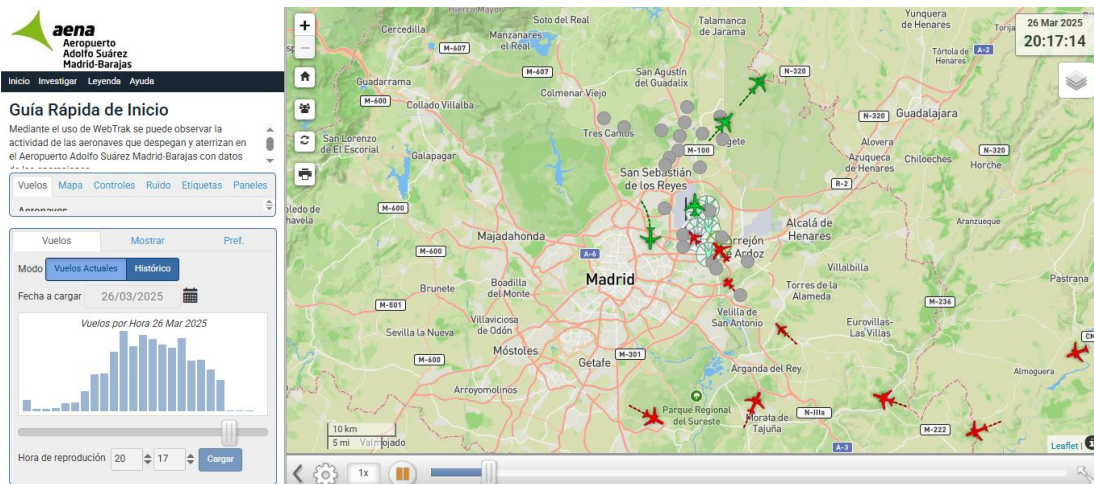


Figura 1: Mapa interactivo de AENA para Monitoreo de Ruido Aeroportuario (AENA, 2025).

El sistema de AENA recopila la información de los planes de vuelo y de las trayectorias de las aeronaves, comparándolas con los datos que registran los TMRs. De esta forma, se logra identificar cada ruido que se escucha cerca de los aeropuertos, relacionándolos con la aeronave que lo generó, incluyendo datos como su matrícula, posición, altitud, aerolínea, destino, entre otros datos de la aeronave, los cuales sirven para poder identificarla. Es a través de Mapas Interactivos de Ruido, con el sistema WebTrak, donde se transparenta y facilita a la población la información de las operaciones aeronáuticas y los niveles acústicos generados por ellas (AENA, 2025).

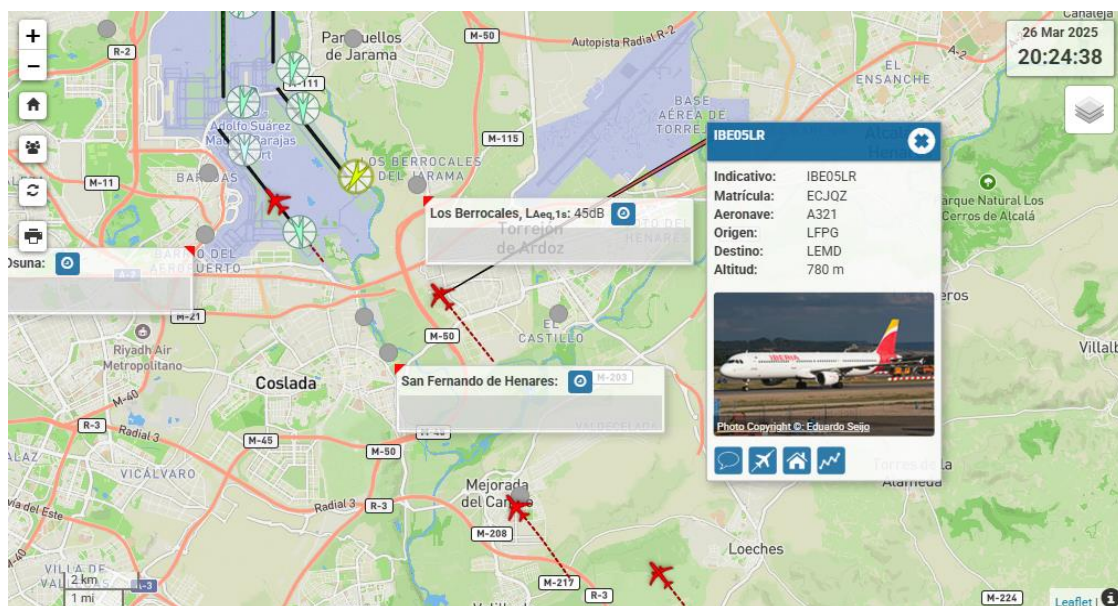


Figura 2: Mapa interactivo de AENA para Monitoreo de Ruido Aeroportuario (AENA, 2025)

Además, el sistema no sólo contempla aeronaves en vuelo, sino que también mide el ruido producido en tierra, especialmente durante el horario nocturno. Este control es realizado en áreas de plataforma y estacionamiento de las aeronaves.

Actualmente, AENA dispone sistemas de monitoreo de ruido de aeronaves en los aeropuertos de Adolfo Suárez Madrid-Barajas, Alicante-Elche, Bilbao, César Manrique-Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria, Ibiza, Josep Tarradellas Barcelona-El Prat, Málaga-Costa del Sol, Palma de Mallorca, Sevilla, Tenerife Norte y Sur, y Valencia (AENA, 2025).

c. Países Bajos - Holanda:

En Holanda, especialmente en el aeropuerto de Ámsterdam, Schiphol, constantemente se realizan trabajos enfocados en la reducción de las molestias causadas por ruido de las aeronaves durante los procedimientos de aterrizaje y despegue. Esto último se realiza utilizando las rutas de aproximación e identificando las pistas que causen menos molestias a los residentes locales. Por ejemplo, unas de las medidas adoptadas fue establecer la utilización de una única pista para aterrizaje durante las noches y otra para los despegues.

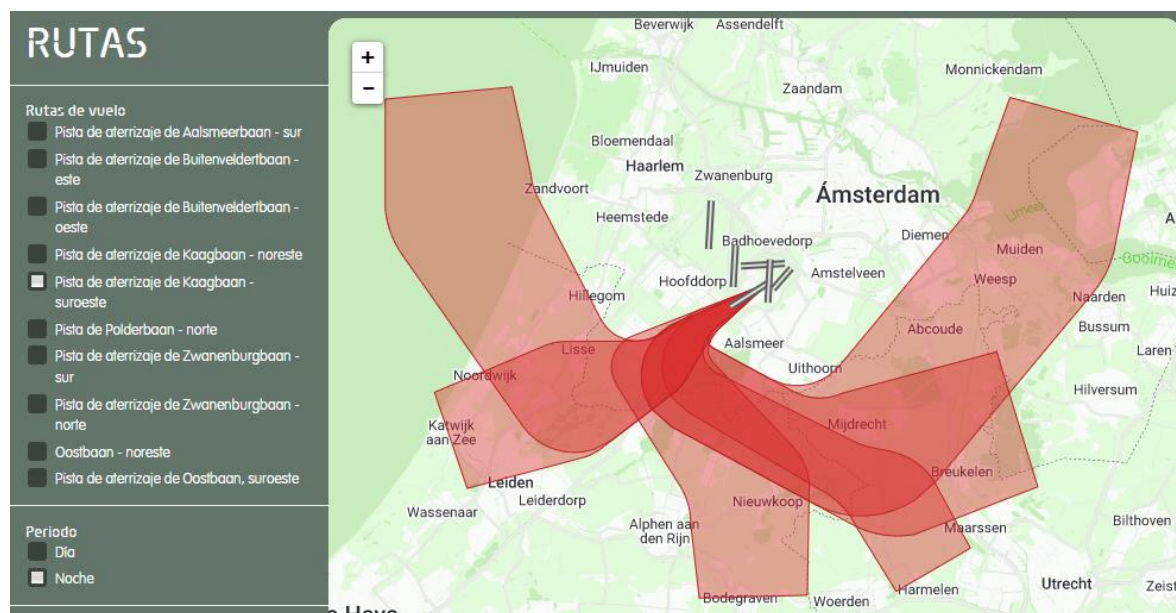


Figura 3: Mapa interactivo de NOMOS del Aeropuerto de Ámsterdam, Schiphol, Holanda (Schiphol Amsterdam Airport, 2025).

Schiphol utiliza el sistema NOMOS (Noise Monitoring System), para el monitoreo y análisis de los niveles de ruido, el cual lleva activo desde 1993. Este sistema cuenta con alrededor de

40 estaciones de monitoreo fijas operativas, el cual entrega datos de ruido de las aeronaves y sus trayectorias de forma constante en tiempo real.

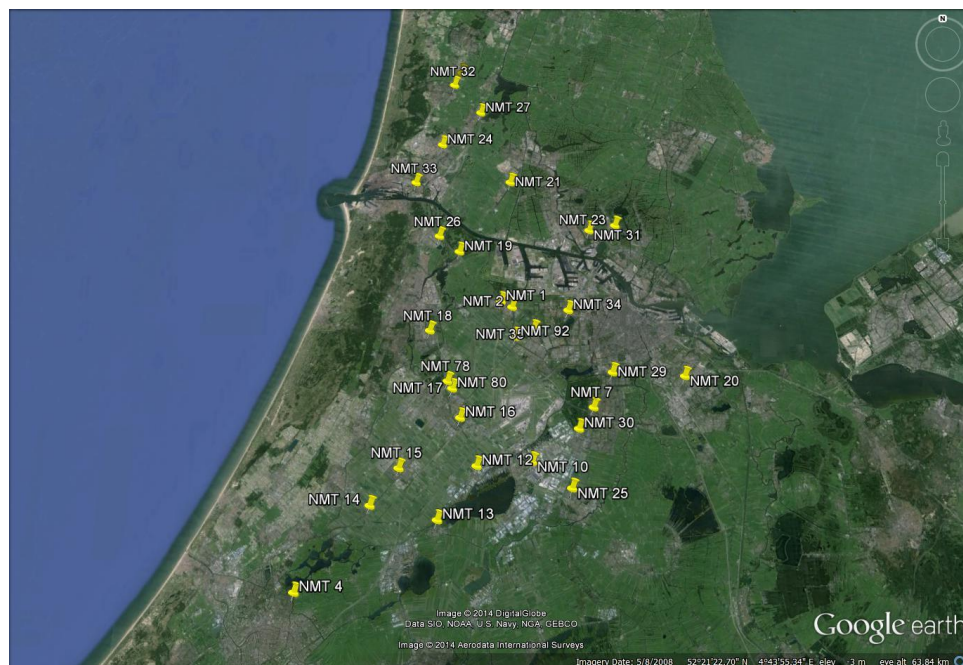


Figura 4: Ubicaciones de las estaciones de monitoreo de ruido del Sistema NOMOS alrededor del aeropuerto de Ámsterdam, Schiphol, Holanda (Schiphol Amsterdam Airport, 2025).

Las estaciones de monitoreo, mástiles equipados con micrófonos, en su momento, registraban todos los ruidos ambientales por encima del umbral establecido (incluyendo sonidos de fondo, como los vehiculares, industrias o viento); para que, actualmente, la información sea depurada y analizada, vinculándose a vuelos específicos utilizando los datos de radar y pronósticos de ruido.

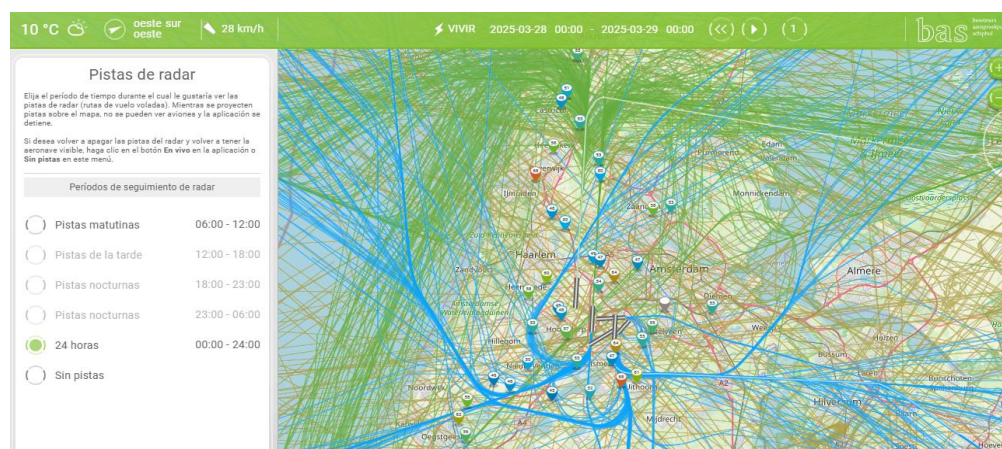


Figura 5: Mapa interactivo del sistema de monitoreo de ruido aeroportuario en el aeropuerto de Ámsterdam, Schiphol, Holanda, con visualización de rutas aéreas (Schiphol Amsterdam Airport, 2025).

El sistema mismo correlaciona las mediciones de ruido con datos de vuelo y radar, para, de esta forma, identificar cada evento sonoro y asociarlo a una aeronave específica, registrando detalles como su matrícula, altitud, aerolínea y ruta.

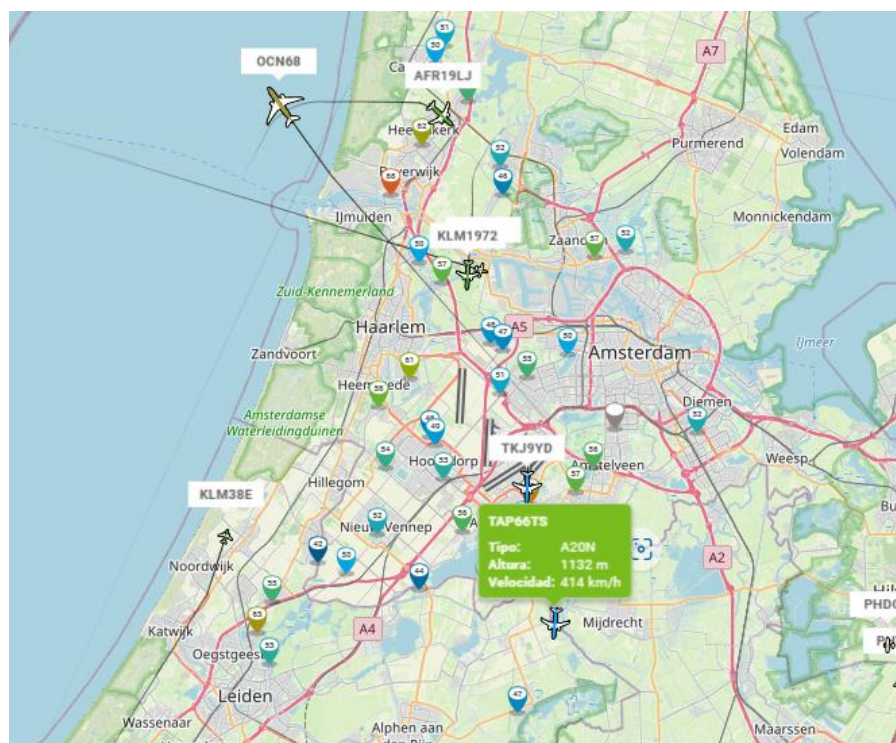


Figura 6: Mapa interactivo del sistema de monitoreo de ruido aeroportuario en el aeropuerto de Ámsterdam, Schiphol, Holanda, con la visualización de información de aeronaves (Schiphol Amsterdam Airport, 2025).

Otros aeropuertos de Países Bajos utilizan sistemas de monitoreo independientes, similares al utilizado en Schiphol, como, por ejemplo, el Aeropuerto de Rotterdam o el Aeropuerto de Eindhoven, los cuales se basan en el análisis de las trayectorias de las aeronaves en combinación de los niveles de ruido registrados, permitiendo identificar patrones y áreas de mayor impacto acústico, pudiendo, de esta forma, evaluar el impacto ambiental de las operaciones aéreas y desarrollar estrategias de reducción de ruido.

Países Bajos ha sido de los países más estrictos en la aplicación de políticas de mitigación para la reducción de ruido aeroportuario, reduciendo el número de vuelos un 4% a partir de 2025, pasando de 500.000 a 478.000 operaciones anuales en el aeropuerto de Ámsterdam, Schiphol. Esta medida busca disminuir la contaminación acústica y reducir en un 20% las molestias para los residentes cercanos al aeropuerto. Por su parte, KLM, la principal aerolínea

de Holanda ha propuesto invertir 7.000 millones de euros en la adquisición de aeronaves de última generación que generan menos ruido (Meijer, 2024).

Tal como lo indica el Centro Aeroespacial de Países Bajos le otorga a la ciudadanía la posibilidad de presentar quejas sobre el ruido de las aeronaves, tanto de aviones comerciales como de aeronaves militares, ante los Servicios Medioambientales, para, de esta forma, dar inicio a una investigación que podría culminar en la penalización del operador de la aeronave (Netherlands Aerospace Centre, 2025).

d. Inglaterra:

Al igual que España y Países Bajos, en Inglaterra se emplean sistemas avanzados para el monitoreo y gestión de ruido generado por las operaciones aéreas, con el objetivo de minimizar su impacto en las comunidades cercanas. Para el aeropuerto de Heathrow se utiliza el mismo software que usa AENA para España, proporcionando datos en tiempo real sobre los niveles de ruido y las trayectorias de vuelo. Sin embargo, emplean una herramienta llamada *Casper Noise*, la cual ofrece funcionalidades para gestionar cambios en el espacio aéreo, respondiendo a las sensibilidades de la comunidad. Este software permite a los aeropuertos monitorear y analizar datos de ruido, facilitando la comunicación transparente con el público y la toma de decisiones de las autoridades correspondientes.

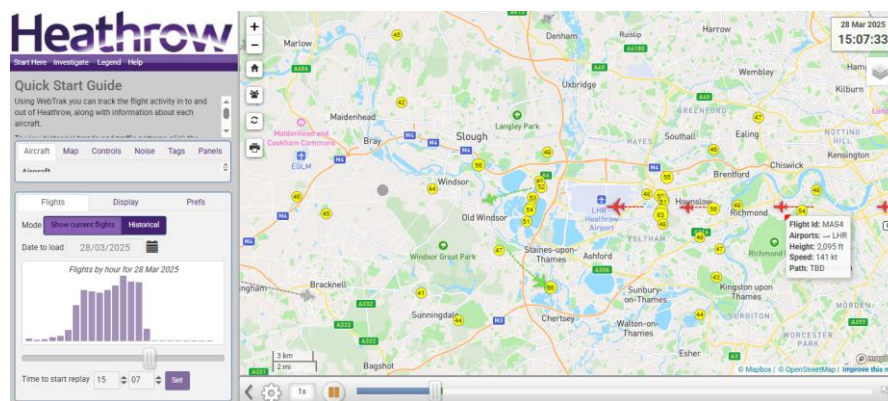


Figura 7: Mapa interactivo del sistema de monitoreo de ruido aeroportuario en el aeropuerto de Inglaterra, Heathrow (Heathrow, 2024).

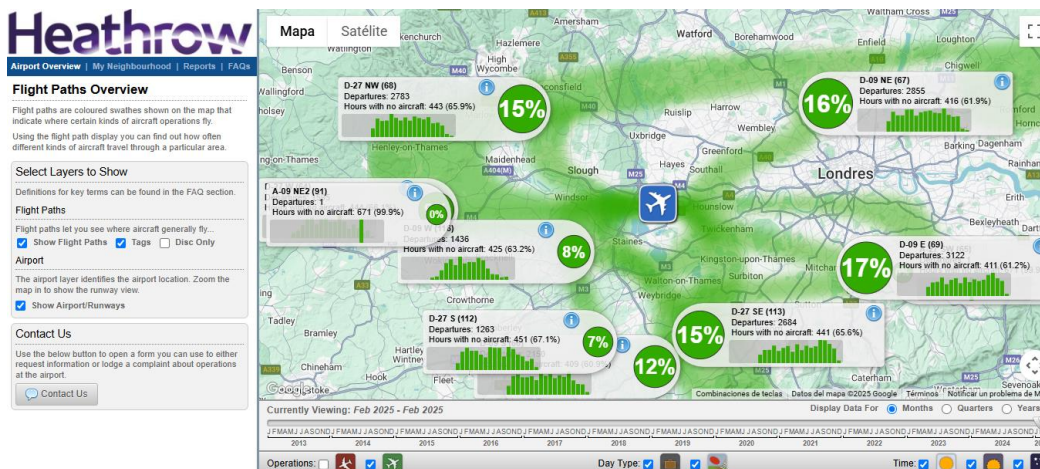
El sistema cuenta con sonómetros de Clase 1 instalados en múltiples puntos alrededor del aeropuerto, equipamiento de medición de ruido en tierra para controlar actividades como el

mantenimiento nocturno de motores y estaciones meteorológicas para contextualizar la propagación del ruido.

Para el aeropuerto de Heathrow, se organizan sus acciones en 6 pilares y 12 compromisos fundamentales, con el énfasis de ser un “*vecino más silencioso*” (Heathrow, 2024), fomentando:

1. Uso de aviones más silenciosos: incentivando financieramente a las aerolíneas a que usen aeronaves más modernas y silenciosas.
2. Aplicación de procedimientos operacionales más silenciosos: a través del cambio de rutas de llegada y salida para minimizar el impacto del ruido, participando constantemente con las aerolíneas, controladores y fabricantes.
3. Planificación territorial y mitigación: colaborando con las autoridades locales para reducir las molestias nocturnas, expandiendo el programa de apoyo a sectores afectados.
4. Restricciones operacionales: a través de una reducción de vuelos entre las 00:00 y 04:30 am, restringiendo, además, el uso de aeronaves más ruidosas a partir de 2025.
5. Investigación: desarrollando un plan de Gestión del Ruido en Tierra (GNMP) y realización de encuestas de percepción de ruido entre los residentes para ajustar las medidas según su efectividad.
6. Colaboración comunitaria: apoyándose con la participación de residentes mediante foros, encuestas, redes sociales y consultas públicas.

Hoy en día, en el aeropuerto de Heathrow, se ha logrado incentivar a las aerolíneas a aumentar el uso de aeronaves que cumplan con los estándares de reducción de ruido, desde un 65% en 2019 a 82% en 2023. Se ha reducido el número de residencias expuestas por ruido por aeronaves en un 21% desde 2006 a 2019, y un 12% en los residentes locales expuestos, desde 2006 a 2019. Además, se generó el programa *Quieter Neighbourhood Support*, el cual cubre el 100% de los costos de aislamiento (hasta \$34.000 libras) para los residentes locales más afectados por ruido (Heathrow, 2024). Inglaterra, además, le ofrece a la ciudadanía el conocimiento de las rutas aéreas que pasan sobre sus viviendas (Heathrow, 2024).



e. Otros Casos:

En el caso de Estados Unidos, la gestión del ruido se aborda a través de regulaciones federales y programas específicos, mediante regulaciones de alta densidad, implementando normas en aeropuertos con alta congestión para limitar el número de operaciones y, por lo tanto, el ruido. Se han establecido iniciativas para insonorizar viviendas cercanas a aeropuertos y, en algunos casos, ofrecer la reubicación a residentes afectados por niveles elevados de ruido. Además, implementan cambios en las rutas de vuelo que minimizan el sobrevuelo por áreas densamente pobladas y restricciones en horarios nocturnos para reducir las molestias.

Por su parte, Alemania aplica una combinación de medidas técnicas y operativas para gestionar el ruido aeroportuario, mediante leyes específicas que establecen límites de ruido y procedimientos para su monitoreo en aeropuertos, con el objetivo de proteger las comunidades cercanas. Se desarrollan también estrategias específicas para cada aeropuerto, incluyendo restricciones operativas, procedimientos de vuelo optimizados y programas de aislamiento acústico para edificaciones cercanas.

2.2.16. Sistema de Monitoreo de Ruido en Chile – Caso de AMB.

En cuanto a la normativa chilena, se realizan Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA) a través del SEIA (Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental), el cual es un instrumento

para la gestión ambiental que es utilizado para evaluar y predecir los impactos ambientales que puedan generar proyectos de gran envergadura que se realizan dentro del país. Estos se presentan cuando se reconoce que un proyecto producirá (o existe el riesgo de producir) impactos significativos sobre el medio ambiente. En el caso del sistema de monitoreo de ruido en Santiago para AMB, se debió realizar un EIA debido a la construcción de la segunda pista del aeropuerto. El Decreto 40 del Ministerio del Medio Ambiente de Chile establece las directrices por la cual se regirá el SEIA (Ministerio del Medio Ambiente, 2024).

Posterior a la realización de un EIA, se procede a la emisión de una Resolución de Calificación Ambiental, la cual establece las condiciones, medidas y exigencias que el titular del proyecto a realizar debe cumplir durante la ejecución de este, con la finalidad de minimizar los impactos ambientales asociados a la realización del proyecto (Ministerio del Medio Ambiente, 2024).

Volviendo al caso del aeropuerto de Santiago, a causa de la construcción de su segunda pista, la autoridad ambiental sometió al proyecto a un EIA para posteriormente presentar una RCA, en la cual se establecieron medidas para el control y gestión de las variables medioambientales, dentro de las cuales se estipula una regulación a los niveles de ruido generado por las operaciones aéreas, lo cual condujo al levantamiento del sistema de monitoreo de ruido y medidas de control del ruido. Una de estas medidas implica la implementación de medidas enfocadas en los procedimientos de despegue, los cuales no podrán superar el estándar de 65 [dB] de YDNL en sectores habitacionales cercanos y alejados al proyecto (comunas de Maipú, Pudahuel, Cerro Navia, entre otras) (Comisión Regional del Medio Ambiente, 2003).

De forma general, en Chile sólo existe monitoreo de ruido enfocado en operaciones aeroportuarias para el aeropuerto Arturo Merino Benítez, en Santiago. Esto se hace mediante el Plan de Monitoreo de la DGAC, el cual establece las condiciones técnicas y operativas en la que se debe encontrar el sistema mismo de monitoreo de ruido ambiental (Dirección General de Aeronáutica Civil, 2016). Este plan se divide en las siguientes secciones:

- a. Equipamiento:** El equipamiento que se utilizará en el proceso de registro y análisis asociado a cada estación de monitoreo contiene lo siguiente:

- **Equipamiento acústico:** micrófono de intemperie para mediciones permanentes, unidad de análisis o cálculo de parámetros acústicos y sistema de calibración remota y automática.
 - **Instrumental Meteorológico:** medidor de velocidad, de dirección del viento, de temperatura ambiente en °C y de humedad relativa del aire.
- b. Lugares de Medición:** La Evaluación de Impacto Ambiental del proyecto y RCA establecen las siguientes ubicaciones de las estaciones de monitoreo:
- a. Avenida Campo Alegre, sitio 9-A, comuna de Pudahuel. Para sectores Campo Alegre y Peralito.
 - b. Jardines de Vespucio. Área verde ubicada dentro de Condominio 1, Jardines de Vespucio Verde Uno, Calle Ría Trancura 9743, comuna de Pudahuel. Para la villa El Comendador.
 - c. Plaza ubicada en calle Huentelenfu intersección, comuna de Maipú. Para villas Holanda, Santa María y Manuel Rojas.

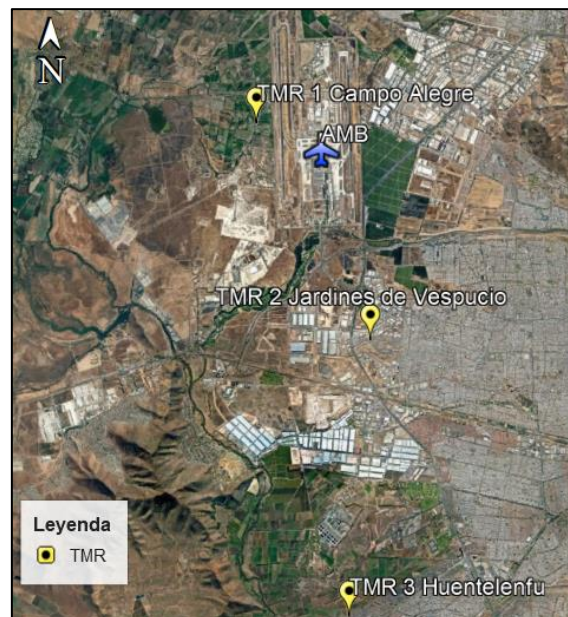


Figura 9: Mapa de las ubicaciones de las estaciones de monitoreo del sistema de ruido de AMB (Google Earth)

- c. **Características del Equipamiento Acústico:** El equipamiento acústico, asociado a una estación de monitoreo, consiste en un micrófono especial para mediciones a

intemperie de largo plazo entre 6 a 10 metros de altura sobre el suelo, según normativa ISO 20906/2009. La TMR cuenta con una terminal la cual contiene los equipos de almacenamiento, registro, soporte y transmisión de los datos recopilados. Esta sección además indica especificaciones técnicas y de normativa que deben cumplir tanto el micrófono integrado como la terminal.

- d. De las Operaciones y Funciones Principales del Sistema:** Para las Estaciones de Monitoreo, se establecen periodos de medición de presión sonora, temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento, además de la transmisión de datos acústicos y meteorológicos.

Se establece la ubicación de la central de procesos en las dependencias del Centro de Control de Área de Santiago, Av. San Pablo 8411, Pudahuel. Adicionalmente, establece sus funciones y facultades dentro del sistema, como las de registrar, almacenar y procesar la información de las operaciones aéreas, la cual será adquirida de los registros de los sistemas de radar, siendo capaz, también, de integrar la información acústica, meteorológica, de radar, las rutas de vuelo y operaciones aéreas, de tal modo, obtener la información de las condiciones actuales de los niveles de ruido cercano a las estaciones de monitoreo.

- e. Del Proceso de Mediciones:** Indica la capacidad de registro, calculo y almacenamiento del sistema, a través de parámetros como:

- Nivel de presión sonora ponderado en A. Respuesta temporal SLOW y FAST (ver acrónimos).
- Nivel de presión sonora continuo equivalente (L_{eq}).
- Distribución estadística de niveles de ruido como medida de variabilidad del nivel de ruido en un intervalo de tiempo dado.
- Nivel de presión sonora día-noche diario (L_{DN}).
- Nivel de presión sonora día-noche promedio anual (YDNL).
- Entre otros.

- f. De los Reportes:** Establece la generación de reportes constantes de los datos parametrizados, registrados y calculados. También la capacidad del sistema de generar mapas de ruido o cartografías de niveles de ruido en los entornos inmediatos y lejanos al aeropuerto.
- g. De la Confiabilidad del Sistema:** Se garantiza la inviolabilidad de los datos registrados y la adecuada puesta en funcionamiento y posterior rendimiento de los módulos e instrumentos de mediciones que se utilicen. El sistema cuenta con respaldos internos y externos, además de políticas de mantención predictivas, preventivas o correctivas necesarias para su adecuado funcionamiento.
- h. De la Puesta en Marcha del Sistema:** El sistema inició con su periodo de funcionamiento una vez se vieron superadas las pruebas de conexión, registro, transmisión y operación de la totalidad del sistema.
- i. De la Documentación Necesaria:** Establece el deber del proveedor del sistema de monitoreo a entregar la documentación correspondiente que describa todas las partes del sistema, su descripción y Manual de Operación.
- j. De los Periodos de Monitoreo:** El periodo de operación del proyecto comprende 20 años como mínimo, a partir de 2014 (fecha de instalación del sistema). Establece además la posibilidad de reubicación de los terminales de monitoreo.
- k. Del Sistema de Información a la Comunidad:** Se establecen dos estrategias de comunicación oficiales de los resultados de las mediciones. La primera estrategia, de forma institucional, la DGAC elaborará informes anuales abiertos para los usuarios interesados. Por su parte, la segunda estrategia, enfocada en la comunidad, a través de la Web se podrá visualizar el sistema implementado (a través de la plataforma TraVis), en el cual se podrán observar los niveles de ruido, las operaciones aéreas, rutas y demás información entregada por el responsable del sistema.

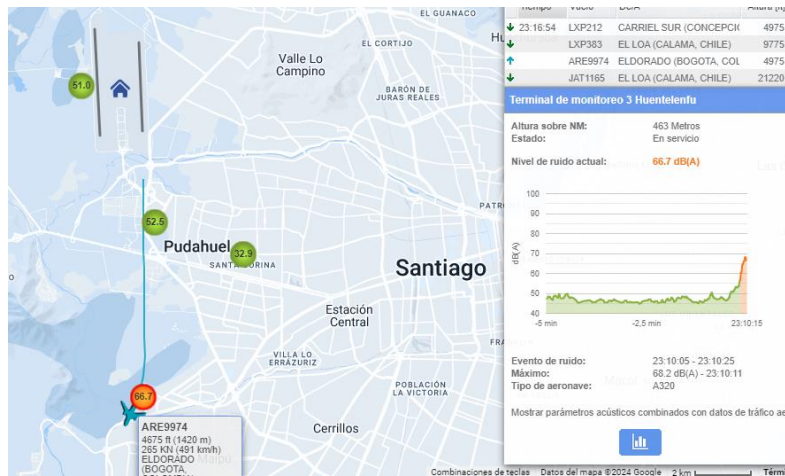


Figura 10: Recorte de plataforma web TraVis del Sistema de Monitoreo de Ruido de AMB (Dirección General de Aeronáutica Civil, 2025).

2.2.17. Proveedores de Monitoreo de Ruido.

El uso de herramientas especializadas para el monitoreo, es esencial para la gestión eficiente del ruido aeroportuario. Existen diversas plataformas que permiten recopilar, procesar, analizar y visualizar datos acústicos en tiempo real, integrando información proveniente de sonómetros, trayectorias de vuelo y condiciones meteorológicas. Además, facilitan la identificación de aeronaves responsables de eventos sonoros específicos, la generación de reportes técnicos y la interacción con la ciudadanía mediante sistemas de visualización pública. Son varias las entidades que ofrecen servicios de monitoreo, pero las siguientes son las más utilizadas por los países más avanzados en el tópico de ruido aeronáutico, cuya información fue recopilada de sus páginas web oficiales:

- **Anotec Engineering:** De la sigla, Aircraft Noise Technology proporciona una amplia gama de soluciones enfocadas en la evaluación y mitigación del ruido generado por aeronaves y aeropuertos. Se especializan en brindar soluciones integrales tanto a los fabricantes de aeronaves como a las autoridades y operadores aeroportuarios. Incluyen servicios como:
 - Ensayos de vuelo
 - Certificación acústica
 - Diseño de procedimientos de vuelo y reducción de ruido
 - Consultoría acústica

- Investigación y desarrollo en tecnologías de reducción de ruido

Anotec cuenta con su propio sistema de monitoreo de ruido y trayectorias IBANET (*Internet Based Aircraft Noise and Emissions Tool*), concepto derivado de los requisitos de los aeropuertos y comunidades con las que opera la organización. Por lo general, la empresa hace instalación, operación, mantenimiento e informes de ruido, mientras que el cliente tiene acceso al servicio de monitoreo de ruido IBANET (ANOTEC Engineering, 2025)

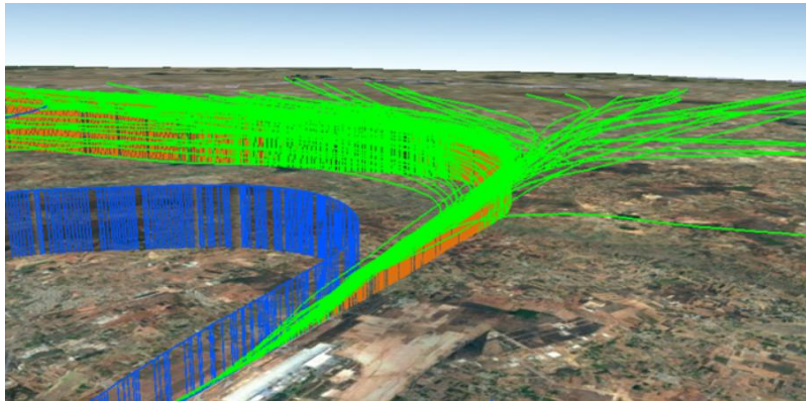


Figura 11: Simulación de trayectorias de vuelo (ANOTEC Engineering, 2025).

- **Cirrus Research:** ofrece equipamiento para la vigilancia del ruido en aeropuertos, diseñados para proporcionar información precisa y concisa a los operadores de los sistemas, los cuales se componen de monitoreo de ruido almacenados en la nube para las mediciones fijas y continuas y, además, la integración de otros factores medioambientales, como calidad del aire y vibraciones en tierra a nivel de suelo (Cirrus Research, 2025).

Cuenta con distintos softwares de análisis y gestión de ruido, donde se almacena la información recopilada por los sonómetros instalados. Esta empresa es utilizada por países europeos, como, por ejemplo, España.

- **Svantek:** empresa que suministra estaciones de monitoreo continuo equipadas con sistemas para medir tanto el ruido de aeronaves como las condiciones meteorológicas. Sus soluciones permiten distinguir entre el ruido generado por los despegues, aterrizajes y sobrevuelos de aeronaves, realizando, a su vez, análisis semiautomáticos de los resultados. Se enfocan en proporcionar equipos de medición de alta precisión

que cumplen con las regulaciones internacionales, asegurando la fiabilidad de los datos recopilados.

La empresa indica cómo establecer correctamente los puntos de medición del ruido de las aeronaves, considerando el propósito de las mediciones, las características de las fuentes de ruido y los parámetros del área (Svantek, 2025).

2.2.18. De los Equipamientos de Monitoreo (hardware)

En aquellos países en los que se implementó el monitoreo del ruido aeronáutico emplean equipos diseñados para medir y registrar niveles sonoros con alta precisión. Estos dispositivos deben cumplir con estándares internacionales para garantizar la fiabilidad de los datos recopilados.

La norma IEC 61.672-1 es la norma internacional que especifica las características de rendimiento de los sonómetros, los cuales son los instrumentos necesarios para recopilar información sonora en el monitoreo y medición de niveles de ruido. Esta norma establece dos clases principales para los sonómetros:

- **Clase 1:** Tienen mayor precisión y un rango de frecuencia más amplio. Son adecuados para las mediciones de campo y se utilizan en estudios acústicos donde se requiere alta exactitud.
- **Clase 2:** Tienen tolerancias más amplias y son adecuados para mediciones más generales donde la precisión extrema no es crítica.

Para estudios sonoros en los alrededores de los aeropuertos se recomienda el uso de sonómetros Clase 1, esto debido a la necesidad de precisión en las mediciones en un amplio rango de frecuencias presentes en el ambiente y la variabilidad de las condiciones meteorológicas.

Las estaciones de monitoreo continuo de ruido están diseñadas para operar de forma constante y sin interrupciones, recopilando datos en tiempo real sobre los niveles de ruido. Generalmente, las estaciones de monitoreo se componen de micrófonos de alta sensibilidad (en este caso, de Clase 1), con protección contra condiciones climáticas adversas, sistemas de almacenamiento de datos, módulos de comunicación para la transmisión remota de datos y fuentes de alimentación autónomas para garantizar la operatividad continua.



Figura 12: Monitores de ruido Cirrus Research y Svanetek, respectivamente (Svantek, 2025).

2.3. Propuesta Metodológica

Para el desarrollo de esta memoria, la propuesta metodológica se divide en etapas claves las cuales detallan los pasos a seguir para sentar las bases para una gestión más eficiente de la contaminación acústica en los aeropuertos chilenos, priorizando la sostenibilidad ambiental y el bienestar de las comunidades cercanas. A continuación, se describen los pasos a seguir:

1. Recopilación y análisis de datos históricos de ruido aeroportuario, utilizando la información pública disponible del Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez (AMB).
2. Revisión de normativas nacionales e internacionales relacionadas con el control y monitoreo del ruido aeroportuario.
3. Análisis de casos internacionales relevantes, como los sistemas implementados en aeropuertos de Reino Unido, Bélgica y Holanda, para identificar buenas prácticas y lecciones aprendidas.
4. Identificación de factores clave que determinan la necesidad de monitoreo en un aeropuerto, como la densidad poblacional circundante, flujo de operaciones y cercanía a zonas urbanas.
5. Establecimiento de umbrales y parámetros de decisión basados en regulaciones y estándares internacionales adaptados al contexto chileno.
6. Uso de método de optimización de ubicación de estaciones de monitoreo en aeropuertos seleccionados, considerando impacto acústico y cobertura geográfica.
7. Propuesta de herramientas tecnológicas para integrar el monitoreo con la trazabilidad de rutas de aeronaves como sistemas de reporte automatizado.
8. Desarrollo de un esquema de mitigación que incluya sanciones por exceso de límites de ruido, propuestas para la optimización de rutas de vuelo y estrategias para informar y trabajar con las comunidades afectadas.

9. Elaboración de recomendaciones para actualizar la normativa nacional sobre ruido aeroportuario, tomando como referencia estándares internacionales y necesidades locales.

CAPÍTULO 3: DESARROLLO

3.1. Situación Regulatoria en Chile por Ruido Aeronáutico

En caso de que existan inquietudes relacionadas con el ruido aeroportuario, la DGAC dispone de Oficinas de Información, Reclamos y Sugerencias (OIRS) en los aeropuertos y aeródromos en la red del país. A través de estas oficinas, los pasajeros, residentes de las comunidades aledañas y demás ciudadanos pueden presentar reclamos y sugerencias para mejorar los servicios y consultar otros temas relacionados a las operaciones del aeropuerto, incluyendo aquellas relacionadas con el ruido.

En términos de estadísticas nacionales, el Ministerio del Medio Ambiente ha identificado que el ruido es uno de los principales problemas ambientales en Chile (Sexto Reporte del Estado del Medio Ambiente, MMA, 2021). Aunque la mayoría de las denuncias se relacionan con fuentes móviles como el tráfico vehicular (autos, camiones y transporte público) y actividades industriales, el ruido aeroportuario también es una fuente de preocupación en áreas cercanas a aeropuertos para esta institución medioambiental.

Para casos donde se haya presenciado un evento de ruido ambiental molesto, incluyendo el generado por operaciones aeroportuarias, los ciudadanos pueden generar denuncias a través de la Superintendencia de Medio Ambiente de manera digital. Y, a su vez, a través de la Ley de Transparencia de Chile (Ley 20.285), la ciudadanía puede solicitar acceso a información, en este caso, relacionada a ruido aeroportuario.

A través de la Ley 20.285, Ley de Transparencia de Chile, se solicitó a la Superintendencia de Medio Ambiente las estadísticas de reportes/reclamos/denuncias recibidas por la superintendencia por motivo de ruido aeroportuario y/o operaciones aéreas a nivel país. De esta forma, a través del Oficio N°5533, ORD N°543, se adjuntó una planilla en formato Excel, la cual contiene un listado de la **totalidad** de denuncias ingresadas al servicio que se encuentran asociadas a ruido por operaciones aéreas.

Región	Comuna	Ruido o Ambiental	Tipo término	Estado según tipo termino
Región de Coquimbo	La Serena	Ruido	Derivación Total	Terminado
Región de Coquimbo	La Serena	Ruido	Derivación Total	Terminado
Región de Coquimbo	La Serena	Ruido	En proceso Ruido	En proceso
Región de Coquimbo	La Serena	Ruido	En proceso Ruido	En proceso
Región de Coquimbo	La Serena	Ruido	En proceso Ruido	En proceso
Región de Coquimbo	Salamanca	Ruido	Derivación Total	Terminado
Región de la Araucanía	Freire	Ruido	Derivación Total	Terminado
Región de la Araucanía	Freire	Ruido	Derivación Total	Terminado
Región de la Araucanía	Freire	Ruido	En proceso Ruido	En proceso
Región de la Araucanía	Pucón	Ruido	En proceso Ruido	En proceso
Región de la Araucanía	Pucón	Ruido	En proceso Ruido	En proceso
Región de la Araucanía	Pucón	Ruido	Derivación Total	Terminado
Región de la Araucanía	Victoria	Ruido	Archivada	Terminado
Región de Ñuble	Coihueco	Ruido	Derivación Total	Terminado
Región de Tarapacá	Iquique	Ruido	Archivada	Terminado
Región de Valparaíso	Concón	Ruido	Derivación Total	Terminado
Región de Valparaíso	Limache	Ruido	Formulación de Cargos	Terminado
Región de Valparaíso	Limache	Ruido	Formulación de Cargos	Terminado
Región de Valparaíso	Llay Llay	Ruido	Derivación Total	Terminado
Región de Valparaíso	Olmué	Ruido	Derivación Total	Terminado
Región de Valparaíso	Puchuncaví	Ruido	Derivación Total	Terminado
Región de Valparaíso	Rinconada	Ruido	En proceso Ruido	En proceso
Región de Valparaíso	Santo Domingo	Ruido	Formulación de Cargos	Terminado
Región de Valparaíso	Santo Domingo	Ruido	Formulación de Cargos	Terminado
Región de Valparaíso	Valparaíso	Ruido	Archivada	Terminado
Región de Valparaíso	Zapallar	Ruido	Formulación de Cargos	Terminado
Región de Valparaíso	Zapallar	Ruido	Formulación de Cargos	Terminado
Región de Valparaíso	Zapallar	Ruido	Formulación de Cargos	Terminado
Región de Valparaíso	Zapallar	Ruido	Formulación de Cargos	Terminado
Región de Valparaíso	Zapallar	Ruido	Formulación de Cargos	Terminado
Región de Valparaíso	Zapallar	Ruido	Formulación de Cargos	Terminado
Región de Valparaíso	Zapallar	Ruido	Formulación de Cargos	Terminado
Región de Valparaíso	Zapallar	Ruido	Formulación de Cargos	Terminado
Región de Valparaíso	Zapallar	Ruido	Formulación de Cargos	Terminado
Región del Biobío	Los Ángeles	Ruido	En proceso Ruido	En proceso
Región del Biobío	Talcahuano	Ruido	En proceso Ruido	En proceso

Región Metropolitana	Vitacura	Ruido	Derivación Total	Terminado
----------------------	----------	-------	------------------	-----------

Tabla 8: Registro total de denuncias y reclamos por motivo de ruido por operaciones aéreas a través de Superintendencia de Medio Ambiente (Superintendencia de Medio Ambiente, 2025)

Según lo indica la Superintendencia de Medio Ambiente, cuentan con un total de 71 denuncias de ruidos molestos por motivo de operaciones aéreas (en Chile se pueden hacer denuncias por ruidos molestos desde 2009, cuando se publicó la primera ordenanza sobre ruido y sonidos molestos).

A partir de lo proporcionado por la Superintendencia de M.A., se evidencia una baja cantidad de denuncias por ruido de aeronaves, lo cual no necesariamente es bueno. La falta de denuncias se puede deber a:

- Una falta de conocimiento sobre los mecanismos de denuncia a través del SMA y deficiente difusión a las comunidades cercanas a aeropuertos sobre procedimientos y criterios para denunciar.
- Debido al crecimiento urbano alrededor de los aeropuertos, muchas personas pueden asumir al ruido como una condición inherente al lugar en que residen y no como un problema denunciante a pesar de la mayor exposición al ruido aeronáutico.
- Falta de una norma específica que establezca límites de ruido para operaciones aéreas que defina una marco regulatorio para este tipo de fuente.

En cuanto al último punto, en el Folio generado por la SMA, se indica lo siguiente: “Se hace presente que el decreto supremo N 38, de 2011, que establece la norma de emisión de ruidos, señala en su artículo 5° que “*La presente norma no será aplicable al ruido generado por: (...) b) El tránsito aéreo.*” En este sentido, aquellas denuncias que indican “derivación total”, se deben a la falta de competencia de este servicio para conocer de los ruidos denunciados, toda vez que -en su mayoría- se encontrarían asociadas a tránsito aéreo.”

Tal como indica la Superintendencia de M.A., se identifica una falta de competencias para resolver este tipo de denuncias relacionadas al ruido aeronáutico, lo cual implica que existe un vacío normativo en la regulación de ruido, presentando una falta de herramientas

regulatorias para gestionar y sancionar el ruido por operaciones aéreas, lo que podría explicar, además, la escasa cantidad de denuncias efectivas en la SMA.

La derivación de las denuncias, por parte de aquellas instituciones medioambientales que supuestamente controlan y gestionan el ruido ambiental, puede desincentivar a la ciudadanía para generar denuncias ya que no existe claridad de qué institución tiene la competencia efectiva sobre la regulación acústica de este tipo de ruido y, por lo tanto, la población podría percibir que no hay una institución o entidad encargada de fiscalizar y mitigar el impacto acústico en estos casos.

Tal como se mencionó en el Capítulo 2, países como Estados Unidos y dentro de la Unión Europea, se han implementado regulaciones específicas para el ruido de aeronaves, estableciendo los criterios, límites y procedimientos para su monitoreo y mitigación. En Chile, la ausencia de este marco regulatorio limita las acciones de mitigación y la protección de las comunidades cercanas a los aeropuertos.

3.1.1. Limitaciones del Marco Normativo Chileno para la Regulación del Ruido Aeroportuario.

Tal como se mencionó en el capítulo 2, punto 2.2.10 Regulación de Ruido en Chile; la gestión del ruido se ve a través del Decreto Supremo N° 38, el cual no contempla las fuentes de ruido móviles, incluyendo el ruido generado por los aeropuertos. En caso de que se quiera aplicar una regulación y/o normativas que regule el ruido aeroportuario, actualmente, no se podría llevar a cabo. Esto último debido a la Ley 19.300, “*ley sobre las bases generales del medio ambiente*”, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

La Ley 19.300 sobre las Bases Generales del Medio Ambiente de Chile es el cuerpo normativo que establece el marco legal para la protección, preservación y conservación del medio ambiente en el país. Esta ley regula todos los aspectos vinculados a la protección ambiental, la cual establece:

1. *Art. 1: Declara que toda persona tiene derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación.*
2. Presenta instrumentos de gestión ambiental, de los cuales, se incluyen:
 - a. **Evaluación de Impacto Ambiental (EIA):** Requisito obligatorio para proyectos con potencial impacto (por ejemplo, aeropuertos).
 - b. **Normas de Calidad Ambiental:** Primarias (protegen la salud) y secundarias (protegen el medio ambiente).
 - c. **Normas de Emisión:** límites máximos de contaminantes emitidos por fuentes específicas.
 - d. **Planes de Prevención y Descontaminación:** los cuales son obligatorios en aquellas zonas saturadas o latentes.
 - e. **Participación Ciudadana:** en aquellos procesos de evaluación y acceso a la información ambiental.
3. Responsabilidad por daño ambiental a todo quien cause daño al medio ambiente.
4. Establece a la Superintendencia del Medio Ambiente como el organismo responsable de la fiscalización del cumplimiento de la ley.

Esta Ley expresamente reconoce al ruido ambiental como una forma de contaminación en su *Artículo 2* (Ministerio Secretaría General de la Presidencia, 1994, 1). Esta Ley le otorga al Ministerio de Medio Ambiente la facultad para dictar normas de calidad ambiental y normas de emisión, lo que permite fijar valores máximos de concentración o de descarga de contaminantes, incluyendo formas de energía como el ruido. Sin embargo, esta ley no establece los mecanismos específicos para regular el ruido aeronáutico u otras fuentes móviles, ni entrega atribuciones explícitas a la Superintendencia de Medio Ambiente ni a la DGAC para fiscalizar emisiones sonoras provenientes de aeronaves en vuelo o durante operaciones aeroportuarias. Esta omisión genera un vacío regulatorio que impide aplicar la normativa general de ruido al contexto aeronáutico.

Una excepción a este “vacío normativo” es la Resolución de Calificación Ambiental N° 410/2003, correspondiente al proyecto de ampliación del aeropuerto de Santiago (SCEL-AMB). En este caso, se incluyó la metodología de la FAR150, empleando indicadores como

el DNL (Day-Night Level) y modelos de propagación de ruido aeroportuario. Se utilizó la FAR150 de manera referencial, debido a la ausencia de una norma nacional específica, y fue aprobada en el proceso de evaluación ambiental como parte de los compromisos del proyecto. No obstante, esta aplicación no tiene carácter normativo ni vinculante para otros aeropuertos del país, y su posterior fiscalización presenta dificultades por la falta de competencias de la Superintendencia de Medio Ambiente en materia de ruido aeronáutico.

El Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) es un mecanismo preventivo de gestión ambiental, regulado por la Ley N°19.300 y su reglamento. Su función es evaluar, a través de una Declaración o Estudio de Impacto Ambiental, si los proyectos o actividades cumplen con la normativa ambiental vigente, siendo este proceso administrado por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA).

Son sometidos al procedimiento de evaluación de impacto ambiental todos aquellos proyectos listados en el artículo 10 de la Ley 19.300. Se ingresan como Estudios de Impacto Ambiental (EIA) aquellos proyectos o actividades que generan impactos significativos. El EIA es un documento que se presenta para evaluar los efectos de un proyecto que puede tener en el medioambiente. El objetivo de este estudio es prevenir, mitigar y restaurar el daño ambiental. Se presenta un EIA si el proyecto puede afectar la salud de la población, dañar los recursos naturales renovables (como el agua, aire o suelo), o si el proyecto es susceptible de degradar el ambiente o sus componentes. Luego de presentar un EIA, se obtiene una Resolución de Calificación Ambiental (RCA).

La Resolución de Calificación Ambiental (RCA) es un documento administrativo que se obtiene una vez culminado el proceso de evaluación de impacto ambiental o actividad económica. El objetivo de este documento es certificar si el proyecto o actividad en cuestión cuenta con la viabilidad ambiental necesaria. Por ende, se trata de una autorización que establece:

- i. Las medidas voluntarias, así como las partes, obras y etapas que, de acuerdo con lo aprobado, no generan impacto ambiental.
- ii. Las condiciones y exigencias que el titular del proyecto debe cumplir para mitigar o compensar el posible efecto en el medioambiente.

3.2. Criterios para Monitorear Aeropuertos/Aeródromos

3.2.1. Selección por Magnitud de Operaciones

El primer criterio establecido en la Unión Europea para iniciar el monitoreo del ruido producido por un aeropuerto es la magnitud de sus operaciones. El Reglamento N° 598/2014 “Restricciones Operativas con el Ruido de los Aeropuertos” indica que los aeropuertos críticos sujetos a la norma son aquellos que tengan más de 50.000 movimientos de aeronaves civiles por año civil sobre la base del promedio de los tres años civiles anteriores a la evaluación del ruido.

Para establecer un criterio, en base a lo establecido por la Unión Europea, se debe hacer un ajuste proporcional entre la magnitud de las operaciones chilenas con los países de la UE. Para ello, se tomó en cuenta el total de operaciones anuales de Reino Unido (UK Civil Aviation Authority, 2016 - 2023) y España (Dirección de Operaciones, Seguridad y Servicios - Departamento de Estadísticas, 2016 - 2023), desde 2016 a 2023.

Año	Operaciones Aéreas UK	Operaciones Aéreas España	Operaciones Aéreas Chile
2016	3,072,947	2,045,106	425,073
2017	3,099,066	2,174,424	442,039
2018	3,065,047	2,300,307	476,332
2019	3,087,805	2,361,045	506,859
2020	1,419,753	1,101,250	280,186
2021	1,572,829	1,518,847	359,530
2022	2,493,756	2,216,474	468,635
2023	2,692,470	2,404,054	513,865

Tabla 15: Total de Operaciones Aéreas en Reino Unido, España y Chile desde 2016 a 2023 (Autoría Propia, desde 2016 a 2023).

A partir de las 50.000 operaciones anuales establecidas por la UE para determinar un aeropuerto crítico, mediante una proporción lineal simple entre las operaciones de Reino Unido y España, se obtuvo un promedio de 10.000 operaciones aéreas anuales para definir a un aeropuerto/aeródromo chileno como crítico según su nivel de operación. El total de las operaciones aéreas anuales de Chile se encuentran en el *Anexo 2, Estadísticas de Operaciones Aéreas de Chile desde 2016 a 2023 por Aeródromo/Aeropuerto*.

Año	Proporción Operaciones UK	Proporción Operaciones ESP
2016	6,916	10,392
2017	7,132	10,165
2018	7,770	10,354
2019	8,207	10,734
2020	9,867	12,721
2021	11,429	11,836
2022	9,396	10,572
2023	9,543	10,687
Promedio	8,783	10,933
Promedio	9,858 ~ 10,000	

Tabla 16: Proporcionalidad entre operaciones aéreas de UK-Chile, España-Chile para determinar aeropuertos/aeródromos críticos (Autoría Propia, desde 2016 a 2023).

Luego, al aplicar el criterio de las 10.000 operaciones aéreas sobre la base del promedio de los tres años anteriores a la evaluación del ruido (se considerará como 2024), para definir un aeropuerto/aeródromo como crítico, a las estadísticas de operaciones aéreas de Chile (*Anexo 2*), se obtiene que los siguientes aeropuertos/aeródromos son críticos (o de estudio):

OACI	NOMBRE	2,021	2,022	2,023	Promedio 2021-2023
SCCF	AD. EL LOA	11,586	12,572	15,456	13,205
SCCH	AD. B.O'HIGGINS	9,595	12,798	13,716	12,036
SCCI	AP. CARLOS IBAÑEZ DEL CAMPO	7,871	10,521	10,583	9,658
SCDA	AP. DIEGO ARACENA	14,942	16,151	16,861	15,985
SCEL	AP. A.M.B.	101,755	139,457	161,199	134,137
SCFA	AP. ANDRES SABELLA	15,846	16,798	17,360	16,668
SCIE	AD. CARRIEL SUR	19,633	25,803	28,308	24,581
SCPF	AD. MARCEL MARCHANT	14,845	17,282	20,476	17,534
SCRD	AD. ROSELILLO	12,357	20,771	12,636	15,255
SCSE	AD. LA FLORIDA	14,423	15,435	18,035	15,964
SCSN	AD. SANTO DOMINGO	12,598	13,091	9,508	11,732
SCTB	AD. EULOGIO SANCHEZ ERRAZURIZ - TOBALABA	29,986	35,378	37,352	34,239
SCTE	AP. EL TEPUAL	13,115	15,562	17,028	15,235
SCVM	AD. VIÑA DEL MAR	10,109	4,721	10,037	8,289
SCRG	AD MIL LA INDEPENDENCIA	15,285	17,373	15,481	16,046
SCPD	AD. PELDEHUE	281	15,931	23,408	13,207

Tabla 17: Aeropuertos y Aeródromos considerados críticos o de estudio utilizando un criterio de selección por magnitud de operaciones de 10.000 operaciones sobre la base del promedio de los tres años anteriores a la evaluación del ruido (Autoría Propia).

3.2.2. Cercanía a Zonas Habitadas

Si bien, un aeropuerto o aeródromo puede estar dentro de aquellos definidos como críticos debido a la magnitud de sus operaciones, un factor clave para afirmar la necesidad de monitoreo de ruido es la cercanía a zonas habitadas y la cantidad de población que se vea afectada por los procedimientos de las aeronaves.

Para saber más acerca de los aeropuertos y aeródromos considerados como críticos según su nivel de operaciones, se analizarán sus características físicas y geográficas. Para la distancia a las zonas habitadas, se medirá desde el inicio/final de pista del aeródromo/aeropuerto, hasta la zona urbana considerable más cercana. De esta forma:

Aeropuerto/Aeródromo	Sistema de Monitoreo	Distancia a Zonas Habitadas (Aprox)	Promedio operaciones aéreas 2021 - 2023
El Loa	No	1 kilómetro	13.205
Bernardo O'Higgins	No	2.5 kilómetros	12.036
Diego Aracena	No	10 kilómetros	15.985
Arturo Merino Benitez	Si	1 kilómetro	134.137
Andrés Sabella	No	6.5 kilómetros	16.668
Carriel Sur	No	500 metros	24.581
Marcel Marchant	No	200 metros	17.534
Rodelillo	No	300 metros	15.255
La Florida	No	400 metros	15.954
Santo Domingo	No	100 metros	11.732
Eulogio Sanchez (Tobalaba)	No	200 metros	34.239
El Tepual	No	400 metros	15.235
Mil la Independencia	No	200 metros	16.046
Peldehue	No	2 kilómetros	13.207

Tabla 18: Distancias de Aeródromos y Aeropuertos a zonas habitadas (Autoría Propia).

Tomando en consideración la distancia entre los aeródromos/aeropuertos a zonas urbanas considerablemente pobladas, los aeropuertos Diego Aracena y Andrés Sabella pueden quedar exentos de la aplicación de medidas de monitoreo de ruido. Esto último debido a que, a sus correspondientes distancias, la intensidad del ruido no traería las molestias según los indicado por las entidades internacionales, por la altura a la que se encontraría la aeronave.

3.3. Análisis de Datos Históricos AMB.

DGAC, a raíz de la RCA que se emitió por la construcción de la segunda pista del aeropuerto de Santiago (SCEL), tiene el deber de medir y monitorear el ruido de las operaciones aéreas del aeropuerto. Desde 2015 comenzó la recopilación de datos de ruido del aeropuerto,

contando con tres estaciones de monitoreo, el sistema recopiló el total de eventos mensuales por nivel de presión sonora medida en decibeles, los cuales se encuentran en los Anexos 3 y 4, distribuidos en las mediciones realizadas durante el día (desde las 07:00 a 23:00 hrs.) y la noche (desde las 23:00 a 07:00 hrs.).

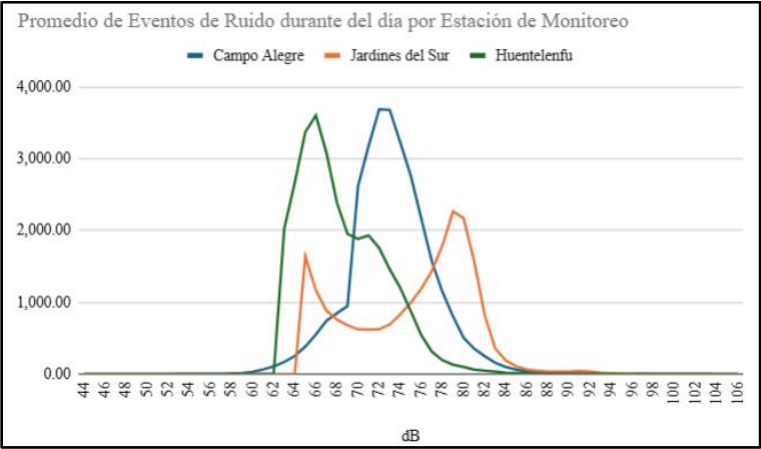


Gráfico 6: Promedio de Eventos de Ruido durante el día por Estación de Monitoreo (Autoría Propia).

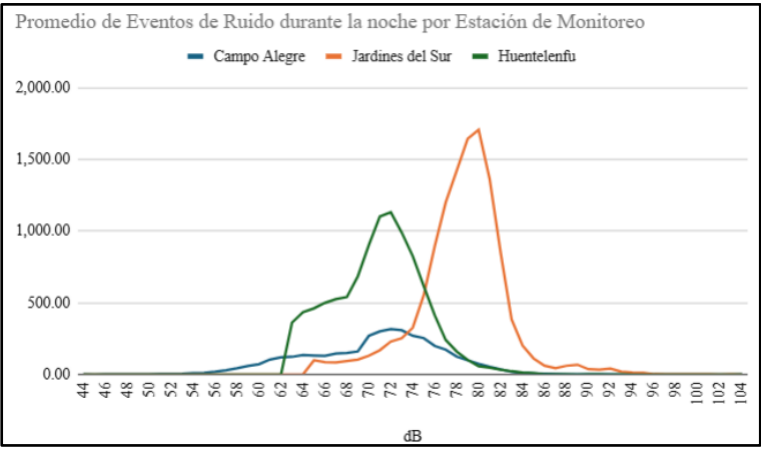


Gráfico 7: Promedio de Eventos de Ruido durante la noche por Estación de Monitoreo (Autoría Propia).

Los gráficos 6 y 7 representan el Promedios de Eventos de Ruido generado por las aeronaves que operaron en el aeropuerto de Santiago (AMB-SCEL) desde 2015 a 2023, durante el día y la noche, respectivamente. De estos datos recopilados, se identificó que, en promedio, a menor distancia del aeropuerto, mayor es el porcentaje de operaciones aéreas que generan eventos de ruido significativos durante el día y la noche. Esto se muestra en la siguiente tabla:

Porcentaje de operaciones aéreas que generan ruido		
Distancia entre el inicio/final de pista a estación de monitoreo a:	Durante el día (07:00 a 23:00)	Durante la noche (23:00 a 07:00)
500 metros	25%	2%
3 kilómetros	20%	28%
9 kilómetros	12%	10%

Tabla 19: Porcentaje de Operaciones Aéreas que Generan eventos de Ruido (Autoría Propia).

La tabla evidencia que, durante la noche (23:00 a 07:00), la mayor proporción de operaciones que generan eventos de ruido se concentra a 3 kilómetros del inicio o final de pista, con un 28%, lo que sugiere una alta exposición en zonas residenciales ubicadas a esa distancia. Aunque la intensidad del ruido disminuye progresivamente con la distancia, se mantiene presente incluso a los 9 kilómetros, indicando que los efectos del ruido nocturno alcanzan sectores más alejados del aeropuerto.

Durante el día, se observa que la mayor cantidad de eventos se concentra entre los 70 y 78 [dB], especialmente en las estaciones de Campo Alegre y Huentelénfu, siendo esta última aquella que se encuentra más alejada al aeropuerto de Santiago, a aproximadamente 9 kilómetros, presentando picos similares a Campo Alegre, estación que se encuentra a menos de 500 metros. Por otro lado, Jardines del Sur muestra una curva “bimodal” con dos picos relevantes, uno entre 66 y 68 [dB] y otro más pronunciado entre los 80 y 82 [dB], lo cual indica la presencia de eventos más intensos en esa zona durante el día.

Por su parte, durante la noche, los patrones cambian significativamente. Jardines del Sur, estación que se ubica a aproximadamente 3 kilómetros de AMB, destacando con una fuerte concentración de eventos entre los 78 y 84 [dB], alcanzando un máximo de casi 1.700 eventos promedio, lo que representa un nivel de ruido considerablemente elevado en horario nocturno.

A continuación, se presenta una tabla con el número máximo de eventos de ruido aeronáutico por año, con el valor correspondiente de nivel de intensidad sonora en decibeles, por rango horario día - noche.

Día	Campo Alegre		Jardines del Sur		Huentelenufu	
Año	Max_Ev	dB	Max_Ev	dB	Max_Ev	dB
2015	3223	73	1371	65	2642	66
2016	5351	73	2546	80	5431	66
2017	3990	73	3356	80	4570	66
2018	3558	72	6088	79	4093	71
2019	5035	72	3024	79	4494	66
2020	2273	72	944	78	2521	66
2021	2723	72	1999	78	2018	65
2022	4817	72	1885	65	4127	65
2023	3646	73	1638	65	3388	65
Noche	Campo Alegre		Jardines del Sur		Huentelenufu	
Año	Max_Ev	dB	Max_Ev	dB	Max_Ev	dB
2015	24	73	1139	80	739	71
2016	69	70	2495	80	1440	71
2017	52	70	2623	80	1522	72
2018	228	72	2801	80	1816	72
2019	540	75	2548	79	1666	72
2020	388	71	823	79	736	72
2021	362	71	790	78	584	71
2022	751	72	1067	77	837	65
2023	552	73	1678	77	1169	71

Tabla 20: Máximo de Eventos de Ruido anual y el correspondiente Nivel de Presión Sonora como moda, por estación de monitoreo, separado en horarios día-noche (Autoría Propia).

De estos máximos, se destacan los ocurridos en Jardines del Sur en 2018, avanzando el máximo de eventos anuales, llegando a un total de 6.088 con un nivel de intensidad de ruido de 79 [dB] durante el día y 2.801 con un nivel de intensidad de ruido de 80 [dB]. Una intensidad de ruido de 80 [dB] se asemeja a una aspiradora o máquina de cortar pasto en funcionamiento, en otras palabras, la comunidad en la que se encuentra la estación de monitoreo Jardines del Sur, durante 2018, tuvo que escuchar 2.801 veces el sonido de una aspiradora o cortadora de pasto durante la noche.

3.4. Propuesta Preliminar de Inserción Normativa en Chile

El objetivo de establecer un marco normativo y técnico para el control, gestión y mitigación del ruido aeronáutico en Chile es proteger la salud y calidad de vida de las comunidades aledañas y promover el desarrollo sostenible del transporte aéreo.

3.4.1. De los indicadores de control.

Para la aplicación de la norma, tal como recomiendan organismos internacionales, como OACI, se deberán utilizar los siguientes indicadores acústicos para su control:

- Lden: nivel de presión sonora día-tarde-noche para exposiciones promedio.
- Lnight: presión sonora equivalente durante la noche, para el impacto de sueño.

Ambos indicadores sonoros básicos medidos en decibeles (dB).

3.4.2. Ubicación de Puntos de Monitoreo.

En primer lugar, hay que definir distancias de referencia para establecer puntos de monitoreo y detección de ruido en zonas urbanas. Será medida la distancia las estaciones de monitoreo desde los umbrales de pista de los aeropuertos y aeródromos.

Basado en la normativa y recomendaciones internacionales OMS y OACI, se definen los siguientes niveles de aceptación de eventos de ruido a través de la siguiente matriz:

Operaciones durante el día (07:00 - 23:00)						Operaciones durante la noche (23:00 - 07:00)					
< 65 dB						< 55 dB					
65 - 70 dB						55 - 60 dB					
70 - 75 dB						60 - 65 dB					
> 75 dB						> 65 dB					
	< 1km	<=1km y <3km	<=3km y <6km	<= 6km y 9km	> 9km		< 1km	<=1km y <3km	<=3km y <6km	<= 6km y 9km	> 9km

Tabla 21: Matriz de Aceptación de Eventos de Ruido dependiendo de su Nivel de Presión Sonora y la Distancia a la que fue reportado (Autoría Propia).

La matriz anterior está separada entre operaciones diurnas y nocturnas, el nivel de presión sonora emitido por la aeronave y la distancia a la que fue registrado el evento sonoro. Esta distancia, la cual es medida desde el umbral de pista del AD/ATO, establece la criticidad del evento, registrándose en estaciones de monitoreo que deberán ser ubicadas dentro de estos rangos.

Los niveles de criticidad de los eventos sonoros se definen de la siguiente forma:

Niveles de Criticidad de Eventos de Ruido	Definición
---	------------

Aceptable	El ruido no fue percibido o no fue grave para la calidad de vida.
Tolerable	Ruido fue percibido, pero no fue grave para la calidad de vida. Se deberá dar aviso al operador causante como llamado de atención.
Inaceptable (multa potencial)	Ruido generó molestias en comunidades. Se abrirá investigación de ruta para evaluar multa al operador.
Intolerable (prohibitivo)	Ruido generó molestias graves en comunidades. Se abrirá investigación de ruta para evaluar multa y posible sanción operacional al operador.

Tabla 22: Niveles de aceptación de los Eventos de Ruido generados por las Aeronaves (Autoría Propia).

Dependiendo de la distancia a la que se detectó el ruido molesto, cuyo criterio es el nivel de intensidad de ruido L_{den} y L_{night} , según corresponda, el evento será categorizado como **aceptable**, **tolerable**, **inaceptable (multa potencial)** o **intolerable (prohibitivo)**. Por ejemplo, si una aeronave generó 80 dB, aproximadamente, a 500 metros del final/inicio de pista, se considerará aceptable debido a que es inevitable debido a la operación aérea. Sin embargo, si la aeronave genera un ruido de 80 dB a 8 kilómetros del inicio/final de pista, la autoridad correspondiente abrirá una investigación de la ruta de la aeronave, con la finalidad de evaluar multas al operador aéreo. Se debe considerar que el “nivel de ruido detectado” es medido a nivel de suelo o a la altura de las estaciones de monitoreo, según corresponda.

Una aeronave, en niveles inaceptables e/o intolerables, cuyo motivo de generación de ruido haya sido por una emergencia, lo que la llevó a desviarse de su ruta, disminuir su altura/altitud, u otro motivo que justifique el evento de ruido, eximirá al operador de la aeronave de ser sancionado.

3.4.3. De los Aeropuertos

La norma será aplicable a aquellos aeropuertos y aeródromos que tengan más de 10.000 movimientos de aeronaves civiles (despegues y aterrizajes) en promedio desde los 3 años anteriores a la realización del estudio de ruido.

Además, serán aplicables aquellos aeropuertos cuyos umbrales de pista se encuentren a menos de 2 kilómetros de una zona urbana habitada con o sin potencial proyección de crecimiento urbano.

3.4.4. De las Aeronaves.

La aplicabilidad de la normativa de control de ruido estará limitada a las aeronaves utilizadas en la aviación civil. La norma no será aplicable a aeronaves de Estado, definidas en el Artículo 30 del Código Aeronáutico de Chile.

Estarán exentas también aquellas aeronaves cuyo fin de operación sea de ayuda humanitaria, vuelos sin fines de lucro para trabajos de reforma, reparación o mantenimiento.

Se incorporará en la norma ambiental el cumplimiento de la DAN92 Vol. II, exigiendo que toda aeronave que opere en el espacio aéreo nacional cuente con una certificación de conformidad acústica de acuerdo con el Anexo 16, Vol.I de la OACI. Además, la DAN121, que establece que sólo podrán operar en Chile las aeronaves que cumplan, como mínimo, con los requisitos del Cap. 3 del Anexo 16, excluyéndose aquellas certificadas bajo el Cap. 2, salvo que hayan sido modificadas mediante un Supplemental Type Certificate (STC) que garantice una atenuación de ruido equivalente.

3.4.4. De las trayectorias.

Se considerará desvío de trayectoria cualquier diferencia sustantiva entre la ruta publicada (SID/STAR o ruta VFR designada) y la trayectoria final seguida por la aeronave, que no sea atribuible a razones operacionales justificadas o debido a condiciones de seguridad de la operación en sí (ej. condiciones meteorológicas adversas, emergencia, etc.). Seguirá rigiendo lo establecido en la DAN91 Vol. II, regulando los desvíos no autorizados respecto a las altitudes o rutas aprobadas, establecido un margen técnico de tolerancia de ± 90 metros (300 pies) en altitud.

Se considerarán tolerables, con llamado de atención al operador aeronáutico, las siguientes causales:

- Desvíos leves sin impacto acústico ni sobrevuelo de zonas habitadas durante operaciones de día y noche.
- Desvío que sobrevuela zonas residenciales sin aumento de nivel de intensidad de ruido significativo.

Por su parte, serán causales de investigación, con posible(s) multa(s) o restricción(es) operacional(es), las siguientes:

- Desvío con sobrevuelo de zonas habitadas y generación de ruido en rango inaceptable, según Matriz de Aceptación de eventos de ruido.
- Desvío con sobrevuelo de zonas habitadas y generación de ruido en rango intolerable, según Matriz de Aceptación de eventos de ruido.

No serán sancionables los desvíos cuya causa sea por:

- Indicaciones dadas por Control de Tránsito Aéreo (ATC).
- Condiciones meteorológicas imprevistas o tráfico.
- Emergencia técnica o médica.
- Documentación existente con autorización previa de modificación temporal de rutas.

3.4.5. De las Restricciones Operacionales.

Se entenderán las restricciones operacionales como cualquier limitación impuesta a las actividades aéreas del operador aeronáutico. Estas restricciones operacionales tienen el fin de controlar y reducir el impacto acústico sobre las comunidades aledañas a los aeropuertos. Se sugiere que las restricciones se categoricen en totales y parciales, las cuales se definen como:

- **Totales:** prohibición de vuelos en ciertos horarios o de aeronaves específicas.
- **Parciales:** limitación del número de las operaciones, rangos horarios específicos o tipos de aeronaves permitidas.

Las restricciones operacionales deben ser aplicadas sólo cuando exista evidencia de que las medidas de mitigación implementadas no hayan sido suficientes para reducir el impacto acústico (cambio de rutas, procedimientos, gestión del uso de suelo, etc) y se haya realizado una evaluación técnica de impacto acústico que justifique la necesidad de la medida.

La autoridad competente evaluará la necesidad de tomar medidas de restricción operacional, velando por el enfoque equilibrado promovido por OACI. Las restricciones operacionales pueden ser:

- a) Limitación de movimientos o cuotas de ruido, para la generalidad de operadores.
- b) Restricción del uso de aeronaves marginalmente conformes, según lo establecido por el Anexo 16 de OACI, permitiendo su operación hasta un periodo de 2 años desde la aplicación de la restricción. Luego de ese plazo, sólo podrán operar bajo autorización de la DGAC y SMA.
- c) Restricciones parciales, estableciendo una distinción entre las medidas para las operaciones diurnas y las nocturnas.
- d) Prohibición de operaciones nocturnas para aerolíneas con casos reiterados de exceso de ruido durante la noche, por cierto, periodo a establecer por la autoridad competente.
- e) Reducción a un máximo de operaciones aéreas diarias por aeropuerto.

Las restricciones deberán ser revisadas al menos cada 3 años, o antes si cambian las condiciones operativas o poblacionales. Toda restricción operacional deberá implementarse de manera gradual.

3.4.6. Gestión acústica aérea integrada: Emisión, Territorio y Protección Acústica.

Para abordar efectivamente el problema del ruido aeronáutico en Chile, no basta con medir y sancionar los niveles de emisión acústica de los aeropuertos, sino que, más bien, es necesario avanzar hacia una gestión integrada que articule tres pilares fundamentales, siendo estos, la emisión sonora, el territorio donde ésta impacta y el nivel de protección acústica que requieren las edificaciones existentes (o futuras). De esta forma se puede evitar que el problema se perpetúe o se agudice con el crecimiento urbano y del tráfico aéreo.

La emisión corresponde al ruido que es generado por las operaciones aéreas (despegues, aterrizajes, aproximaciones, taxi, etc), el cual debe ser cuantificado en tiempo real a través de un sistema nacional de monitoreo, que permita identificar el nivel de presión sonora que

emite el aeropuerto, con trazabilidad hacia cada evento. Estos datos recopilados deben permitir la distinción entre franjas horarias (para las operaciones diurnas y nocturnas), tipo de aeronave y su trayectoria, con tal de establecer zonas de mayor impacto.

En cuanto al territorio, la planificación del uso del suelo en los alrededores del aeropuerto es un factor clave para reducir el impacto de las emisiones de ruido, especialmente en sectores cercanos a las trayectorias de vuelo. Por consiguiente, se propone establecer zonas de exposición acústica, similares a los mapas de contorno de ruido que utilizan países como Estados Unidos (con la FAR150) y miembros de la Unión Europea (también, de la misma forma que lo hace el Aeropuerto de Santiago, pero de forma estandarizada para la red de aeropuertos a nivel nacional).

Estas zonas deben ser incorporadas en los instrumentos de planificación territorial (planes reguladores comunales e intercomunales), a través del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) y Servicio de Vivienda y Urbanismo (SERVIU), prohibiendo la construcción de viviendas, hospitales, colegios u otras edificaciones de usos sensibles en áreas con alta exposición. Además, se deben generar criterios técnicos para la autorización de generar nuevos proyectos y construcciones dentro de estas zonas, incluyendo exigencias y requerimientos de aislamiento acústico o compensaciones cuando sea inevitable.

Por último, y no menos importante, la protección al elemento acústico, lo cual se refiere a la respuesta técnica y constructiva frente al ruido existente en el territorio. Para aquellas viviendas u otras edificaciones ya existentes en zonas de alta exposición, deben considerarse medidas de mitigación pasiva, como subsidios para el aislamiento acústico de ventanas, techos, muros, etc. Mientras que las nuevas construcciones que deban autorizarse dentro de zonas ruidosas (por razones urbanísticas o de conectividad) deben de cumplir con estándares mínimos de aislamiento acústico, exigidos por la norma técnica de la autoridad urbanística.

El Estado, junto con los operadores aeroportuarios, pueden establecer fondos compensatorios o de confinamiento para mejorar las condiciones acústicas de las comunidades que ya se

encuentran afectadas por el ruido, priorizando aquellas poblaciones vulnerables más afectadas por estos eventos acústicos.

Actualmente, estos tres pilares (emisión, territorio y protección acústica) operan de forma fragmentada en el marco institucional chileno, lo que impide una respuesta pronta, coherente y efectiva al problema del ruido aeroportuario. Por ello, se propone que la normativa a crear contemple un instrumento técnico y legal que articule estos tres componentes, promoviendo una gestión integrada y sustentable del entorno aeroportuario, de esta forma, se podría controlar no solo cuanto ruido se genera, sino también cómo, donde y a quién afecta, evitando que más personas se instalen en zonas de alto impacto y asegurando una respuesta adecuada al problema.

3.4.7. De las Medidas de Reducción.

La autoridad competente debería realizar estudios y análisis para tomar medidas de reducción de ruido de origen, gestión y ordenación de suelo. La autoridad competente deberá promover la modernización de las flotas de los operadores aéreos, a través de la adquisición de aeronaves menos ruidosas o con mejoras tecnológicas que reduzcan el ruido desde la fuente de origen.

Algunas medidas de ordenación y gestión de suelo, tomadas directamente de la normativa europea, son:

- a) instrumentos de planificación implantados, como planes generales o definición de zonas acústicas.
- b) medidas paliativas implantadas, como normas de construcción, programas de aislamiento acústico o medidas para reducir las zonas destinadas a usos sensibles.
- c) seguimiento de la expansión de usos no adecuados.

Además, se deberán gestionar medidas de reducción de tal forma que no restrinjan la capacidad y/o operatividad de los aeropuertos y/o aeródromos, tales como:

- a) Uso preferente de pistas de aterrizaje.

- b) Modificación de procedimientos de despegue y aterrizaje de tal forma que reduzcan el ruido, como las operaciones de Descenso Continuo.

3.4.7. De las Sanciones.

Toda aeronave que supere los límites de ruido establecidos deberá ser registrada en el sistema de monitoreo, el cual será evaluado por la Superintendencia de Medio Ambiente, la cual, con a través de la DGAC, podrá abrir una investigación formal, en la que se considerará la trayectoria efectiva de la aeronave, el nivel de ruido registrado, la altura, la distancia respecto al final/inicio de pista, la zona poblacional afectada, la existencia o no de una justificación operativa válida. Las sanciones pueden clasificarse en las siguientes:

- **Leves:** exceso menor y esporádico en zona urbana, cuyo evento se encuentre en el nivel de aceptación tolerable y no sea justificable.
- **Graves:** Exceso reiterado en zona urbana, cuyo evento se encuentre en el nivel de aceptación inaceptable y no sea justificable.
- **Muy Graves:** Exceso reiterado en zona urbana, cuyo evento se encuentre en el nivel de aceptación intolerables y no sea justificable.

El valor de las multas a aplicar dependiendo de su criticidad quedará a definición de la autoridad competente.

3.4.8. Del Enfoque Equilibrado y la Introducción Progresiva.

Al verse en la necesidad de aplicar medidas de restricción operacional, se deberá realizar conforme al enfoque equilibrado establecido por la OACI, priorizando las medidas como reducción de ruido en la fuente, planificación del uso del suelo y procedimientos operacionales. Las restricciones operacionales se aplicarán como último recurso, de forma gradual y justificada técnicamente.

3.4.9. De los Roles y Responsabilidades.

- a. **Superintendencia del Medio Ambiente (SMA):** Cumplirá el rol de autoridad fiscalizadora y sancionadora en materias ambientales, donde se encargará de:

- i. Dar supervisión del cumplimiento de las normas de emisión de ruido ambiental en zonas aeroportuarias.
- ii. Administrar un sistema nacional de registro de eventos acústicos aeroportuarios.
- iii. Aplicar sanciones en caso de incumplimientos de los niveles máximos permitidos.
- iv. Exigir la instalación de estaciones de monitoreo en Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA) o mediante fiscalizaciones.
- v. Coordinar auditorías técnicas periódicas sobre la operación de los sistemas de monitoreo.

b. Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC): Será la institución técnica y operativa aeronáutica, donde se encargará de:

- i. Monitorear el cumplimiento de rutas, altitudes y procedimientos operacionales establecidos para mitigar ruido.
- ii. Investigar técnicamente los desvíos de trayectoria y otros factores operativos que contribuyan a eventos ruidosos, en caso de ser requerido por la SMA.
- iii. Proveer información de vuelos, trayectorias y condiciones operacionales a la SMA para investigación ambiental.
- iv. Aplicar sanciones por infracciones aeronáuticas que afecten la generación de ruido, sin intervenir en las sanciones ambientales.
- v. Participar en mesas técnicas de coordinación con la SMA y el MMA para actualización de procedimientos compatibles con mitigación de ruido.

c. Ministerio de Medio Ambiente: Será(es) la institución que norma y coordina las políticas públicas en temas ambientales, donde se encargará de:

- i. Elaborar y actualizar normas primarias y secundarias de emisión de ruido aplicables al entorno aeroportuario.
- ii. Definir metodologías técnicas para el monitoreo, medición y evaluación del ruido aeronáutico.
- iii. Apoyar técnica y normativamente a la SMA en la fiscalización de los eventos de ruido.
- iv. Diseñar políticas públicas para el control del ruido ambiental a nivel nacional, incluyendo el componente aeroportuario.
- v. Participar en la evaluación de los informes técnicos de monitoreo de ruido y proponer mejoras normativas.
- vi. Diseñar e implementar el sistema nacional de monitoreo de ruido aeronáutico, incluyendo estaciones, software y gestión de datos.
- vii. Financiar la instalación inicial del sistema.

d. Operadores Aeroportuarios y Aerolíneas:

Serán responsables de ejecutar las operaciones aéreas conforme a los límites normativos de ruido, las trayectorias autorizadas y los procedimientos operacionales establecidos para la mitigación acústica:

- i. Cumpliendo con los límites de emisión sonora establecidos para operaciones diurnas y nocturnas, según su tipo de aeronave, zona de operación y franja horaria.
- ii. Asegurar que su flota esté certificada bajo el Capítulo 4 del Anexo 16 de la OACI.
- iii. Reportar a la DGAC y a la SMA cualquier evento operativo que haya causado desvíos de trayectoria o aumentos sonoros atípicos, incluyendo fallas técnicas o meteorológicas.

- iv. Participar en instancias de diálogo o comités técnicos y operacionales interinstitucionales, cuando sean convocadas por la autoridad.

e. De la Ciudadanía:

Las poblaciones afectadas deberán levantar reportes de eventos de ruido a través de los medios proporcionados por la Superintendencia de Medio Ambiente, con la finalidad de abrir investigaciones y que, finalmente, trabaje en la reducción los niveles de ruido en las zonas urbanas por parte de las instituciones medioambientales.

Coordinación Interinstitucional: Con tal de asegurar una gestión eficaz de monitoreo de ruido, se recomienda la creación de un Comité Interinstitucional de Gestión del Ruido Aeronáutico, compuesto por representantes del Ministerio de Medio Ambiente, Superintendencia de Medio Ambiente, DGAC y operadores aéreos.

Este comité tendrá la función de establecer protocolos de acción ante eventos de ruido que superen los niveles permitidos y facilitar el intercambio de información y la toma de decisiones conjuntas.

Para la instalación del sistema de monitoreo de ruido, se recomienda que sea a través de una concesión mediante licitación, con tal de evitar conflictos de interés. De esta forma, será el Ministerio de Medio Ambiente la entidad licitante, definiendo los requerimientos técnicos y supervisar el cumplimiento contractual, mientras que la SMA auditará la operación, fiscalizará y evaluará si los datos generados cumplen los estándares establecidos.

El servicio concesionado se limitará a:

- Realizar la instalación y operación continua de las estaciones de monitoreo.
- Calibrar y dar mantenimiento periódico.
- Hacer el análisis técnico de datos.
- Mantener una plataforma de acceso público con visualización histórica y en tiempo real.
- Dar reporte inmediato de eventos críticos de ruido a SMA/DGAC.

3.5. De los Incentivos Positivos.

Debido a que los operadores de aeronaves deben ajustarse a la normativa local para poder encontrarse certificados para operar y, a su vez, las aeronaves tienen un alto costo de adquisición, con tal de complementar el enfoque equilibrado, se recomienda aplicar incentivos positivos como:

- Subsidios a las aerolíneas para la renovación de flotas a unas menos ruidosas.
- Preferencias operacionales en rangos nocturnos.
- Acceso preferente de slots a aeronaves con bajo impacto acústico.
- Entre otros por definir.

3.6. De los Costos Asociados.

Para estimar el costo de implementación del sistema de monitoreo, se cotizaron servicios y productos con proveedores internacionales y la empresa chilena Tecsis, especializada en monitoreo ambiental. Se consideró el valor promedio de cada estación de monitoreo, incluyendo su instalación y calibración, además de la implementación de un software de gestión centralizada, los gastos operacionales como; mantenimiento, capacitación del personal, arriendo de espacios para las estaciones de monitoreo. Algunos de estos valores fueron tomados y estimados de otros proyectos anteriores de monitoreo de ruido ambiental ofrecido por estos proveedores.

Para estimar el número adecuado de estaciones de monitoreo acústico en el aeropuerto Arturo Merino Benítez (AMB-SCEL), se utilizó una estrategia comparativa basada en aeropuertos internacionales de características similares, considerando su volumen de operaciones anuales y la cantidad de estaciones instaladas actualmente.

A modo de referencia, los siguientes datos fueron considerados:

	Promedio Operaciones Aéreas		
	Heathrow	AP Madrid	AMB (SCL)
	473,965	420,182	163,967
Número de Estaciones de Monitoreo	39	22	3

Tabla 23: Referencia de número de operaciones aéreas de Heathrow (UK), Madrid (España) y AMB (Chile) (Heathrow, AENA, JAC, 2025).

Para estimar el número de estaciones de monitoreo para los aeropuertos/aeródromos de Chile, se puede hacer una proporcionalidad entre las operaciones del país con respecto a aeropuertos que cuentan con sistemas de monitoreo implementados. La proporcionalidad se calculará de la siguiente forma:

Ecuación 5: Proporcionalidad de estimación de estaciones de monitoreo (Autoría propia)

$$k = \frac{\text{Movimientos anuales en dichos aeropuertos}}{\text{Estaciones en aeropuertos de referencia}}$$

De esta forma:

	Promedio Operaciones Aéreas	
	HeathRow	AP Madrid
	473,965	420,182
Número de Estaciones de Monitoreo	39	22
k	0.0000823	0.0000524

Tabla 24: Cálculo de número de proporcionalidad para estimar número de estaciones de monitoreo (Autoría Propia).

Por consiguiente:

Promedio Operaciones Aéreas AMB (SCL)	163,967	163,967
k	0.0000823	0.0000524
Número de Estaciones de Monitoreo AMB	13	9

Tabla 25: Cálculo de Número de estaciones de monitoreo proporcionales para AMB (Autoría propia).

Debido a que no existe una norma que indique la cantidad de estaciones de monitoreo para el nivel de operaciones de un aeropuerto, sino más bien en base a los estudios medioambientales que se realicen en torno a las trayectorias de las aeronaves, no se determinará cuántas estaciones de monitoreo utilizar para AMB (13 o 9). Sin embargo, para que los estudios de ruido tengan mayor redundancia dentro del sistema, sería óptimo utilizar un valor de proporcionalidad “k” de 0.0000823.

De esta forma

Ítem	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Estaciones de Monitoreo de Ruido	13	\$20,000	\$260,000
Instalación de Estaciones	13	\$2,500	\$32,500
Software de Monitoreo y Análisis	1 licencia	\$100,000	\$100,000
Capacitación de Personal	5 personas	\$5,000	\$25,000
Mantenimiento Trimestral (anual)	13 estaciones	\$2,800	\$36,400
Arrendamiento de Espacios	13 ubicaciones	\$1,200	\$15,600
Servicio de Monitoreo Tercerizado (anual)	1 contrato	\$70,000	\$70,000
Contingencias y Otros Gastos	-	-	\$50,000
Total Estimado	-	-	\$589,500

Tabla 26: Costos asociados a la implementación de un sistema de monitoreo para un aeropuerto con 13 estaciones de monitoreo. Se incluyen valores unitarios estimados.

Importante recordar que el aeropuerto de Santiago ya cuenta un sistema de monitoreo de ruido constante debido a su Resolución de Calificación Ambiental. Por lo tanto, la tabla anterior tiene como finalidad el considerar la inclusión y adquisición de más estaciones de las que cuenta el aeropuerto actualmente. Y demás valores, sirven como referencia para la implementación a nivel nacional.

En caso de querer estimar la cantidad de estaciones de monitoreo para un aeropuerto o aeródromo distinto, se deberá tener en consideración el valor de proporcionalidad $k=0.0000823$, multiplicandolo por el número anual de operaciones aéreas del AD/APTO.

3.9. De los Beneficios Esperados.

La implementación de una normativa específica para el monitoreo y control del ruido generado por operaciones aeroportuarias representaría un avance significativo tanto para la protección ambiental como para la sostenibilidad del transporte aéreo en Chile. A través de una base normativa se esperan alcanzar los siguientes beneficios:

1. Mejoras en la salud pública y la calidad de vida de las comunidades aledañas a los aeropuertos, reduciendo casos de trastornos del sueño e incidencia de enfermedades asociadas a la contaminación acústica.
2. Modernización progresiva de las flotas aéreas hacia aeronaves certificadas bajo normas acústicas más estrictas y la aplicación de técnicas operacionales de mitigación.
3. Fortalecimiento de la gobernanza ambiental y aeronáutica, evitando conflictos de competencia entre instituciones, mejorando la capacidad técnica del Estado para abordar conflictos socioambientales aeroportuarios.
4. Transparencia, participación ciudadana y control social.
5. Compatibilización del crecimiento aeroportuario con el desarrollo sustentable.

CONCLUSIONES

A través de esta memoria se abordó el tema del ruido generado por las aeronaves el cual, aunque forma parte del funcionamiento diario de los aeropuertos, ha sido omitido en la normativa ambiental de Chile. A lo largo del análisis, se observó que Chile no cuenta con una legislación ambiental concreta que regule, controle o establezca el impacto acústico de las actividades aéreas, lo que genera un notable vacío jurídico y deja a las comunidades en riesgo sin una protección adecuada.

Actualmente, los únicos instrumentos que abordan de manera parcial esta situación son las DAN 91, 92 y 121, emitidas por la DGAC, que exigen certificación internacional de ruido para las aeronaves y establecen márgenes técnicos para trayectorias y niveles de vuelo. Sin embargo, estas acciones se sitúan en un contexto técnico-operativo, sin conexión con criterios de salud pública, urbanismo o involucramiento de la comunidad.

A partir del análisis realizado, se propuso una normativa integral de supervisión y disminución del ruido generado por aeronaves, que no solo abarca la evaluación y sanción de los incidentes de ruido, sino que también incorpora herramientas de ordenación territorial, gestión interinstitucional, incentivos para la modernización de la flota, y medidas de protección para viviendas en zonas vulnerables. Esta iniciativa se basa en el enfoque

equilibrado de la OACI y en las destacadas prácticas de la Unión Europea y Estados Unidos, adaptándolas al contexto chileno.

Asimismo, se definieron con las funciones que deberían cumplir varias instituciones públicas, tales como el Ministerio del Medio Ambiente, la Superintendencia del Medio Ambiente y la DGAC, lo que demuestra la viabilidad de establecer una gobernanza compartida para enfrentar este desafío ambiental desde distintas perspectivas.

A través de este estudio, se reconoció que la cuestión del ruido aeronáutico no se resuelve solo con más tecnología o aviones de mejor calidad, sino también con decisiones políticas, regulaciones ambientales actuales y una visión territorial a largo plazo. El desafío consiste en pasar de una mentalidad reactiva a una gestión proactiva, que reconozca que la aviación no puede avanzar perjudicando la salud y el bienestar de los habitantes cercanos.

Para finalizar, gestionar el ruido de los aviones no solo es necesario, sino que también es factible. Existen experiencias internacionales, recursos técnicos disponibles y fundamentos legales apropiados para avanzar en ese aspecto. Este documento busca aportar a esa conversación, presentando una propuesta concreta y viable que promueva una aviación más sostenible y socialmente justa para Chile.

ANEXOS

Anexo 1: Solicitud de Información a la Superintendencia de Medio Ambiente por motivos de Ruido Aeronáutico, a través de Ley de Transparencia.



ORD N° 543

ANT.: Solicitud N° AW003T0009358
Superintendencia del Medio Ambiente.

MAT.: Responde solicitud de información.

Santiago, 10 de marzo de 2025

DE: BRUNO RAGLIANTI SEPÚLVEDA
FISCAL
SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE

A: SR. PABLO RIVERA DURAN

Con fecha 22 de febrero de 2025, esta superintendencia recibió su requerimiento de información pública, y conforme a lo dispuesto en la Ley N° 20.285 sobre Acceso a la Información Pública, fue registrado con el folio N° AW003T0009358. En él, se expresa lo siguiente:

"Solicito información acerca de las estadísticas de reportes/reclamos/denuncias recibidas por la Superintendencia de Medio Ambiente en cuanto a ruido aeroportuario/operaciones aéreas a nivel país."

De acuerdo al texto transcrito, informamos que adjunto al presente oficio podrá encontrar una planilla en formato Excel, que contiene el listado de la totalidad de denuncias ingresadas a este servicio que se encuentren asociadas a ruidos por operaciones aéreas.

Se hace presente que el decreto supremo N 38, de 2011, que establece la norma de emisión de ruidos, señala en su artículo 5° que "La presente norma no será aplicable al ruido generado por: (...) b) El tránsito aéreo." En este sentido, aquellas denuncias que indican "derivación total", se deben a la falta de competencia de este servicio para conocer de los ruidos denunciados, toda vez que -en su mayoría- se encontrarían asociadas a tránsito aéreo.

Sin otro particular, le saluda atentamente,

Por Orden de la Superintendente del Medio Ambiente
(Res. Ex. N° 596 de fecha 03 de abril de 2023)

BRUNO RAGLIANTI SEPÚLVEDA
FISCAL
SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE

MPMA

Anexo 2: Estadísticas de Operaciones Aéreas de Chile desde 2016 a 2023 por Aeródromo/Aeropuerto (Junta de Aeronáutica Civil, 2016 - 2023).

AEROPUERTO/AERÓDROMO			OPERACIONES ANUALES							
OACI	NOMBRE	LUGAR	2,016	2,017	2,018	2,019	2,020	2,021	2,022	2,023
SCAP	AD. ALTO PALENA	PALENA	712	227	326	143	151	90	143	255
SCAR	AP. CHACALLUTA	ARICA	5,774	7,089	7,201	7,736	3,482	4,174	5,063	5,884
SCAS	AD. PUERTO AYSEN	PUERTO AYSEN	287	376	463	183	234	136	562	429
SCAT	AP. DESIERTO DE ATACAMA	CALDERA	4,367	5,468	5,344	5,182	2,255	3,978	5,116	5,437
SCBA	AD. BALMACEDA	BALMACEDA	4,405	4,498	4,890	5,525	3,358	3,937	4,951	4,185
SCCC	AD. CHILE CHICO	CHILE CHICO	73	49	47	81	119	319	764	572
SCCF	AD. EL LOA	CALAMA	10,228	11,911	14,131	16,502	8,964	11,586	12,572	15,456
SCCH	AD. B.O'HIGGINS	CHILLÁN	14,565	9,171	9,829	11,298	5,891	9,595	12,798	13,716
SCCI	AP. CARLOS IBAÑEZ DEL CAMPO	PUNTA ARENAS	12,214	12,151	14,113	13,774	6,524	7,871	10,521	10,583
SCCV	AD. CURACAVI	CURACAVÍ	3,592	2,213	3,685	4,025	970	-	3,195	2,813
SCCY	AD. TTE. VIDAL	COYHAIQUE	5,450	4,779	2,756	3,052	2,987	4,294	4,425	3,681
SCDA	AP. DIEGO ARACENA	IQUIQUE	14,476	15,919	15,750	16,031	10,446	14,942	16,151	16,861
SCEL	AP. A.M.B.	SANTIAGO	141,180	155,830	167,161	174,847	84,170	101,755	139,457	161,199
SCES	EL SALVADOR	EL SALVADOR	500	706	430	431	165	393	850	1,250
SCFA	AP. ANDRES SABELLA	ANTOFAGASTA	17,482	16,884	17,352	17,330	12,129	15,846	16,798	17,360
SCFM	AD. PORVENIR	PORVENIR	1,971	1,929	1,931	1,980	623	878	1,415	1,298
SCFT	AD. FUTALEUFU	FUTALEUFÚ	290	238	166	428	180	208	266	330
SCGE	AD. MARIA DOLORES	LOS ÁNGELES	4,437	3,359	3,708	4,804	5,221	5,232	4,907	6,447
SCGZ	AD. PTO. WILLIAMS	PTO. WILLIAMS	1,288	1,530	1,419	1,460	424	1,002	1,349	1,385
SCHR	AD. COCHRANE	COCHRANE	884	434	240	807	203	237	382	471
SCHC	AD. CHICUREO	CHICUREO	-	-	-	-	-	-	168	-
SCIC	AD. GRAL. FREIRE	CURICÓ	2,694	4,062	4,219	3,928	3,194	3,494	4,771	4,884
SCIE	AD. CARRIEL SUR	CONCEPCIÓN	16,986	17,761	22,434	23,671	18,038	19,633	25,803	28,308
SCIP	AP. MATAVERI	I. DE PASCUA	1,089	1,159	1,274	1,447	531	262	284	714
SCIM	AD. ISLA MOCHA	ISLA MOCHA	-	-	2,121	3,717	1,417	854	2,146	1,063
SCIR	E.A. ROBINSON CRUSOE	ISLA ROBINSON CRUSOE	791	831	763	1,029	511	432	457	498
SCJO	AD. CAÑAL BAJO	OSORNO	5,931	3,830	4,252	4,305	2,615	6,092	9,352	12,166
SCLC	MUNICIPAL DE VITACURA	SANTIAGO	286	1,767	1,689	277	-	15	-	841
SCLL	AD. VALLENAR	VALLENAR	1,119	460	422	925	178	250	213	614
SCMK	AD. MELINKA	MELINKA	4,801	4,945	5,350	5,453	1,459	1,327	3,966	5,214
SCNT	AD. PUERTO NATALES	NATALES	349	540	644	629	679	826	1,379	1,838
SCON	AD. QUELLON	CHIOE	781	548	687	776	228	153	606	501
SCPF	AD. MARCEL MARCHANT	PTO. MONTT	20,419	18,290	22,268	20,275	11,555	14,845	17,282	20,476
SCPM	AD PICHILEMU	PICHILEMU	76	-	-	-	-	-	-	231
SCPQ	AD. MOCOPULLI	DALCAHUE	908	947	930	787	295	1,391	1,564	1,405
SCQP	AP. LA ARAUCANIA	FREIRE	7,858	8,377	9,230	9,749	5,569	8,233	10,104	10,565

SCRD	AD. RODELILLO	VIÑA DEL MAR	11,780	14,496	14,397	15,311	8,446	12,357	20,771	12,636
SCRM	AD. TTE. MARSH	ANTARTICA	191	237	284	334	223	110	238	356
SCSE	AD. LA FLORIDA	LA SERENA	11,316	13,966	15,345	13,818	10,080	14,423	15,435	18,035
SCSN	AD. SANTO DOMINGO	SANTO DOMINGO	12,455	12,567	11,608	16,546	7,231	12,598	13,091	9,508
SCTB	AD. EULOGIO SANCHEZ ERRAZURIZ - TOBALABA	SANTIAGO	48,318	46,775	49,290	41,196	21,057	29,986	35,378	37,352
SCTE	AP. EL TEPUAL	PTO. MONTT	15,854	16,521	15,434	16,273	8,912	13,115	15,562	17,028
SCTN	AD. NUEVO CHAITEN	CHAITÉN	3,570	3,573	3,669	4,304	2,935	4,369	5,343	5,185
SCVD	AD. PICHROY	VALDIVIA	1,955	2,049	2,276	3,002	1,416	2,152	3,330	4,411
SCVM	AD. VIÑA DEL MAR	VIÑA DEL MAR	11,371	13,109	14,243	15,885	10,783	10,109	4,721	10,037
SCVH	STGO/ AD LA VICTORIA DE CHACABUCO	SANTIAGO	-	468	473	807	-	-	370	-
SCQK	AD. LEQUECAHUE	TIRUA	-	-	2,088	2,543	2,363	-	-	-
SCTS	AD. SANTA TERESA DEL ALMENDRAL	MELIPILLA	-	-	-	205	-	183	182	-
SCOV	AD. EL TUQUI	OVALLE	-	-	-	181	-	-	-	-
SCRG	AD MIL LA INDEPENDENCIA	RANCAGUA	-	-	-	13,867	11,947	15,285	17,373	15,481
SCVI	AD. VILLARICA	VILLARICA	-	-	-	-	20	-	-	745
SCPC	AD. PUCON	PUCON	-	-	-	-	8	-	-	-
SCVL	AD LAS MARIAS	VALDIVIA	-	-	-	-	-	111	-	-
SCPD	AD. PELDEHUE	COLINA	-	-	-	-	-	281	15,931	23,408
SCVV	AD. LOS MAITENES DE VILLA VIEJA	LA UNION	-	-	-	-	-	171	-	677
SCTL	AP. PANGUILEMO	TALCA	-	-	-	-	-	-	1,130	76
TOTAL			425,073	442,039	476,332	506,859	280,186	359,530	468,635	513,865

Anexo 3: Tabla de Total de Eventos de Ruido Reportados en las Estaciones de Monitoreo Campo Alegre, Jardines del Sur y Hentelenfu desde 2015 a 2023 durante el día (07:00 a 23:00 hrs), alrededor del Aeropuerto Arturo Merino Benitez de Santiago de Chile.

	Total de Eventos Reportados en Estación de Monitoreo Campo Alegre durante el día (07:00 - 23:00)									Total de Eventos Reportados en Estación de Monitoreo Jardines del Sur durante el día (07:00 - 23:00)									Total de Eventos Reportados en Estación de Monitoreo Huentelenfu durante el día (07:00 - 23:00)								
dB	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
60	0	0	0	0	0	116	80	18	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	10	0	0	0	0	187	175	64	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
62	12	0	0	0	0	236	256	165	280	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
63	14	0	0	0	0	362	359	304	475	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1177	2448	2015	1624	2140	1468	1810	2900	2641
64	13	0	0	0	0	442	476	556	774	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1601	3404	2852	2496	2904	1893	1998	3683	3190
65	11	0	0	0	0	627	607	989	1211	1371	2383	2304	1134	2220	916	936	1885	1638	2219	4925	4010	3506	3796	2385	2018	4127	3388
66	15	0	0	0	0	860	774	1676	1627	985	1752	1492	926	1518	717	758	1269	1097	2642	5431	4570	3677	4494	2521	1914	4068	3139
67	18	0	0	0	0	1075	960	2331	2300	731	1324	1073	812	1107	627	683	803	807	2343	4327	4114	3241	4259	1880	1675	3176	2748
68	13	0	0	0	0	1152	1155	2702	2616	591	1173	861	728	939	642	683	613	594	1623	3278	3159	2793	3607	1224	1474	2162	2157
69	30	0	0	0	0	1314	1376	3066	2744	483	1064	743	660	784	607	770	504	499	1405	2624	2501	2994	2983	872	1429	1321	1450
70	1546	3327	1880	2648	3927	1967	1908	3593	2799	398	912	641	646	654	540	746	518	557	1278	2371	2602	3528	2613	829	1564	963	1209
71	2073	4219	2414	3209	4779	2230	2450	4242	3009	371	924	586	678	636	544	768	444	630	1315	2549	2764	4093	2418	753	1455	812	1229
72	2892	5203	3378	3558	5035	2273	2723	4817	3336	359	814	616	733	610	504	764	503	711	1060	2290	2682	3835	2074	701	1220	780	1177
73	3223	5351	3990	3257	4583	2039	2468	4579	3646	322	788	694	1039	719	541	816	525	766	743	1740	2240	3313	1920	548	881	709	1055
74	2489	4404	3849	2608	4095	1808	2226	4203	3383	287	811	907	1579	943	603	1012	502	848	493	1435	1872	2899	1456	431	736	614	876
75	1629	3738	3628	2259	3903	1476	1685	3466	3086	298	854	1163	2155	1196	694	1180	473	943	371	1010	1383	2157	982	347	499	461	655
76	1184	2899	3276	1740	2785	1083	1226	2726	2545	309	903	1551	2832	1361	800	1543	436	983	241	624	846	1237	536	253	313	349	459
77	940	2109	2532	1185	1752	779	908	2063	1837	429	1080	1803	3396	1733	903	1980	458	1163	172	389	437	599	281	182	222	205	314
78	823	1586	1722	814	1092	602	733	1581	1356	710	1530	2251	4398	2487	944	1999	497	1323	120	243	297	344	182	109	120	136	171
79	589	1065	1118	516	790	389	588	1186	983	1075	2398	3194	6088	3024	813	1867	523	1412	87	159	220	228	130	68	91	95	106
80	309	573	608	329	527	305	385	844	675	1057	2546	3356	6070	2616	643	1554	526	1212	74	164	133	174	75	48	67	58	82
81	208	356	341	232	418	226	324	592	491	623	1707	2582	4714	1795	490	1033	430	816	38	96	110	95	36	42	46	50	47
82	120	231	234	188	305	140	223	475	335	243	822	1344	2533	852	333	503	274	512	34	70	68	74	32	20	39	47	35
83	81	151	111	151	191	104	151	264	198	100	324	613	1005	332	190	223	120	317	19	39	51	78	20	22	35	16	14
84	59	76	63	136	104	58	75	181	133	79	174	339	524	159	85	127	57	147	7	14	39	48	17	14	18	4	8
85	18	50	37	98	97	40	42	103	76	39	114	208	325	88	42	64	32	56	1	11	28	45	9	13	15	0	5
86	19	28	26	55	37	18	24	67	61	30	54	136	174	43	41	35	16	31	3	2	25	21	5	4	15	1	2
87	13	22	13	34	29	6	19	40	35	27	44	98	109	41	24	27	11	25	0	1	10	9	1	2	7	0	1
88	4	15	9	27	22	9	4	19	31	16	34	65	86	27	22	15	16	44	1	0	1	3	0	1	2	0	2
89	6	5	1	19	14	3	8	13	28	14	42	62	70	23	21	17	20	27	1	0	7	3	0	1	5	1	0
90	6	1	4	12	7	2	3	6	15	16	39	66	75	17	20	23	16	29	0	0	1	1	0	1	5	0	0
91	3	2	0	7	7	3	1	8	11	17	36	87	113	15	32	45	21	27	0	1	4	1	0	0	2	1	0
92	2	1	1	8	1	2	0	4	8	17	33	78	79	9	27	42	8	27	0	1	1	1	0	0	0	0	0
93	1	1	0	2	1	0	1	1	8	9	18	20	41	8	18	16	4	17	0	0	3	0	0	0	0	0	0
94	2	1	1	2	2	1	1	1	1	3	7	13	30	4	10	33	6	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0
95	0	0	1	1	1	2	0	2	1	0	1	8	11	5	9	21	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
96	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	2	10	13	1	2	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
97	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	7	4	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0

98	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	7	4	0	1	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
99	1	1	0	0	0	0	0	1	0	2	3	3	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	4	3	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102	2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 4: Tabla de Total de Eventos de Ruido Reportados en las Estaciones de Monitoreo Campo Alegre, Jardines del Sur y Hentelenfu desde 2015 a 2023 durante la noche (23:00 a 07:00 hrs), alrededor del Aeropuerto Arturo Merino Benitez de Santiago de Chile.

	Total de Eventos Reportados en Estación de Monitoreo Campo Alegre durante la noche (23:00 - 07:00)									Total de Eventos Reportados en Estación de Monitoreo Jardines del Suir durante la noche (23:00 - 07:00)									Total de Eventos Reportados en Estación de Monitoreo Jardines del Suir durante la noche (23:00 - 07:00)								
dB	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
50	0	0	0	0	0	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
51	0	0	0	0	0	9	6	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
52	0	0	0	0	0	10	5	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
53	0	0	0	0	0	7	19	10	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
54	0	0	0	0	0	29	23	20	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
55	0	0	0	0	0	41	36	23	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
56	0	0	0	0	0	65	52	34	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
57	0	0	0	0	0	76	80	67	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
58	0	0	0	0	0	108	127	93	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
59	0	0	0	0	0	144	156	132	101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
60	0	0	0	0	0	152	189	167	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
61	14	0	0	0	0	208	279	230	204	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
62	10	0	0	0	0	201	273	274	316	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
63	7	0	0	0	0	221	238	296	342	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81	275	290	261	352	327	390	687	589
64	6	0	0	0	0	202	256	390	360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	116	304	341	349	476	435	418	788	683
65	8	0	0	0	0	170	249	364	403	9	33	52	77	118	113	121	220	147	92	304	310	470	648	420	397	837	674
66	3	0	0	0	0	155	244	369	399	16	39	50	66	85	105	117	185	100	148	360	439	555	752	443	390	780	630
67	8	0	0	0	0	190	248	407	462	25	35	44	73	75	127	153	145	78	231	471	520	640	829	379	405	595	656
68	1	0	0	0	0	180	261	429	483	18	41	68	66	64	144	189	158	92	265	585	621	637	838	334	416	483	681
69	1	0	0	0	0	171	298	476	500	19	53	42	59	105	142	207	191	121	434	818	852	868	985	385	480	561	789
70	15	69	52	108	428	300	334	606	509	25	48	62	100	146	140	232	221	199	622	1186	1198	1158	1294	500	536	646	983
71	19	68	44	135	513	388	362	649	525	18	68	68	135	261	130	228	228	386	739	1440	1491	1483	1633	660	584	720	1169
72	20	48	44	228	492	387	355	751	523	25	79	93	188	388	143	224	344	579	692	1430	1522	1816	1666	736	495	720	1107
73	24	39	50	225	529	378	268	709	552	26	96	146	219	297	132	291	396	673	571	1346	1465	1725	1509	490	357	589	854
74	16	42	45	181	460	295	258	634	500	62	188	276	365	370	184	296	389	802	434	1228	1289	1419	1313	336	324	451	633
75	13	38	41	197	540	250	195	536	469	148	438	712	729	708	302	412	478	1051	288	925	1036	1113	949	261	206	337	427
76	16	18	31	135	374	162	167	495	391	291	937	1325	1258	1179	391	635	716	1324	244	540	622	608	676	216	161	284	361
77	11	28	32	140	292	176	164	358	357	480	1347	1644	1708	1572	536	772	1067	1678	172	305	313	327	339	97	101	220	286
78	12	10	25	97	200	128	125	293	236	664	1637	2002	2101	2146	756	790	1054	1654	111	198	168	258	233	96	76	109	189
79	6	22	14	76	121	107	110	262	168	1106	2233	2453	2514	2548	823	747	855	1530	80	106	102	190	105	69	51	87	120
80	6	10	9	65	90	97	79	173	143	1139	2495	2623	2801	2542	761	647	1027	1330	45	53	73	68	79	44	32	50	65
81	3	8	16	32	77	55	60	128	104	766	1863	2093	2317	2081	595	507	980	1083	34	63	64	61	54	26	23	50	50
82	2	9	13	27	43	30	46	80	62	400	1101	1108	1405	1357	448	388	656	805	20	36	37	54	33	28	30	33	33
83	0	5	2	21	29	14	20	31	41	238	484	385	535	571	221	197	383	446	11	25	15	24	14	34	35	18	24
84	1	3	2	13	26	5	8	25	15	201	322	199	294	264	67	73	172	219	5	10	4	13	8	34	23	10	11
85	2	3	2	8	18	3	7	11	9	150	149	114	190	170	25	51	68	91	3	2	0	6	3	28	16	7	9
86	0	1	3	6	6	2	3	10	6	51	68	60	132	106	11	46	28	43	2	0	2	0	1	4	6	0	2
87	0	1	1	3	11	2	0	1	2	34	55	63	67	73	22	27	24	29	1	1	1	2	0	2	5	1	0
88	0	1	0	5	5	1	1	3	0	29	83	83	96	102	48	44	28	30	0	0	0	0	1	2	4	0	1
89	0	0	0	1	6	0	0	1	2	20	96	53	135	79	62	56	50	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	1	1	1	0	0	1	21	33	25	59	39	41	31	43	37	1	0	0	0	0	0	1	0	0
91	0	0	0	1	1	0	0	0	1	25	27	41	49	37	35	28	26	39	0	0	0	1	0	0	0	0	0

92	0	0	0	1	1	0	0	0	0	45	28	36	29	38	53	38	42	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0
93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	20	19	10	21	26	24	28	15	0	0	0	0	0	0	1	0	0
94	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	10	1	9	16	34	30	12	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	7	5	16	5	37	27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	4	2	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
104	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 5: Tabla de Nivel de Presión Sonora mensual por Estación de Monitoreo, considerando el Lden (medición diurna desde las 07:00 a 23:00) y Lnight (medición nocturna desde las 23:00 a 07:00), alrededor del Aeropuerto Arturo Merino Benitez de Santiago de Chile.

Año	Campo Alegre			Jardines del Sur			Huentelenfu		
	Mes	NPL		Mes	NPL		Mes	NPL	
2015	Mes	Lden	Lnight	Mes	Lden	Lnight	Mes	Lden	Lnight
	Jul	63.4	55	Jul	67.6	61.5	Jul	65.5	58.5
	Ago	62.6	54.1	Ago	67	60.8	Ago	65.3	58.4
	Sep	65.8	58	Sep	67.5	60.8	Sep	66	59
	Oct	66.7	59.1	Oct	67.8	61.4	Oct	71.2	64.9
	Nov	65	58	Nov	69.2	62.7	Nov	67.2	60.4
	Dic	65	57.9	Dic	69	62.6	Dic	66.7	59.9
2016	Ene	63.7	56.5	Ene	68.6	62.5	Ene	66.9	60.4
	Feb	63.4	55.8	Feb	68.8	62.5	Feb	67.1	60.5
	Mar	63.5	54.7	Mar	67.5	61	Mar	65.4	58.1
	Abr	63.8	54.8	Abr	67.4	61.2	Abr	65.2	57.8
	May	63.8	56.4	May	66.9	60.5	May	65	57.5
	Jun	64.3	57	Jun	67.1	60.8	Jun	64.2	56.5
	Jul	65.2	58.1	Jul	67.7	61.4	Jul	65.2	57.7
	Ago	63.5	56.1	Ago	68	61	Ago	66.2	59
	Sep	63.6	55.3	Sep	68	61	Sep	64.7	57.8
	Oct	63.1	55.3	Oct	67.2	61.1	Oct	65.5	58.7
	Nov	62.4	54.4	Nov	69.1	62.6	Nov	65.5	58.3
	Dic	63.2	56.3	Dic	69.2	62.8	Dic	66.8	60.3
2017	Ene	62.7	55.7	Ene	68.3	62.2	Ene	67.7	61.5
	Feb	60.7	52.5	Feb	68.8	62.5	Feb	66.9	60.5
	Mar	61.9	53.6	Mar	67.6	61.3	Mar	67	60.5

	Abr	61.5	53	Abr	67	60.9	Abr	63.7	56.6
	May	63	55.1	May	67.6	61.3	May	64.3	57.1
	Jun	62.8	54.8	Jun	67.9	61.3	Jun	64.2	56.1
	Jul	66	58.9	Jul	68.5	62.2	Jul	64.9	57.7
	Ago	64.3	56.7	Ago	68	61.6	Ago	64.7	57
	Sep	64.3	56.4	Sep	67.9	61.3	Sep	65.5	58.4
	Oct	64.3	57.5	Oct	68.8	61.7	Oct	65.1	57.7
	Nov	65	58.4	Nov	69.3	62.5	Nov	65.5	58.4
	Dic	64.9	58.1	Dic	69.6	63.1	Dic	67.8	61.4
2018	Ene	67	58.3	Ene	142.5	136.8	Ene	65.9	59.3
	Feb	63.8	56.4	Feb	68.5	62.3	Feb	66	59.5
	Mar	64.8	58.1	Mar	68.3	61.7	Mar	64.8	57.7
	Abr	71.4	65.3	Abr	67.9	61.1	Abr	64.6	57.4
	May	64.8	57.8	May	68.7	62.2	May	64.6	57.3
	Jun	64	56.8	Jun	68.9	62.1	Jun	64.3	56.7
	Jul	65	57.9	Jul	69.2	62.4	Jul	65	57.4
	Ago	66.1	59.4	Ago	69.1	62.3	Ago	65.5	57.8
	Sep	65.3	58.4	Sep	69.8	62.4	Sep	66.3	59
	Oct	64.4	57.5	Oct	69.8	62.8	Oct	66.2	58.7
	Nov	65.6	58.7	Nov	69.6	62.8	Nov	66.5	59.5
	Dic	66	59.3	Dic	70.1	63.5	Dic	66.9	60.2
2019	Ene	65.8	59.3	Ene	69.8	63.3	Ene	67.3	60.7
	Feb	65.3	58.7	Feb	69.7	63.2	Feb	66.3	59.6
	Mar	64.7	57.6	Mar	69.1	62.4	Mar	65.3	58.3
	Abr	65	57.9	Abr	67.5	61.5	Abr	63.6	56.2

	May	65.1	58.1	May	67.3	61.3	May	63.4	55.8
	Jun	64.4	57	Jun	67.3	61.2	Jun	63.6	55.6
	Jul	65.6	58.1	Jul	68.6	62.4	Jul	64.3	56.8
	Ago	65.2	58.4	Ago	68.7	62.1	Ago	65.1	57.5
	Sep	65.2	58.1	Sep	68.1	61.5	Sep	67.1	60.5
	Oct	63.8	56.1	Oct	67.2	61.1	Oct	66.7	60
	Nov	63.8	56.4	Nov	68.5	62.4	Nov	67.5	61.1
	Dic	64.9	57.7	Dic	68.8	62.8	Dic	67.6	61.3
2020	Ene	66.1	59.4	Ene	67.1	61.1	Ene	66.2	59.7
	Feb	64.9	58	Feb	66.8	60.8	Feb	66	59.5
	Mar	65.2	58.4	Mar	65.7	59.6	Mar	63.8	56.5
	Abr	66.9	60.4	Abr	64.1	57.5	Abr	62.5	54.2
	May	64.1	57.2	May	64	57.4	May	61.2	52.4
	Jun	61.9	54.3	Jun	64.9	58.5	Jun	61.2	52.9
	Jul	61.3	52.8	Jul	64.8	58.2	Jul	61.5	52.7
	Ago	61.9	52.4	Ago	65.2	58.7	Ago	61.8	53.3
	Sep	64.2	57	Sep	64.1	57.7	Sep	63.1	55.5
	Oct	64	56.8	Oct	64.8	58.5	Oct	65.4	58.5
	Nov	64.4	57.2	Nov	66.1	59.8	Nov	66.5	60
	Dic	64.5	57.2	Dic	67.1	60.5	Dic	66.2	59.6
2021	Ene	65.1	58.1	Ene	66.5	59.6	Ene	63.7	56.7
	Feb	61.6	54.2	Feb	66.8	60	Feb	64	56.8
	Mar	61.3	53.5	Mar	67.2	60.5	Mar	63.8	55.9
	Abr	61.1	52.5	Abr	65.9	59.2	Abr	61.5	52.7
	May	62.5	54.6	May	66.6	60	May	62.7	53.9

	Jun	66.9	60.5	Jun	66.2	59.4	Jun	62.2	53.8
	Jul	66.9	60.4	Jul	65.8	59.3	Jul	63.3	55.3
	Ago	64.3	56.8	Ago	64.9	58.6	Ago	63	54.6
	Sep	65.6	58.3	Sep	64.3	57.2	Sep	64.9	57.6
	Oct	64.7	57.1	Oct	63.5	57.3	Oct	64.4	57.7
	Nov	65.1	57.9	Nov	69.5	59	Nov	68.2	59.6
	Dic	65.6	58.6	Dic	65.7	59.6	Dic	66.2	59.8
2022	Ene	65.7	58.9	Ene	65.6	59.5	Ene	65.1	58.5
	Feb	65.1	58.3	Feb	65.5	59.3	Feb	63.1	56.2
	Mar	65.3	57.9	Mar	66.4	59.7	Mar	65.4	58.6
	Abr	65.5	58	Abr	66.1	59.7	Abr	63.1	55.7
	May	66	58.8	May	65.9	59.8	May	62.8	55.2
	Jun	67.1	60.2	Jun	65.5	59.2	Jun	63.8	56.6
	Jul	65.6	58.4	Jul	66	59.8	Jul	63.3	55.4
	Ago	64.5	56.8	Ago	65.6	59.3	Ago	63.7	55.6
	Sep	64.2	56	Sep	66.1	59.1	Sep	65.8	58.8
	Oct	63.9	55.9	Oct	67.1	60.4	Oct	66.8	60.2
	Nov	64.8	57.5	Nov	67.5	61.1	Nov	66.8	60.1
	Dic	65	57.6	Dic	67.5	61.5	Dic	67.3	60.9
2023	Ene	64.8	57.4	Ene	67.8	61.8	Ene	65.8	58.9
	Feb	64.5	57.6	Feb	67.5	61.4	Feb	64.3	57.3
	Mar	64.4	57.2	Mar	67.4	61	Mar	64	56.9
	Abr	63.8	56.1	Abr	66.3	60.2	Abr	62.5	54.8
	May	64.3	56.6	May	66.6	60.5	May	62.6	54.6
	Jun	64.4	56.6	Jun	66.6	60.5	Jun	62.9	55

	Jul	64.9	57.1	Jul	67.3	61.2	Jul	63.1	55.3
	Ago	66	58.9	Ago	67	60.8	Ago	63.9	56.7
	Sep	66.4	59	Sep	66.3	59.6	Sep	65.5	58.7
	Oct	65.2	57.5	Oct	66.5	60.1	Oct	67.1	60.6
	Nov	65.6	58.3	Nov	68.7	62.3	Nov	67.3	60.7
	Dic	64.5	57.1	Dic	68.9	62.3	Dic	67.2	60.6

Anexo 6: Tabla de Eventos de Ruido Promedio Mensual desde 2015 a 2023 durante el día (07:00 a 23:00) en Estación de Monitoreo de Campo Alegre. alrededor del Aeropuerto Arturo Merino Benitez de Santiago de Chile.

	Tabla de Eventos de Ruido Promedio Mensual desde 2015 a 2023 durante el día (07:00 a 23:00) en Estación de Monitoreo de Campo Alegre											
dB	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	2	3	0	0	2	1	0	0	0	0	0
61	1	6	9	2	1	3	4	1	1	1	0	0
62	4	14	19	3	3	4	4	1	1	1	1	1
63	10	25	26	4	5	9	7	4	2	1	1	1
64	22	37	42	7	10	12	10	4	2	2	1	4
65	29	54	48	11	25	24	19	12	5	3	2	4
66	49	62	57	20	35	31	24	17	7	5	3	5
67	61	69	74	25	54	46	44	29	14	9	5	11
68	73	64	69	21	51	53	50	46	24	20	9	15
69	75	67	70	21	42	55	53	49	32	25	12	18
70	346	344	347	248	288	212	201	171	231	222	175	201
71	398	432	386	327	374	251	267	202	293	281	216	218
72	443	453	463	394	420	324	376	293	362	319	228	244
73	413	413	435	366	431	325	415	355	417	357	239	240
74	314	330	368	309	378	303	377	303	411	322	201	189
75	255	283	300	284	334	297	336	275	372	269	163	165
76	190	201	234	213	263	246	291	248	306	201	118	118
77	127	145	160	146	173	188	219	181	225	154	89	77
78	94	102	119	102	113	132	165	131	160	102	65	58
79	71	66	82	75	78	99	104	91	109	68	40	40
80	36	33	47	54	48	54	63	60	62	46	26	22
81	16	21	31	33	29	45	52	42	42	25	20	15
82	11	16	21	20	24	34	33	27	29	18	11	12

83	10	8	11	10	19	21	21	17	19	10	6	8
84	7	7	11	5	9	13	12	15	10	9	4	3
85	6	4	7	5	5	10	7	8	7	5	3	3
86	3	2	4	4	3	5	4	4	4	4	2	3
87	2	1	5	2	1	3	3	2	3	3	1	1
88	1	1	2	3	2	2	2	3	1	2	1	2
89	0	0	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1
90	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	0	1
91	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1
92	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
94	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 7: Tabla de Eventos de Ruido Promedio Mensual desde 2015 a 2023 durante la noche (23:00 a 07:00) en Estación de Monitoreo de Campo Alegre, alrededor del Aeropuerto Arturo Merino Benítez de Santiago de Chile.

	Tabla de Eventos de Ruido Promedio Mensual desde 2015 a 2023 durante la noche (23:00 a 07:00) en Estación de Monitoreo de Campo Alegre											
dB	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
56	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
57	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0
58	1	1	0	0	1	1	0	1	1	2	1	1
59	3	1	1	0	1	3	1	2	3	2	2	1
60	2	2	3	1	1	2	2	2	2	3	3	2
61	3	3	2	3	2	3	4	4	4	4	4	4
62	8	6	6	4	4	3	6	4	6	5	4	5
63	7	6	6	4	2	5	6	5	7	6	6	3
64	4	6	9	3	4	6	7	5	7	6	4	6
65	5	5	8	3	5	8	6	8	7	7	5	7
66	6	7	6	3	5	6	8	7	7	7	4	6
67	5	6	10	3	6	6	9	7	8	9	6	10
68	6	6	9	4	4	7	7	10	13	12	4	5
69	7	8	12	5	6	5	7	11	14	10	4	4
70	13	18	15	12	19	28	19	19	26	19	12	14
71	20	22	19	17	22	22	21	15	28	22	16	15
72	23	26	18	17	21	22	24	20	26	22	13	15
73	24	27	20	18	23	18	21	21	29	24	16	18
74	21	24	18	18	19	18	16	21	22	20	13	16
75	21	23	18	19	20	21	22	17	24	19	17	17
76	17	14	12	14	16	15	16	13	23	15	12	11
77	16	15	10	10	14	14	15	14	19	11	10	9
78	12	10	7	5	9	11	11	9	10	8	8	7
79	8	7	6	4	5	10	10	6	6	5	4	3
80	6	7	3	5	3	5	6	6	6	4	4	4
81	3	4	4	3	3	6	5	6	1	4	2	4

82	2	3	3	2	3	4	4	2	2	3	1	2
83	2	1	1	1	3	1	4	3	1	0	2	0
84	1	1	1	0	2	3	0	1	1	1	1	1
85	0	1	0	0	1	1	1	2	1	0	1	1
86	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0
87	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
89	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 8: Tabla de Eventos de Ruido Promedio Mensual desde 2015 a 2023 durante el día (07:00 a 23:00) en Estación de Monitoreo Jardines del Sur, alrededor del Aeropuerto Arturo Merino Benitez de Santiago de Chile.

	Tabla de Eventos de Ruido Promedio Mensual desde 2015 a 2023 durante el día (07:00 a 23:00) en Estación de Monitoreo Jardines del Sur.											
dB	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	142	141	172	155	189	171	204	173	237	191	119	109
66	101	106	136	109	149	115	126	117	149	134	93	81
67	78	86	99	84	111	86	92	87	106	96	75	67
68	66	73	87	70	80	71	77	78	78	87	58	64
69	66	57	85	55	63	56	63	60	61	70	63	69
70	51	65	74	50	49	53	57	55	48	63	61	68
71	45	57	67	44	50	59	53	55	52	60	77	74
72	50	53	62	39	46	56	53	62	51	72	64	82
73	49	61	67	34	51	60	58	80	59	73	91	93
74	64	73	72	36	53	72	69	111	66	97	122	123
75	62	80	78	28	56	94	84	138	84	142	169	154
76	63	80	90	31	65	117	106	188	110	158	200	189
77	93	124	114	43	75	125	124	213	121	188	244	232
78	140	186	154	49	94	175	155	269	146	230	320	332
79	197	242	180	64	129	218	225	350	189	339	453	452
80	169	198	190	60	133	213	217	357	185	326	468	455
81	111	126	126	46	90	153	154	264	142	288	335	312

82	47	56	63	26	47	91	83	144	77	149	163	159
83	20	26	29	14	23	41	36	58	33	59	67	71
84	11	11	14	7	14	27	21	33	20	26	34	34
85	8	10	12	4	7	15	12	20	13	10	18	18
86	4	6	6	3	3	8	9	10	6	7	10	12
87	5	4	4	3	4	7	3	6	4	6	8	8
88	2	4	3	5	1	4	3	5	5	4	6	8
89	4	4	1	3	2	3	3	3	4	3	6	6
90	2	4	3	3	2	3	4	4	3	3	6	6
91	3	4	5	2	4	4	5	4	4	3	7	8
92	4	1	3	2	3	3	3	6	5	3	5	6
93	1	2	1	1	1	0	1	2	2	3	3	2
94	1	1	2	1	0	0	1	0	1	1	2	3
95	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
96	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
97	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
98	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
99	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
100	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 9: Tabla de Eventos de Ruido Promedio Mensual desde 2015 a 2023 durante la noche (23:00 a 07:00) en Estación de Monitoreo Jardines del Sur, alrededor del Aeropuerto Arturo Merino Benítez de Santiago de Chile.

	Tabla de Eventos de Ruido Promedio Mensual desde 2015 a 2023 durante la noche (23:00 a 07:00) en Estación de Monitoreo Jardines del Sur.											
dB	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	13	9	6	4	5	5	5	5	8	8	5	8
66	9	7	7	3	4	4	4	4	5	6	6	7
67	8	7	6	4	6	3	3	4	4	5	6	6
68	8	8	9	3	3	4	6	4	4	4	5	6
69	8	7	10	4	5	6	5	5	5	5	6	8
70	11	13	12	3	8	8	6	5	6	9	10	16
71	18	23	18	7	13	15	13	9	10	12	13	19
72	22	25	26	12	24	21	19	21	15	18	20	23
73	25	21	20	12	23	29	26	23	15	19	28	24
74	31	32	34	16	35	42	34	33	20	28	34	36
75	63	66	68	31	51	60	54	62	52	48	66	66
76	111	101	103	59	85	87	92	99	89	94	108	115
77	135	141	134	88	110	121	131	131	117	121	143	154
78	170	171	168	104	139	141	155	159	136	144	180	184
79	221	207	189	117	162	147	203	192	178	183	221	217
80	216	236	194	119	169	166	227	192	168	203	221	228
81	183	168	139	105	145	129	189	160	132	150	157	189
82	105	98	77	67	93	82	113	97	75	96	96	117
83	48	41	35	29	33	36	46	38	36	39	46	52
84	25	25	22	15	18	19	23	23	18	24	28	30
85	18	12	11	9	13	10	12	13	13	12	14	20
86	12	9	9	5	4	4	4	5	7	6	8	11
87	6	7	7	2	4	2	3	3	2	3	9	10
88	11	9	7	4	4	5	3	5	6	3	10	12
89	9	8	8	6	7	7	5	5	5	4	8	9
90	2	1	4	2	3	5	3	3	3	3	5	6
91	3	4	2	2	3	4	3	2	3	3	7	5

92	3	3	3	2	3	2	4	3	2	4	5	8
93	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	3
94	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	2
95	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1
96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 10: Tabla de Eventos de Ruido Promedio Mensual desde 2015 a 2023 durante el día (07:00 a 23:00) en Estación de Monitoreo Huentelenu, alrededor del Aeropuerto Arturo Merino Benitez de Santiago de Chile.

	Tabla de Eventos de Ruido Promedio Mensual desde 2015 a 2023 durante el día (07:00 a 23:00) en Estación de Monitoreo Huentelenu.											
dB	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
62	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
63	231	243	240	161	189	180	215	157	184	134	126	155
64	367	382	351	213	246	228	260	196	235	169	169	224
65	514	513	474	304	346	258	326	252	305	244	218	288
66	500	511	471	352	388	279	353	282	346	338	261	328
67	368	394	377	268	343	259	335	316	332	334	245	270
68	251	272	257	193	239	222	278	279	272	266	233	248
69	182	214	205	132	170	194	210	269	208	234	243	248
70	170	199	187	104	145	172	183	246	169	246	303	306
71	180	195	172	93	143	174	186	260	182	276	346	347
72	158	176	148	80	125	160	166	222	157	270	327	338
73	138	146	138	64	104	146	145	195	131	215	260	275
74	104	108	122	51	94	129	115	173	103	168	210	230
75	75	69	86	43	64	97	93	123	80	139	153	143
76	43	38	46	28	43	57	56	77	49	75	93	95
77	27	19	28	18	29	33	36	40	29	41	43	49
78	16	19	15	11	19	23	21	28	18	24	27	23
79	11	9	13	10	14	17	16	22	13	13	16	15
80	11	10	11	6	9	10	11	13	8	12	12	14
81	5	7	7	5	5	7	6	6	4	6	9	11
82	5	4	4	3	4	5	5	7	3	5	6	8
83	3	3	3	3	5	4	2	3	2	4	5	4
84	2	2	2	1	1	1	2	3	2	2	3	3
85	1	2	2	1	0	3	2	1	1	2	2	2
86	1	1	1	0	0	0	0	1	1	2	1	1

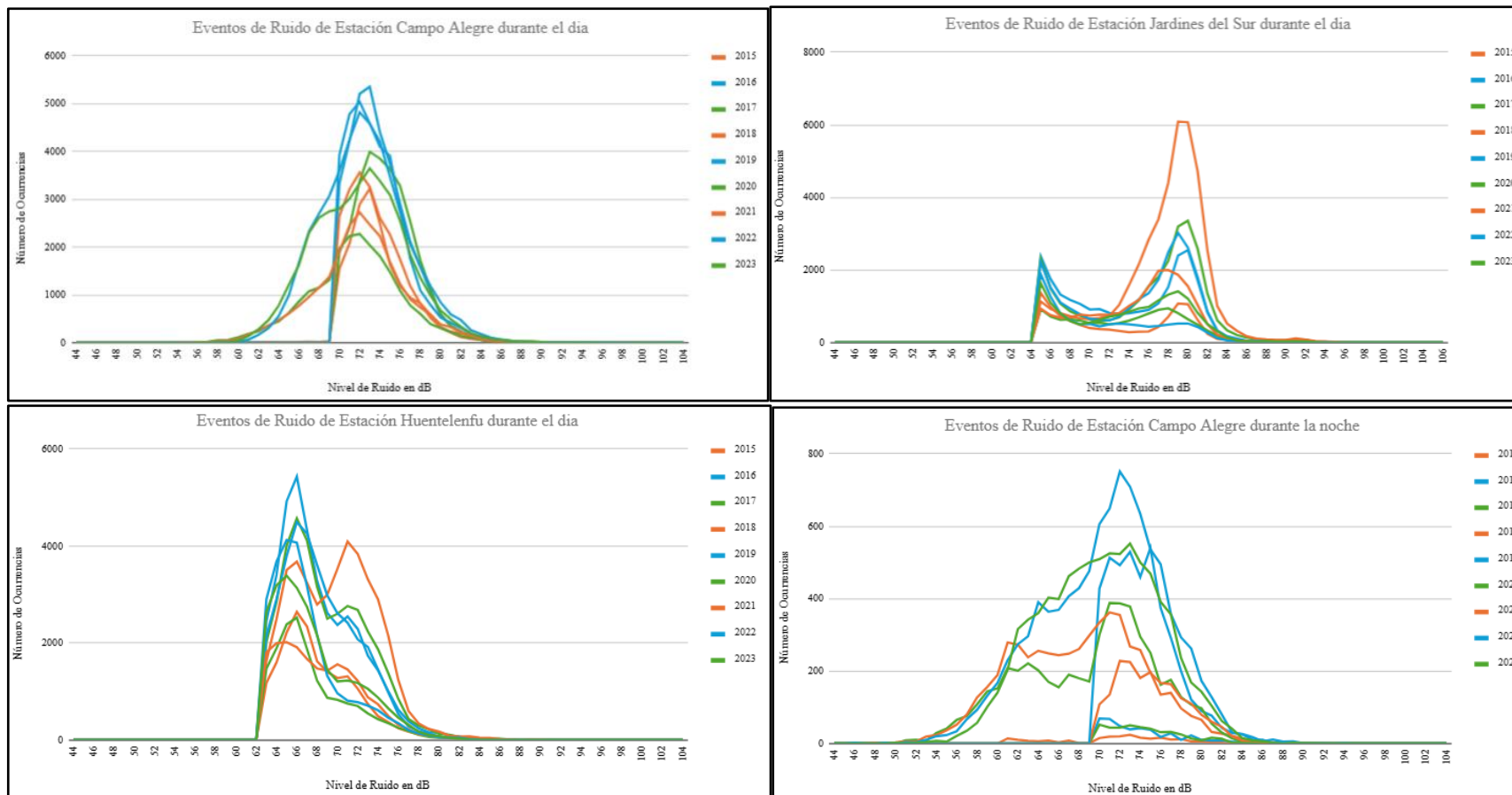
87	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
89	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
91	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

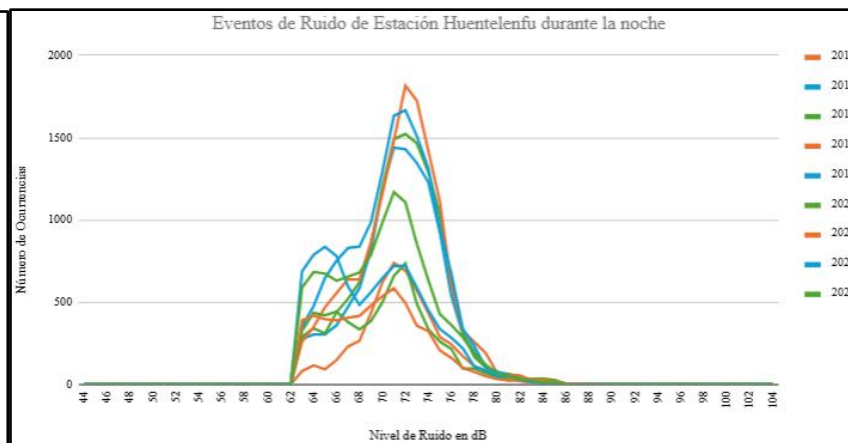
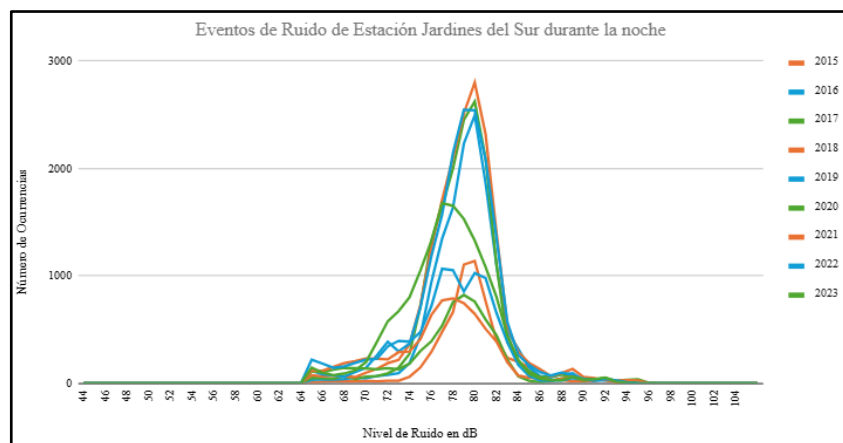
Anexo 11: Tabla de Eventos de Ruido Promedio Mensual desde 2015 a 2023 durante la noche (23:00 a 07:00) en Estación de Monitoreo Huentelenufu, alrededor del Aeropuerto Arturo Merino Benitez de Santiago de Chile.

	Tabla de Eventos de Ruido Promedio Mensual desde 2015 a 2023 durante la noche (23:00 a 07:00) en Estación de Monitoreo Huentelenufu.											
dB	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	33	33	35	21	30	32	30	28	30	24	20	22
64	44	40	37	29	41	39	37	34	32	25	26	32
65	44	45	39	35	41	44	43	41	35	26	28	38
66	51	48	44	40	45	44	56	45	39	37	34	43
67	58	60	54	39	47	60	55	54	45	40	46	53
68	61	59	60	44	62	57	64	58	44	40	50	62
69	85	95	79	41	66	72	82	78	63	60	69	74
70	114	128	106	64	81	85	111	97	78	86	106	113
71	153	148	122	77	106	101	141	119	93	108	135	142
72	155	143	117	81	116	104	143	122	102	113	137	158
73	141	124	113	77	98	100	134	113	102	108	110	135
74	116	118	106	67	87	74	104	102	78	90	93	112
75	84	73	77	56	72	58	80	74	58	72	67	89
76	54	48	49	33	47	42	49	43	38	42	48	63
77	30	25	27	18	23	26	29	23	21	23	31	39
78	22	19	20	11	10	12	14	15	14	14	28	30
79	14	11	11	8	9	7	7	9	10	11	13	16
80	9	8	6	3	4	5	5	5	6	5	8	6
81	5	4	6	2	4	4	5	4	3	5	8	9
82	3	3	3	3	3	4	2	4	3	2	6	5
83	2	1	1	1	2	2	1	1	2	1	3	4
84	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	2	1
85	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 12: Gráficos de Eventos de Ruido por Estaciones de Monitoreo correspondientes al Aeropuerto Arturo Merino Benítez de Santiago de Chile, desde 2015 a 2023, clasificados por rango horario de día - noche.





BILIOGRAFÍA

- Dirección de Operaciones, Seguridad y Servicios - Departamento de Estadísticas. (2016 - 2023). *Trafico de Pasajeros, Operaciones y Carga en los Aeropuertos Españoles*. AENA.
- Hygge, S., Evans, G., & Bullinger, M. (2002). A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in schoolchildren. *Psychol Sci*.
- Junta de Aeronáutica Civil. (2016 - 2023). *Informes Estadísticos Mensuales del Tráfico Aéreo*. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2001). *Establece Norma de Emisión de Ruidos Generados por Fuentes que Indica*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- Organización de Aviación Civil Internacional. (2008). Doc. 9829 Guidance on the Balanced Approach to Aircraft Noise Management. (pág. Chapter 4). OACI.
- Organización de Aviación Civil Internacional. (s.f.). Anexo 16 - Volumen I. OACI.
- Organización Mundial de la Salud. (1999). Guidelines for Community Noise. *Department for Protection of the Human Environment (PHE)*.
- Parlamento Europeo y del Consejo. (2002). *Directiva 2002/49/CE sobre Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental*. Diario Oficial de las Comunidades Europeas.
- Parlamento Europeo y del Consejo. (2006). *Directiva 2006/93/CE Relativa a la Regulación del Uso de Aviones objeto del Anexo 16 Convenio relativo a la aviación civil internacional, volumen 1, segunda parte, capítulo 3, segunda edición (1988)*. Diario Oficial de la Unión Europea.
- Parlamento Europeo y del Consejo. (2014). *Reglamento N° 598/2014 relativo al establecimiento de normas y procedimientos con respecto a la introducción de restricciones operativas relacionadas con el ruido en los aeropuertos de la Unión dentro de un enfoque equilibrado*. Diario Oficial de la Unión Europea.
- UK Civil Aviation Authority. (2016 - 2023). *Annual Report Data - Table 03 1 Aircraft Movements*. UK Civil Aviation Authority.
- Vivanco Font, E. (2022). Regulación de Ruido Ambiental - Casos de Chile, Unión Europea y Francia. *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (BCN)*, 2.

- World Health Organization. (2018). *Environmental Noise Guidelines for the European Region*. Copenhagen, Dinamarca: WHO Regional Office for Europe.
- Barbot, B. (2008). *Caractérisation perceptive des bruits d'avions : Influence de leur qualité sonore confrontée à la répétition des événements sur l'expression de la gêne fonctionnelle*. Université de Cergy-Pontoise: Les Thèses.
- Comisión Regional del Medio Ambiente. (2003). *Resolución de Impacto Ambiental - Resolución Exenta N° 410/2.003 Aeropuerto Arturo Merino Benítez*. Santiago de Chile: Dirección General de Aeronáutica Civil.
- Dirección General de Aeronáutica Civil. (2016). *Plan de Monitoreo de Ruido*. Santiago de Chile: Dirección General de Aeronáutica Civil.
- Dirección General de Aeronáutica Civil. (2024). *AD 2. Aeródromo Altn Carriel Sur - Concepción*. Santiago de Chile: AIP - Chile Volumen II.
- Junta de Aeronáutica Civil. (2020). *Anuario de Tráfico Aéreo*. Santiago de Chile: Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.
- Junta de Aeronáutica Civil. (2022 - 2023). *Informe del Número de Operaciones Realizadas en los Aeropuertos y Aeródromos de Chile*. Santiago de Chile: Junta de Aeronáutica Civil.
- Junta de Aeronáutica Civil. Área Técnica Económica. (2014-2023). *Informes del Número de Operaciones Realizadas en los Aeropuertos y Aeródromos de Chile*. Santiago de Chile: Junta de Aeronáutica Civil.
- Kamsu-Foguem, B. (2018). Management of Acoustic Risks for Buildings Near Airports. *Ecological Informatics* , 44-45.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2020). *Informe del Estado del Medio Ambiente*. Santiago de Chile: Ministerio del Medio Ambiente, Gobierno de Chile.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2024). Decreto 40 - Aprueba Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile - Ley Chile*, 01.
- Parlamento Europeo y del Consejo. (2014). *Reglamento N° 598/2014 relativo al establecimiento de normas y procedimientos con respecto a la introducción de restricciones operativas relacionadas con el ruido en los aeropuertos de la Unión dentro de un enfoque equilibrado*. Bruselas: Diario Oficial de la Unión Europea.

- Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea. (2002). *Directiva 2002/30/CE Sobre Evaluación y Gestión de Ruido Ambiental*. Bruselas: Diario Oficial de las Comunidades Europeas.
- World Health Organization. (2018). *Environmental Noise Guidelines for the European Region*. Copenhagen, Dinamarca: WHO Regional Office for Europe.
- Zheng, X., Peng, W., & Hu, M. (2020). Airport Noise and House Prices: A Quasi-Experimental Design Study. *Land Use Policy*, 1-5.