

AEROPUERTO EL PALOMAR

ESTUDIO DE IMPACTO ACÚSTICO

1- INTRODUCCIÓN

El tránsito aeronáutico es una de las fuentes de ruido más importantes en los entornos urbanos y, entre todos los medios de transporte, los aviones son los que más energía acústica emiten. Generalmente, el momento donde más ruido se genera es durante el despegue, dado que los motores se exigen al máximo, seguido en importancia por el sobrevuelo y, por último, el aterrizaje.

A diferencia del ruido generado por una autopista, los sonidos emitidos por las aeronaves son fuentes de ruido de gran magnitud y de muy corta duración; la molestia provocada por ese tipo de fuente, comparada con un mismo *nivel de presión sonora continuo equivalente*, suele ser mayor [3], [4]. En particular, el ruido aeronáutico puede ser un perturbador no despreciable del sueño [5].

El aeropuerto “El Palomar” (EPA) está ubicado en el partido de Morón, al Oeste del Gran Buenos Aires. Allí se encuentra establecida, desde el año 1949, la base militar de la “1 Brigada Aérea”; una de las siete unidades activas de la Fuerza Aérea Argentina. Recientemente, este aeropuerto fue autorizado a operar con fines comerciales en beneficio de la primera aerolínea de bajo costo (low cost) de Argentina, FLYBONDI. Al conocerse esta noticia, se presentaron inmediatamente reclamos por parte de los vecinos debido al impacto ambiental que podría ocasionar el uso comercial del aeródromo.

Cabe mencionar, que el aeropuerto se encuentra ubicado en las proximidades a una zona residencial y de varias instituciones educativas, incluyendo la *Escuela de Educación Secundaria Técnica (E.E.S.T.)* N° 4 “Profesor Héctor Ángel Laguarde” y el Colegio Privado *EMAÚS*.

Por este motivo, por impulso propio del **Centro Integral de Servicios Tecnológicos de Acústica y Sonido (C.I.S.T.A.S.)** de la **Universidad Nacional de Tres de Febrero (UNTREF)** y por albergar la única carrera **Ingeniería de Sonido** del país, se decidió llevar a cabo el presente **Estudio de Impacto Acústico (EIA)** del Aeropuerto en diferentes condiciones de funcionamiento.

El presente informe tiene su respaldo técnico en un **Informe de Evaluación de Impacto Acústico (IEIA)**, el cual queda a disposición de aquella autoridad que lo solicite.

2- DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Desde su habilitación con funciones aero-comerciales, durante la segunda mitad del año 2017, hasta la fecha, el Aeropuerto El Palomar ha sido motivo de controversias legales en relación a la potencial contaminación ambiental, y en particular la contaminación sonora.

Con el objeto de poder aportar un punto de vista académico y neutral sobre el tema, para finalmente arribar a la valoración de guarismos, recomendación de metodologías y producción de conclusiones, se desarrolla a continuación un estudio de ruido urbano producido por el sobrevuelo de aeronaves en la zona de El Palomar, Hurlingham y Morón.

El objetivo será entonces la producción de estimaciones acerca de los niveles de ruido debido al paso de aeronaves, los descriptores aplicables y sus correspondientes valoraciones.

En el presente informe se detallan los resultados de mediciones realizadas en las inmediaciones del aeropuerto y se presentan una serie de mapas de ruido de la zona según diferentes situaciones con el objetivo de predecir y valorar el impacto acústico si se continúa incrementando la cantidad de operaciones diarias de aviones comerciales.

3- ZONA GEOGRÁFICA ANALIZADA

El aeropuerto “El Palomar” (EPA) está ubicado en el partido de Morón, al Oeste del Gran Buenos Aires. Allí se encuentra establecida, desde el año 1949, la base militar de la “I Brigada Aérea”; una de las siete unidades activas de la Fuerza Aérea Argentina. Recientemente, este aeropuerto fue autorizado a operar con fines comerciales para que opere la primera aerolínea de bajo costo (low cost) de Argentina. Al conocerse esta noticia, se presentaron inmediatamente reclamos por parte de los vecinos debido al impacto ambiental que podría ocasionar el uso comercial del aeródromo.

Cabe mencionar, que el aeropuerto se encuentra ubicado en una zona residencial y próximo a varias instituciones educativas, incluyendo la Escuela de Educación Secundaria Técnica (E.E.S.T.) N° 4 “Profesor Héctor Ángel Laguarde” y el Colegio privado EMAÚS. Además, contra la cabecera sureste de pista del aeropuerto, se encuentra la reserva ecológica “Isla Verde”, siendo un área cuyos niveles de ruido se deben preservar.

La Ciudad de El Palomar se encuentra delimitada por las calles: Marconi, Urquiza, Perdriel, Portela, Illia, Bonpland, Lambaré, Presidente Perón -ex Gaona-, Temperley, Cañada de Juan Ruiz, Base Aérea de El Palomar. La zona lindera al aeropuerto es principalmente Residencial con alguna industria liviana.

En una superficie de 14,16 km², la ciudad de **El Palomar tiene 59.031 habitantes**, entre los cuales 28.383 son hombres y 30.648 son mujeres. Por otra parte, la ciudad de **Hurlingham posee 185.241 habitantes** en una superficie de 36 km².

4- DESCRIPTORES DE RUIDO

El ruido de diferentes fuentes sonoras se puede medir o describir de diferentes maneras, existiendo formas alternativas de medir o describir incluso el mismo tipo de fuente de ruido. El valor numérico que representa una forma de medir o describir un ruido es un **descriptor**. Los científicos han realizado encuestas y estudios de laboratorio con el objetivo de desarrollar descriptores para correlacionar mejor la respuesta de la comunidad a diversas fuentes de ruido ambiental. Es por esto que diferentes países han adoptado diferentes descriptores de ruido para la evaluación de diferentes fuentes de ruido.

Los descriptores de ruido más utilizados mundialmente para evaluar eventos de ruido aeronáutico son: nivel sonoro continuo equivalente ponderado A (LA_{eq}), nivel de exposición sonora (SEL), el nivel máximo (LA_{max}), el Nivel de Ruido Percibido Efectivo (**EPNL**) utilizado por la F.A.A. para certificar aeronaves [6] y el Pronóstico de Exposición de Ruido (**NEF**). Otro descriptor es el Pronóstico de Exposición de Ruido Australiano (**ANEF**) que se diferencia del NEF por tener una ponderación más permisible del horario diurno, aunque amplía 3 (tres) horas el período horario nocturno.

El LA_{eq} y otros parámetros derivados son utilizados por varios países del mundo dado que es la forma más simple de mensurar la reacción de las personas frente al ruido aeronáutico. La mayor parte de Europa utiliza las recomendaciones de la OMS y el $LA_{eq,24hs}$, mientras que otros países como Canadá utilizan el sistema NEF, que es similar al ANEF pero con distinta ponderación por período horario nocturno. Por otro lado, Estados Unidos y Nueva Zelanda utilizan el descriptor L_{dn} que es el LA_{eq} con una penalización nocturna entre las 10 pm y las 7 am [7].

Otro descriptor utilizado en el Reino Unido y, como complemento del ANEF, en Australia, es el N70 (o el número superior). Este indicador representa mediante una línea de contorno el número de eventos cuyos niveles máximos LA_{max} son de 70 dBA o más.

En el caso particular del Aeropuerto El Palomar, dado que no existe legislación nacional o provincial alguna, ni ordenanza que establezca un marco regulatorio en relación a niveles de ruido en vecindarios producidos por actividades aeroportuarias, este equipo científico entiende que la problemática debe abordarse desde dos puntos de vista diferentes, a saber:

- Nivel sonoro continuo equivalente ponderado A, día – noche.
- Estudio de porcentaje de denuncias / demandas: Pronóstico NEF.

5- EL RUIDO AERONÁUTICO

Se llamará “*Ruido Aeronáutico*” a aquel producido únicamente por los aviones BOEING 737-800 de la empresa FLYBONDI que actualmente operan en el aeropuerto de El Palomar. Asimismo, y por cuestiones prácticas, se denominará “*Ruido Urbano*” a aquel generado por el tránsito vehicular, ferroviario, maquinarias, personas o actividades realizadas por el ser humano. Cabe mencionar que en el presente informe no se analizará ni tomará en consideración las actividades realizadas por aeronaves militares ni aquellos aviones ligeros de uso particular que operen en el aeropuerto.

El *ruido aeronáutico* es un ruido de muy corta duración, de gran ancho de banda de frecuencias (es decir contiene gran energía en casi todo el espectro audible), que produce un incremento muy pronunciado del nivel sonoro por muy poco tiempo. Una descripción gráfica del nivel sonoro y su duración se pueden observar en la figura 1.



Figura 1: Registro temporal (logger) de los niveles sonoros durante el despegue de un avión Boeing 737-800 de la empresa Flybondi, captado desde el patio del Colegio Emaús.

En la figura 1 se observa un incremento e la energía sonora de aproximadamente 35 dB, de muy corta duración - aproximadamente 30 segundos - por sobre el ruido de fondo. Para poder evaluar si este tipo de eventos son molestos, y consecuentemente el grado de molestia, es necesario aplicar un tipo de normativa que contemple este tipo de variaciones (una alteración sonora que contiene mucha energía, de gran ancho de banda, y en poco tiempo).

6- MARCO LEGAL

En el partido de Morón rige desde el año 2007 la Ordenanza Municipal N° 9958/07 para la protección del medio ambiente contra las perturbaciones producidas por ruidos y vibraciones [8]. Sin embargo, con respecto a ruido aeronáutico, esta Ordenanza solamente menciona la prohibición de realizar sobrevuelos con altavoces reproduciendo propagandas y publicidades.

El artículo 41 de la Constitución Nacional de la República Argentina [9] indica:

“Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley.”

Visto que en Argentina no hay ninguna legislación vigente sobre ruido aeronáutico, excepto lo **reglamentado** por la **O.A.C.I.** (Organización de Aviación Civil Internacional) para ciertos aeropuertos nacionales, entre ellos **El Palomar**, se utilizarán como referencia del presente informe aquellas normativas, directivas y modelos de cálculo

internacionales que más se adecúan a la idiosincrasia de la región bajo estudio. Para cálculo de ruido vehicular se utilizó el método de cálculo Francés NMPB Routes 96, para ruido ferroviario el método Holandés RMR/SMR II y para ruido aeronáutico se aplicó la tercera edición del documento 29, "Informe sobre método estandarizado de contornos de ruido computacionales alrededor de aeropuertos civiles", de la Conferencia de Aviación Civil Europea (ECAC).

7- METODOLOGÍA APLICADA

Se llevaron a cabo una serie de **mediciones *in situ*** y se desarrollaron diversos modelos computacionales - **mapas de ruido** - con el objeto de reflejar la situación pre-operacional y algunas situaciones operacionales, dependientes de la cantidad de despegues y aterrizajes diarios.

Las mediciones de ruido en ambiente exterior se llevaron a cabo utilizando medidores de nivel sonoro Clase I, con un ancho de banda superior al mínimo requerido por las normativas y reglamentaciones (mayor de 50 Hz a 10 KHz), comprobando su calibración al iniciar y al finalizar cada conjunto de mediciones. Se utilizaron pantallas antiviento y trípodes a 1,5 y 4 m de altura, con sus eventuales correcciones, en diferentes puntos próximos a las cabeceras de la pista del aeropuerto y dentro de los barrios lindantes. A su vez, se utilizó un grabador portátil y un micrófono omnidireccional de medición - con respuesta en frecuencias plana, sin enfatizar zona alguna del espectro sonoro - con pantalla antiviento para registrar el audio de cada operación para posteriores análisis. Lo anterior en un todo de acuerdo con las reglas del buen arte, y de las normativas y legislación vigentes *asociadas directa e indirectamente*.

De las mediciones y registros sonoros llevados a cabo, mediante procesamientos posteriores, se obtuvieron diversos *descriptores de ruido*; éstos son cuantificaciones de diferentes parámetros sonoros, aplicables a diferentes normativas, regulaciones y recomendaciones.

Con la información metrológica registrada, los mapas de ruido confeccionados son de *ruido urbano* y *aeronáutico*. Cabe aclarar que los mapas presentes en este informe sólo corresponden a los *aeronáuticos*.

El software utilizado para confeccionar los mapas de ruido fué el SoundPLAN GmbH, versión 8.0, licencia 7055N, con módulo de ruido de aeropuertos.

Además, debido a que los mapas de ruido se confeccionan con información de las aeronaves en su estado inaugural, se desarrolló un **software propietario de UNTREF** denominado **ANC** (Aircraft Noise Calculator), para producir los descriptores establecidos por la OACI, pero con registros sonoros actuales, *in situ*, los que corresponden a aeronaves en estado *diferente* al inaugural.

Finalmente, de la valoración de ciertos descriptores de ruido se pudo producir conclusiones de tipo metodológicas y ambientales.

7- 1 MEDICIONES Y REGISTROS SONOROS

Instrumental utilizado

Para llevar a cabo las mediciones de ruido se utilizaron dos sonómetros integradores clase I marca SVANTEK, modelo SV959, con su calibrador correspondiente de la misma marca y categoría, modelo SV30. Todos los instrumentos cumplen con las

normativas internacionales (IEC 61672:2002) y se encuentran con su respectivo certificado de calibración vigente¹ emitido por un laboratorio autorizado por el INTI.

Por otra parte, también se utilizó un distanciómetro láser para relevar las medidas de distancia, las alturas y ubicación de cada punto de medición. En la Tabla 1 se presentan las marcas, modelos y números de serie de los equipos utilizados en las mediciones.

Tabla 1: Equipamiento de medición utilizado.

EQUIPO	MARCA	MODELO	CLASE	Nº DE SERIE
SONÓMETROS	SVANTEK	SVAN 959	Tipo 1	14772 y 14768
CALIBRADORES	SVANTEK	SV30	Tipo 1	14317 y 14318
DISTANCIÓMETRO	BOSCH	GLM40	-	
TRÍPODES	MANFROTTO	-	-	
MICRÓFONO DE MEDICIÓN	EARTHWORKS	M50	-	4220
GRABADOR PORTÁTIL	ZOOM	H4n	-	

Calibración:

Para controlar el correcto funcionamiento del equipo de medición, se calibraron los medidores de nivel sonoro en el momento previo a iniciar las mediciones y al finalizarlas, utilizando para esto un calibrador Clase 1, que emite un tono de 1000 Hz a un nivel de presión sonora de 94 dB en la cápsula del micrófono bajo verificación. Las diferencias entre ambas situaciones evidenciaron errores menores a 0,5 dB, por lo que fue posible afirmar que los equipos mantuvieron su calibración durante todas las jornadas de medición.

Metodología aplicada

Mediciones de ruido urbano en ambiente exterior:

Las mediciones de ruido urbano en ambiente exterior se llevaron a cabo tanto en período diurno como nocturno, utilizando medidores de nivel sonoro Clase 1, utilizando pantalla antiviento y trípodes a 1,5 m de altura, en diferentes puntos próximos a las cabeceras de la pista del aeropuerto. En cada sector evaluado, se seleccionaron tres puntos diferentes y se llevaron a cabo mediciones de 5 minutos cada una. Los descriptores de ruido registrados fueron el nivel sonoro continuo equivalente (LA_{eq}), los niveles máximos y mínimos (LA_{max} y LA_{min}), los percentiles (L_{90} y L_{10}) y el nivel pico (L_{pk}). A su vez, a partir de los percentiles, se evaluará el “Clima de Ruido”; determinado como la diferencia entre el L_{10} y el L_{90} .

Se realizaron también mediciones de nivel sonoro en períodos de tiempo de hasta 45 minutos para registrar el comportamiento del ruido de fondo y evaluar cómo se modifican los descriptores de ruido al incluir una operación de despegue o aterrizaje.

¹ Gran parte de las normas internacionales y legislaciones locales, como la Ley 1.540 de la Ciudad de Buenos Aires, consideran que los instrumentos de medición se deben calibrar en laboratorio cada 2 años para considerar que su certificado se encuentre vigente.

Las posiciones de medición de ruido urbano se presentan en la figura 2.



Figura 2: sectores de medición de ruido en ambiente exterior.

Mediciones de ruido aeronáutico:

Las mediciones de ruido aeronáutico, se llevaron a cabo los días lunes 26 y miércoles 28 de Febrero de 2018 a partir de las 07:00 horas, registrando tanto operaciones de despegue como aterrizaje.

Las operaciones de aterrizajes se registraron en la intersección de las rutas 201 y 4 (P1), del lado de Hurlingham, y las de despegue frente al predio del colegio EMAÚS (P2), en Plaza Cattaneo (P4) y en una plazoleta frente al Club Aeromodelista (P3), tal como se indica en la figura 3.

Las mediciones se llevaron a cabo con el sonómetro montado en un trípode a 1,5 m de altura y se registró el evento completo y el ruido de fondo previo y posterior al mismo.

De forma complementaria, se registraron eventos tanto de despegue y aterrizaje utilizando un grabador portátil y un micrófono de medición, correspondientemente calibrado, para evaluar posteriormente los diferentes descriptores de ruido aeronáutico, entre ellos los pronósticos **NEF** y **ANEF**, según lo establece la **O.A.C.I.**

Las posiciones de medición de ruido aeronáutico se presentan en la figura 3.



Figura 3. Imagen satelital del aeropuerto y sus zonas linderas, con los puntos de medición de ruido aeronáutico.

8- SOFTWARES UTILIZADOS PARA EL MODELADO ACÚSTICO

En el presente trabajo se utilizaron los softwares:

1) SOUNDPLAN: en este software de simulación y predicción acústica se combinaron estudios de ruido urbano y aeronáutico. En este caso, las mediciones llevadas a cabo fueron de utilidad para validar las simulaciones.

Se consideró como situación **operacional** a la situación existente a la fecha de elaboración del presente informe (Julio de 2018 - aeropuerto habilitado con 26 operaciones diarias²). Posteriormente, se consideró como situación **post-operacional** a una potencial situación a futuro, incrementando la cantidad de operaciones diarias a partir de multiplicar las operaciones actuales por 2, 4 y hasta 8 veces. Todas las simulaciones contaron con los perfiles de vuelo correspondientes para las situaciones de despegue y aterrizaje.

² La cantidad de operaciones diarias se limita a los aviones BOEING 737-800 de la empresa FLYBONDI, no teniendo en cuenta los aviones militares o avionetas de usos particulares.

El software SOUNDPLAN hace el cálculo de valores y contornos ANEF (Australian NEF), basado en los datos proporcionados originariamente por el fabricante de todo avión (inmediatamente al salir de fábrica), en condiciones ideales.

Dado que el software SOUNDPLAN no contempla situaciones reales de generación de ruido de aeronaves, es decir luego de años de haber comenzado su inicio de operaciones, nuestro equipo de ingenieros desarrolló un software para el cálculo de los descriptores NEF y ANEF a partir de registros sonoros *in situ*. Éstos reflejan el estado mecánico y de ruido de cada aeronave en particular.

2) ANC (Aircraft Noise Calculator): Este software, desarrollado por profesionales de UNTREF (ver ANEXO III), permite calcular los descriptores **ANEF** y **NEF**, con sus respectivos **EPNL** (*Effective Perceived Noise Level - Nivel Efectivo de Ruido Percibido*), a partir de registros (grabaciones) del paso de aviones en condiciones reales, en puntos geográficos diversos. Este software permite validar lo calculado por el software SOUNDPLAN, convertir valores ANEF a NEF, y conocer los valores EPNL en puntos estratégicos, es decir, en zonas de viviendas, hospitales o establecimientos educativos. La teoría, ecuaciones y factores de corrección utilizados para el desarrollo del software son los expuestos en el Anexo 16 del Convenio sobre Aviación Civil Internacional, "PROTECCIÓN AL MEDIO AMBIENTE", Volumen 1, Ruido de las Aeronaves, documento emitido por la O.A.C.I.

9- MAPAS DE RUIDO

Con los niveles de ruido urbano en ambiente exterior registrados en diferentes sectores alrededor del aeropuerto, la información de las aeronaves, aforos de tránsito vehicular y ferroviario, y los perfiles de vuelo se produjeron y validaron mapas de ruido de "línea de base" ambiental para luego proceder a generar mapas de ruido aeronáutico con diferentes cantidades de operaciones diarias. Estos mapas son:

Mapas de ruido urbano:

Para llevar a cabo los mapas de ruido urbano se realizó un conteo visual del aforo vehicular (flujo vehicular por hora), discriminando vehículos según su peso, en las calles y rutas principales ubicadas en las proximidades del aeropuerto. Esta información representa un dato de entrada fundamental para elaborar las simulaciones, dado que permite estimar el nivel de emisión acústica de los vehículos que transitan por cada calle. **Cabe aclarar que se desconoce el incremento del aforo que habrá a medida que aumente el número de operaciones en el aeropuerto, aunque se estima que habrá un incremento notable que elevará el actual nivel de contaminación sonora (debido a tránsito vehicular).**

Los aforos vehiculares y ferroviarios, contados y utilizados en las simulaciones, se presentan en las tablas del ANEXO I del informe técnico IEIA.

Estos mapas permiten conocer el nivel de ruido al que está acostumbrado el vecino de la zona bajo estudio, sin las operaciones de aeronavegación comercial del aeropuerto El Palomar.

Mapas de ruido aeronáutico:

Para llevar a cabo los mapas de ruido aeronáutico, se configuró en el software el recorrido de cada avión ("perfiles de vuelo") en las proximidades del aeropuerto.

Estas rutas de vuelo incluyen información sobre la velocidad y altitud de cada avión, en los momentos próximos al despegue y aterrizaje.

Para realizar las simulaciones de ruido aeronáutico se utilizó como referencia el Informe sobre métodos normalizados de contornos de ruido en computadora alrededor de aeropuertos civiles [Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports] de la *European Civil Aviation Conference* (ECAC) tercera edición.

En el caso de los aviones Boeing 737-800, se ingresaron en el modelo computacional los perfiles de los despegues (P-ICAO_B-6), en relación de altitud y distancia en pies, que corresponde a la aeronave con su carga máxima para el despegue y la información equivalente para el perfil de un aterrizaje.

NOTA: Los mapas resultantes muestran cuatro descriptores: L_D , nivel sonoro continuo equivalente diurno, L_N , nivel sonoro continuo equivalente nocturno, L_{DN} , nivel sonoro continuo equivalente diurno y nocturno, y el Pronóstico ANEF, para diferentes cantidades de operaciones. Cabe recordar que los descriptores L_D , L_N y L_{DN} promedian (y diluyen eventos energéticos de corta duración) los niveles sonoros dentro del periodo horario sobre el que se calculan.

MAPAS DE RUIDO URBANO

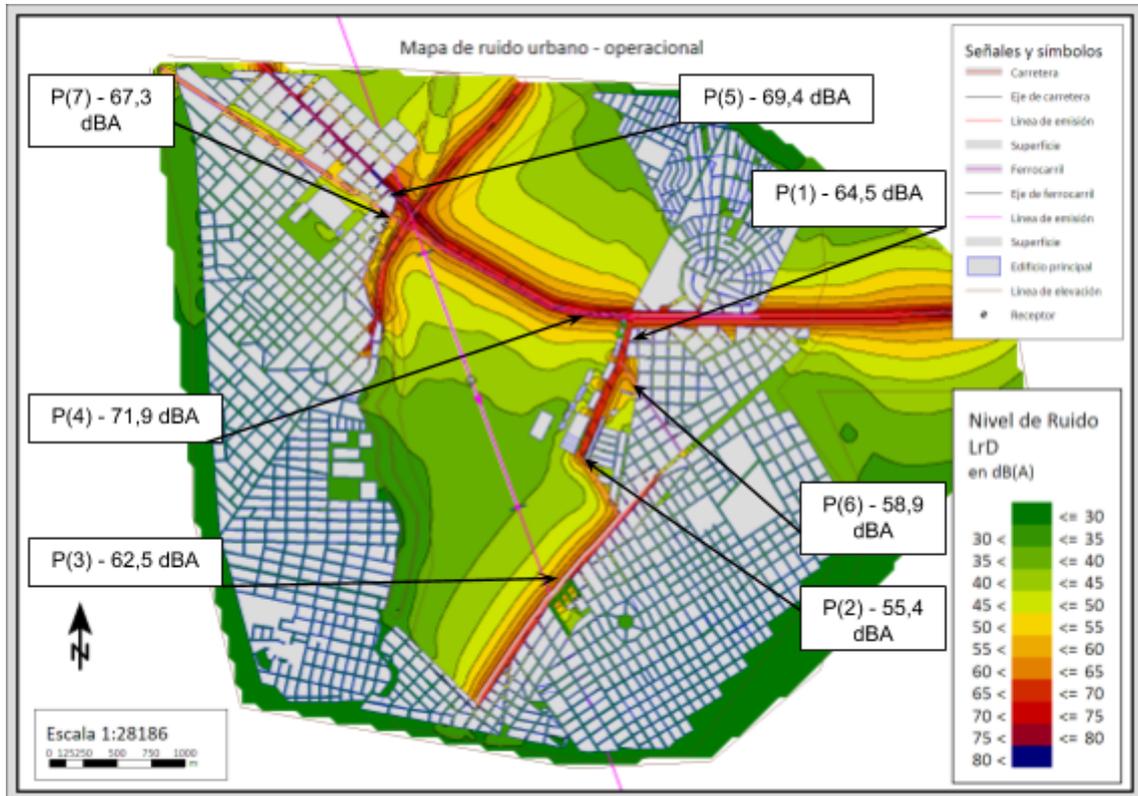


Figura 4: Mapa de ruido urbano del vecindario con su escala de colores correspondiente a los niveles sonoros simulados, para el periodo horario diurno (7:00 a 22:00 hs), un día de semana. Se muestra el resultado del descriptor L_D

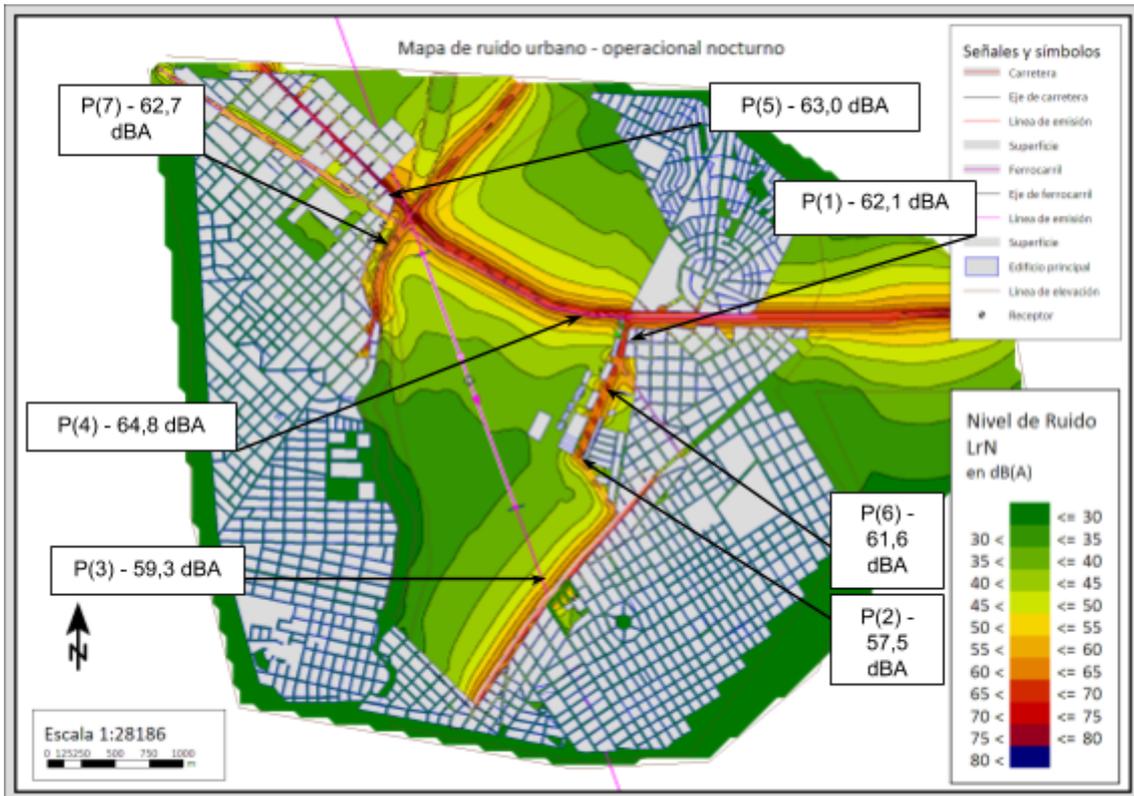


Figura 5: Mapa de **ruido urbano** del vecindario con su escala de colores correspondiente a los niveles sonoros simulados, para el período horario nocturno (22:00 hs a 7:00 hs), un día de semana. Se muestra el resultado del descriptor L_N

MAPAS DE RUIDO AERONÁUTICO: L_{DN}

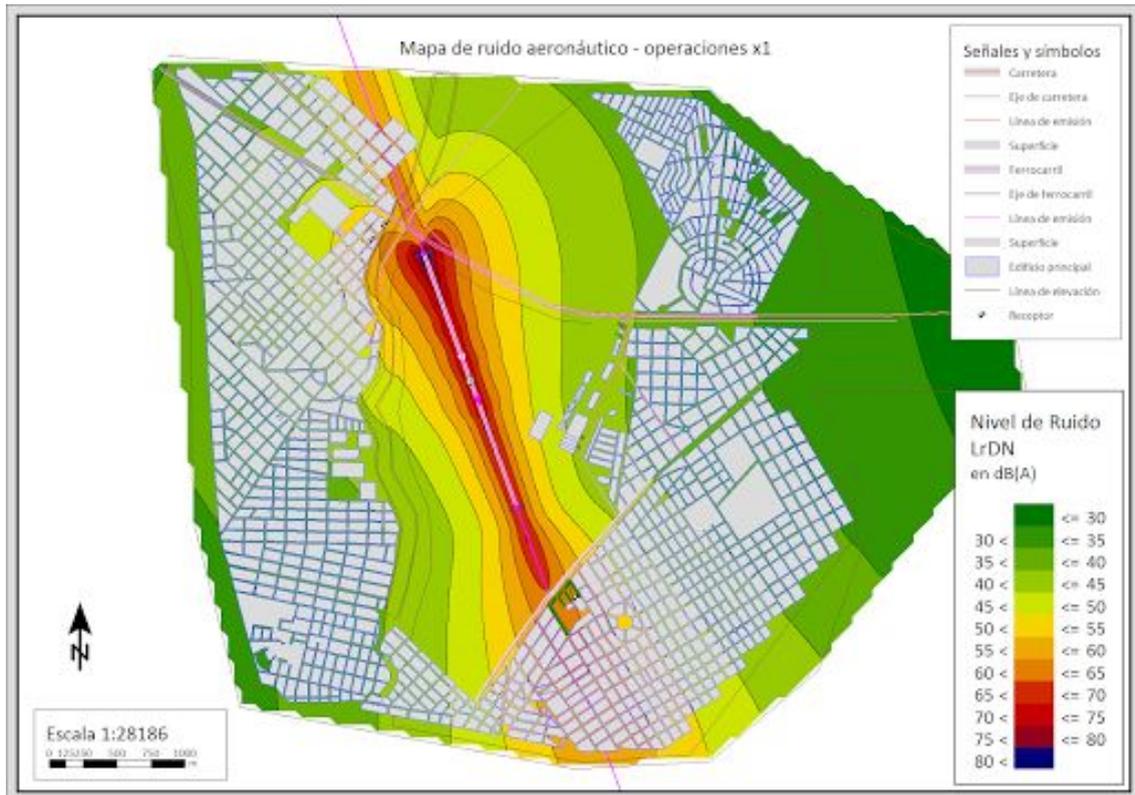
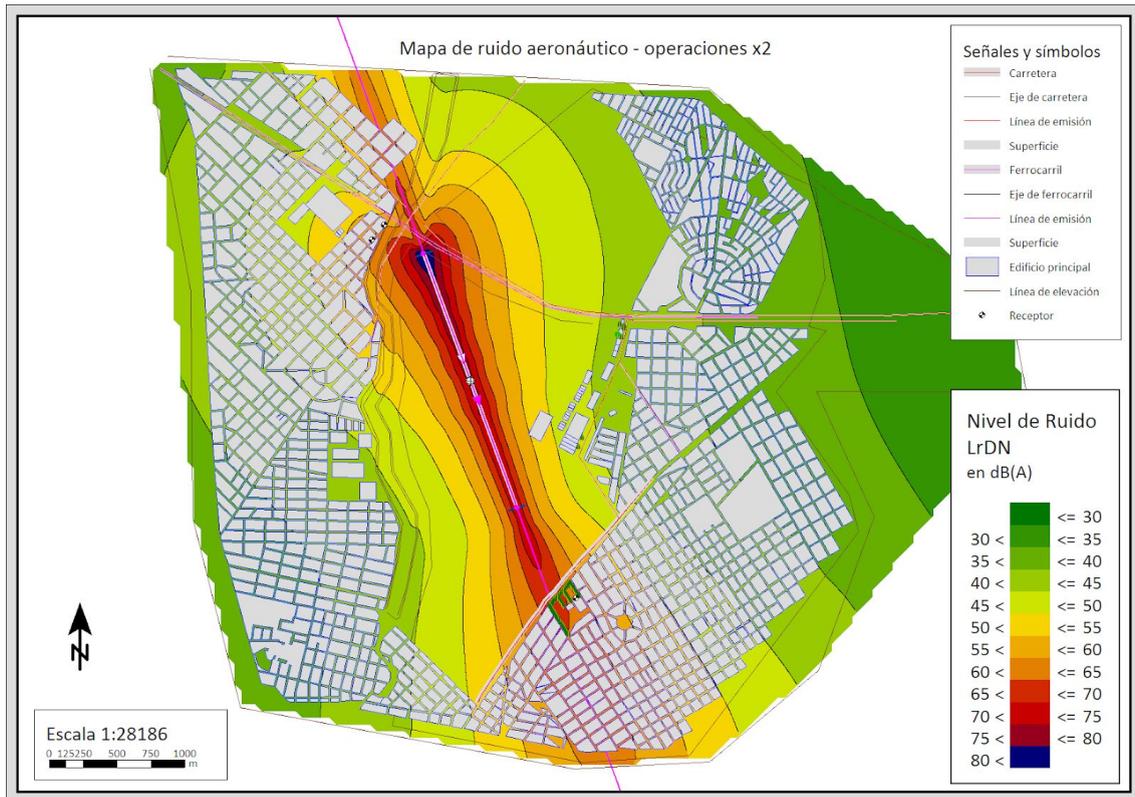


Figura 6: Mapa de **ruido aeronáutico** del vecindario con su escala de colores correspondiente a los niveles sonoros simulados, de la situación operacional con fecha 23/7/18 (**26 operaciones**) del aeropuerto, donde se muestra el indicador L_{DN} (es decir para el periodo de 00:00 hs a 23:59 hs).



*Figura 7: Mapa de **ruido aeronáutico** del vecindario con su escala de colores correspondiente a los niveles sonoros simulados, con el doble de operaciones (**52 operaciones**) del aeropuerto, donde se muestra el indicador L_{DN} (es decir para el período de 00:00 hs a 23:59 hs).*

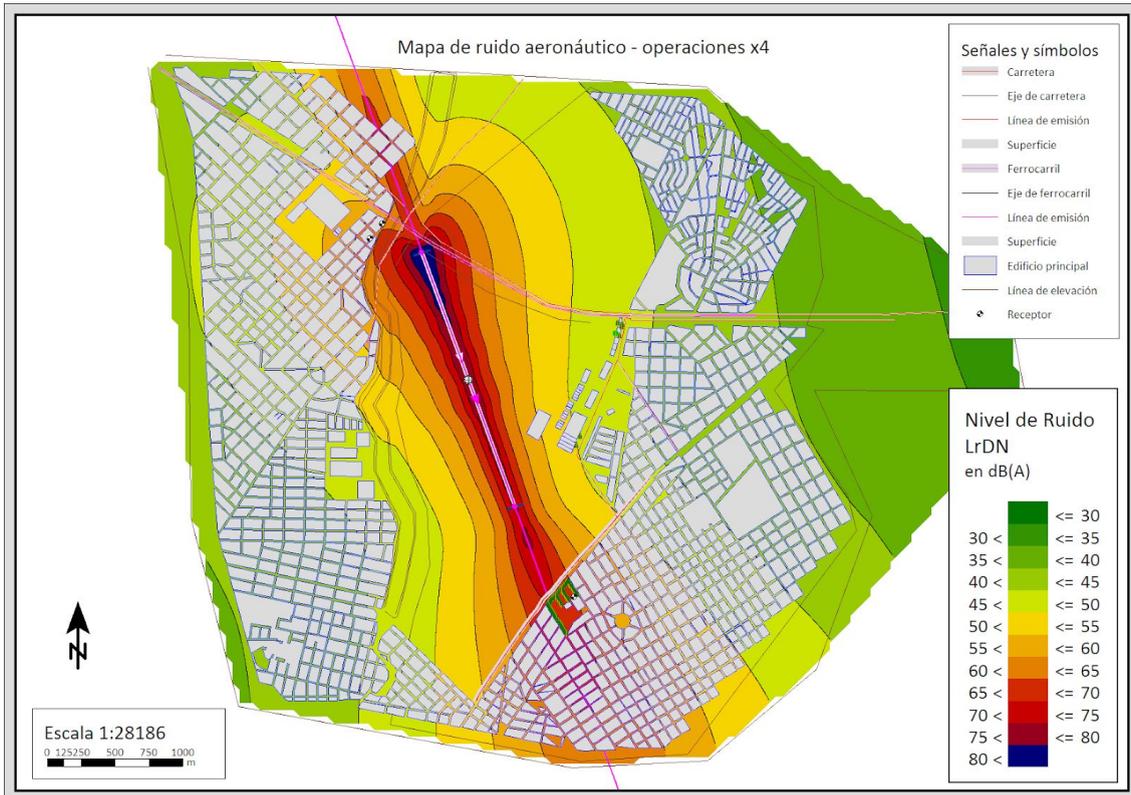


Figura 8: Mapa de **ruido aeronáutico** del vecindario con su escala de colores correspondiente a los niveles sonoros simulados, con el **cuádruple** de operaciones (**104 operaciones**) del aeropuerto, donde se muestra el indicador L_{DN} (es decir para el período de 00:00 hs a 23:59 hs).

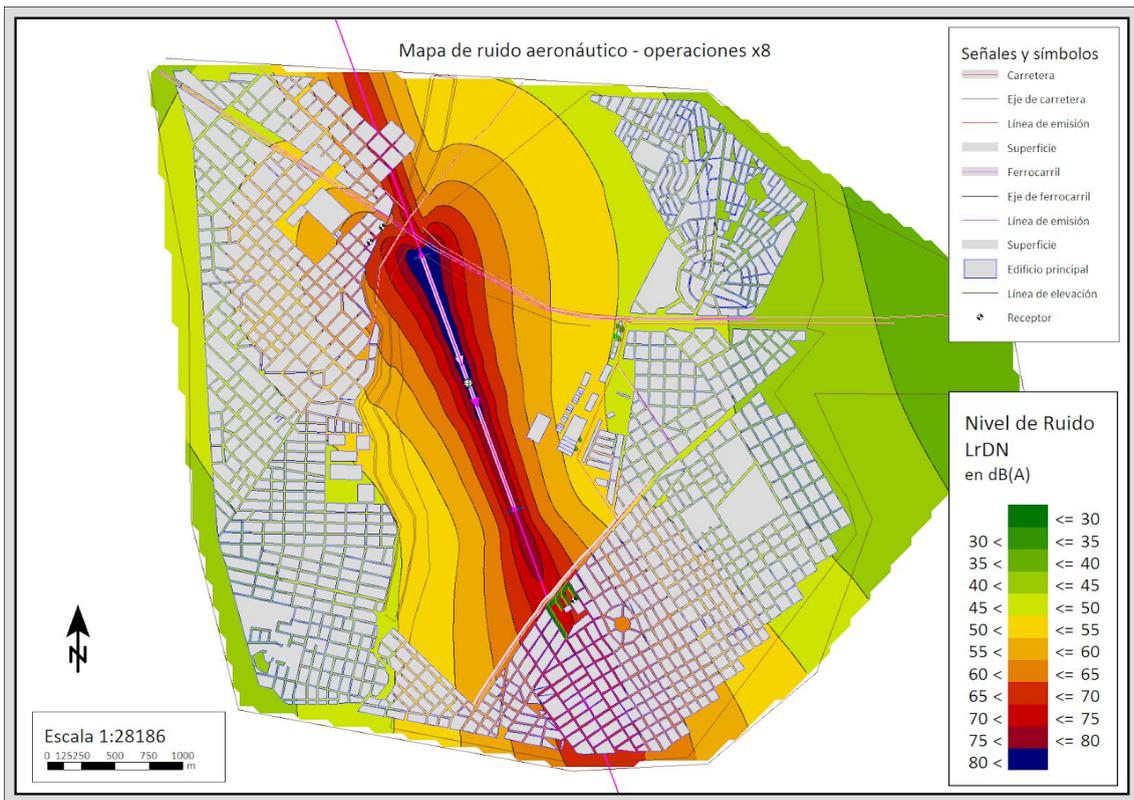


Figura 9: Mapa de **ruido aeronáutico** del vecindario con su escala de colores correspondiente a los niveles sonoros simulados, con el **óctuple de operaciones (208 operaciones)** del aeropuerto, donde se muestra el indicador L_{DN} (es decir para el periodo de 00:00 hs a 23:59 hs).

Nota: A su vez, en las figuras GFDS a GFDJ muestran las potenciales proyecciones a futuro si se incrementa la cantidad de operaciones diarias en 2, 4 y hasta 8 veces.

Como se puede observar, los niveles sonoros se incrementan drásticamente hasta llegar a superar los 70 dBA (en caso de octuplicar - **x8** - las operaciones diarias, con referencia a las del día 23/7/18) en zonas habitables de cabecera de pista.

MAPAS DE RUIDO AERONÁUTICO: PRONÓSTICO ANEF

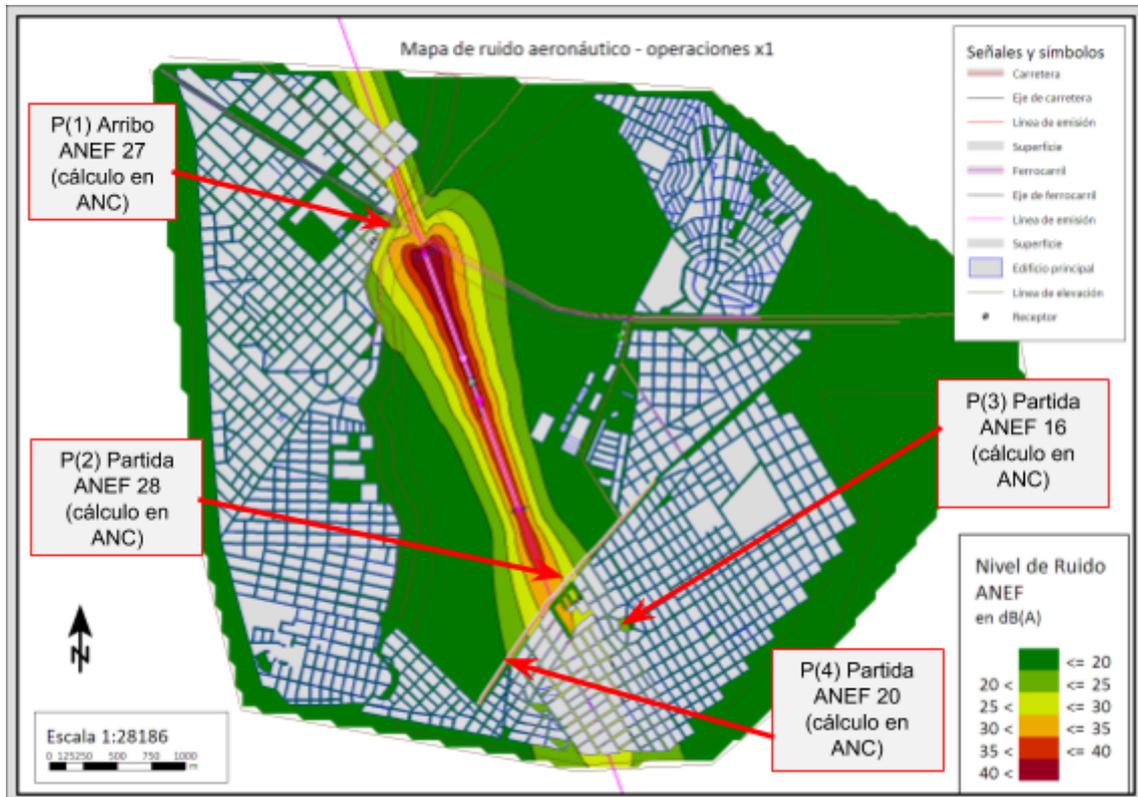


Figura 10: Mapa de ruido aeronáutico con **26 operaciones diarias** del Aeropuerto, donde se muestra el indicador ANEF (Australian NEF).

En los siguientes mapas se llevaron a cabo una serie proyecciones a futuro, considerando que se incrementa de la cantidad de operaciones diarias, para lo cual se realizaron cálculos predictivos multiplicando las operaciones a la fecha 23/7/18, por 2, 4 y 8. Como se puede observar, los contornos cubren zonas cada vez mayores cuando se duplica la cantidad de operaciones, incrementando la posibilidad de tener potenciales conflictos.



Figura 11: Mapa de ruido aeronáutico con **52 operaciones diarias** del Aeropuerto, donde se muestra el indicador ANEF (Australian NEF).

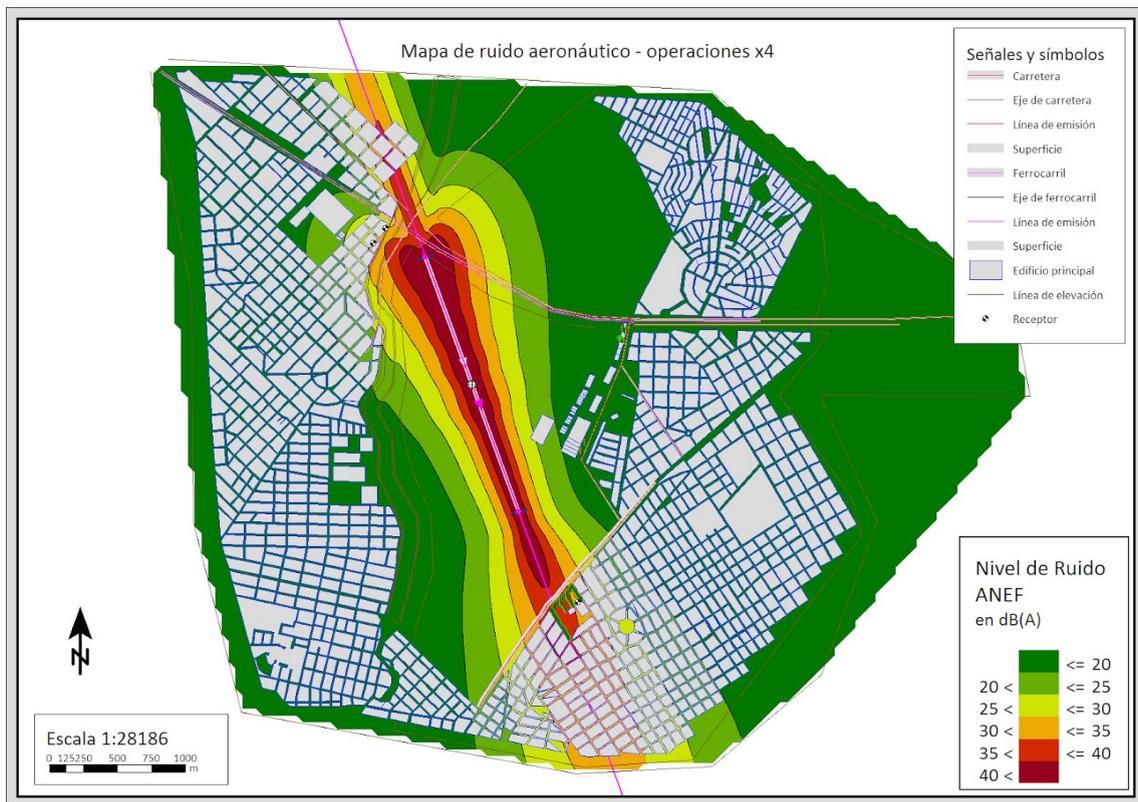


Figura 12: Mapa de ruido aeronáutico con **104 operaciones diarias** del Aeropuerto, donde se muestra el indicador ANEF (Australian NEF).

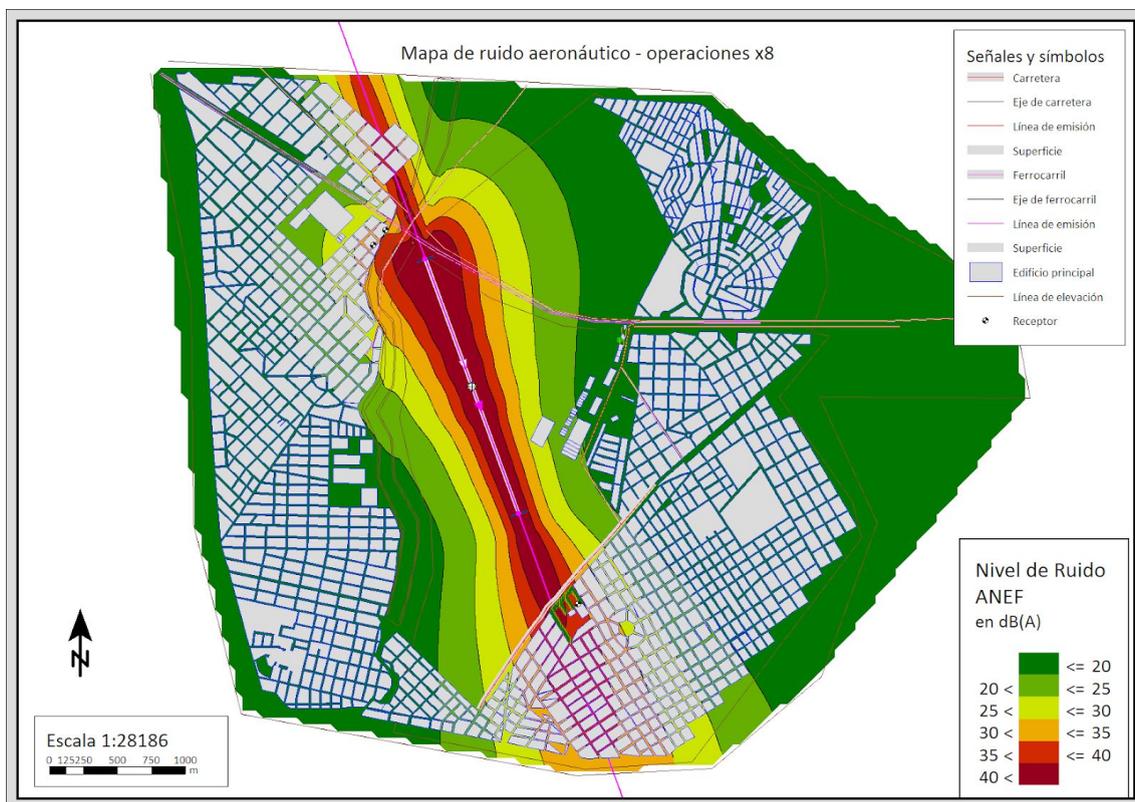


Figura 13: Mapa de ruido aeronáutico con **208 operaciones diarias** del Aeropuerto, donde se muestra el indicador ANEF (Australian NEF).

Se podría estimar que si se octuplica la cantidad de operaciones actuales (208 operaciones diarias) se estaría afectando negativamente a un 60% de los habitantes de El Palomar y a un 25% de la población de Hurligham, aproximadamente, de forma directa o indirecta; es decir, por causa del ruido aeronáutico y por el incremento del ruido urbano vehicular a partir de las actividades aeroportuarias.

10- ESTUDIO DE PRONÓSTICO DE DENUNCIAS / DEMANDAS:

Pronóstico NEF

El Pronóstico de Exposición de Ruido (NEF, *Noise Exposure Forecast*) permite estimar, la probabilidad de que se produzcan demandas o acciones legales contra el aeropuerto según diferentes grados de molestia. Éste es el descriptor establecido por la OACI para la evaluación del ruido producido por gran parte de los aeropuertos argentinos.

Resultados y análisis

Valores EPNL

En cada uno de los puntos P_n donde se registraron señales *in situ* se realizó el cálculo del valor **EPNL** para dichos puntos en base a éstas. Su cálculo fue de acuerdo con la normativa de la F.A.A. [FAA, 2002].

En las figuras 14 a 17 se muestran los niveles de presión sonora, niveles corregidos y el espectro de frecuencias total, para cada punto. Estas curvas se tienen en cuenta para el cálculo del **EPNL**.

Por otra parte en la tabla 2 se muestran los valores de **EPNL** obtenidos para cada posición.

Tabla 2: Valores de EPNL obtenidos para cada posición.

Posición	EPNL [EPNdB]
Punto1	98,7
Punto 2	102,1
Punto 3	89,9
Punto 4	93,4

P1 Aterrizaje

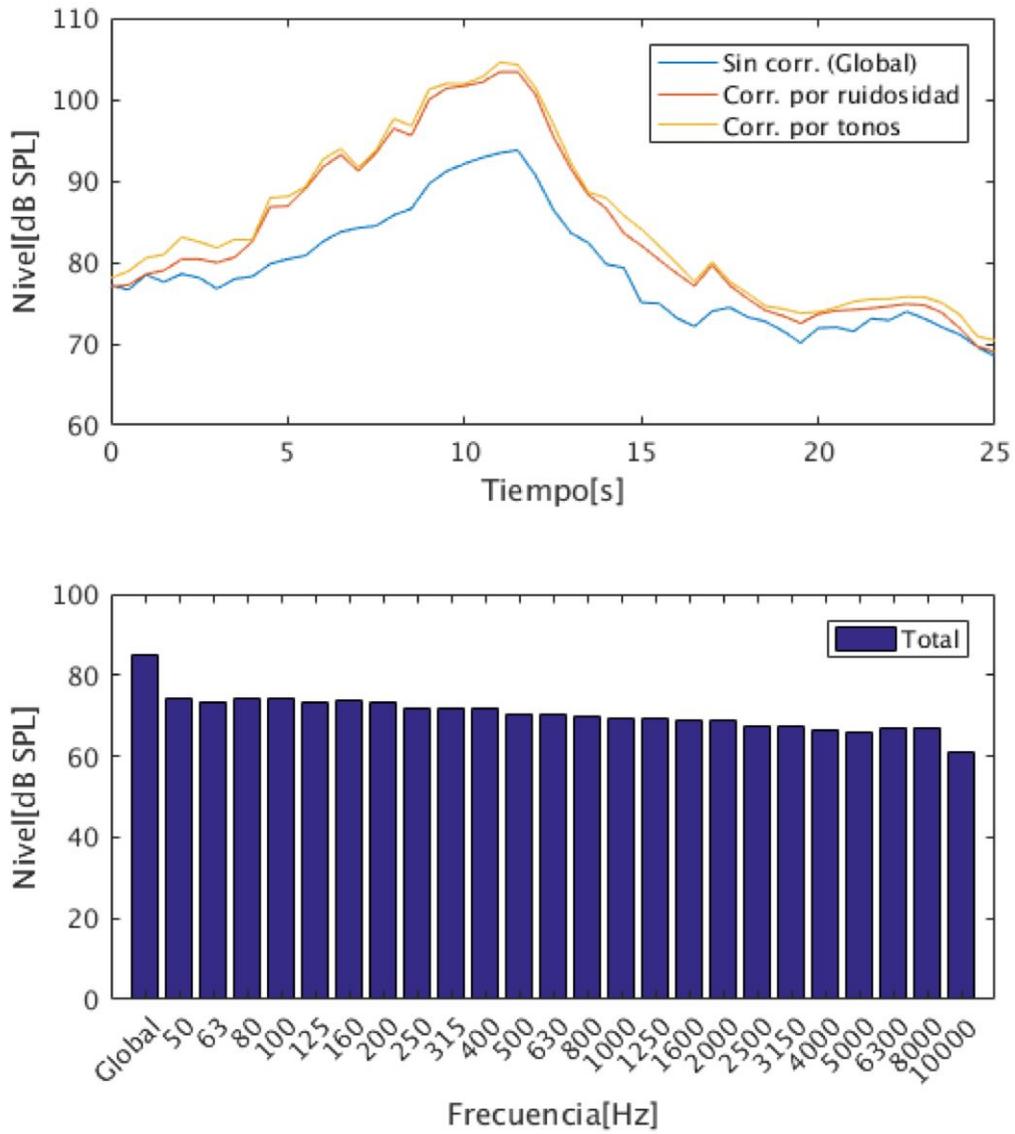


Figura 14: Registro sonoro de un aterrizaje de una aeronave Boeing 737 800, en el Punto 1. Arriba: Niveles de presión sonora en función del tiempo sin corrección, con corrección por ruidosidad y con corrección por tonos. Abajo: Espectro de frecuencias.

P2 Despegue

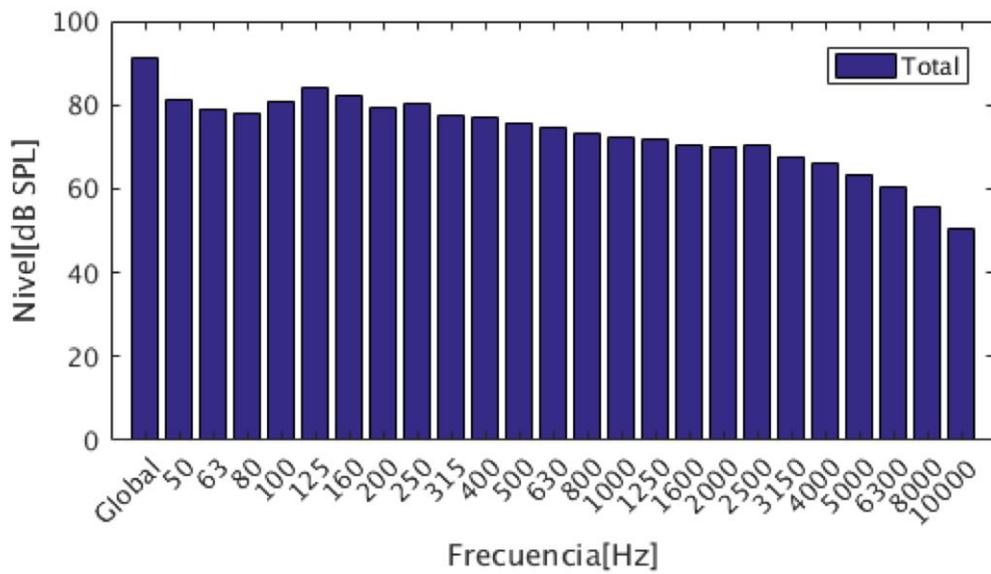
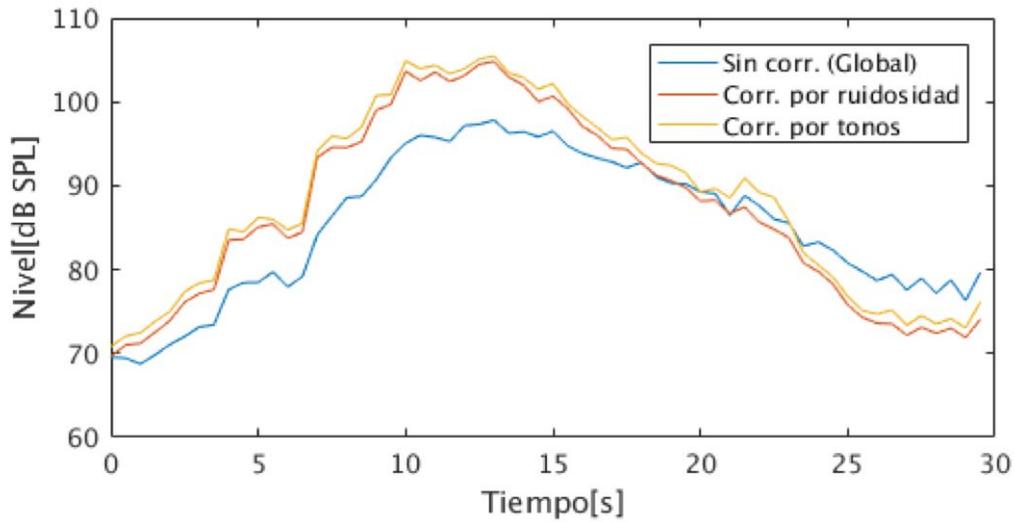


Figura 15: Registro sonoro de un aterrizaje de una aeronave Boeing 737 800, en el Punto 2. Arriba: Niveles de presión sonora en función del tiempo sin corrección, con corrección por ruidosidad y con corrección por tonos. Abajo: Espectro de frecuencias.

P3 Despegue

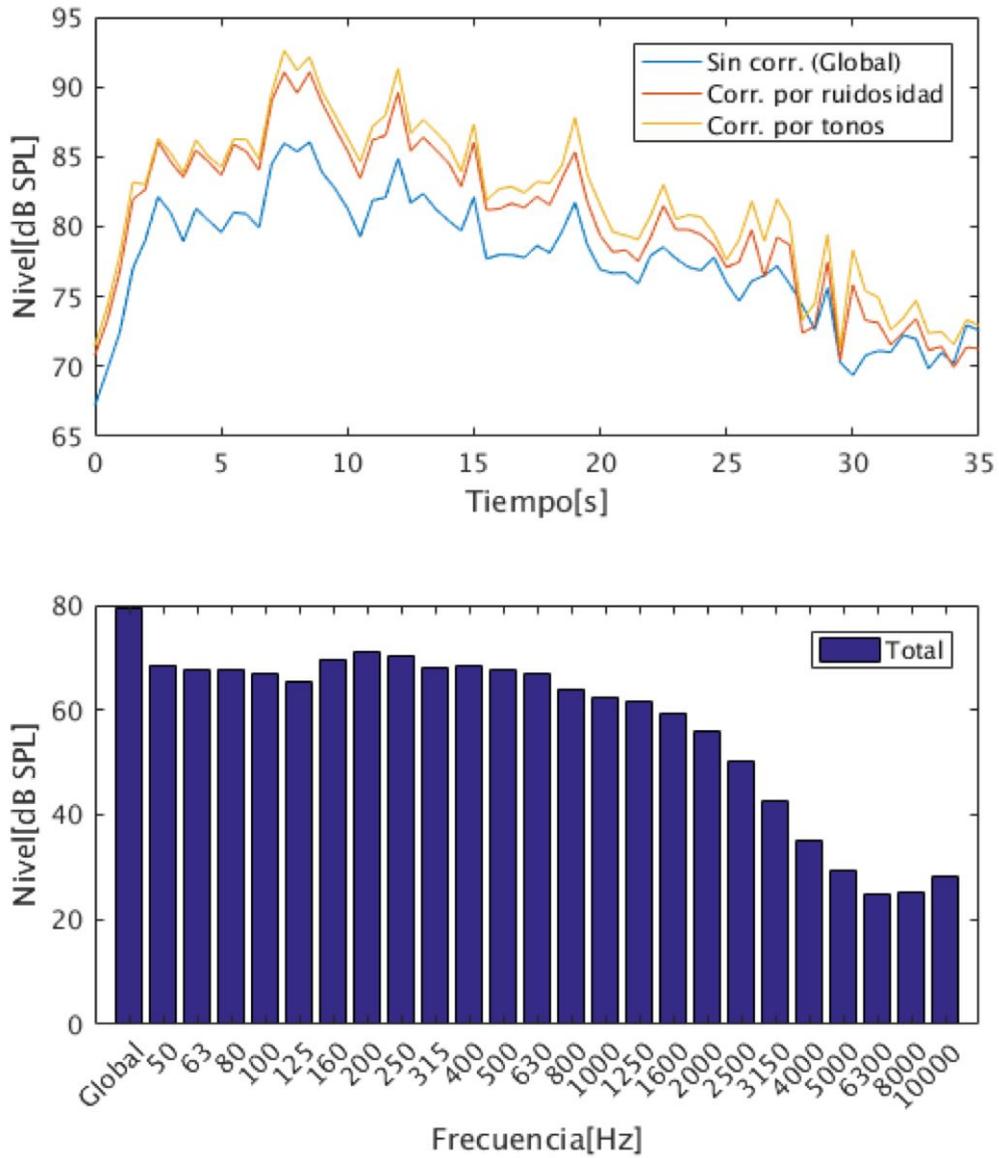


Figura 16: Registro sonoro de un aterrizaje de una aeronave Boeing 737 800, en el Punto 3. Arriba: Niveles de presión sonora en función del tiempo sin corrección, con corrección por ruidosidad y con corrección por tonos. Abajo: Espectro de frecuencias.

P4 Despegue

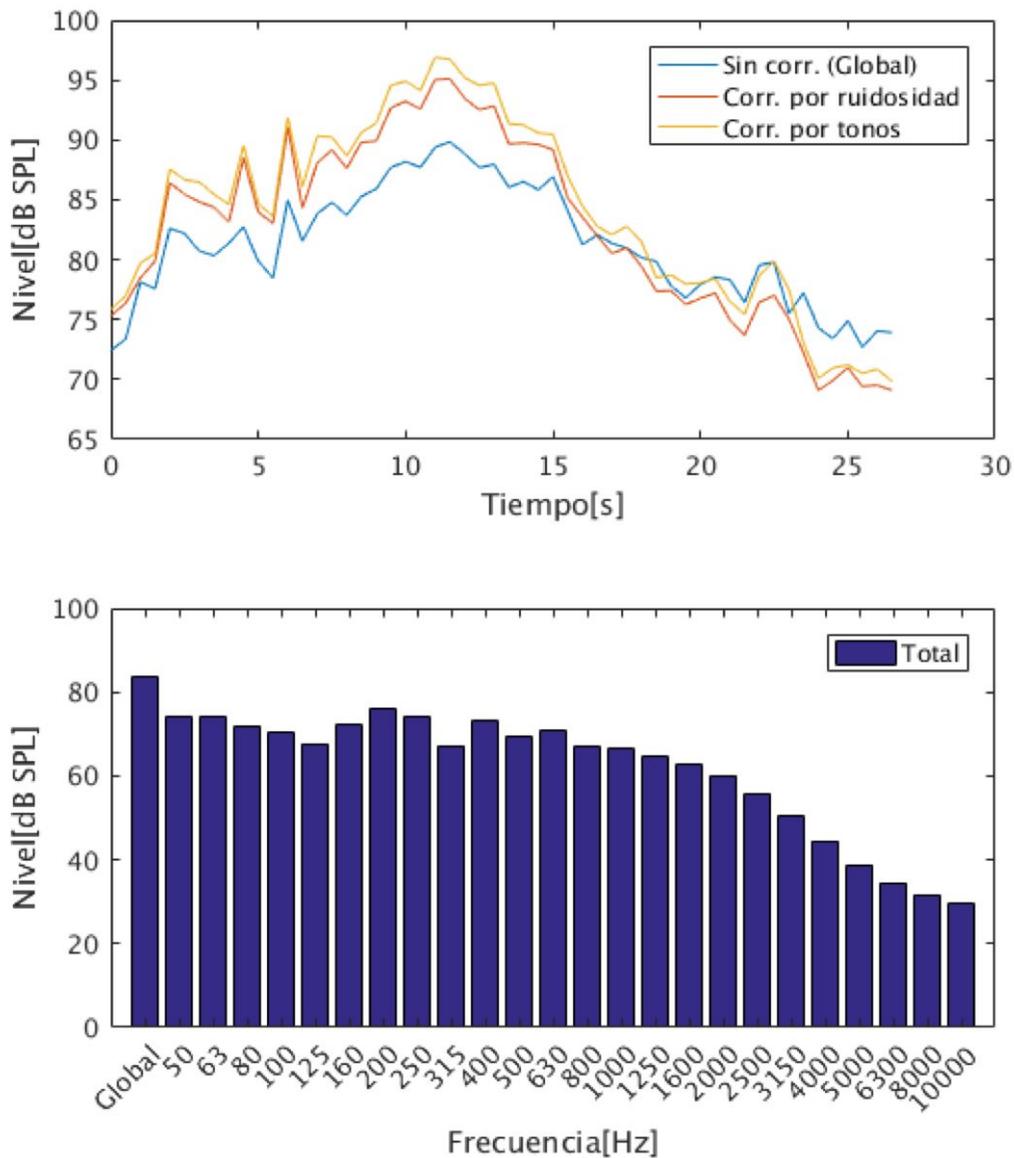


Figura 17: Registro sonoro de un aterrizaje de una aeronave Boeing 737 800, en el Punto 4. Arriba: Niveles de presión sonora en función del tiempo sin corrección, con corrección por ruidosidad y con corrección por tonos. Abajo: Espectro de frecuencias.

Cabe señalar la gran magnitud de la energía *total* y de *muy bajas frecuencias* que presentan todas las mediciones realizadas. Por ello, **no** se debiera aplicar la ponderación “A” (dado que atenúa la magnitud de las bajas frecuencias), o utilizar instrumental con limitada respuesta en bajas frecuencias.

Pronóstico NEF

Para el análisis de los resultados de las mediciones *in situ* es necesario tener presente el *resultado de los pronósticos* que plantea la bibliografía para los diferentes niveles NEF, los que están relacionados con el grado de molestia. Las valoraciones de dichos pronósticos pueden verse en la tabla 3.

Tabla 3: Pronósticos de demandas en función del nivel NEF [Galloway, 1970].

NEF	Pronóstico
NEF < 20	“No se esperan demandas.”
20<NEF<30	“Se esperan algunas demandas. El ruido puede interferir con algunas actividades.”
30<NEF<40	“Se esperan reclamos individuales repetidos. No se debe proceder con la construcción de residencias, escuelas, iglesias, etc. sin realizar un análisis completo de la situación.”
40 < NEF	“Es probable que haya serios problemas de ruido. No se recomienda realizar construcciones ni otra actividad sin hacer un análisis completo de la situación.”

Para obtener los valores de NEF en las situaciones de despegue se procesaron las señales captadas en los puntos 2, 3 y 4. Mediante su procesamiento se obtuvieron los valores EPNL necesarios para el cálculo del valor NEF en cada punto. Luego según el escenario a analizar se asignó la **cantidad de operaciones diurnas y nocturnas**. Con estos valores se obtuvo finalmente un valor NEF para cada punto de análisis. Por último se sumaron energéticamente (de acuerdo con la normativa) los valores para obtener un valor único para la situación de despegue.

En el caso de los aterrizajes se procedió de la misma manera, pero se tuvo en cuenta únicamente el registro del Punto 1.

Finalmente para obtener un valor NEF para cada escenario se realizó la suma energética de los valores para arribos y partidas. Los valores obtenidos para cada caso se presentan en la tabla 4.

Tabla 4: Resultados NEF según distintos escenarios de operaciones de aeronavegación.

Escenario	Diurno		Nocturno		NEF
	Partidas	Arribos	Partidas	Arribos	
Operación actual (23/7/18)	9	8	3	6	35
Operación a la mitad (respecto del 23/7/18)	5	5	1	2	31
Operación actual (23/7/18), sin actividad nocturna	12	14	0	0	27
Operación a la mitad (respecto del 23/7/18), sin actividad nocturna	6	7	0	0	24
Doble de operaciones (respecto del 23/7/18)	18	16	6	12	38
Cuádruple de operaciones (respecto del 23/7/18)	36	32	12	24	41

Valoración de los resultados

La cantidad total de operaciones del aeropuerto del día 23/7/18 era de 26 (veintiséis).

En la tabla 4 puede verse que aunque se reduzca la cantidad de operaciones a la mitad (respecto al 23/7/18), el pronóstico NEF no cambia: se prevén repetidas demandas y no se recomienda la construcción de residencias y escuelas.

Los escenarios planteados **sin operaciones nocturnas** permiten que la predicción baje una categoría. Para estos casos aún se pueden esperar algunas demandas y el ruido puede interferir para algunas actividades.

El escenario de duplicación (x 2) de operaciones respecto del 23/7/18, es decir un total de 52 (cincuenta y dos), con operaciones nocturnas, alcanza casi el máximo del intervalo de la banda de 30 a 40.

El escenario de cuadruplicación (x 4) de operaciones respecto del 23/7/18, es decir un total de 104 (ciento cuatro), con operaciones nocturnas, se encuentra dentro del intervalo de valores mayores a NEF = 40. Esto significaría habría serios problemas de ruido, según se expone en la tabla 3.

11- CONCLUSIONES:

Acerca de las metodologías a utilizar para la evaluación de ruido aeronáutico

- Toda afirmación en relación a descriptores, metodologías, límites sonoros u observaciones particulares, deben estar apropiadamente fundamentadas, al menos con referencias bibliográficas ciertas y reconocidas.
- Toda medición debe ir acompañada por el instrumento utilizado, su clase o tipo, modelo de calibrador utilizado, certificados de calibración vigentes, procedimiento de medición, altura y posición del micrófono y la forma en que se almacenó el registro.
- Siempre que se calcule un valor promedio, dado un conjunto o lista de valores, debe aclararse si este fué aritmético, geométrico o energético.
- De no existir otra regulación, la aplicación de LAeq sólo sería una alternativa para la evaluación de ruido aeronáutico teniendo en cuenta que el promedio energético diluye todo evento sonoro de muy corta duración, como lo son los ruidos de aeronaves, si se toma un intervalo temporal considerablemente mayor que la duración del evento a valorar. Es decir, el valor resultante del periodo diurno o nocturno será altamente dependiente de la cantidad de operaciones que en cada uno se lleven a cabo, debiéndose acompañar los resultados con esta información adicional. Por lo anterior y en caso de medir LAeq, en todo informe deben constar claramente los intervalos temporales de medición, para evitar diluir la energía sonora registrada en dicho intervalo.
- El uso de softwares de predicción como ser Aviation environmental design tool, Sound Plan, Cadna o cualquier otro, implica utilizar valores de niveles de ruido de aeronaves nuevas, sin horas de vuelo ni mantenimiento alguno. Es decir, deberían validarse los resultados mediante registros reales de emisiones sonoras actuales de las aeronaves involucradas en el proyecto bajo estudio.
- En cada aplicación de softwares de cálculo deben quedar claramente asentadas todas las variables que alimentan los mismos.
- Para aeropuertos Argentinos, en estos casos, debe quedar muy claro si el programa informático utiliza los descriptores establecidos por la OACI, que en su apartado, **PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE**, VOLUMEN 1 RUIDO DE LAS AERONAVES, está claramente asentado en A.P.2.6 “MEDICIÓN DEL RUIDO DE LAS AERONAVES PERCIBIDO EN TIERRA” y “CÁLCULO DEL NIVEL EFECTIVO DE RUIDO PERCIBIDO A PARTIR DE LOS DATOS DE MEDICIÓN DE RUIDO”, el procedimiento para procesar la información sonora registrada en un archivo de sonido (.wav) calibrado. Específicamente expresa: *“La medición utilizada para cuantificar el nivel de ruido homologado será el Nivel Efectivo de Ruido Percibido (EPNL) expresado en unidades de EPNdB”*.
- El sonómetro a utilizar debe tener un ancho de banda no menor a 50 Hz - 10 KHz, según lo establece la O.A.C.I., en forma textual: “El elemento básico de certificación de ruido es la evaluación que se conoce como nivel de ruido percibido EPNL, en unidades de EPN dB y consiste en un único número que evalúa el efecto subjetivo del ruido aéreo en el ser humano. Básicamente está formado por el nivel de ruido instantáneo percibido PNL corregido por las irregularidades del espectro, llamadas factores de corrección de tono, que se analizan para cada incremento de tiempo solamente para el tono máximo.

Solo se miden tres propiedades físicas básicas del nivel de presión sonora: nivel, distribución de frecuencia y variación en el tiempo.

Para determinar EPNL se necesita el valor instantáneo del NPS en cada una de las 24 bandas de tercio de octava para cada 0,5 s. de incremento de tiempo en la medición del ruido generado por la aeronave.

El procedimiento de cálculo comienza construyendo una tabla que muestre la energía contenida en los tercios de octava (SPL_i dB) con 24 frecuencias centrales entre 50 y 10000 Hz, correspondiente a cada valor de tiempo durante el evento.

Se divide la curva de nivel de presión sonora versus tiempo en intervalos de 0,5 segundos, a partir de un valor de tiempo inicial t_0 **correspondiente al punto donde el ruido generado por la aeronave supera el ruido de fondo.**"

- Desde ningún punto de vista debiera utilizarse la norma IRAM 4062 (2015) que en su página 5 dice: **"Esta norma no es aplicable para evaluar la molestia provocada por el ruido de tránsito de vehículos terrestres, fluviales y aéreos"**.
- Es imprescindible poder comparar las predicciones computacionales realizadas con descriptores de la OACI, con mediciones *in situ*.
- Para fuentes sonoras de gran nivel sonoro y de muy corta duración no se recomienda utilizar ponderación A, según se lee en la norma ISO 1996:

"Single events: 5.1.1 Descriptors. Sounds from single events (such as the pass-by of a truck, the fly-by of an aircraft, or an explosion at a quarry) are all examples of single-event sounds. A single-event sound can be characterized by many descriptors. These descriptors include physical quantities and the corresponding levels in decibels. Three descriptors are often used to describe the sound of single events. Frequency weighting A is used except for high-energy impulsive sounds or sounds with strong low-frequency content. The preferred three descriptors are:

- a) sound exposure level with specified frequency weighting,*
- b) maximum sound pressure level with specified time weighting and frequency weighting, and*
- c) peak sound pressure level with specified frequency weighting.*

NOTE: It is not recommended to use A-weighted peak sound levels.

5.1.2 Event duration. Event duration shall be specified relative to some characteristic of the sound, such as the number of times that some fixed level was exceeded. EXAMPLE: The duration of a sound event can be defined as the total time that the sound pressure level is within 10 dB of its maximum sound pressure level. NOTE: While the sound exposure level combines sound level and duration, the concept of event duration can be useful to differentiate events. For example, an

aircraft pass-by can have a duration of 10 s to 20 s, while the duration of a gunshot is less than 1 s.

- Los valores exhibidos por la OMS en el documento “Guías para el ruido urbano” (basado en el documento “Community noise”), sólo son **valores guía**, no son guarismos normados, según consta en la página 11, 2^{do} párrafo, del mencionado documento.
- Si bien es posible predecir el nivel sonoro continuo equivalente, ponderado A, día – noche, éste **no sería el descriptor apropiado** para la evaluación del ruido producido por aeronaves y su operación en aeropuertos.
- Debido a que la Argentina es signataria en la OACI, Organización de Aviación Civil Internacional, nuestro país debe cumplir con lo normado por ésta. En particular, el aeropuerto El Palomar, denominado según la OACI, “**SADP**”, de un total de 118 aeropuertos.

En particular, en el Anexo 16 del Convenio sobre Aviación Civil Internacional, “Protección del Medioambiente”, Volumen 1, Ruido de las aeronaves, en sus páginas II-3-6, II-5-5, II-8-6, AP 1-3, AP 1-7, AP 1-16, AP 1-19, AP 1-20, AP 1-22, AP 1-23, AP 1-36, AP 1-37, AP 1-38, AP 1-42, AP 1-43, AP 1-44, AP 1-45, AP 2-16, AP 2-17, AP 2-20, AP 2-21, AP 2-22, AP 2-27, AP 2-30, AP 2-38, AP 2-41, AP 2-42, AP 2-43, AP 2-44, AP 2-45, AP 2-46, AP 2-47, AP 2-48, ADJ A-2, ADJ A-4, se hace clara referencia al descriptor pronóstico NEF EPNL, como aquel a ser utilizado para la evaluación del ruido aeronáutico.

Por todo lo anterior, este Equipo Científico entiende que el descriptor apropiado es el *Pronóstico NEF*, según lo establecido en la O.A.C.I. y de acuerdo con la idiosincrasia (usos horarios) local.

Acerca de los resultados obtenidos

- Habiendo realizado un estudio técnico en un todo de acuerdo con los párrafos anteriores, y valorando los resultados obtenidos de la aplicación del pronóstico NEF, este Equipo Científico entiende que las actividades relacionadas con la aeronavegación en el Aeropuerto de El Palomar, con la cantidad de operaciones existentes al día 23/7/18, producen molestia al vecindario y a las actividades de la zona por ya estar **dentro de las bandas NEF > 30**: ***“Se esperan reclamos individuales repetidos. No se debe proceder con la construcción de residencias, escuelas, iglesias, etc. sin realizar un análisis completo de la situación.”***
- Cabe observar que el incremento de la cantidad de operaciones diarias, en particular llevar a más del doble de las operaciones actuales, acerca al pronóstico NEF a la banda inmediatamente superior, **NEF > 40**: ***“Es probable que haya serios problemas de ruido. No se recomienda realizar construcciones ni otra actividad sin hacer un análisis completo de la situación.”***
- La ***interpretación de los guarismos resultantes*** del presente estudio excede los objetivos de éste, siendo que ***dicha tarea corresponderá al organismo de control o autoridad competente***, para los fines que crea conveniente, debido a que no existe una Ley de la Calidad Acústica provincial (o equivalente).

ANEXO I – GLOSARIO

Clima de ruido: es la diferencia entre el nivel de ruido pico y el ruido de fondo. Se puede calcular mediante percentiles estadísticos a partir de la diferencia entre el ruido excedido el 10% del tiempo y el ruido excedido durante el 90% del tiempo de la medición.

Contorno de ruido: una línea de valor constante del índice o el nivel de ruido acumulativo de una aeronave en torno a un aeropuerto.

Dosis de ruido / Nivel de ruido acumulativo: es una medida en decibeles de los niveles de ruido recibidos durante un período de tiempo determinado. Se calcula mediante la acumulación, en cierta medida, de los niveles de ruido del evento.

Evento / Estímulo Sonoro: suceso generador de ruido o sonido que se destaca sobre el ruido de fondo durante un período de tiempo reducido; por lo general, su duración no excede los 20 s.

Exposición al ruido: es una medida de inmisión de energía acústica total durante un período de tiempo.

Impacto acústico: efectos adversos del ruido en los destinatarios.

Mapa de Ruido: representación cartográfica de los niveles sonoros, indicados mediante escalas de colores, en un determinado lugar y tiempo.

Nivel de sonido/ruido acumulativo: Una medida en decibeles del ruido recibido durante un período de tiempo específico, en un punto cercano a un aeropuerto, a partir del tráfico aéreo en condiciones de funcionamiento y con trayectorias de vuelo normales. Se calcula mediante la acumulación de los niveles en dicho punto.

Nivel día noche (L_{dn}): descriptor de ruido que se calcula a partir de los niveles sonoros medio ponderado A a largo plazo, determinados a lo largo de todos los períodos diurnos y nocturnos de un año.

Nivel día tarde noche (L_{den}): descriptor de ruido que se calcula a partir de los niveles sonoros medio ponderado A a largo plazo, determinados a lo largo de todos los períodos diurnos, vespertinos y nocturnos de un año.

Nivel máximo de ruido (L_{max}): nivel sonoro máximo alcanzado durante un evento.

Nivel mínimo de ruido (L_{min}): nivel sonoro mínimo alcanzado durante un evento.

Nivel Sonoro Continuo Equivalente (LA_{eq}): es un indicador de la media energética, ponderada A, del nivel de ruido promediado en el período de tiempo de la medición.

Paisaje Sonoro: entorno sonoro concreto de un lugar real o determinado, que es intrínsecamente local o específico a cada lugar. Un paisaje sonoro puede estar compuesto por varios eventos sonoros que se destacan sobre el ruido de fondo.

Percentiles (L_p): descriptores que indican qué nivel de ruido fue superado en un determinado porcentaje de tiempo, respecto del total de la duración de la medición. El percentil L_{90} representa el ruido de fondo y el L_{10} los picos más elevados.

Perfil de vuelo: Variación de la altura del avión a lo largo de la trayectoria en tierra.

Ponderaciones Frecuenciales: Las ponderaciones en frecuencia son filtros que se utilizan para evaluar el ruido. La ponderación "A", que simula la escucha propia del oído humano, se utiliza usualmente para evaluar todas las fuentes de ruido, excepto los ruidos impulsivos de alta energía (niveles de pico) y los ruidos de baja frecuencia.

Ponderación temporal: los sonómetros suelen incluir tres tipos de ponderaciones temporales que promedian la energía acústica con diferentes tiempos de respuesta (o inercia): Impulsiva: 35 ms, rápida: 125 ms, Lenta: 1 segundo, según el tipo de ruido a medir.

Reducción de Ruido Aeronáutico: es un descriptor que se define por la diferencia de los niveles sonoro máximos, ponderados A y en integración temporal lenta (slow), medidos en el exterior e interior de una edificación.

Ruido: sonido no deseado o cualquier sonido considerado desagradable o molesto por quien lo escuche.

Ruido de fondo / Ruido ambiente: es el nivel de ruido propio de cada lugar, en ausencia de fuentes de ruido particulares.

Ruido Fluctuante: Ruido continuo cuyo nivel de presión sonora varía notablemente, pero no de manera impulsiva, durante el período de observación.

Ruido Impulsivo: Ruido caracterizado por incrementos importantes de la presión sonora en períodos de tiempo breves.

Ruido Intermitente: Ruidos que solo se pueden detectar durante determinados períodos de tiempo que se producen a intervalos regulares o irregulares y son tales que la duración de cada suceso es superior a aproximadamente 5 s.

Ruido Tonal: Ruido caracterizado por una componente de frecuencia única, o por componentes de banda estrecha, que predomina con respecto a las bandas de frecuencia adyacentes por un determinado nivel de presión sonora.

Ruido urbano/ambiental / residencial / doméstico: sonido exterior no deseado o nocivo generado por las actividades humanas, incluido el ruido emitido por todas las fuentes de ruido a excepción de las actividades industriales. Las principales fuentes de ruido urbano son el tránsito automotor, ferroviario y aéreo, la construcción y obras públicas y el vecindario.

Sonido: es un fenómeno vinculado con la propagación a través de un medio de ondas elásticas (audibles o no) causadas por una vibración en un cuerpo.

ANEXO II

Fundamentos teóricos:

Pronóstico NEF

El Pronóstico de Exposición de Ruido (NEF) es uno de los descriptores más adecuados para el estudio del impacto acústico de aeropuertos, dado que permite estimar, en mayor o menor medida, la probabilidad de que se produzcan demandas o acciones legales contra el aeropuerto según el grado de molestia que se indica en la Tabla AII-1.

El método de cálculo del sistema NEF se basa en la siguiente ecuación:

$$\text{NEF} = \text{EPNL} + 10 \log (N_d + 17 \cdot N_n) - 88 \text{ dB} \quad (1)$$

Tabla AII-1: Probabilidad de que se produzcan demandas de acuerdo a los valores del índice NEF.

VALOR NEF	GRADO DE MOLESTIA
NEF<20	No se esperan demandas.
20<NEF<30	Puede interferir en áreas residenciales.
30<NEF<40	Posibles reclamos individuales en áreas residenciales.
NEF>40	Probables demandas y acciones grupales.

El índice NEF clasifica las diferentes aeronaves en diversas categorías con similares características acústicas, definiéndose para cada una de ellas unos contornos EPNL en función de la distancia, y para los eventos de aterrizaje y despegue.

Para determinar el EPNL se necesita el valor instantáneo del nivel de presión sonora en cada una de las 24 bandas de tercio de octava, de 50 a 10.000 Hz, en intervalos de 0,5 s de tiempo, en la medición del ruido generado por cada familia de aeronaves [6].

Pronóstico ANEF

Otra forma de evaluar el impacto del ruido aeronáutico en la población es a través del Pronóstico de Exposición de Ruido Australiano (ANEF), que se desarrolló a partir de los resultados de una importante encuesta llevada a cabo en las proximidades de varios aeropuertos australianos en el año 1980. Hasta ese momento, se utilizaba el pronóstico NEF, que fue adaptado para adecuarse a las condiciones locales. Principalmente, el pronóstico ANEF incorporó una ponderación para el período de 7 p.m. a 7 a.m. (a diferencia del pronóstico NEF que toma el período de 10 p.m. a 7 a.m.), dado que las investigaciones demostraron una mejor correlación entre la dosis

de ruido y la reacción de la comunidad. Dicha ponderación considera en los cálculos que las operaciones en período nocturno valen por cuatro diurnas.

El pronóstico ANEF se basa en la siguiente ecuación:

$$\text{ANEF} = \text{EPNL} + 10\log(N_d + 4*N_n) - 88 \text{ dB} \quad (2)$$

El pronóstico ANEF es un indicador de ruido de igual energía similar al L_{dn} y L_{eq} . El ANEF se aproxima a lo que sería un valor L_{eq} de 35 dBA. Cabe mencionar, que el criterio de aceptabilidad varía de acuerdo al uso de la tierra y se considera que un ANEF menor a 20 es aceptable para la edificación de nuevas viviendas. A su vez, es importante destacar que las unidades ANEF no son mediciones en decibeles, sino contornos basados en la reacción de las personas al ruido aeronáutico.

Los siguientes factores del ruido aeronáutico se tienen en cuenta al calcular los contornos ANEF:

- La intensidad, duración, contenido tonal y espectro de las frecuencias audibles del ruido de los despegues, aterrizajes y retrocesos de las aeronaves después del aterrizaje (el ruido generado en el aeropuerto desde el suelo de los motores de las aeronaves o los movimientos de rodaje no están incluido por razones prácticas);
- La frecuencia prevista de los diferentes tipos de aeronaves y sus movimientos en las diversas trayectorias de vuelo;
- La distribución diaria promedio de las tomas de aviones y los movimientos de aterrizaje en horario diurno (7.00 a.m. a 7.00 p.m.) y nocturno (7.00 p.m. a 7.00 a.m.); y
- La topografía del área que rodea el aeropuerto.

En la tabla AII-2 se presenta una tabla que indica cuáles son las condiciones de aceptabilidad según los valores ANEF para diferentes tipos de edificaciones, según la normativa australiana AS 2021:2000 [7].

Tabla AII-2: Tabla de aceptabilidad de edificios según las zonas ANEF..

Tipo de edificio	Aceptable	Condicionalmente aceptable	Inaceptable
Casas, edificios residenciales, departamentos, campings.	Menos de 20 ANEF (Nota 1)	20 a 25 ANEF (Nota 2)	Más de 25 ANEF
Hotel, Motel, Hostel	Menos de 25 ANEF	25 a 30 ANEF	Más de 30 ANEF
Escuelas, Universidades	Menos de 20 ANEF (Nota 1)	20 a 25 ANEF (Nota 2)	Más de 25 ANEF
Hospitales, enfermerías	Menos de 20 ANEF (Nota 1)	20 a 25 ANEF	Más de 25 ANEF
Edificios Públicos	Menos de 20 ANEF (Nota 1)	20 a 30 ANEF	Más de 30 ANEF
Edificios comerciales	Menos de 25 ANEF	25 a 35 ANEF	Más de 35 ANEF

Industria liviana	Menos de 30 ANEF	30 a 40 ANEF	Más de 40 ANEF
Otras industrias	Aceptable en todas las zonas ANEF		

Nota 1: Si se considera el período horario diurno de 7 a.m. a 10 p.m. y nocturno de 10 p.m. a 7 a.m. (que aplica al cálculo mediante sistema NEF), se obtiene una cantidad de 9 partidas diurnas y 3 nocturnas, mientras que los arribos alcanzan 8 operaciones diurnas y 6 nocturnas.

Sin embargo, si se considera el período horario diurno de 7 a.m. a 7 p.m. y nocturno de 7 p.m. a 7 a.m. (que aplica al cálculo mediante sistema ANEF), se obtiene una cantidad de 7 partidas diurnas y 5 nocturnas, mientras que los arribos alcanzan 6 operaciones diurnas y 8 nocturnas.

Nota 2: Es difícil definir con precisión la ubicación real del contorno de 20 ANEF, principalmente debido a la variaciones en los perfiles de vuelo de la aeronave.

Nota 3: Dentro de 20 ANEF a 25 ANEF, algunas personas pueden encontrar que la zonificación no es compatible con usos residenciales o educativos. Las autoridades encargadas del planeamiento urbano pueden considerar que sea apropiado incorporar controles de ruido **previo** a la construcción de residencias o escuelas.

Referencias Técnicas del Pronóstico NEF:

[FAA, 2002] Federal Aviation Administration. *Code of Federal Regulations: Aeronautics and Space*. 2002.

[Galloway, 1970] D.E. Galloway W. J.; Bishop . *Noise Exposure Forecast: evolution, evaluation, extensions, and land use interpretations*. Federal Aviation Administration, 1970.

ANEXO III: SOFTWARE DE CÁLCULO UNTREF (ANC)

Para realizar el procesamiento de las señales tomadas *in situ* se desarrolló un software específico y propietario de UNTREF.

Este permite cargar las señales de audio y las señales de calibración, seleccionando el nivel de calibración utilizado.

Con este software es posible calcular:

- EPNL
- NEF
- ANEF
- NEF/ANEF total.

Por otra parte es posible ver los perfiles de nivel, sus correcciones y el espectro de la señal en cada instante de análisis.

Todos los procedimientos fueron realizados de acuerdo con la normativa pertinente [FAA, 2002], [Galloway, 1970].

En la figura AIII-1 se puede ver una captura de pantalla del software.

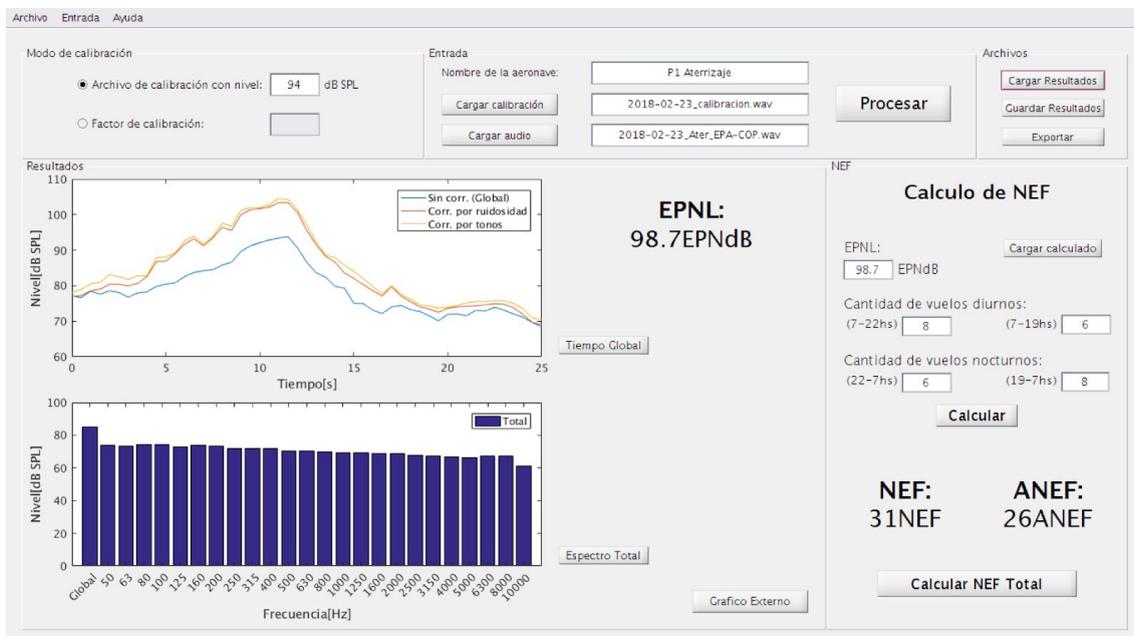


Figura AIII-1. Interfaz del usuario del software desarrollado por CISTAS UNTREF para el cálculo del Pronóstico NEF y ANEF a partir de registros sonoros *in situ*.

ANEXO IV - BIBLIOGRAFÍA

Berglund, B. e. (1999). *Guidelines for Community Noise*. London, United Kingdom: World Health Organization (WHO).

Ver, I., & Beranek, L. (2005). *Noise and vibration control engineering*. John Wiley & Sons Inc.

Constitución de la Nación Argentina. (1994).

Miedema, & Vos. (1998). *Exposure-response relationships for transportation noise*. Leiden, The Netherlands.

Miedema, & Oudshoorn. (2001). *Annoyance from transportation noise*. Leiden, The Netherlands.

RIVM, & TNO. (1998). *Annoyance, sleep disturbance, health aspects and the perception of the living environment around Schiphol airport, results of a questionnaire survey*. Leiden, The Netherlands.

HEALTH, D. F. (2008). *Planning information sheet: considering community noise issues through comprehensive planning and ordinances*. University of Minnesota.

ICAO. (2008). *Recommended method for computing noise contours around airports - Doc 9911 First Edition*. Quebec, Canada.

ICAO. (2014). *Protección del mediambiente - Anexo 16, Volumen 1: Ruido de las aeronaves*. Quebec, Canada: Organización de la Aviación Civil (OACI).

ECAC-CEAC. (2005). *Report on Standard Method of computing noise contours around civil airports - Doc 29, 3rd Edition*. France.

ANAC. (2014). *Estándares de ruido: Certificación tipo y de aeronavegabilidad de aeronaves - Parte 36*. Argentina.

FlightRadar24. www.flightradar24.com

ANEXO V: EQUIPO CIENTÍFICO PARTICIPANTE

Ing. Alejandro Bidondo.

Ing. Francisco Ruffa.

Ing. Nicolás Urquiza.

Ing. David Chaikh.

Ing. María Isabel Arango G.

Est. Pedro Sánchez Marey.

Est. Leandro Isorna.

CISTAS

cistas@untref.edu.ar