

DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE RUIDO URBANO EN PREDIO DEPORTIVO DE UNA ASOCIACIÓN VECINAL

Federico Gomez

*Universidad Nacional de Tres de Febrero, Ingeniería de Sonido, Caseros, Buenos Aires, Argentina
email: fede_gomez@live.com*

Simón Mellino

*Universidad Nacional de Tres de Febrero, Ingeniería de Sonido, Caseros, Buenos Aires, Argentina
email: mellino.simon@gmail.com*

Ciro Lockey

*Universidad Nacional de Tres de Febrero, Ingeniería de Sonido, Caseros, Buenos Aires, Argentina
email: lockey51042@estudiantes.untref.edu.ar*

Sebastian Carro

*Universidad Nacional de Tres de Febrero, Ingeniería de Sonido, Caseros, Buenos Aires, Argentina
email: sebastiancarrom@gmail.com*

Alejo Cohen

*Universidad Nacional de Tres de Febrero, Ingeniería de Sonido, Caseros, Buenos Aires, Argentina
email: cohen51134@estudiantes.untref.edu.ar*

Este trabajo documenta el diagnóstico y la propuesta de control de ruido para las instalaciones deportivas de la Asociación Vecinal 'Florentino Ameghino' (AVEFA), ubicada en un entorno urbano en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. A raíz de denuncias vecinales por molestias sonoras, se realizó un estudio técnico para evaluar el impacto acústico de las actividades del predio, principalmente partidos de fútbol. La metodología incluyó mediciones de niveles de presión sonora en la fuente y en las viviendas colindantes, siguiendo los lineamientos de la norma IRAM 4062-1 y contrastando los resultados con los límites establecidos por la Ley 1540 y el Decreto 740/07 de la ciudad. Debido a un presupuesto limitado asignado por el Gobierno de la Ciudad, se diseñó una solución de mitigación por etapas. El proyecto ofrece un enfoque escalonado y económicamente viable para resolver conflictos de ruido en instalaciones deportivas urbanas, conciliando las normativas vigentes con las necesidades de la comunidad.

Keywords: Control de Ruido, Fútbol, Acústica Ambiental, CABA

1. Introducción

La contaminación acústica en los centros urbanos es un factor ambiental que degrada la calidad de vida, afectando la salud y la convivencia. Las actividades sociales, deportivas o recreativas, si bien son esenciales para la comunidad, son una posible fuente de ruido que puede generar conflictos con los residentes cercanos. Por ello, la evaluación y gestión técnica de estas emisiones son indispensables para armonizar los distintos usos del suelo urbano y asegurar condiciones de habitabilidad adecuadas para todos.

El presente informe detalla el proceso de relevamiento, evaluación y propuesta de medidas mitigantes para un caso real de problemática de ruido urbano. La Asociación Vecinal 'Florentino Ameghino' (AVEFA) [11], fundada en 1985 en el barrio de Boedo, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, es una organización civil sin fines de lucro centrada en el desarrollo de actividades promotoras de la integración en la comunidad. Es en el cumplimiento de dicho rol que AVEFA co-gestiona junto al Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires un parque vecinal circunscripto en un pulmón de manzana, al cual se accede mediante la "Plaza de Los Vecinos", ubicada en Av. Independencia 4264.

El predio cuenta con instalaciones sociales y deportivas, incluyendo un buffet, un aula, vestuarios, una huerta y dos superficies techadas sobre las cuales se practica patín artístico, taekwondo y fútbol. Dentro de las actividades deportivas mencionadas, cabe destacar la práctica de fútbol, dado que AVEFA cuenta con múltiples categorías (tanto masculinas como femeninas) que compiten en una liga regional. Esto implica un pico de actividad y asistencia al predio los fines de semana, lo que conlleva un incremento del nivel de presión sonora emitido, que eventualmente lleva al descontento de los vecinos que viven en los edificios de los alrededores del predio, cuyos departamentos se ubican en los contrafrentes. Es a razón de esto que AVEFA se contactó con los docentes de la Universidad Nacional de Tres de Febrero, los cuales a su vez propusieron el estudio del caso como trabajo práctico para la materia 'Instrumentos y Mediciones Acústicas'.

Para ello, el trabajo consiste en realizar un relevamiento del predio, identificar las fuentes sonoras principales, realizar mediciones de ruido que caractericen la emisión de niveles sonoros a los vecinos lindantes, y determinar en función de las normativas locales sobre control y contaminación acústica, si infringe o no la ley las actividades sociales de este centro social. Motiva además generar propuestas constructivas de mejora para el desenvolvimiento sin problemas de las actividades deportivas y torneos de la asociación.

2. Estado del Arte

El ruido en áreas urbanas representa uno de los principales problemas en las grandes ciudades. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) [1], los niveles elevados de ruido pueden generar efectos adversos sobre la salud humana, incluyendo trastornos del sueño, estrés y dificultades en la comunicación [2].

En contextos urbanos densos como la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, esta problemática no se encuentra limitada exclusivamente al ruido de tránsito o de aeronaves. Actividades recreativas o deportivas al aire libre, por ejemplo, aquellas desarrolladas en parques o plazas, pueden generar niveles de presión sonora significativos que impactan directamente sobre las viviendas linderas.

Desde el punto de vista normativo, el Decreto 740/GCBA/07 [3] regula los niveles máximos permitidos de ruido ambiental en la Ciudad de Buenos Aires. Esta norma distingue entre zonas de sensibilidad acústica (residencial, comercial, industrial, etc.) y horarios (diurno y nocturno), estableciendo límites expresados en decibeles ponderados A (dBA) para distintos períodos de evaluación (Leq).

Por otro lado, la norma IRAM 4062-1 [4] proporciona los lineamientos técnicos para la medición de ruido utilizando instrumentos de clase 1. Además, se consideran criterios de evaluación tales como el nivel continuo equivalente (Leq), el nivel máximo (Lmax), y análisis por bandas de octava, cuando se desea caracterizar el espectro de la fuente sonora.

Diversos estudios en la literatura especializada han demostrado la efectividad de tratamientos como barreras acústicas, cerramientos perimetrales y revestimientos absorbentes en mitigar el impacto sonoro de canchas deportivas urbanas (Beranek, 1992 [5]). En este contexto se consulta el estándar internacional ISO 9613-2 [13] que trata la atenuación de propagación de sonido en exteriores. Asimismo, las medidas de gestión del uso, tales como restricciones horarias y control del comportamiento sonoro de los usuarios, pueden complementar las soluciones constructivas para lograr un control efectivo del impacto acústico.

En este contexto, el presente informe se enmarca dentro del campo del control de ruido y acústica

ambiental aplicada, buscando evaluar el impacto sonoro generado por las actividades de la Asociación Civil de Vecinos Florentino Ameghino en su entorno urbano inmediato y proponer soluciones técnicas acordes al marco normativo vigente y a los requerimientos particulares de los involucrados según el relevamiento realizado.

3. Marco Teórico

3.1 Ruido Acústico

El ruido acústico puede definirse como cualquier sonido no deseado o perturbador que interfiere en las actividades humanas normales, como el descanso, la comunicación o la concentración. Desde una perspectiva física, se trata de una combinación de ondas sonoras con características espectrales y temporales irregulares, a menudo carentes de periodicidad definida, lo que contribuye a su percepción como molesto o intrusivo.

En contextos urbanos y comunitarios, el ruido generado por actividades deportivas, música amplificada, gritos del público, silbatos o sistemas de sonido puede constituir una fuente significativa de perturbación para los residentes del entorno inmediato. Por ello, su estudio y caracterización resultan fundamentales para comprender su alcance e implementar, si fuera necesario, medidas de mitigación adecuadas.

3.2 Nivel Sonoro Continuo Equivalente (Leq)

El nivel sonoro continuo equivalente, comúnmente representado como L_{eq} , es una magnitud acústica muy utilizada en la evaluación de ambientes sonoros, especialmente en contextos donde el nivel de ruido varía con el tiempo. El L_{eq} se define como el nivel constante de presión sonora que, aplicado durante un intervalo de tiempo determinado, produciría la misma energía acústica total que el ruido real medido, con sus fluctuaciones. Representa un promedio energético. Según la norma [4] se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$L_{Aeq,T} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{p_A^2(t)}{p_0^2} \right) dt \right) \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

donde:

- $p_A(t)$: presión sonora instantánea ponderada A durante el funcionamiento de la fuente;
- T : intervalo de integración;
- p_0 : presión acústica de referencia, igual a $20 \mu\text{Pa}$.

El L_{eq} permite sintetizar en un único valor representativo el comportamiento sonoro de un entorno durante un cierto período, facilitando la comparación entre diferentes eventos, ubicaciones o momentos del día.

Los valores más comúnmente utilizados para el período de integración T varían según el objetivo del análisis. En estudios de ruido ambiental urbano se emplean frecuentemente intervalos de 15 minutos o 1 hora, tal como establece la norma IRAM 4062-1 y la normativa vigente en CABA (Decreto 740/07). Para caracterizar eventos específicos de corta duración, pueden utilizarse también períodos más breves como $L_{eq}(1\text{min})$ o $L_{eq}(5\text{min})$, lo que permite capturar picos momentáneos y evaluar la variabilidad sonora durante distintas fases del evento. En algunos casos, se calcula un L_{eq} total correspondiente a la duración completa de la actividad evaluada.

3.3 Normativas de Ruido Locales

En la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), la regulación del ruido ambiental está regida principalmente por un conjunto de normativas cuyo objetivo es preservar la calidad acústica del am-

biente y proteger la salud y el bienestar de la población. Las tres referencias clave en este marco son: la Ley 1540 [10], su Decreto Reglamentario 740/07, y la norma técnica IRAM 4062-1.

Sancionada en 2004, la Ley 1540 establece el “Régimen de Control de la Contaminación Acústica” en la ciudad. Define conceptos fundamentales como “ruido molesto” y “zonas de sensibilidad acústica”, y establece los derechos y obligaciones tanto de los emisores como de los receptores de ruido. Además, establece la obligación de respetar los niveles máximos de emisión sonora permitidos según la zonificación y los horarios.

El decreto reglamentario 740/07 detalla y reglamenta la aplicación de la Ley 1540. Especifica los niveles máximos permitidos de ruido en función de dos variables principales: la zona de sensibilidad acústica en la que se encuentra el emisor o receptor, y la franja horaria en la que se realiza la actividad.

Asimismo, el decreto distingue entre actividades fijas y fuentes móviles, e incorpora los métodos de medición y los criterios para evaluar la existencia de una infracción, así como los procedimientos de control.

Las áreas de la ciudad se clasifican según su sensibilidad acústica, lo que determina los límites máximos permitidos de emisión sonora. Las zonas están definidas de la siguiente manera por el decreto:

Tabla 1: Clasificación de áreas de sensibilidad acústica

Tipo	Descripción	Zonas típicas
Tipo I	Área de silencio	Hospitales, sanatorios, bibliotecas, parques naturales
Tipo II	Área levemente ruidosa	Zonas exclusivamente residenciales
Tipo III	Área tolerablemente ruidosa	Áreas mixtas: residencial + comercial de baja densidad
Tipo IV	Área ruidosa	Centros comerciales, zonas industriales livianas
Tipo V	Área especialmente ruidosa	Vías rápidas, zonas industriales, terminales de transporte

Además, los límites permitidos de inmisión/emisión sonora varían también según la hora del día. El decreto establece tres franjas horarias diferenciadas:

Tabla 2: Franjas horarias según decreto 740/07

Franja horaria	Horario	Consideraciones
Diurna	07:00 a 19:00 hs	Mayor tolerancia al ruido
Vespertina	19:00 a 22:00 hs	Límite intermedio
Nocturna	22:00 a 07:00 hs	Máxima restricción, por descanso

La norma IRAM 4062-1 establece el método de medición y evaluación del ruido ambiental. Es el marco técnico que define cómo debe realizarse una medición válida, incluyendo el uso de equipos clase 1, condiciones ambientales, tiempo de integración, aplicación de filtros y ponderaciones (frecuencial A y temporal Slow), y cómo interpretar los resultados obtenidos en términos de indicadores como Leq , L_{max} , percentiles (L_{10} , L_{90} , etc.).

En relación a estas normativas, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires cuenta con un mapa de ruido oficial [12] que forma parte del marco regulatorio en materia de control acústico urbano. Este mapa de ruido, desarrollado y actualizado por el Gobierno de la Ciudad, permite identificar y clasificar las distintas zonas de la ciudad según sus niveles habituales de contaminación sonora. Su objetivo principal es proporcionar una herramienta para la planificación urbana y la implementación de políticas públicas orientadas a mitigar los impactos negativos del ruido ambiental sobre la salud y la calidad de vida de los habitantes. Además, el mapa sirve como referencia para aplicar las normativas vigentes, estableciendo límites máximos permisibles de emisión sonora en función del uso del suelo y la zonificación acústica.

3.4 Barreras Acústicas

Una barrera acústica es un obstáculo sólido interpuesto entre una fuente de ruido y un receptor para reducir el nivel sonoro. Su efectividad está limitada por el fenómeno de la difracción, que es la capacidad del sonido de 'rodear' los bordes de la barrera para llegar al receptor.

Este efecto depende directamente de la frecuencia: las barreras son más eficaces atenuando altas frecuencias (longitudes de onda cortas) y menos eficaces con las bajas frecuencias (longitudes de onda largas), que difractan con mayor facilidad. Esto genera una 'zona de sombra acústica' detrás del obstáculo, donde se produce una atenuación que en la práctica puede alcanzar entre 5 y 24 dB [15].

El principal indicador de rendimiento de una barrera es la Pérdida por Inserción (IL), que mide la reducción de decibeles (dB) en el receptor gracias a su instalación. Para que un objeto funcione como una barrera efectiva según la norma ISO 9613-2 [13], debe cumplir con tres requisitos clave:

- Tener una masa superficial superior a 10 kg/m^2 (se recomienda $>20 \text{ kg/m}^2$) para que su Pérdida por Transmisión (TL) sea alta y el sonido que la atraviesa sea mínimo.
- Ser una superficie cerrada sin aberturas o ranuras significativas.
- Poseer una dimensión perpendicular a la línea fuente-receptor que sea mayor a la longitud de onda del sonido a atenuar.

Para un diseño eficiente, la ubicación, altura y materialidad son determinantes. La barrera debe colocarse lo más cerca posible de la fuente de ruido para maximizar la zona de sombra. Asimismo, debe tener una altura y longitud suficientes para interrumpir completamente la línea de visión entre la fuente y el receptor. El uso de materiales absorbentes en la cara que enfrenta a la fuente es una estrategia recomendada para minimizar reflexiones sonoras no deseadas.

La atenuación que aporta una barrera acústica puede ser estimada mediante métodos de cálculo tales como el modelo empírico de Maekawa[14] o el cálculo propuesto en la norma ISO 9613-2[13].

El primero se basa en la difracción del sonido sobre el borde de la barrera. La atenuación estimada depende del parámetro adimensional δ , definido como:

$$\delta = \frac{(d_1 + d_2 - d_0)}{\lambda} \quad (2)$$

Siendo d_1 y d_2 , respectivamente, las distancias desde la fuente al punto difractor de la barrera y desde el punto difractor al receptor. A su vez, d_0 es la distancia directa entre fuente y receptor sin barrera y λ la longitud de onda del sonido. Todas las dimensiones son en metros.

La atenuación se estima a partir del valor de δ mediante una curva empírica.

Por otro lado, la norma mencionada establece un método general de cálculo para la atenuación del sonido durante su propagación en exteriores. Se modela como:

$$L_p = L_w + D_c - A \quad (3)$$

Siendo L_p el nivel de presión sonora en el receptor (dB), L_w el nivel de potencia sonora de la fuente (dB), D_c la corrección por directividad (dB) y A la atenuación total (dB). Esta última compuesta por diversos términos de atenuación asociados a la distancia, la atmósfera, el tipo de suelo, obstáculos (como barreras), y otras condiciones del entorno.

4. Desarrollo

En primer lugar, se realizó una entrevista con las autoridades de la asociación, las cuales detallaron la problemática y también sus intenciones de preservar la relación con los vecinos. Se identificó a una vecina residente en la calle Muñiz 768 como aquella más aquejada, siendo ella la fuente de múltiples denuncias a la asociación. Particularmente en el año 2024, durante los festejos correspondientes al carnaval, dicha vecina realizó una denuncia que devino en una medición por parte del Gobierno de la Ciudad. En ella, se superaron los límites permitidos por la Ley 1540 y se ordenó la clausura del

predio. A causa de esto, se desencadenó un proceso legal en el que la asociación debió limitar sus horarios de actividad y comprometerse a realizar alguna acción en pos de mitigar los niveles de ruido. Es a raíz de esto que desde el GCBA se le asignó a la asociación un presupuesto de \$ 5.000.000 de pesos argentinos para concretar dicha mejora.

En la Figura 1 se observa una vista aérea general de la ubicación del club en el entorno urbano inmediato, donde se aprecian las viviendas linderas afectadas por la actividad del predio, y se remarca en rojo la ubicación más problemática mencionada.

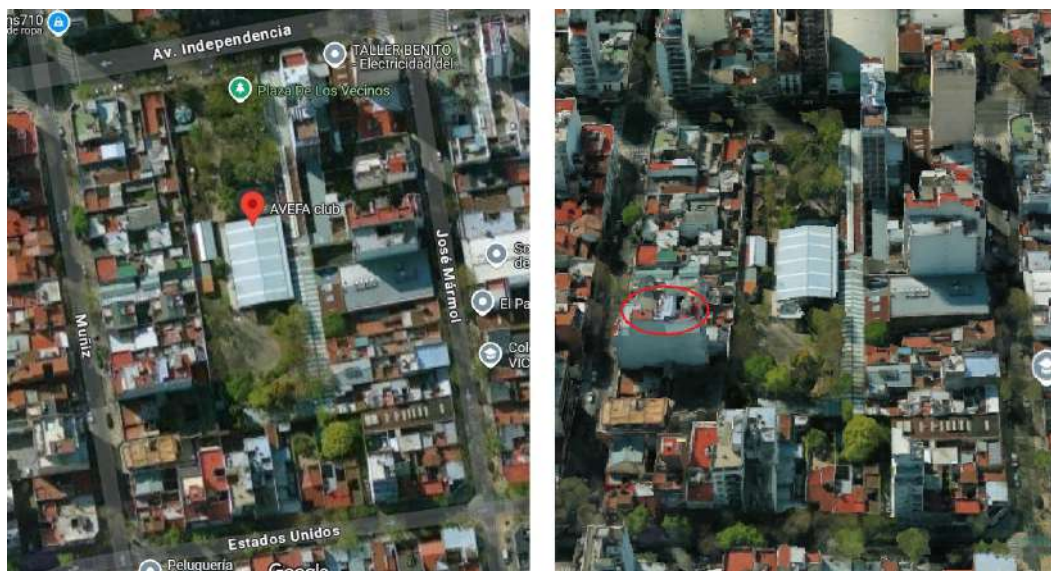


Figura 1: Vista aérea de la ubicación de AVEFA y edificios linderos.

Cabe agregar que las autoridades mencionaron que los días de lluvia se deben suspender los partidos debido al riesgo que implica la cancha mojada, y que, por lo tanto, el potencial cerramiento de la misma sería doblemente beneficioso, tanto por la cuestión acústica como meteorológica.

Horas luego de la primera entrevista, se llevó a cabo un relevamiento inicial del lugar. Durante este, se tomaron mediciones de espectro y nivel de presión sonora en la fuente, en condición de partido y utilizando equipamiento hogareño. En una fecha posterior se realizó una segunda medición, esta vez con sonómetros y acceso a dos domicilios lindantes con el predio, pudiendo realizar una descripción más representativa de la problemática.

En base a la información recabada y a los requerimientos planteados por la asociación, se arribó a la necesidad de proponer una solución en etapas a modo de distribuir la carga económica de la misma.

4.1 Relevamiento del Sitio y Problemática de Ruido

El club AVEFA se ubica dentro del área tipo III según el mapa de Áreas de Sensibilidad Acústica Exterior (ASAE) con los Límites Máximos Permitidos (LMP) [6].

Se realizó el relevamiento y reconocimiento del lugar y se presentaron las problemáticas.

Según los testimonios de las personas que frecuentan y se encargan de la asociación vecinal, en caso de partidos importantes puede llegar a haber hasta 200 personas como espectadores del partido. Se considera que las fuentes de ruido son los mismos protagonistas del partido (jugadores, entrenadores y árbitro), pero en caso de partidos importantes, más aún lo es el público (con gritos de aliento, de gol y cantos de canciones).



Figura 2: AVEFA ubicado en el Mapa Interactivo de CABA.

4.2 Primera Medición: Espectro y Niveles al Nivel de Cancha

El Domingo 11 de mayo de 2025, día de la primera entrevista, se realizó una medición preliminar de espectro y nivel de presión sonora en la zona de público, para tener una referencia. Se utilizaron dos posiciones, una en la esquina de la cancha y la otra en el medio central. Se visualizan fotografías y mapeo de las posiciones en la Figura 3.

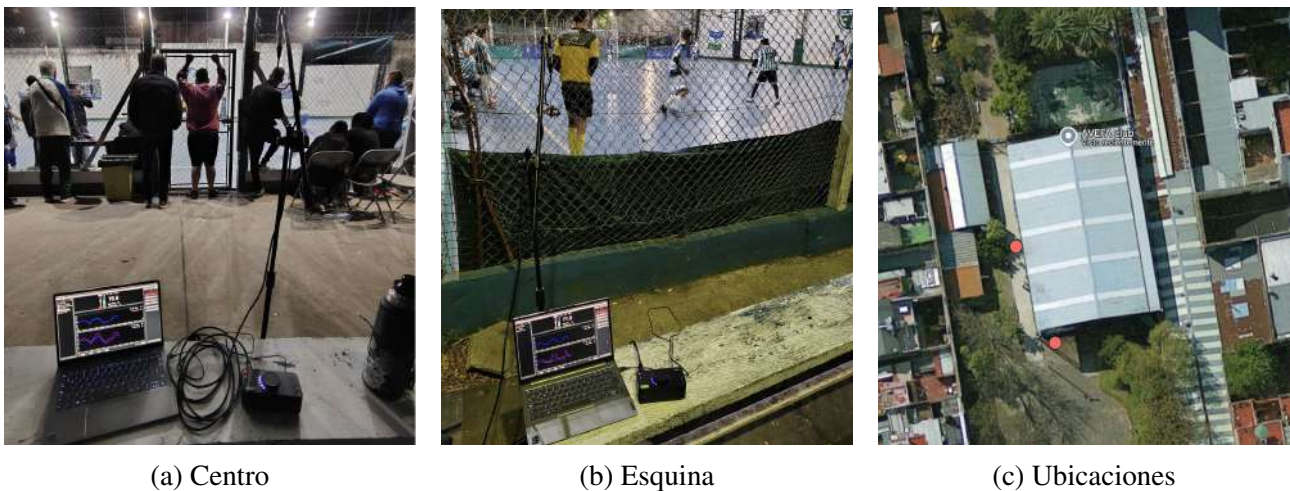


Figura 3: Medición preliminar al nivel del público.

El equipamiento utilizado consistió en un micrófono de medición Behringer ECM8000 [7] en conjunto con una interfaz de audio Audient EVO 4 [8] y una computadora portátil, sistema calibrado previamente con sonómetro y calibrador Svantek 959 [9].

Al final de la jornada se tomaron capturas en varios momentos clave, como goles, silbatos y gritos de audiencia. En la Tabla 3 se visualizan los niveles máximos medidos en distintas condiciones del partido.

Tabla 3: Niveles SPL de referencia, al borde de la cancha.

Condición	MAX SPL [dBA]
Silbato Árbitro	85.4
Gritos de Gol	88.4
Ruido de fondo	71.3

Estos valores son razonables para un partido de pequeña-mediana escala, como el que fue presenciado, y permiten comenzar a dimensionar el problema.

Finalmente, se muestra el espectro del ruido con niveles en la cancha durante un grito de gol en un partido (véase Figura 4). Se toma este como el peor caso posible, con mayor exaltación del público.

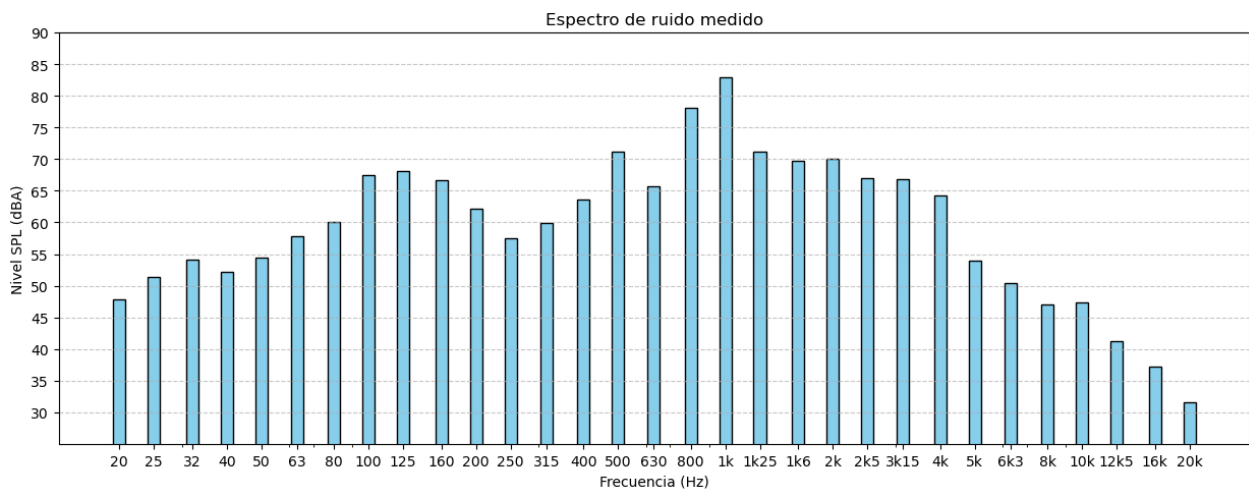


Figura 4: Espectro de nivel medido en la cancha.

El espectro de ruido medido durante el grito de gol muestra que la energía sonora más significativa se concentra en el rango de 100 Hz y 4 kHz, el cual es característico de la voz humana, especialmente en situaciones de excitación o gritos. Esto implica que las longitudes de onda predominantes no son extremadamente grandes, facilitando su atenuación mediante soluciones pasivas. En este contexto, una barrera acústica aparece como una estrategia viable para reducir la propagación del sonido, ya que puede ser dimensionada y ubicada estratégicamente para bloquear o desviar estas frecuencias de rango medio, responsables de la mayor parte de la molestia acústica registrada.

4.3 Segunda Medición: Espectro y Niveles en Edificios Aledaños

Gracias a la gestión por parte de la comisión de AVEFA, se pudo acceder a dos edificios aledaños a la asociación (José Mármol 757 y Estados Unidos 4269) para medir el nivel L_M producido en presencia de un partido y el nivel L_f en ausencia del mismo (ruido de fondo). Cabe aclarar que la medición sobre José Mármol 757 se realizó en el interior del departamento, ubicado en el 7° piso con vista a la cancha. Mientras que la medición en Estados Unidos 4269, se realizó en la terraza del edificio, siendo un 9° piso con vista a la cancha. En el Anexo A se pueden observar los puntos de vista de cada medición. El partido medido consistió en un enfrentamiento amistoso entre diferentes categorías de AVEFA.

Tabla 4: Comparación de mediciones acústicas en dos ubicaciones

Dirección	J. Marmol 757	EEUU 4269
Lugar	Departamento en 7mo piso	Terraza
Condición	Interior: ventanas cerradas	Aire libre
Tipo de medición	Leq A Slow	Leq A Slow
LM [dBA]	42.82	60.16
Lf [dBA]	41.21	56.75

Debido a que el enfrentamiento medido no se correspondía a un partido de competencia contra un club visitante, los vecinos entrevistados comentaron que el nivel percibido fue inferior en comparación con días de competición. Aún así, se toman los resultados como referencia.

En términos legales, se destaca que para el caso de EEUU 4269 se supera levemente el límite máximo permitido para horario nocturno en la zona III (+0,16 dB), superando ampliamente el límite para la zona II. Mientras que en el caso de José Mármol 757, no supera ningún límite legal, siendo que las ventanas se encontraban cerradas.

En el caso de ruidos molestos, la diferencia de nivel entre L_M y L_f para el caso de José Mármol, es menor a 3 dB, siendo no considerado como ruido molesto. Sin embargo, para la segunda dirección, Estados Unidos 4269, el ruido no es solamente ilegal, sino que también es considerado molesto.

4.4 Análisis de los Resultados de las Mediciones

La información recabada mostró niveles por encima de lo permitido en los domicilios vecinos, y tanto el espectro de ruido como un análisis perceptivo identifican al público como la principal fuente de ruido.

Aquí se llegó a la conclusión de que el mayor aporte de ruido viene de parte del público. Durante el relevamiento se comentó que durante partidos de primera categoría, se podían alcanzar niveles de asistencia de alrededor de 200 personas; estos, al aportar cánticos y arengas a sus jugadores, generarían el mayor nivel de ruido a considerar.

En las siguientes secciones se presentarán las propuestas correspondientes, teniendo en cuenta las necesidades y limitaciones, tanto constructivas como presupuestarias.

En base a esto y teniendo en cuenta el presupuesto fijado, se optó por diseñar una barrera acústica que cubra el sector de audiencia con la intención de mitigar el sonido directo incidente sobre los edificios linderos.

Si bien la solución propuesta no es completa, se la considera un apropiado punto de partida, y se propone la realización de un plan en etapas para repartir la carga económica de la obra restante.

Las etapas siguientes comprenderían la realización de un cerramiento completo de la cancha de fútbol, así como el techado de la zona de audiencia, logrando encapsular la fuente de ruido completamente.

5. Propuesta de Mitigación

La propuesta de solución se plantea y desarrolla en diferentes fases, pudiéndose elegir por cuál comenzar, con el objetivo de que la asociación analice el camino a seguir en función de sus prioridades en cuanto a tiempos de terminación, costos e importancia del área a cubrir. Además, entendiendo el presupuesto reducido con el que se cuenta, la solución por fases permite atacar el problema según se pueda acceder a la financiación necesaria para cada una.

Como representación de la locación se realiza un modelado simplificado en 3D del club, en donde se permite diseñar las posibles implementaciones previo a los cálculos. (Véase Figura 5).

Se describen las distintas fases del proyecto, presentando un modelo tridimensional de cada uno, junto con los materiales necesarios y sus costos asociados, y un análisis de las ventajas que aporta

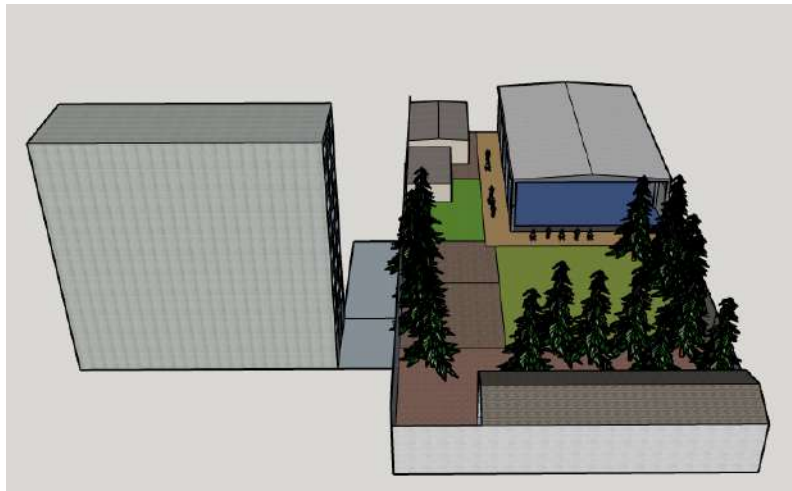


Figura 5: Vista aérea del modelo 3D general.

su implementación. Finalmente, se ofrece una recomendación respecto a cuál etapa resulta más conveniente abordar en primera instancia, considerando criterios de efectividad, prioridad y viabilidad económica.

5.1 Primera etapa

En primera instancia, se propone la construcción de una barrera acústica ubicada a 3,5 metros del perímetro de la cancha, tal como se dispone en la Figura 6. Considerando que la principal fuente de ruido es el público que alienta a su equipo, esta barrera permite mitigar el sonido directo de los mismos. Se propone una altura de la barrera de 3,5 metros, siendo esta capaz de 'bloquear' el sonido directo y primeras reflexiones (en el piso), disminuyendo el nivel en los edificios aledaños ubicados sobre las calles Muñiz y Estados Unidos.

Según los resultados presentados en las tablas del Anexo B se considera que estas aportarían una reducción significativa en las áreas de interés, sin implicar el mayor presupuesto de todas las etapas. En función del método de cálculo utilizado para el TL (Maekawa o por Norma), el mismo variaría entre 21 dB y 27 dB. Estos resultados se consideran sobreestimados y optimistas, teniendo en cuenta además que no consideran las múltiples fuentes, sino una fuente puntual de nivel equivalente.

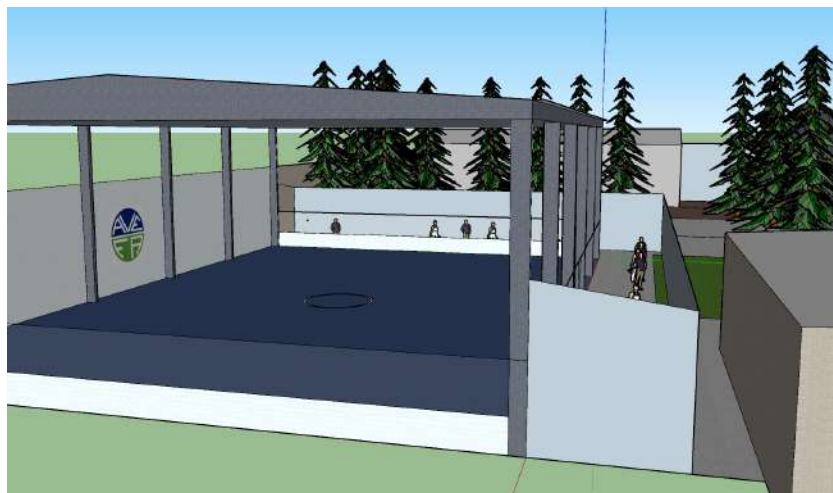


Figura 6: Render 3D del posicionamiento de la barrera acústica diseñada.

La construcción de la barrera no es complicada, se propone utilizar paneles pre-contruidos denominados "paneles sándwich". Estos permiten una terminación estética, con buen aislamiento realizan-

do obra húmeda únicamente para los pilones de hormigón que aguantan la estructura. A continuación se detallan algunos proveedores nacionales:

- Panel Sándwich Arg: <https://panelsandwich.ar/>
- Xipre: <https://xipre.com.ar/>
- DNU Acoustics: <https://dnuacoustics.com>
- Sonovix: <https://www.sonovix.com/>
- ZGlobal: <https://zacustic.com.ar/>
- Decibel Sudamericana S.A: <https://www.decibel.com.ar/>

En detalle, la barrera acústica se conforma por 5 capas, descritas a continuación en orden desde afuera hacia dentro. En primer lugar, se tiene la chapa galvanizada exterior, lo que brinda resistencia mecánica a la estructura total y protección anticorrosiva. Ésta tiene adherida un aislante acústico de alta densidad, seguido de un panel de lana de roca (de 100 kg/m^3 , según explicita uno de los proveedores), que cuenta con propiedades ignífugas y resistencia térmica. Este material es encerrado con una chapa perforada (al 47 %), permitiendo que el absorbente realice su trabajo. Finalmente, la chapa interna es recubierta de un velo protector, cuya función es evitar la liberación de partículas del material absorbente.

5.2 Segunda Etapa

La segunda etapa se compone de un techo en formato alero para la zona exterior de la cancha, donde se ubica el público durante los partidos. Este techo iría conectado, en un extremo, a la barrera, y, en el otro, a la cancha, y no solo proveería aislamiento acústico, sino que también térmico y protección climática. Esto último refiere al comentario de las autoridades respecto de los partidos que deben suspenderse por lluvia. Esta etapa, en conjunto con la siguiente, provee una solución compuesta. Un esquema de la misma se presenta en la Figura 7.



Figura 7: Vista aérea del modelo 3D con la etapa 1 y 2 finalizadas.

La construcción del alero sería igual a la barrera. Los mismos paneles pre-fabricados se colocan casi rectos, con un ángulo de 10° para evacuar el agua desde la cancha hacia el exterior del recinto. El ancho del alero depende de la distancia entre la barrera y el perímetro de la cancha. Siendo esta misma de 3,5 metros, definida anteriormente. También, se debe agregar una zinguería que recorra el perímetro del alero (57 metros) para evacuar el agua en puntos estratégicos, como las esquinas.

5.3 Tercer Etapa

La última etapa es la que implica el mayor despliegue constructivo y es la de mayor costo. Consiste en concluir el cerramiento completo de las aberturas de la cancha, tal como presentan las Figuras 8 y 9. Al cerrar la cancha y conectar con el alero y la barrera, tanto el público como los jugadores quedan virtualmente aislados del exterior. Esta solución debe ser acompañada del agregado de un sistema de ventilación para que sea viable jugar en verano y asegurar las condiciones óptimas de la calidad del aire en la cancha de futsal.

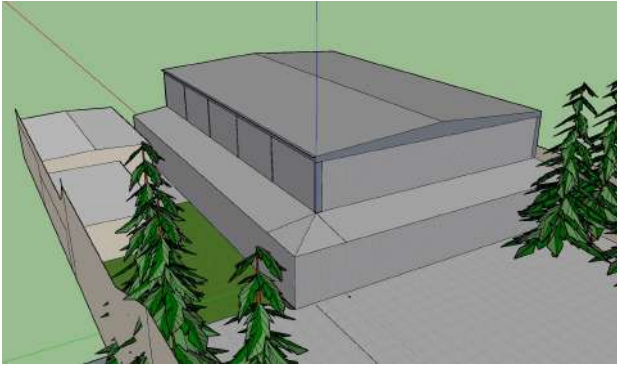


Figura 8: Vista aérea del modelo 3D con las etapas finalizadas.

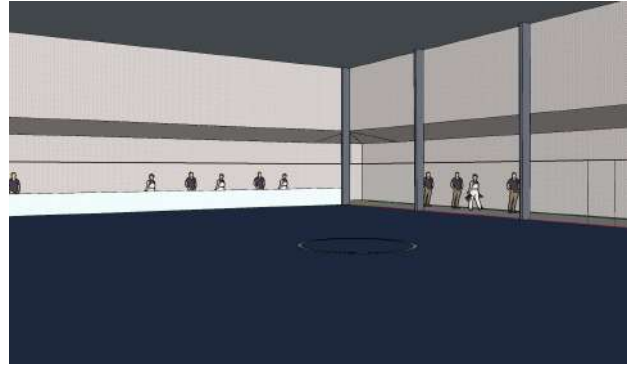


Figura 9: Vista del modelo 3D desde el interior de la cancha con todas las etapas finalizadas.

El cerramiento está compuesto por los mismos paneles de las etapas anteriores. Podría ser beneficioso realizar una compra mayorista de muchos metros cuadrados de panel, obteniendo un descuento por cantidad. A medida que los fondos estén disponibles, se realizarían los anclajes y se montarían los paneles para crear la barrera, el alero y, finalmente, el cerramiento completo.

5.3.1 Sistemas de Ventilación Necesarios

En el estándar internacional ANSI/ASHRAE 62.1-2022[22] se indica, para "Gym, Sports arena":

- Tarifa de aire exterior para personas (R_p): 10 L/s por persona.
- Tarifa de aire exterior para área (R_a): 0,9 L/s por m^2 .

Entonces, tomando 300 personas como máximo, se tendría $R_p = 3000$ L/s. Y para $796 m^2$ de superficie (cancha y área de audiencia) se tiene $R_a = 716,4$ L/s. La suma de ambos resulta en 3716,4 L/s, siendo equivalente a $13.379,04 m^3/h$.

Por otro lado, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires determina que debe haber de 10 hasta 20 renovaciones del volumen por hora en este tipo de recintos [17].

Considerando un volumen total final de $5400 m^3$, se deben renovar $108.000 m^3$ por hora.

La diferencia entre los caudales de aire por hora se debe a los diferentes criterios tomados para el cálculo en cada norma. Para el caso de Buenos Aires, que contempla el volumen completo, se considera que está sobrestimando lo necesario, ya que la relación entre cantidad de personas y el volumen total es relativamente baja. Por lo tanto, para el cálculo, se propone que podría considerarse un valor intermedio entre ambos, de aproximadamente $60000 m^3$ por hora, valor que además se aproxima a las 10 renovaciones por hora mínimas que establece el Gobierno de la Ciudad.

Las soluciones posibles para esta necesidad radican en sistemas de ventilación natural, mecánica o de aire acondicionado. Debido a las claras limitaciones en el presupuesto, se propone el tipo de ventilación mecánica, con extractores de aire que cumplan con el nivel de extracción de caudal necesario. Además, para la entrada de aire, podría contarse con ventilación natural, que consistiría en rejillas metálicas distribuidas en las paredes del volumen [18]. Existen diversas opciones de extractores en el mercado, de pared o de techo, tales como New Air [19], Chicago Blower [20] e ICM [21]. Para

su elección, se debe tener en consideración el caudal de aire por hora que son capaces de renovar y procurar que su nivel de ruido bajo funcionamiento sea bajo y no se convierta en un nuevo problema para el club y los vecinos. Además, los puntos de extracción deben estar correctamente distribuidos en el volumen para que el sistema completo funcione efectivamente.

5.4 Simulación

Con el objetivo de anticipar el impacto potencial de las soluciones propuestas y validar su eficacia, se desarrolló un modelo acústico preliminar utilizando el software iNoise [16], herramienta especializada en la simulación de propagación sonora en entornos exteriores.

Este software está basado en el modelo ISO 9613-2 [13], norma internacional que establece el método general de cálculo para la atenuación del sonido durante su propagación al aire libre. iNoise permite modelar fuentes sonoras, definir receptores y simular condiciones meteorológicas, topográficas y constructivas para estimar niveles de presión sonora en distintos puntos del entorno.

En la Figura 10 se incluye una visualización del modelo generado, donde se representan las ubicaciones de las fuentes sonoras (público), las superficies reflectantes (fachadas) y los receptores ubicados en los edificios linderos. Asimismo, se simula la instalación de una barrera acústica, conforme a las características planteadas en la propuesta de mitigación.



Figura 10: Vistas del modelo de simulación (2D y 3D).

No obstante, debido a la complejidad del entorno urbano y las limitaciones en el manejo de funciones avanzadas del software, los resultados obtenidos no fueron lo suficientemente concluyentes como para justificar cuantitativamente la implementación de las soluciones. Por este motivo, se optó por no presentar los resultados como base técnica exclusiva para la toma de decisiones.

Sin embargo, el modelo generado permanece disponible como punto de partida para un desarrollo futuro más robusto, en el que puedan incorporarse datos más precisos y ajustarse los parámetros de simulación con mayor fidelidad a la realidad.

5.5 Presupuesto

Se plantea una propuesta por etapas con el objetivo de minimizar las limitaciones presupuestarias, permitiéndole a la asociación afrontar los gastos a medida que consigan fondos.

Ya que se utilizarán los mismos paneles tipo "sándwich" en todas las etapas, se propone un precio por metro cuadrado de panel que luego se multiplicará dependiendo de la cantidad de metros cuadrados de cada etapa. Además, se recomienda comprar todos los paneles necesarios para cubrir las 3 etapas, con el objetivo de obtener un descuento por compra mayorista. La mano de obra, los anclajes y montajes se discriminan por separado en cada etapa. También, cada etapa llevará gastos adicionales en función de la implementación de la misma.

Se generan 3 tablas de presupuestos, estimados en base a consultas con empresas y precios generales, que definen la inversión necesaria para completar cada etapa. Además, se debe tener en cuenta que el presupuesto inicial es de \$5,000,000, 00 y el valor del dólar oficial al momento es de \$1,240, 00.

Tabla 5: Presupuesto detallado del montaje de la barrera acústica (etapa 1).

Material	Precio por metro²	Cantidad de metros²	Precio final
Paneles sándwich	\$32.240,00	200	\$6.448.000,00
Fundaciones (hormigón armado)	–	–	\$1.047.800,00
Herrajes y fijaciones	–	–	\$372.000,00
Mano de obra	–	–	\$2.206.580,00
Total:			\$10.074.380,00

Tabla 6: Presupuesto detallado del montaje del alero (etapa 2).

Material	Precio por metro²	Cantidad de metros²	Precio final
Paneles sándwich	\$32.240,00	184	\$5.932.160,00
Herrajes y fijaciones	–	–	\$372.000,00
Zinguería galvanizada	–	–	\$533.200,00
Instalación de zinguería	–	–	\$213.280,00
Mano de obra	–	–	\$683.736,00
Total:			\$7.734.376,00

Tabla 7: Presupuesto detallado del cerramiento de la cancha (etapa 3).

Material	Precio por metro²	Cantidad de metros²	Precio final
Paneles sándwich	\$32.240,00	337	\$10.864.880,00
Herrajes y fijaciones	–	–	\$744.000,00
Extractores de aire	–	–	\$9.920.000,00
Instalación eléctrica y montaje de extractores	–	–	\$2.480.000,00
Zinguería galvanizada	–	–	\$1.066.400,00
Instalación de zinguería	–	–	\$426.560,00
Mano de obra	–	–	\$2.152.888,00
Total:			\$27.654.728,00

Teniendo en cuenta que ninguno de los presupuestos planteados se ajusta al capital inicial disponible por el club, se propone como alternativa viable iniciar con la compra e instalación parcial de la barrera acústica.

La propuesta consiste en adquirir 115 metros cuadrados de paneles sándwich, lo que permitiría avanzar con un primer tramo del cerramiento acústico. Esta cantidad de superficie puede destinarse a distintos sectores estratégicos del perímetro de la cancha, según las prioridades del club:

1. En forma recta a lo largo del campo de juego (lado correspondiente a los edificios sobre la calle Muñiz).
2. En forma de "L" en la esquina entre las calles Muñiz y Estados Unidos.
3. En forma recta a lo ancho de la cancha (lado correspondiente a los edificios sobre la calle Estados Unidos).

A continuación, se presenta el presupuesto detallado correspondiente a esta etapa parcial del proyecto:

Tabla 8: Presupuesto parcial para 115 m² de barrera acústica.

Material	Precio por metro ²	Cantidad de metros ²	Precio final
Paneles sándwich	\$32.240,00	115	\$3.707.600,00
Fundaciones (hormigón armado)	–	–	\$612.963,00
Herrajes y fijaciones	–	–	\$217.620,00
Mano de obra	–	–	\$453.818,30
Total:			\$4.992.001,30

6. Conclusiones

El presente proyecto de aislamiento acústico en una cancha de fútbol ubicada en la Ciudad de Buenos Aires implicó enfrentar diversos desafíos técnicos, normativos y logísticos, condicionados por el contexto urbano y el uso intensivo del predio.

Uno de los principales condicionantes fue el presupuesto limitado, que obligó a establecer una serie de soluciones por etapas. Se optó por una estrategia escalonada de cerramiento: inicialmente se proyectó una barrera acústica perimetral, seguida por un techo parcial entre la barrera y el campo de juego, y finalmente el cerramiento completo del recinto.

Desde lo técnico, se constató la complejidad de aplicar aislamiento acústico en estadios abiertos, debido a restricciones funcionales vinculadas a la circulación del público, visibilidad del campo, circulación de aire y ventilación. Estas limitaciones reducen la efectividad de soluciones pasivas tradicionales y requieren abordajes específicos.

Se llevó a cabo un relevamiento acústico conforme a la norma IRAM 4062-1, incluyendo mediciones de niveles sonoros continuos equivalentes en distintas posiciones representativas. Esta etapa permitió establecer una línea base objetiva del impacto acústico y sustentar las decisiones de diseño técnico. Que luego serían la base para el cálculo de aislamiento requerido y la propuesta realizada en conjunto con las consideraciones que aportan las normativas vigentes, como es la Ley 1540 de la CABA, en conjunto con recomendaciones de normas ISO.

Las simulaciones de atenuación por barreras acústicas presentaron limitaciones, dado que las herramientas disponibles no reproducen con precisión condiciones reales de emisión y propagación en entornos abiertos. Fue necesario complementar los modelos con criterios conservadores y estimaciones empíricas.

En resumen, el proyecto evidencia que el aislamiento acústico en estadios urbanos requiere soluciones a medida, viables técnica y económicamente, y aplicables en fases. El mismo también presentó una experiencia formativa clave, al involucrar la gestión de intereses contrapuestos entre vecinos, autoridades, instituciones deportivas y la comunidad. La necesidad de conciliar criterios técnicos con demandas sociales y legales y limitaciones presupuestarias aportó una dimensión integral al trabajo.

REFERENCIAS

1. Organización Mundial de la Salud, *Guidelines for Community Noise*. Geneva: OMS, 1999. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/a68672>
2. Thompson, R., Smith, R. B., Bou Karim, Y., Shen, C., Drummond, K., Teng, C., & Toledano, M. B. (2022). Noise pollution and human cognition: An updated systematic review and meta-analysis of recent evidence. *Environment International*, 158, 106905. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106905>
3. Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, *Decreto 740/GCBA/07 — Normas de ruido ambiental*. Boletín Oficial, 2007. Disponible en: <https://boletinoficialpdf.buenosaires.gob.ar/util/imagen.php?idn=99330&idf=50>
4. IRAM, *IRAM 4062-1: Acústica — Medición de ruido ambiental. Parte 1: Método general de medición*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2001.
5. Beranek, L. L., *Noise and Vibration Control*. McGraw-Hill, 1992.
6. Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, *Mapa Interactivo de Buenos Aires – Áreas de Sensibilidad Acústica*. Disponible en: https://mapa.buenosaires.gob.ar/mapas/?lat=-34.622133&lng=-58.425159&z1=17&modo=transporte&map=parcelas_asaes. Último acceso: junio de 2025.
7. Behringer, *ECM8000 — Measurement Condenser Microphone*, Ficha técnica, Behringer, Alemania, 2020. Disponible en: <https://www.behringer.com/product.html?modelCode=P0146>
8. Audient Ltd., *EVO 4 — 2 In / 2 Out Audio Interface*, Ficha técnica, Audient, UK, 2020. Disponible en: <https://evo.audio/products/evo-4/overview/>
9. Svantek Sp. z o.o., *SVAN 959 — Class 1 Sound and Vibration Analyzer*, Ficha técnica, Svantek, Polonia, 2012. Disponible en: <https://www.svantek.com/products/svan-959>
10. Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. Ley 1540. Publicada en el Boletín Oficial. Accedido: 2025-06-03. URL:<https://boletinoficial.buenosaires.gob.ar/normativaba/norma/67210>
11. Asociación Civil de Vecinos Florentino Ameghino (AVEFA), *Asociación Civil de Vecinos Florentino Ameghino (AVEFA) – Buenos Aires Historia*. Disponible en: <https://buenosaireshistoria.org/clubes/asociacion-civil-de-vecinos-florentino-ameghino-avefa/>. Último acceso: junio de 2025.
12. Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, *Mapa de Ruido de la Ciudad de Buenos Aires*. Disponible en: <https://buenosaires.gob.ar/impacto-acustico/mapa-de-ruido>. Último acceso: junio de 2025.
13. International Organization for Standardization, *Acoustics — Attenuation of sound during propagation outdoors — Part 2: General method of calculation (ISO 9613-2:1996)*. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/20649.html>. Último acceso: 20 de junio de 2025.
14. Maekawa, Z. (1968). *Noise reduction by screens*. *Applied Acoustics*, 1(3), 157–173.
15. Mansilla Benasco, Joaquín, *U.5: Barreras Acústicas*. Material de la cátedra Acústica y Psicoacústica II, Universidad Nacional de Tres de Febrero (UNTREF), 2022.
16. DGMR Software, *iNoise – Noise Prediction for Road, Rail, Industry and Wind Turbines*. Basado en los métodos ISO 9613-2 y CNOSSOS-EU. Disponible en: <https://dgmsoftware.com/products/inoise/>. Último acceso: julio de 2025.
17. Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. *Reglamento Técnico RT-030302-020207-03: Ventilación por Medios Mecánicos*. Subsecretaría de Gestión Urbana, Ministerio de Jefatura de Gabinete, Buenos Aires, 20 de diciembre de 2024. Disponible en: <https://documentosboletinoficial.buenosaires.gob.ar/publico/PE-RES-MJGGC-SSGU-224-24-ANX-6.pdf>

18. Suref. (s.f.). *Rejillas fijas para ventilación*. Recuperado el 6 de julio de 2025, de <https://www.suref.com.ar/categoria/rejillas-ventilacion/>
19. Newair. (s.f.). *Ventilación Industrial y HVAC*. Recuperado el 6 de julio de 2025, de <https://newair.com.ar/>
20. Chicago Blower Argentina. (s.f.). *Ventiladores Centrífugos y Axiales*. Recuperado el 6 de julio de 2025, de <https://www.chicagoblower.com.ar/ar/>
21. ICM. (s.f.). *Fabricación de Ventiladores y Motores Eléctricos*. Recuperado el 6 de julio de 2025, de <https://www.icmventilacion.com.ar/>
22. ASHRAE. (2022). *ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2022: Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality*. Recuperado de <https://static1.squarespace.com/static/6320b844c3820725e4d5688f/t/6372af076022e56f815dc7f5/1668460297956/ASHRAE+62.1-2022+%281%29.pdf>

Anexo A. Puntos de vista en las mediciones



(a) Medición desde la terraza, EEUU 4269.



(b) Medición dentro del departamento de J. Mármol 757.



(c) Medición desde la terraza, EEUU 4269.



(d) Vista desde balcón de J. Mármol 757 al club AVEFA.



(e) Detalle del sonómetro apuntando a la cancha.



(f) Preparación del setup de medición en J. Mármol 757.

Figura 11: Registro fotográfico de las posiciones de medición del ruido generado por la cancha de fútbol del club AVEFA.

Anexo B. Cálculos de barreras

Tabla 9: Resultados de niveles con y sin barrera comparados con el modelo de Maekawa

Frecuencia [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Global
$LP2_{sin\ barrera}$ [dBA]	20,41	29,30	22,67	31,70	44,28	32,01	26,66	9,98	44,98
$IL_{Maekawa}$	12,48	15,07	17,88	20,78	23,73	26,72	29,71	32,72	-
$LP2_{con\ barrera}$ [dBA]	7,93	14,22	4,79	10,92	20,54	5,29	0,00	0,00	21,18

Tabla 10: Resultados de niveles con y sin barrera comparados con el modelo ISO 9613-2

Frecuencia [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Global
$LP2_{sin\ barrera}$ [dBA]	20,39	29,27	22,61	31,60	44,06	31,82	25,68	6,87	44,76
$IL_{ISO\ 9613-2}$	8,24	10,12	12,45	15,07	17,88	20,78	23,73	26,72	-
$LP2_{con\ barrera}$ [dBA]	12,15	19,15	10,16	16,52	26,18	11,04	1,95	0,00	27,66