

# Hacia un entorno más silencioso: avances en la lucha contra la contaminación acústica

La contaminación acústica afecta a millones de personas en Europa, dañando tanto la salud pública como la biodiversidad. A pesar de las normativas y los avances tecnológicos, la exposición al ruido ambiental continúa en niveles preocupantes.



Vista de un aeropuerto en el que Aena implementa sus Planes de Acción para reducir la contaminación acústica, integrando medidas de aislamiento en viviendas cercanas y monitoreo de ruido, con el objetivo de minimizar el impacto en las comunidades y promover un entorno más sostenible. Fuente: AENA.

## **Mariana Morcillo**

En Europa y en España, proyectos innovadores y marcos regulatorios abordan esta problemática con el objetivo de reducir el impacto acústico, proteger a las comunidades más vulnerables y asegurar un entorno más saludable y sostenible para todos.

### **Definición y alcance de la contaminación acústica**

La contaminación acústica se define como la presencia en el entorno de niveles de ruido que inciden negativamente en la salud humana y el equili-

brio de los ecosistemas. Se considera una de las formas de contaminación más invasivas, interfiriendo en una amplia gama de actividades cotidianas y comprometiendo tanto el bienestar humano como la biodiversidad. Este fenómeno ha crecido de forma acelerada en las últimas décadas, en parte debido al incremento de la urbanización y la expansión de las infraestructuras de transporte.

En la Unión Europea, se estima que más de 100 millones de personas están sometidas a niveles de ruido que superan los límites recomendados por

la Organización Mundial de la Salud (OMS), establecidos en 55 dB durante el día y 50 dB por la noche en áreas residenciales. Esta cifra representa aproximadamente el 20% de la población europea, que se encuentra expuesta habitualmente a niveles de ruido superiores a 65 dB, derivados principalmente del tráfico rodado, ferroviario y aéreo. La persistencia de esta situación provoca anualmente 12.000 muertes prematuras y contribuye a más de 48.000 nuevos casos de enfermedad isquémica del corazón.

Se ha demostrado que la exposición

prolongada a niveles superiores a 65 dB incrementa el riesgo de enfermedades cardiovasculares, como la hipertensión, los infartos y los accidentes cerebrovasculares. Además, el ruido genera estrés y perturba los patrones de sueño cuando supera los 55 dB durante la noche, lo cual afecta de forma crónica a más de 22 millones de personas en Europa Occidental.

Los niños constituyen uno de los grupos más vulnerables a los efectos del ruido, ya que la constante presencia de altos niveles sonoros puede mermar sus habilidades cognitivas, especialmente la memoria, la concentración y la capacidad de aprendizaje. La Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA) estima que alrededor de 12.500 niños en Europa presentan problemas en su desarrollo cognitivo atribuibles al ruido de aeronaves.

Además de las consecuencias en la salud humana, la contaminación acústica representa una seria amenaza para la biodiversidad. Diversos estudios han demostrado que el ruido altera los patrones de comunicación y reproducción de muchas especies, incide en los ciclos migratorios y puede transformar los hábitats naturales. Por ejemplo, el ruido marino, derivado principalmente de la navegación y las actividades industriales, interfiere en la capacidad de

orientación y comunicación de especies como los cetáceos, lo cual puede llevar a desorientación y varamiento.

### La Directiva 2002/49/CE

A la luz de los graves efectos de la contaminación, la Unión Europea ha tomado medidas decisivas para abordar este problema de manera integral. La Directiva 2002/49/CE, adoptada por el Parlamento Europeo y el Consejo el 25 de junio de 2002, establece un marco común para la evaluación y gestión del ruido ambiental. Su objetivo principal es proteger la salud pública y mejorar la calidad del entorno acústico en los Estados miembros mediante políticas de reducción de ruido coherentes y efectivas a nivel europeo. Esta normativa prioriza la creación de herramientas de diagnóstico y la implementación de medidas de mitigación, incidiendo en la elaboración de mapas estratégicos de ruido y planes de acción que aborden las áreas más afectadas.

La aplicación de esta Directiva ha sido desigual entre los Estados miembros. Entre los más avanzados se encuentra Países Bajos, que han completado sus mapas estratégicos de ruido y adoptado planes de acción efectivos, instalando pavimentos fonoabsorbentes y barreras acústicas en las principales autopistas y ferrocarriles,

reduciendo así la exposición en áreas residenciales. Dinamarca, por su parte, ha integrado restricciones de vuelos nocturnos y medidas innovadoras para reducir el ruido ferroviario, como el uso de tecnología avanzada en ruedas y raíles. Finalmente, Suecia ha impulsado medidas para promover el transporte público eléctrico y utilizar pavimentos especiales en zonas de tráfico denso.

En contraste, algunos Estados miembros, como Bulgaria, Grecia y varios países del este de Europa han tenido que encarar dificultades relacionadas con la disponibilidad de recursos y la falta de priorización política de la contaminación acústica. En muchos casos, la descentralización administrativa también ha complicado la coordinación entre autoridades locales y nacionales, ralentizando el progreso y contribuyendo a disparidades en el cumplimiento de la normativa.

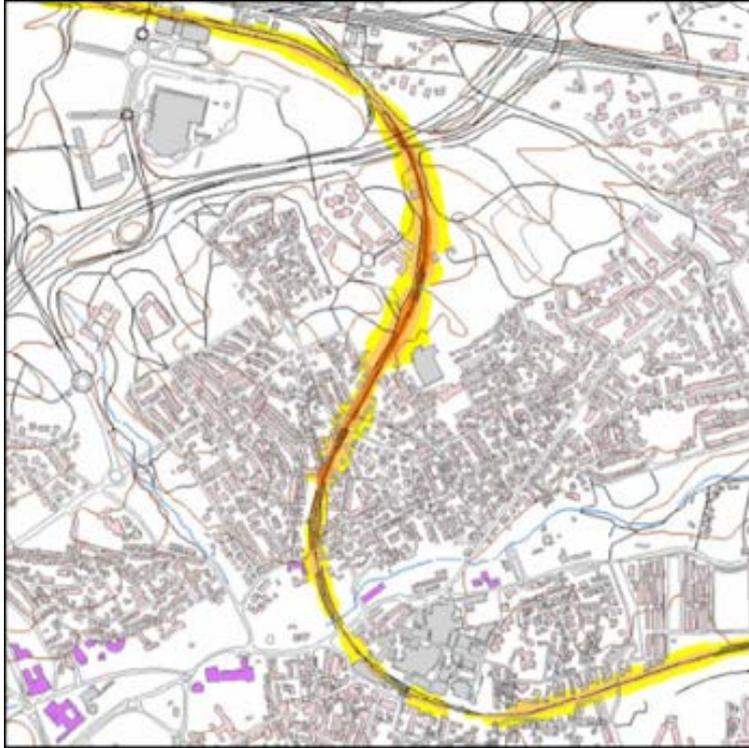
### Ley del Ruido de 2003

En España, la Directiva 2002/49/CE fue transpuesta mediante la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, la cual establece un marco regulador para la evaluación y gestión de la contaminación acústica.

Para cumplir con sus propósitos, la ley clasifica el territorio en áreas acústicas según el uso del suelo, con límites



ADIF está instalando 80 pantallas acústicas en algo más de 10 km. Fuente: ADIF.



Los mapas de ruido de ADIF muestran la distribución de los niveles sonoros generados por el tráfico ferroviario en áreas urbanas y rurales, permitiendo identificar zonas críticas y planificar acciones para mitigar el impacto acústico en las comunidades cercanas. Fuente: ADIF.

de ruido adaptados a cada tipo de entorno, priorizando zonas residenciales y áreas sanitarias. La normativa requiere a las administraciones públicas la creación de mapas estratégicos de ruido y la implementación de planes de acción para reducir el impacto en áreas críticas, proteger zonas tranquilas y preservar la calidad acústica. Además, fija valores límite para diferentes fuentes de ruido y define zonas de servidumbre acústica alrededor de infraestructuras ruidosas, sujetas a restricciones en el uso del suelo.

La aplicación de la Ley del Ruido en España ha variado considerablemente según la comunidad autónoma. Madrid, por ejemplo, ha implementado zonas de bajas emisiones, barreras acústicas y medidas de peatonalización en áreas céntricas para mitigar la contaminación sonora. Cataluña, particularmente en Barcelona, ha desplegado un Plan de Movilidad Urbana Sostenible que reduce el tráfico en el centro de la ciudad y protege las zonas tranquilas. Sin embargo, comunidades menos pobladas y con menor asignación de recursos, como Extremadura y Castilla-La Mancha, han tenido que afrontar retos significativos, ya que la limitación financiera y la prioridad de otras problemáticas medioambientales han ralentizado el ritmo de implementación.

### Proyectos europeos

En Europa, la creciente preocupación por el impacto de la contaminación acústica ha impulsado el desarrollo de tecnologías avanzadas en el ámbito de la ingeniería acústica. Diversos proyectos han surgido para mitigar el ruido, especialmente en áreas urbanas y en infraestructuras de transporte, integrando soluciones innovadoras que incluyen desde materiales de alta eficiencia hasta metodologías estandarizadas para el mapeo de ruido.

Uno de los proyectos más innovadores es PHOMETAPAN, liderado por Phononic Vibes en Italia, el cual se centra en el desarrollo de metamateriales acústicos diseñados para bloquear y absorber ondas sonoras con alta eficiencia. Los paneles de este proyecto, con solo cinco centímetros de grosor, aprovechan estructuras de cristales fonónicos para lograr un aislamiento sonoro que supera ampliamente al de las soluciones tradicionales. Estos materiales están especialmente indicados para reducir el ruido en entornos urbanos densamente poblados y zonas industriales y su versatilidad permite su integración tanto en edificios como en infraestructuras de transporte. En la actualidad, los paneles están en fase de aplicación comercial en sectores como la construcción y la fabricación

de electrodomésticos silenciosos.

Un ejemplo notable de innovación tecnológica es el proyecto HARMONOISE, iniciado en los Países Bajos. Esta iniciativa sentó las bases para una metodología estandarizada de mapeo y predicción de ruido que fue adoptada a nivel europeo. Utilizando indicadores como el  $L_{den}$  y el  $L_{night}$ , HARMONOISE permite una medición precisa de los niveles de ruido en diversas fuentes, desde el tráfico rodado hasta el transporte ferroviario. Este proyecto continúa bajo el nombre IMAGINE, que amplía el enfoque para incluir áreas industriales y aeroportuarias. La importancia de HARMONOISE e IMAGINE radica en su capacidad para ofrecer una evaluación uniforme y comparable de la contaminación acústica en distintos países, lo que facilita la formulación de políticas eficaces de mitigación a escala continental. Esta tecnología permite a los Estados miembros adaptar los modelos de predicción a las necesidades de cada entorno y optimizar sus estrategias de reducción del ruido.

A su vez, la investigación denominada FLOWAIRS, coordinada por el Centro Nacional de Investigación Científica (CNRS) de Francia, se especializa en la reducción de ruido en sistemas de flujo como los ductos de ventilación, el transporte y la generación de energía. FLOWAIRS utiliza simulaciones numéricas de alta fidelidad para predecir la generación y propagación del sonido en estos sistemas, permitiendo un diseño optimizado de mufas y resonadores que minimizan la emisión de ruido. Asimismo, esta iniciativa ha explorado el uso de metamateriales en sistemas de flujo, logrando disminuir el impacto acústico en sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado y en infraestructuras de transporte, como el metro y las redes de trenes urbanos.

Aunque se trata de un proyecto nacional, el Plan de Reducción de Ruido de Barcelona ha sido destacado a nivel europeo como un ejemplo de aplicación de tecnologías integradas para el control del ruido urbano. El plan, desarrollado por el Ayuntamiento de Barcelona, combina el uso de sensores acústicos, pavimentos fonoabsorbentes y barreras acústicas para mitigar el ruido en las zonas más afectadas de la ciudad. Además, se han creado mapas estratégicos de ruido y se monitorean los niveles acústicos en tiempo real

para evaluar la eficacia de las medidas implementadas y ajustar las estrategias según sea necesario.

### Proyectos españoles

España ha logrado consolidarse como un referente en la innovación tecnológica para el control y la reducción de la contaminación acústica. Diversas iniciativas, lideradas tanto por instituciones públicas como por empresas privadas y centros de investigación, han implementado tecnologías avanzadas para mitigar el ruido en distintos entornos, especialmente en áreas urbanas, industriales y de transporte.

En la búsqueda de soluciones efectivas, el proyecto SOUNDLIGHTS, desarrollado por BIT LAB Cultural y la Universitat Pompeu Fabra en colaboración con la Fundación BIT Habitat, ha instalado una red de sensores de bajo coste en Barcelona para monitorizar los niveles de ruido en tiempo real. Estos sensores, diseñados para capturar datos de presión sonora, transmiten la información a una plataforma central, donde se procesan mediante inteligencia artificial y redes neuronales. Esta tecnología permite no solo medir el nivel de ruido en decibelios, sino también clasificar las fuentes sonoras, diferenciando entre tráfico, actividades recreativas y sonidos naturales. La precisión de este análisis cualitativo

va más allá de la simple cuantificación del ruido, proporcionando datos detallados que permiten a las autoridades locales adoptar medidas específicas para cada tipo de fuente acústica.

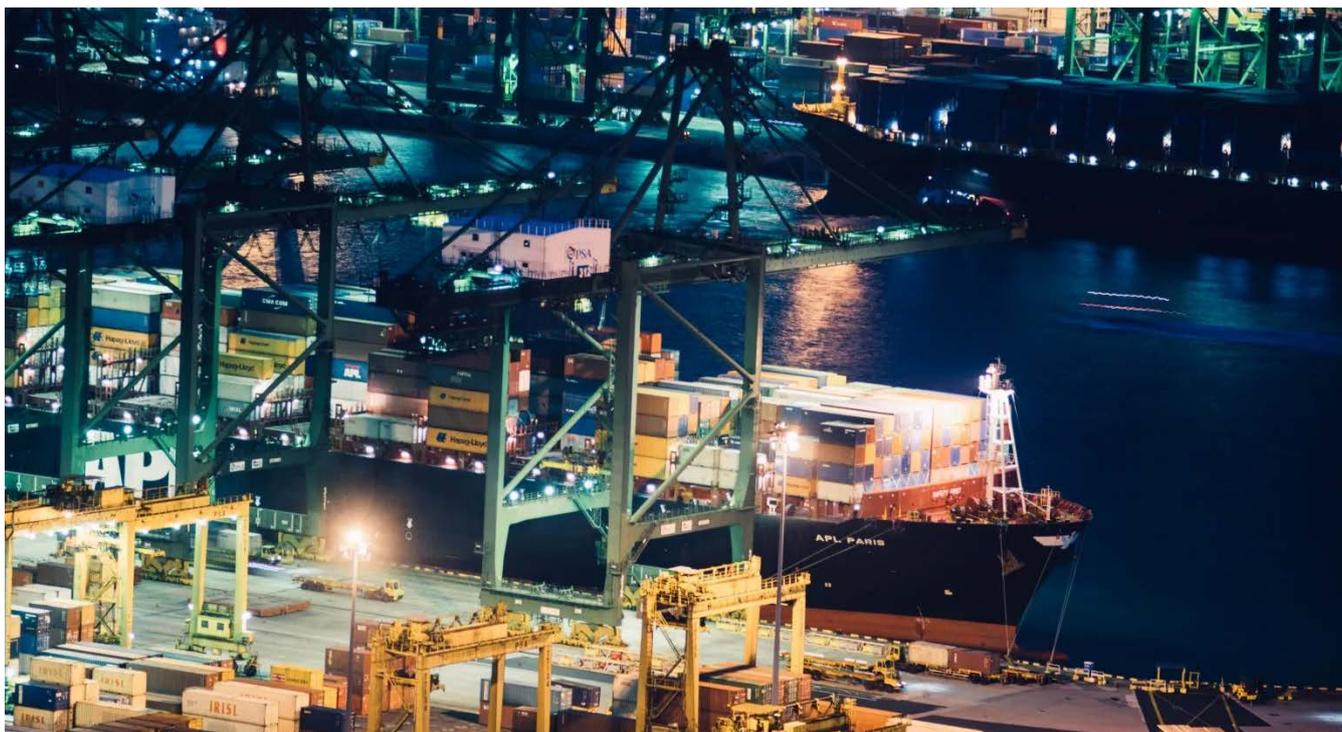
Uno de los aspectos más innovadores del proyecto es el sistema de clasificación por semáforo acústico, el cual clasifica los sonidos en tres niveles: “agradable y dentro de normativa”, “desagradable pero dentro de normativa” y “fuera de normativa”. Este sistema permite a los ciudadanos y a las autoridades comprender mejor el impacto del ruido y tomar decisiones informadas. Además, el enfoque comunitario de SOUNDLIGHTS involucra activamente a la población en la gestión del ruido, fomentando la creación de asociaciones vecinales que colaboran en el monitoreo y la reducción de la contaminación acústica en sus áreas de residencia.

En el ámbito industrial, el proyecto SOROLL-IA, impulsado por el Instituto Tecnológico de Informática (ITI) en colaboración con el Puerto de Valencia, se centra en la monitorización y mitigación del ruido portuario mediante el uso de inteligencia artificial. Este proyecto ha desarrollado una base de datos acústica específica para el entorno portuario, lo que permite entrenar algoritmos de IA que identifican y clasifican las fuentes de ruido en el

puerto, desde el tráfico de buques hasta la maquinaria pesada. Con esta base de datos, el sistema es capaz de detectar, en tiempo real, los puntos críticos de emisión sonora y proponer ajustes en las operaciones para reducir el impacto acústico.

SOROLL-IA también incorpora un sistema de análisis predictivo que ayuda a anticipar el comportamiento del ruido en función de la actividad portuaria, facilitando la adopción de medidas preventivas. Además, se han implementado barreras acústicas y se están optimizando las rutas de transporte en el puerto para minimizar el ruido en las áreas residenciales cercanas.

De igual modo, el proyecto LIFE DYNAMAP, desarrollado en colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid, tiene como objetivo instaurar un sistema de mapas acústicos dinámicos en las carreteras de la Comunidad de Madrid. Utilizando una red de sensores conectados a una plataforma de monitoreo en tiempo real, el proyecto permite actualizar los mapas de ruido casi de manera continua, reflejando los cambios en el tráfico y las condiciones acústicas de forma instantánea. Este sistema utiliza algoritmos de procesamiento de datos que filtran la información en función del tipo y la intensidad del ruido, generando



El proyecto SOROLL-IA se centra en la monitorización y mitigación del ruido portuario mediante el uso de inteligencia artificial. Fuente: ITI.

do mapas acústicos de alta precisión.

Los datos obtenidos a través de estos mapas permiten a las autoridades locales ajustar de manera proactiva las medidas de control, como la modificación de límites de velocidad y la instalación de barreras fonoabsorbentes en puntos específicos. LIFE DYNAMAP no solo facilita una gestión más eficiente del ruido en áreas con alto flujo vehicular, sino que también optimiza los recursos destinados a la mitigación acústica, enfocándose en las zonas que requieren intervención de manera prioritaria.

Finalmente, el proyecto SISVIA, desarrollado en el País Vasco, busca la reducción del ruido en zonas residenciales mediante un sistema de señalización y control acústico que detecta y gestiona las fuentes de ruido a nivel local. Esta iniciativa utiliza sensores instalados en puntos estratégicos que registran los niveles de ruido y generan alertas cuando estos superan los límites establecidos. Las alertas se envían a un centro de control, donde los operadores pueden responder en tiempo real, ya sea ajustando el tráfico o notificando a las autoridades competentes.

SISVIA también incorpora un sistema de retroalimentación ciudadana que permite a los residentes reportar incidentes de ruido a través de una aplicación móvil. Además, prevé la instalación de pantallas acústicas en áreas de gran afluencia de tráfico y la creación de zonas de baja emisión de ruido.

### MER y Planes de Acción de ADIF y AENA

Dado su impacto y envergadura, los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) y los Planes de Acción de ADIF y AENA merecen una mención especial en la lucha contra la contaminación acústica en España. Estos proyectos representan un avance significativo en la gestión del ruido en infraestructuras clave como el transporte ferroviario y los aeropuertos.

ADIF ha implementado un ambicioso proyecto para mitigar el impacto acústico del tráfico ferroviario, especialmente en áreas con altos niveles de circulación. Esta actuación, que ha requerido una inversión aproximada de 24,5 millones de euros, ha sido financiada con recursos propios de ADIF y con subvenciones del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

Hasta la fecha, se han analizado y mapeado más de 1.200 km de red ferroviaria, abarcando tramos de Cercanías y líneas de alta velocidad donde se registran más de 30.000 circulaciones anuales.

ADIF emplea el método de evaluación CNOSSOS-EU, que permite una modelización acústica avanzada y la identificación precisa de áreas afectadas. Basándose en estos datos, ADIF ha instalado barreras acústicas en puntos críticos de la red, como en las líneas de Cercanías de la Comunidad de Madrid, donde se han colocado 80 pantallas acústicas en un tramo de 10 km que cubre municipios como Las Rozas, Getafe y Pinto. Estas barreras, fabricadas con materiales como metal, hormigón y metacrilato, logran reducir los niveles de ruido entre 5 y 12 dB, dependiendo de la ubicación y las características del entorno.

Para promover la transparencia y la participación ciudadana, ADIF publica los datos de sus MER y planes de acción en el Sistema de Información sobre Contaminación Acústica (SICA), donde el público puede consultar los niveles de ruido y las medidas implementadas. Además, planea extender estas medidas a otros 1.277 km de infraestructura ferroviaria en futuras fases, priorizando las áreas más densamente pobladas.

Por su parte, AENA también ha aplicado metodologías avanzadas como la técnica CNOSSOS-EU para evaluar el impacto acústico y establecer zonas de alta exposición al ruido. Entre las acciones realizadas, se han instalado sistemas de monitorización en tiempo real y barreras acústicas.

Además, el operador aéreo ha llevado a cabo un Plan de Aislamiento Acústico en 29.039 viviendas y edificaciones de uso sensible cercanas a los aeropuertos. En total, entre el año 2000 y agosto de 2024, AENA ha invertido más de 363 millones de euros en estas intervenciones, con las que se busca garantizar que el ruido en el interior de las viviendas no supere los 45 dB durante el día y 35 dB durante la noche, ajustándose a los requisitos establecidos en el Real Decreto 1367/2007 para espacios habitables de viviendas y otros usos sensibles como hospitales y centros educativos.

AENA también ha lanzado el portal Insightfull, disponible para los aeropuertos de Madrid y Barcelona, el cual permite a los ciudadanos acceder a datos en tiempo real sobre el ruido generado por los aviones y fomenta el diálogo con las comunidades afectadas.

### Hacia una gestión integral de la contaminación acústica

A pesar de los avances normativos y tecnológicos, la contaminación acústica continúa siendo una amenaza infravalorada para la salud pública y el medio ambiente. Los datos actuales revelan que aún queda un largo camino por recorrer. El Plan de Acción de Cero Contaminación de la Unión Europea propone una reducción del 30% en el número de personas afectadas crónicamente por el ruido del transporte para 2030; sin embargo, la Comisión Europea advierte que, sin medidas adicionales, solo se alcanzaría una reducción del 19%. Este hecho revela la necesidad urgente de políticas más ambiciosas para abordar un problema que afecta de manera desproporcionada a las comunidades más vulnerables, perpetuando desigualdades sociales y ambientales.

Las administraciones y las empresas no deben limitarse a cumplir con los requisitos mínimos, sino asumir un compromiso auténtico y preventivo. Es esencial que las políticas de mitigación acústica prioricen el bienestar de la población y el equilibrio ecológico sobre cualquier otro interés, y que integren un enfoque sostenible en la planificación urbana y de infraestructuras.

También es fundamental involucrar a la comunidad en la gestión del ruido para fomentar una comprensión más profunda de los riesgos asociados y promover la colaboración activa entre los ciudadanos y las autoridades.

La contaminación acústica no es solo un problema técnico, sino una cuestión de salud pública, justicia social y responsabilidad medioambiental. Para avanzar hacia un futuro verdaderamente sostenible y respetuoso con la calidad de vida y el entorno, necesitamos una acción concertada que se centre en el derecho de todos a vivir en un ambiente sano y seguro, impulsando un cambio que trascienda intereses corporativos y se comprometa con el bienestar colectivo.