

OLORES-19
26-27 NOVIEMBRE 2019, SANTIAGO, CHILE

**MONITORING OF AIR QUALITY WITH SMART SENSORS IN THE PORTS
OF THE BALEARIC ISLANDS**
**MONITORIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE MEDIANTE SENSORES
INTELIGENTES EN LOS PUERTOS DE BALEARES**

Autores

A. Torres ⁽¹⁾, R. Cerdá ⁽¹⁾, J. Martín ⁽²⁾, M. Escribano ⁽³⁾

¹ Labaqua S.A. Pol. Industrial Atalayas 16, 03110 Alicante (Spain)

² Autoridad Portuaria de Baleares (en adelante APB). Moll Vell 3-5, 07012 Palma (Spain)

³ Kunak Technologies. Parque Empresarial La Muga 9, Planta 4 - Ofi.1, 31160, Pamplona (Spain)

Palabras clave: monitorización inteligente, sensores de bajo coste, modelos de dispersión, retrotrayectorias, calidad del aire.

Keywords: Smart monitoring, low cost sensor, dispersion modeling, backtracking, air quality

Resumen

El Environmental Report 2018 de ESPO (*European Sea Ports Organisation*) sigue clasificando la calidad del aire como la principal prioridad en la gestión ambiental de los puertos europeos, posición que mantiene desde el año 2013. Consciente de ello la APB lleva trabajando intensamente desde el año 2016 para conocer cuál es el nivel de la calidad del aire de sus puertos, así como la posible relación con la actividad portuaria que se desarrolla en ellos, en alineación con la Política Ambiental de la APB.

Esta apuesta por una gestión ambiental avanzada ha llevado a la APB al despliegue de una red de 25 unidades de monitorización inteligentes en los 5 puertos de las Islas Baleares (España) que gestiona: Palma, Alcúdia, Eivissa, La Savina y Maó.

El proyecto conlleva el suministro y despliegue de la red de monitorización y el resto de servicios de operación de la misma y de gestión y análisis avanzado de los datos, con el despliegue de plataformas de consulta y la integración de un dashboard de seguimiento en la página web de la APB. Estas redes de monitorización pretenden dar continuidad al proyecto de la APB para evaluar el impacto de la calidad del aire en las zonas urbanas próximas a los puertos de Baleares, y disponer de un sistema de alerta temprana de la contaminación para tomar decisiones

Abstract

The ESPO Environmental Report 2018 (European Sea Ports Organization) continues to classify air quality as the main priority in the environmental management of European ports, a position that it has maintained since 2013. Aware of this, the APB

has been working intensely since the year 2016 to know the level of air quality of its ports, as well as the possible relationship with the port activity that takes place in them, in alignment with the Environmental Policy of the APB.

This commitment to advanced environmental management has led the APB to deploy a network of 25 intelligent monitoring units in the 5 ports of the Balearic Islands (Spain) that it manages: Palma, Alcúdia, Eivissa, La Savina and Maó.

The project involves the supply and deployment of the monitoring network and the rest of its operation services and advanced data management and analysis, with the deployment of consultation platforms and the integration of a monitoring dashboard on the website of the APB. These monitoring networks aim to give continuity to the APB project to assess the impact of air quality in urban areas near the ports of the Balearic Islands, and have an early warning system for pollution to make decisions.

1. Introducción y objetivos

La contaminación de la calidad del aire en los entornos urbanos se ha convertido en un problema creciente en muchas grandes urbes del planeta. El incremento de la población en las ciudades y la exposición constante a determinados contaminantes por partes más sensibles de la población ha incrementado el número de casos de enfermedades y muertes prematuras.

La relevancia de este problema, junto con las recomendaciones de la OMS, la presión social y las obligaciones normativas de la UE, ha obligado a las administraciones a tomar parte más activa sobre la contaminación atmosférica en las ciudades.

Los puertos, de forma general, se localizan en entornos urbanos cuya población se puede ver afectada por las emisiones a la atmósfera de los diferentes vectores que se incluyen en la actividad portuaria. Desde las emisiones de los barcos en las fases de maniobra y hotelling, a las emisiones procedentes de la carga y descarga de graneles o productos químicos e hidrocarburos, las emisiones fugitivas de los propios almacenamientos en los puertos así como el trasiego de la propia mercancía.

Adicionalmente, ciudades tan turísticas como Palma o Ibiza reciben a diario una carga de barcos significativa de ferries y cruceros de gran tamaño, cuyo impacto se concentra principalmente en las épocas veraniegas. La cercanía a los núcleos urbanos requiere de una evaluación del potencial impacto de esta actividad.

La APB consciente de esta problemática, ha tomado como la principal prioridad en la gestión ambiental de los sus puertos la mejora en el conocimiento de la calidad del aire, información que permita detectar episodios de contaminación y derivar de su análisis posibles propuestas de mejora en la gestión portuaria.

Entre los objetivos del proyecto se han considerado como principales los siguientes:

1. Despliegue de redes de monitorización de calidad del aire y del ruido en los 5 puertos de Baleares gestionados por la APB: Palma, Alcúdia, Eivissa, La Savina y Maó, con el suministro e instalación de un total de 25 estaciones para el control de la calidad del aire, el ruido y distintas variables meteorológicas.
2. Integración de datos en una plataforma de gestión de la información que permita a la APB acceder a los datos en tiempo real, crear informes y obtener información agregada mediante índices de calidad del aire.

3. Comunicación en tiempo real de la información de la calidad del aire, a través de la Integración de los datos de monitorización en un panel de control en la propia web de la APB con acceso libre.

6. Análisis a través de los datos de monitorización de los diferentes orígenes de la contaminación detectada y de las magnitudes de las fuentes contaminantes de la calidad del aire y del ruido, con el objetivo de estudiar propuestas de mejora que desde un punto de vista operativo contribuyan a reducir las emisiones, para mejorar la calidad de vida de los usuarios del Puerto y de los propios ciudadanos del entorno portuario.

7. Elaboración de informes mensuales de estado de los equipos y el análisis técnico ambiental de los resultados.

2. Sensores inteligentes de monitorización

El gran desarrollo tecnológico lo largo de los últimos años, especialmente en nuevos sensores, tecnologías comunicación, electrónica, así como del Cloud Computing, ha hecho realidad, a día de hoy, la posibilidad de monitorizar infinidad de parámetros y realidades físicas en pequeños dispositivos de bajo coste y reducido consumo de energía, tanto fijos como móviles; y todo ello, pudiendo acceder fácilmente desde internet a todos los parámetros y equipos, siendo posible controlarlos remotamente.

Esto es ahora también una realidad en el mundo de la calidad del aire, donde ya es posible monitorizar variables con altas prestaciones en la calidad de los datos obtenidos de calidad del aire en pequeños dispositivos que transmiten la información en tiempo real hasta internet.

Esta revolución tecnológica ha permitido hacer frente a los objetivos de una monitorización de la calidad del aire más extensiva en la ciudad y en la industria, aumentando la resolución espacial y temporal de la información, lo que permite conocer mejor el comportamiento urbano o industrial, saber el impacto de las medidas preventivas que se tomen, los principales agentes contaminantes en un área determinada y mejorar los modelos de predicción. Con esta información ya es posible completar la información tan valiosa que las estaciones oficiales reportan, ampliando el conocimiento sobre la realidad de mayor cantidad de lugares y puntos más críticos, así como realizar estudios puntuales de una forma económica y fiable.

En este sentido, estas tipologías de nuevos sensores pretenden complementar las redes de información oficial, pudiendo extender el diagnóstico a una microimplantación en el área portuaria para monitorizar y determinar puntos calientes y caracterizaciones de detalle para la implementación de planes de calidad del aire futuros.

Los sensores desplegados en la red de los puertos de la APB han sido validados mediante extensos estudios de correlación con estaciones oficiales que emplean técnicas de medición de referencia.

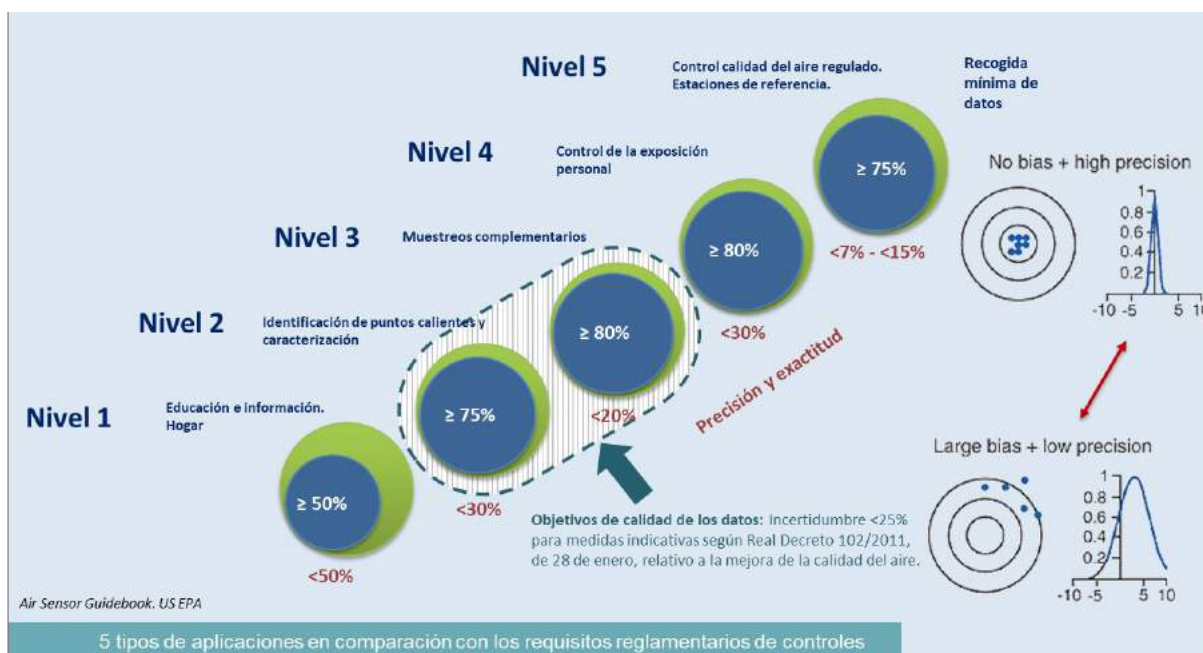


Fig. 1: Ejemplos de objetivos sugeridos de calidad de datos obtenidos con sensores inteligentes

3. Características de la red monitorización de calidad del aire en los puertos

La red de monitorización desplegada dispone de 25 estaciones fijas con alimentación autónoma, ubicadas de forma estratégica en los 5 puertos que gestiona la APB en las Islas Baleares.

Los equipos KUNAK AIR, son capaces de monitorizar la Calidad del Aire con datos de alta precisión. Las estaciones de monitoreo de Calidad del Aire incluyen sensores para medida de CO, O₃, NO, NO₂, SO₂, un contador de partículas (PM₁, PM_{2.5}, PM₁₀) y sensor de ruido, sonómetro Tipo 2 (LAeq, Ld, Le, Ln). Adicionalmente, se incorpora una sonda anemómetro en algunas de las estaciones.



Fig. 2: Imagen de una de las estaciones de monitorización ubicadas en el puerto de Palma

Los sensores, que miden en bajas concentraciones (ppb), han sido configurados para integrar los valores de manera diezminutal y comunicarse cada 30 minutos.

Parámetros	Unid. de medida	Rango
NO ₂	ppb o µg/m ³	0-2 ppm
SO ₂	ppb o µg/m ³	0-2 ppm
NO	ppb o µg/m ³	0-4 ppm
CO	ppb o µg/m ³	0-10 ppm
O ₃	ppb o µg/m ³	0-500 ppb
Contador de Partículas PM ₁ , PM _{2.5} , PM ₁₀	ppb o µg/m ³	0,37 – 17 µm (tamaño esférico equivalente)
Sonómetro	L _{Aeq} dB(A), L _d , L _e , L _n	35 - 130 dB
Temperatura	°C	-40 +85 °C
Humedad	%	0 a 100% RH
Presión	mb	-500 a 1500 mb

Tabla. 1: Características de sensores, unidades y rangos de medida

Con el objetivo de asegurar la calidad de los datos ofrecidos por las unidades de monitorización, se han seguido las directrices establecidas para la implantación de los equipos, en cuanto a posicionamiento y orientación, altura y evaluación de posibles interferencias, recogidas en la normativa de la mejora de la calidad del aire Española.

El estudio de microimplantación de las estaciones fijas ya ha sido realizado sobre el área de interés, estableciendo los puntos de control más representativos en función de los objetivos a cubrir.



Fig. 3: Despliegue de la red de monitorización en el puerto de Palma

Las estaciones de monitorización disponen de conectividad inalámbrica a través de GPRS, mediante protocolos seguros de comunicaciones cifradas y directas con los dispositivos, que además permiten una comunicación bidireccional, lo que facilita la configuración remota y actualizaciones de firmware y calibración de sensores de los equipos.

La comunicación de datos se realiza en tiempo real permitiendo disponer de la información en el cloud para su visualización, emitiendo las alertas correspondientes y una gestión avanzada de la información.

4. Gestión avanzada de la calidad del aire

Considerando la complejidad de los datos a tratar y su gran extensión, es preciso hacer uso de un software de análisis estadístico computacional, para lo cual se ha seleccionado al lenguaje estadístico R, que cuenta además entre sus paquetes y extensiones con conocidos complementos de análisis en calidad del aire como Openair. Este módulo estadístico, se encuentra implementado en las plataformas que se han desplegado para el proyecto como son Kunakcloud y AIRADVANCED, que proveen además de potentes herramientas de análisis gráfico de datos, la última tendencia de la minería de datos junto al análisis espacial.

De especial interés para este proyecto se consideran de hecho los análisis estadísticos que podría proporcionar R / Openair en materia de regresiones, gráficas polares de contaminación, gráficas de tendencia temporal, entre otras, que permiten realizar un análisis detallado de la contaminación con el objetivo de analizar en detalle e interpretar la información general monitorizada en las estaciones, los episodios de contaminación que sucedan y las tendencias generales.

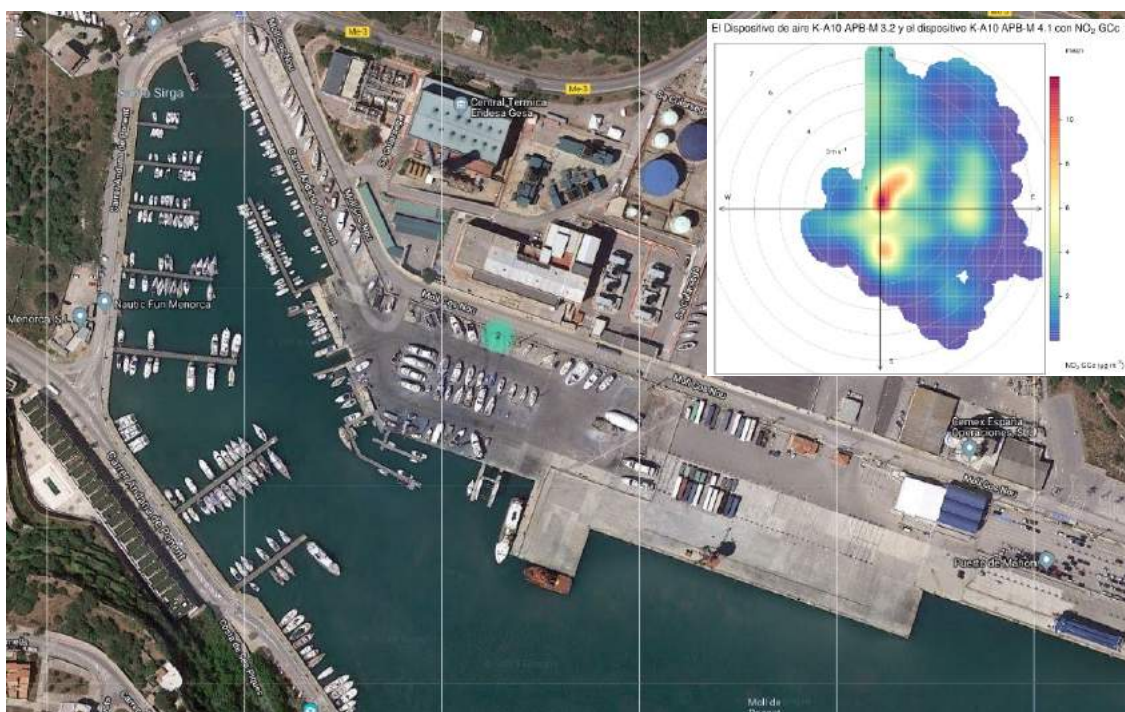


Fig. 4: Estación del puerto de Maó y gráfico polar para el NO_2

Otros tipos de análisis, como los gráficos de variación temporal, ayudan en el proyecto a entender mejor los comportamientos temporales de la contaminación permitiendo asociarlos a actividades horarias y diarias de las distintas fuentes de emisión de contaminantes, como el tráfico rodado de origen urbano u otras operaciones de la actividad portuaria.

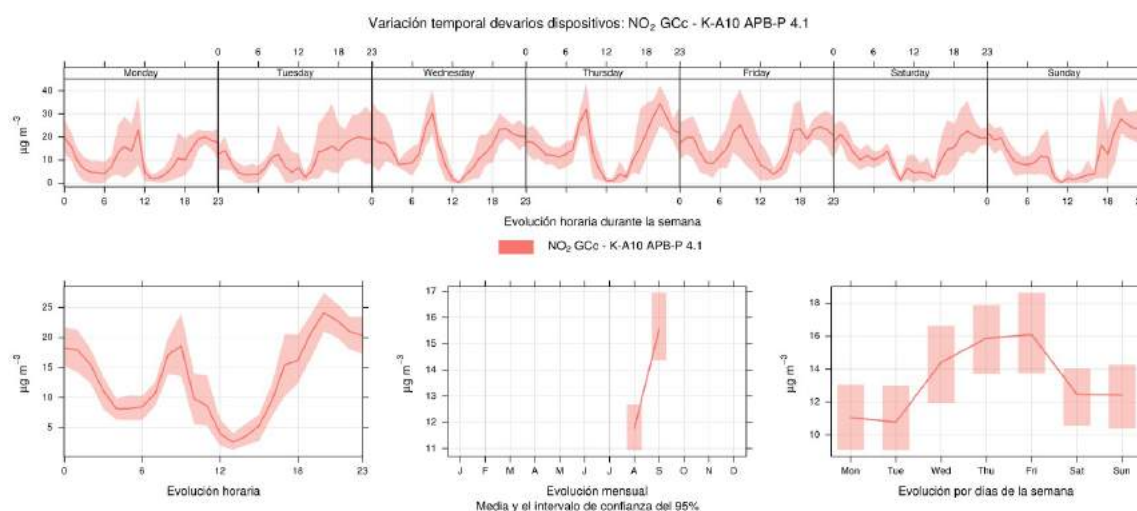


Fig. 5: Gráfico de variación temporal del NO₂ para la estación 4 de Palma

5. Análisis de episodios de contaminación

Uno de los aspectos más importantes del proyecto, además de la monitorización en tiempo real de la calidad del aire, es el estudio de los episodios de contaminación que se suceden en los distintos puertos. El objetivo es evaluar las potenciales fuentes de emisión derivadas de la actividad portuaria que impactan en el entorno y realizar propuestas de mejora de gestión que permitan reducir dicha contaminación atmosférica.

El uso de herramientas avanzadas que integran modelos numéricos como la plataforma AIRADVANCED, permiten realizar una evaluación detallada de estos episodios atendiendo al proceso de análisis desarrollado para el proyecto y que se refleja en el siguiente esquema.

Entre las tecnologías aplicadas de apoyo se emplea el uso de retrotrayectorias para determinar la procedencia de la masa de aire que ha condicionado el incumplimiento de calidad del aire. Este análisis permite determinar de forma preliminar si los contaminantes tienen su origen potencial en el puerto o no para dar continuidad al estudio.

La siguiente fase pretende relacionar la contaminación del aire monitorizada con la actividad portuaria que ha acontecido en el periodo en el que se han sucedido el episodio. En esta fase se recopila toda la información sobre la presencia de barcos así como cualquier otra actividad que genere emisiones a la atmósfera (carga y descarga de graneles, etc). Se presta especial atención a las emisiones continuas a la atmósfera procedentes de la presencia de barcos en fase de hotelling en el puerto.

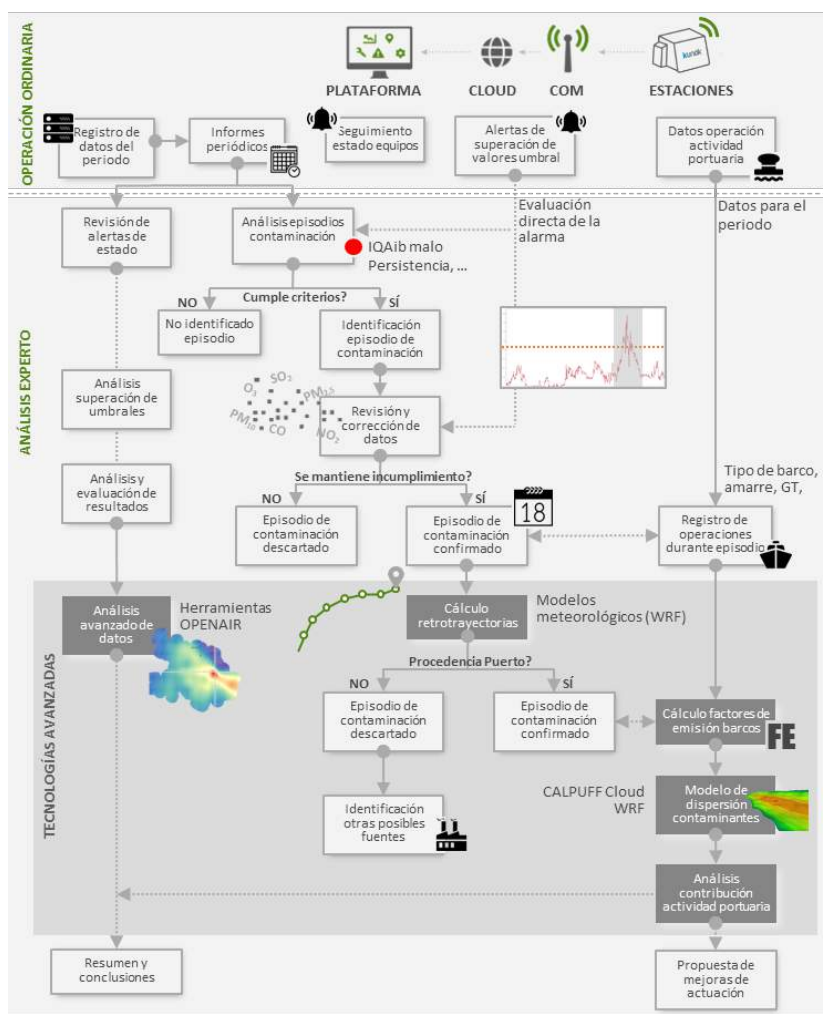


Fig. 6: Esquema de actuaciones para la evaluación de episodios de contaminación y gestión de alertas

Para determinar las emisiones de dichos barcos se ha implementado una sistemática de cálculo de las distintas condiciones de emisión en función del tipo de barco y su Gross Tonnage (GT). Esto nos permite caracterizar las emisiones de cada barco (factores de emisión para cada gas, caudales, altura de chimenea, etc).



Fig. 7: Presencia de barcos en el puerto y características de los mismos

En la siguiente etapa se aplica el modelo de dispersión CALPUFF con todas las fuentes de emisión para analizar el impacto y determinar la contribución de cada fuente en las estaciones de monitorización donde se ha determinado el episodio, de tal forma que se puedan identificar las fuentes principales que generan más impacto.

Con este análisis se pretende identificar posibles patrones de comportamiento que determinen orígenes comunes en los episodios de contaminación en cuanto a fuentes o condiciones meteorológicos, lo que permitirá realizar posibles propuestas de gestión para la mejora de la calidad del aire.

6. Conclusiones

La monitorización inteligente a partir de las últimas tendencias tecnológicas de sensores de bajo coste, se plantean como una propuesta adecuada para el estudio del comportamiento de la calidad del aire en entornos portuarios, complementando la información procedente de las estaciones oficiales de medición.

Adicionalmente, las tecnologías desplegadas en este proyecto permiten realizar un análisis de valor de los problemas identificados, buscando alternativas y propuestas para la mejora de la gestión portuaria que pueda incidir sobre una reducción en la calidad del aire.

Estas tecnologías son desplegables en cualquier tipo de actividad industrial y permiten realizar la monitorización de variables relacionadas con el olor, monitorizando H₂S o COVs entre otros parámetros.