

MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO DEL PUERTO DE ALGECIRAS

López Santos, Fernando ⁽¹⁾; Carretero de la Rocha, David ⁽¹⁾; Hernández Molina, Ricardo ⁽²⁾;
Cueto Ancela, José Luis ⁽²⁾; Jiménez Pérez, Tamara ⁽²⁾

SINCOSUR; Ingeniería Sostenible, S.L. ⁽¹⁾;
Avda. San Francisco Javier, nº 9, Edif. Sevilla 2, Plta. 5ª, Mód. 27-28; 41018 – SEVILLA
Tfno.: 954 51 00 31 / Fax: 954 25 06 84
flopez@sincosur.es; dcarretero@sincosur.es
Laboratorio Ingeniería Acústica Universidad de Cádiz ⁽²⁾
Campus de Puerto Real (CASEM); Polígono Río S. Pedro s/n; 11515-Puerto Real; Cádiz
Tfno/Fax: 956 01 60 51
ricardo.hernandez@uca.es; joseluis.cueto@uca.es

Resumen

El Puerto de Algeciras en cumplimiento de la normativa vigente ha elaborado a través de una asistencia técnica el mapa estratégico de ruidos de la infraestructura portuaria. En la presente comunicación se describe la metodología aplicada, la identificación y cuantificación de las principales fuentes acústicas en base a la clasificación de la Good Practice Guide on Port Area Noise Mapping and Management (NoMePort), los niveles acústicos, exposición, la afección acústica y el análisis de las zonas más expuesta del Municipio de Algeciras.

Palabras-clave: MER puertos, ruidos infraestructura portuaria.

Abstract

The Port of Algeciras has developed the strategic noise map port infrastructure. This communication describes the methodology used, the identification and quantification of the main acoustic sources based on the classification of the Good Practice Guide on Port Area Noise Mapping and Management (NoMePort), the noise levels, exposure, and analysis more exposed areas of the municipality of Algeciras.

Keywords: MER ports, port infrastructure noise

PACS no. 43.50.Lj

1 Introducción

La Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras contrató en Julio de 2011 a la empresa consultora **SINCOSUR Ingeniería Sostenible S.L.**, en colaboración con la empresa COBALTIA y el Laboratorio de Ingeniería Acústica de la Universidad de Cádiz (LAV) para la elaboración **del Mapa Estratégico de Ruidos del Puerto de Algeciras en el municipio de Algeciras (Cádiz)**, en cumplimiento de la normativa vigente, con el contenido definido en el Anexo IV de la Directiva 2002/49/CE y debiéndose obtener la información requerida en el anexo VI del RD 1513/2005.

Una vez finalizado el trabajo y entregados los resultados, esta comunicación desarrollará brevemente las fases y los procesos ejecutados para la obtención del Mapa Estratégico de Ruidos.

2 Síntesis informativa

La primera fase del trabajo consistió en definir exactamente el área de estudio y recabar información útil de las entidades correspondientes que permitiesen caracterizar el Puerto de Algeciras y su entorno.

El área de trabajo se circunscribe a las instalaciones del Puerto Bahía de Algeciras, para el Municipio de Algeciras (Cádiz). El ámbito de actuación abarca la zona de servicio del puerto, de acuerdo con lo establecido en la Ley 48/2003, de 26 de noviembre, de régimen económico y de prestación de servicios de los puertos de interés general, modificada por la Ley 33/2010, de 5 de febrero, incluyendo así mismo, las superficies de tierra y agua necesarias para la ejecución de sus actividades y las destinadas a tareas complementarias de estas.

Esto implica que además de las propias instalaciones del Puerto se tuviera que considerar la parte más próxima de la ciudad del municipio de Algeciras.

En base a lo expuesto y a las exigencias del Real Decreto 1513/2005, se definió el área de estudio como aquella área del territorio en el entorno del Puerto de Algeciras en donde se alcanzasen valores de inmisión de ruido L_{den} mayor a 55 dB, y L_{noche} mayor a 50 dB (A).



Figura 1 - Vista general del puerto de Algeciras

Una vez se dispuso de la cartografía base del puerto y su entorno, suministrada por la Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras, se realizó un análisis descriptivo de los edificios y otros elementos del área de estudio.

Por otro lado, para poder evaluar la posible población afectada por los niveles sonoros en fases posteriores, se recopilieron datos de población del municipio de Algeciras, distribuidos por secciones censales con información de 2010 del Instituto Nacional de Estadística.

Para considerar los efectos del clima sobre la propagación de los niveles acústicos, se obtuvo información meteorológica de la zona del Campo de Gibraltar a través del Instituto Nacional de Meteorología. Dicha información abarca datos de temperatura, humedad, precipitaciones e influencia del viento.

Finalmente se identificaron y caracterizaron las fuentes sonoras del Puerto.

3 Identificación y caracterización de fuentes sonoras

La identificación de las fuentes acústicas presentes en el Puerto de la Bahía de Algeciras se realizó conforme a la clasificación basada en la guía NoMePort (Good Practice Guide on Port Area Noise Mapping and Management).

- Tráfico Viario.
- Tráfico Ferroviario.
- Helipuerto.
- Focos industriales:
 - Terminales de carga
 - Descarga y transporte de mercancías
 - Áreas Industriales
 - Maquinaria y Talleres
 - Reparación y Mantenimiento de buques (marina seca)
 - Buques atracados

3.1 Tráfico Viario

Se identificaron todos los tramos de carreteras y calles que se localizasen dentro del área de estudio. Para cada tramo se realizó una descripción de su situación, carriles, sentido, velocidad de paso, tipo de tráfico que circula y cualquier otra información que pudiera ser de interés para el estudio.

Para la caracterización de las fuentes viarias se realizaron diversas campañas de aforos, con el fin de cuantificar la intensidad de tráfico de cada una, distinguiendo IMD para los periodos día, tarde y noche, así como el porcentaje de vehículos pesados.

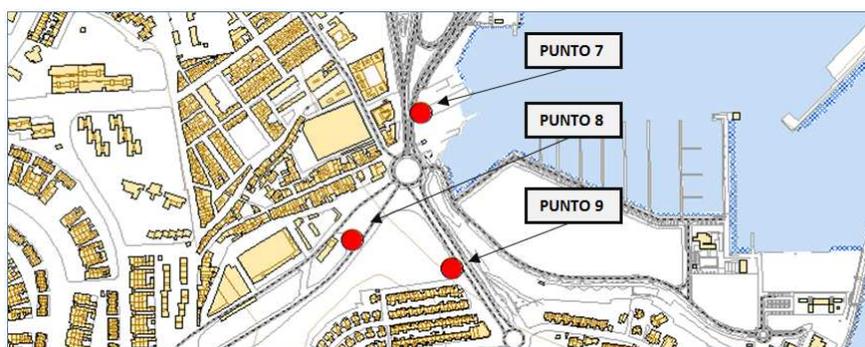


Figura 1 - Medidas de tráfico en el acceso sur del Puerto

3.2 Tráfico ferroviario

Las instalaciones del Puerto de la Bahía de Algeciras cuentan con una conexión ferroviaria que discurre desde la Estación de Algeciras hasta el muelle de Isla Verde.

Para caracterizar acústicamente el tráfico ferroviario se hizo uso del documento “Caracterización de la emisión acústica de los trenes utilizados en el sistema ferroviario español” de ADIF, en el cual se describen las categorías acústicas de cada tipo de tren y se proporcionan algunas recomendaciones y consejos para el modelado acústico de las vías férreas.

En el caso de los trenes de mercancías del puerto, y considerando el funcionamiento a una velocidad inferior a los 70 km/h, se utilizó la categoría acústica 4.

Tabla 1 - Categoría acústica para los trenes de mercancías

Tipo de tren	Frenos	Tipo de motor	Vmax (Km/h)	Número de vagones	Categoría acústica	
					V ≤ 70 Km/h	V > 70 Km/h
Mercancías	10 % Disco 90% Zapata	Eléctrico Diesel	100	Variable	4	5

Fue necesario determinar el número de vehículos para los periodos día, tarde y noche, considerando por vehículo el número de coches o vagones que se mueven en el tren. Para ello se utilizaron datos de 2011:

Tabla 2 - Datos de los movimientos de TEUS por ejes ferroviarios para 2011

	TEUS por tren	Trenes por semana	Trenes por 24h	Movimientos TEUS por 24 h
Eje Algeciras – Madrid - Algeciras	55	9	1,286	70,71
Eje Algeciras – Murcia - Algeciras	55	1	0,143	7,58
Eje Algeciras – Lisboa - Algeciras	55	2	0,286	15,714

Considerando los tres ejes, se obtiene un movimiento total diario de TEUS de aproximadamente 94 TEUS.

3.3 Helipuerto

El Puerto de la Bahía de Algeciras cuenta con un helipuerto construido por AENA sobre el edificio de aparcamiento de la dársena de la Galera, junto a la Estación Marítima. La plataforma de despegue y aterrizaje se sitúa sobre la cubierta del aparcamiento, sobre una estructura metálica a unos 30 metros de altura.

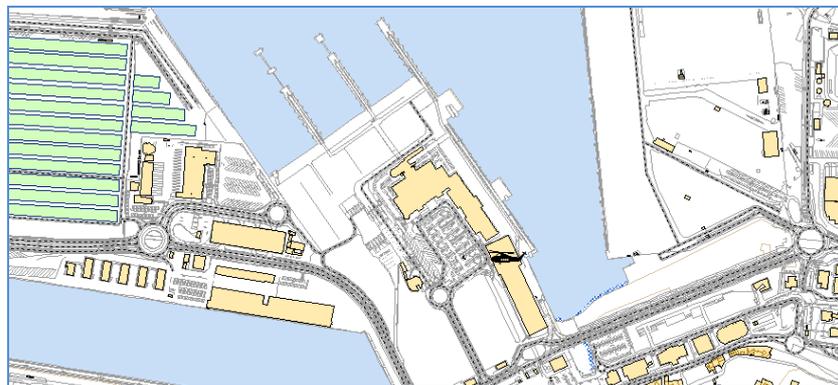


Figura 2 - Vista en planta de la situación del Helipuerto en el edificio de AENA

El helicóptero de Algeciras desarrolla la totalidad de sus operaciones en modo visual, por lo que toda la actividad se concentra en el periodo día para una situación media. Este helipuerto, que opera con helicópteros AgustaWestland AW139 y Bell 412EP, tiene un tránsito de 10 operaciones diarias con una capacidad para 15 pasajeros.

3.4 Focos industriales

Una de las fuentes de ruido más importantes dentro de los muelles comerciales de un puerto es la derivada de los trabajos de estiba y desestiba de contenedores así como su almacenamiento y apilado en zonas localizadas.

Se identifican en este tipo de operaciones una serie de focos que se describirán a continuación desde el punto de vista de su naturaleza acústica:

- **Grúas PORTAINER (STS).** Situadas a lo largo del frontal del muelle, estas grúas son el elemento clave que permite las operaciones barco-tierra.
- **Grúas TRANSTAINER (RTG).** Situadas dentro de la terminal, a lo largo de la zona de contenedores, estas grúas son las encargadas de la manipulación y el apilamiento de los mismos.
- **Cabezas tractoras.** Son tractores con motores de combustión interna encargados del desplazamiento de los contenedores dentro de la terminal, habitualmente entre el espacio de carga/descarga de las grúas Portainer y Transtainer.
- **Shuttle Carriers.** Se conciben como pequeños transtainers con ruedas de goma y motor diesel que a todos los efectos se modelizarán como cabezas tractoras.

Las zonas dentro del puerto destinada a carga y descarga de contenedores son:

Muelle Juan Carlos I. Con un volumen anual de dos millones de contenedores, las instalaciones del Muelle Juan Carlos I ocupan una superficie de 686.132 m², y tienen capacidad para albergar 10.476 contenedores de 20 pies. Dentro del muelle prestan servicio 19 grúas Portainers, situadas a lo largo de la orilla Este y 64 grúas Transtainer distribuidas en el patio central de la terminal.



Figura 3 - Situación de las grúas del Muelle Juan Carlos I

Muelle Isla Verde Exterior. Esta zona de Isla Verde, recientemente construida mediante rellenos realizados en diferentes fases y actuaciones iniciadas en el año 2000, dispone de una superficie de 30 hectáreas y una capacidad para 1,6 millones de TEUs. Isla Verde Exterior alberga la nueva terminal pública de contenedores, la Total Terminal International Algeciras (TTI-A), y dispone de 8 grúas Portainer, 32 grúas de patio y 20 Shuttle Carriers.



Figura 4 - Franja de distribución de las Grúas que trabajan en el Muelle de Isla Verde Exterior

Para la caracterización de las fuentes industriales citadas es necesario determinar el movimiento de contenedores de los muelles Juan Carlos I e Isla Verde Exterior. Este tráfico está estrechamente relacionado con el funcionamiento de las grúas Portainers, las grúas Transtainers y las cabezas tractoras que circulan a lo largo de ambos muelles. Conociendo el movimiento anual de cada muelle,

que las grúas trabajan 362 días al año las 24 horas, y que una grúa es capaz de mover un contenedor en 2 minutos, se obtienen los datos de configuración para introducir en el modelo:

Tabla 3 - Datos de configuración para el muelle Juan Carlos I

Periodo	Número de movimientos de contenedores por hora	Tiempo total de trabajo de cada grúa
Día	237.5 cont./hora	300 minutos
Tarde	237.5 cont./hora	50 minutos
Noche	237.5 cont./hora	100 minutos

Tabla 4 - Datos de configuración para el muelle Isla Verde Exterior

Periodo	Número de movimientos de contenedores por hora	Tiempo total de trabajo de cada grúa
Día	187 cont./hora	550 minutos
Tarde	187 cont./hora	180 minutos
Noche	187 cont./hora	370 minutos

Adicionalmente fue necesario realizar una campaña de mediciones acústicas con el fin de obtener el espectro de emisión de las grúas consideradas en el modelo acústico:

Tabla 5 - Espectro de emisión para las grúas Portainer

Sound Power A-weighted	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Total dB(A): 105	62,2	72,8	84,5	94,4	94,8	94,6	89,5	88,3	76,1
Portainer	67,0	77,6	89,3	99,2	99,6	99,4	94,3	93,1	80,9

Tabla 6 - Espectro de emisión para las grúas Transtainer

Sound Power A-weighted	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Total dB(A): 105	59.2	69.8	81.5	91.4	91.8	91.6	86.5	85.3	73.1
Transtainer	64.0	74.6	86.3	96.2	96.6	96.4	91.3	90.1	77.9

4 Metodología de cálculo

Los métodos de cálculo que se han aplicado a las distintas tipologías de fuentes cumplen con la Directiva 2002/49/CE, la ley del Ruido y el ANEXO II "Métodos de evaluación para los índices de ruido" del REAL DECRETO 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.

Estos modelos deben implementarse en programas informáticos de predicción acústica con el fin de ejecutar los cálculos de los indicadores correspondientes, tras la realización de una restitución tridimensional del área de estudio y la caracterización de todas las fuentes sonoras.

En los siguientes puntos se describirán los modelos, parámetros y metodología considerada en el trabajo.

4.1 Parámetros ambientales de ruido

Uno de los parámetros más empleados a la hora de medir el ruido ambiental es el denominado Nivel Sonoro Continuo Equivalente (Leq), que se define como el nivel de un ruido constante que tiene la misma cantidad de energía acústica que el ruido real considerado, en un punto determinado y durante un periodo de tiempo T.

Matemáticamente viene dado por la expresión:

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{p(t)}{p_0} \right)^2 dt \right] \quad (1)$$

Donde:

- ❖ p(t) es la presión sonora instantánea.
- ❖ t1 y t2 son el inicio y el fin del intervalo de tiempo T.
- ❖ p₀ es la presión de referencia (20 μPa).

Con la entrada en vigor de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, y su correspondiente transposición en la Ley 37/2003, de 17 de Noviembre, del Ruido, se establece un nuevo parámetro de medida, el LDEN que no es más que un Leq ponderado según el periodo del día de que se trate, y que se define como:

$$L_{DEN} = 10 \log \frac{1}{24} \left(12 \cdot 10^{\frac{L_{día}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{tarde+e}}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{noche+10}}{10}} \right) \quad (2)$$

Donde:

- ❖ L_{día} es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos diurnos de un año.
- ❖ L_{tarde+e} es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos vespertinos de un año.
- ❖ L_{noche+10} es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos nocturnos de un año.

4.2 Método de Cálculo Viario

La obtención de los niveles sonoros generados por el tráfico rodado y en cumplimiento de la normativa vigente han sido obtenidos mediante el empleo de un modelo predictivo de simulación por ordenador, el denominado “Método francés” de ruido del tráfico rodado, «NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTULCPCSTB)», contemplado en el «Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal officiel du 10 mai 1995, article 6» y en la norma francesa «XPS 31-133».

Este método de cálculo permite el cálculo de los niveles sonoros producidos por el tráfico viario considerando la emisión un parámetro variable dependiente del tipo de vehículo, la velocidad, el flujo de tráfico y el perfil longitudinal.

4.3 Método de Cálculo Ferroviario

El método utilizado es el método nacional de cálculo de los Países Bajos, publicado como «Reken-en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaï'96» («Guías para el cálculo y medida del ruido del transporte ferroviario 1996»), por el Ministerio de Vivienda, Planificación Territorial, 20 de noviembre 1996.

Con la norma SRM II, se determinan valores de emisión por bandas de octava para cada categoría de tren y cada altura de fuente acústica (hasta cinco alturas). Una vez caracterizadas las emisiones de las distintas categorías de trenes, se calcula la del tramo de línea ferroviaria especificado, teniendo en cuenta el peso de las distintas categorías de trenes (y el hecho de que no en todas existen fuentes sonoras en todas las alturas), así como el paso de los trenes en diferentes condiciones (frenando o no)

Las categorías existentes en la base de datos de emisiones neerlandesa se diferencian principalmente por su sistema de propulsión y de frenado.

4.4 Método de cálculo de Aeronaves

El método para el cálculo del RUIDO DE AERONAVES EN TORNO A AEROPUERTOS que se ha utilizado es el ECAC.CEAC Doc. 29 «Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports», 1997.

Conforme a la Directiva 2002/49/CE, el nivel de exposición sonora generado por una aeronave en el curso de sus operaciones debe calcularse utilizando una técnica de segmentación. Ahora bien, aunque el Documento 29 de la CEAC menciona dicha técnica, no ofrece los medios para realizar los cálculos.

Las orientaciones recomiendan el uso del método de segmentación descrito en el «Technical Manual of the Integrated Noise Model (INM)», versión 6.0, publicado en enero de 2002.

4.5 Método de cálculo de fuentes puntuales e industriales

Para caracterizar los parámetros de emisión se han desarrollado campañas de medidas conforme a la norma ISO 8297: 1994 'Acoustics - Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment - Engineering method

En cuanto al método de propagación se ha utilizado el método «ISO 9613». RUIDO INDUSTRIAL: ISO 9613-2: «Acoustics — Attenuation of sound propagation outdoors, Part 2: General method of calculation».

4.6 Simulación acústica

El proceso que engloba el cálculo de los mapas acústicos se resume a continuación:

❖ Creación del modelo digital

Se realiza una restitución tridimensional del área de estudio a partir de cartografía base georeferenciada. Esta cartografía incluye datos de topografía, vías de tráfico viario y ferroviario, edificios y otros obstáculos existentes en el Puerto y en la ciudad.

❖ Caracterización de los distintos elementos que conforman el modelo

Propiedades del suelo: se determinan los tipos de superficie del terreno para considerar los efectos de absorción y atenuación acústica del mismo conforme a la norma ISO 9613 parte 2 (General method of calculation), en su punto 7.3 (Ground effect)

Propiedades de las fuentes sonoras: cuantificación de Intensidades de vehículos, velocidad, composición, tipos de trenes, tipos de helicópteros, trayectorias, emisiones medidas, etc...

Propiedades de la fachada de los edificios: dada la tipología de las edificaciones de esta zona, se clasifican todas ellas con el valor por defecto de la guía de trabajo del Grupo de Trabajo Europeo WG-AEN (Working Group of Assessment of Exposure to Noise) de paredes de mampostería con balcones y ventanas cuyo coeficiente de absorción acústica es 0,4.

Tipo de condiciones de propagación de ruido favorables: se toman las recomendaciones del Grupo de Trabajo Europeo WG-AEN (Working Group of Assessment of Exposure to Noise) correspondientes a un 50% en periodo diurno, 75 % en periodo de tarde y 100% en periodo nocturno.

Condiciones meteorológicas: dado que el estado de la atmósfera afecta en la propagación del aire de forma significativa, se introducen los datos correspondientes al área bajo estudio, obtenidos de las estaciones meteorológicas más cercanas, teniendo en cuenta temperaturas y humedades relativas medias anuales.

❖ Configuración de cálculo, de acuerdo a la Directiva 2002/49/CE.

Emisión de fuentes: conforme a NMPB-96, RMR, ECAC.CEAC Doc. 29 e ISO-9287 o potencias obtenidas mediante mediciones.

Propagación del sonido: el cálculo de la atenuación sufrida por las ondas sonoras en el medio ambiente exterior se obtiene de acuerdo a los procedimientos de la ISO 9613.

Orden de reflexión: el número de reflexiones que se considera en el método de cálculo para obtener los niveles de ruido en cada uno de los receptores es de 2 para todo el estudio.

Parámetros de evaluación: el programa de simulación contempla los parámetros de evaluación de acuerdo a las especificaciones de la norma, siendo los relativos a los periodos horarios correspondientes a L_{dia} en dBA, L_{tarde} en dBA, L_{noche} en dBA, L_{den} en dBA.

Malla de receptores: la evaluación sonora se realiza mediante mallas de receptores a 4 metros de altura sobre el terreno de 10 m x 10 m.

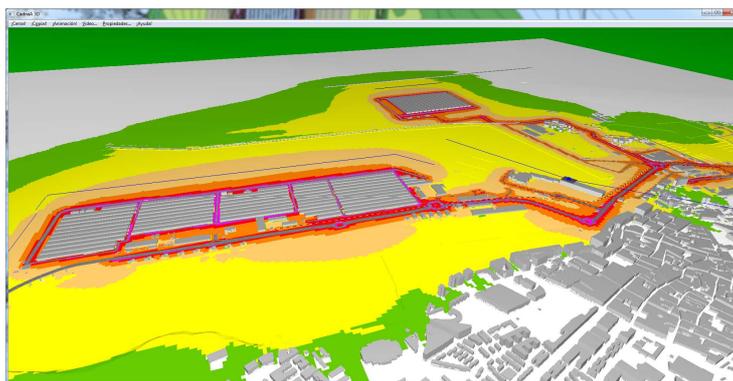


Figura 2 – Modelo Acústico de simulación

5 Mapas generados

Tras la realización de los cálculos acústicos, se han obtenido distintos mapas y resultados resumidos a continuación:

- ❖ **Mapas Descriptivos:** constituyen un conjunto de mapas que sitúan e identifican aspectos descriptivos del puerto y su entorno (edificios de interés, muelles, usos del suelo, etc.)
- ❖ **Niveles Sonoros:** representan la distribución espacial de los niveles de ruido en el exterior mediante líneas isófonas calculadas en base a los indicadores L_{den} , L_{dia} , L_{tarde} y L_{noche} , atendiendo a la naturaleza de las fuentes.

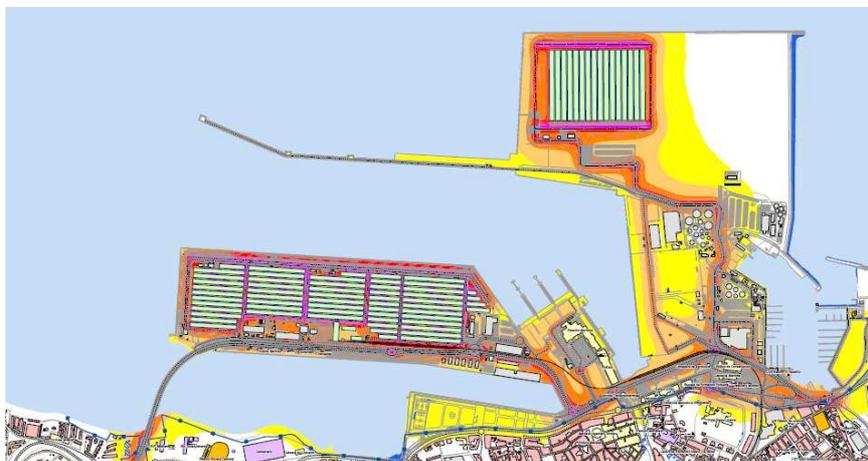


Figura 6 - Niveles Sonoros del puerto de Algeciras

- ❖ **Afección:** en estos mapas se recogen datos de superficies totales expuestas a valores del indicador L_{den} superiores a 55, 65 y 75 dbA.
- ❖ **Exposición:** representan el nivel de ruido en fachadas de los edificios en base a los indicadores L_{den} , L_{dia} , L_{tarde} y L_{noche} , atendiendo a la naturaleza de las fuentes.
- ❖ **Compatibilidad con el planeamiento urbanístico:** determinan los ámbitos del planeamiento general urbanístico que se ven afectados por el Mapa de Ruidos.
- ❖ **Conflicto:** representan las zonas donde los niveles de ruido exceden de los Objetivos de Calidad Acústica.

- ❖ **Detalles Edificaciones Expuestas:** representación de los niveles acústicos pormenorizados a los que están sometido las distintas fachadas que componen los edificios.

6 Análisis de las zonas más expuestas

Tras el análisis de la población expuesta, se realizó un estudio pormenorizado de aquellos edificios en los que se superaban los niveles límites establecidos por los objetivos de calidad acústica.

Dicho estudio localiza y caracteriza cada edificio mediante parámetros como el uso preferente, el número de portales, alturas, población y viviendas además de determinar la existencia de posibles barreras en el entorno que puedan protegerlo contra el ruido y localizar las fuentes sonoras de la ciudad y del puerto que incidan sobre sus fachadas. Así mismo verificó si la población que se estima afectada realmente lo está (determinando edificios desocupados y fachadas ciegas)

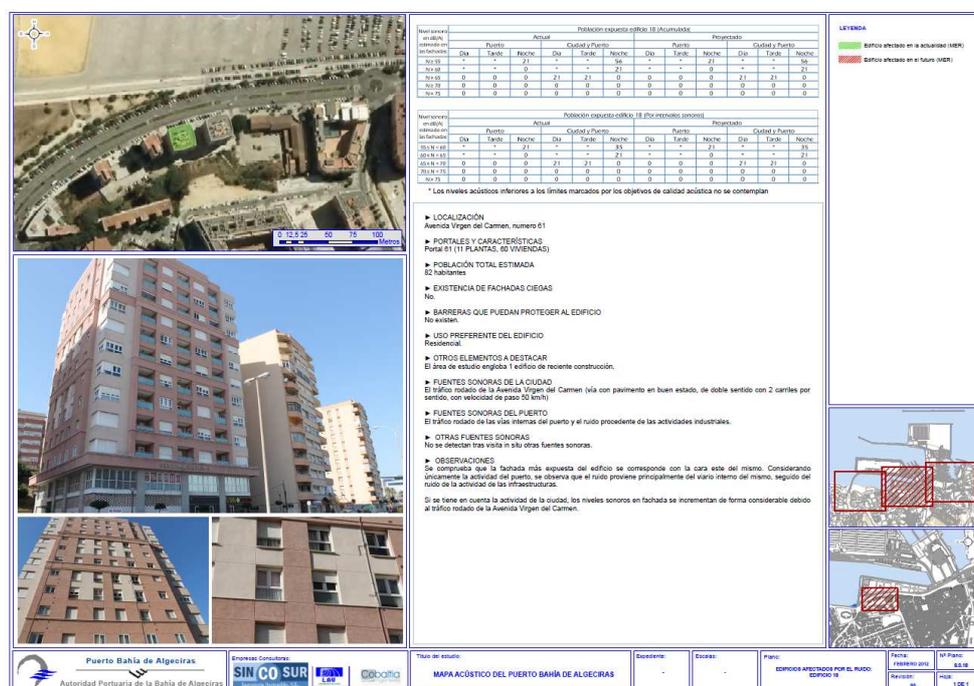


Figura 7 - Estudio detalle de uno de los edificios afectados por el ruido

REFERENCIAS:

- [1] J.L. Cueto, "Manual de Medidas de Ruido Ambiental", Laboratorio de Ingeniería Acústica, (Universidad de Cádiz), Octubre de 2009.
- [2] A.Sanz, "Sistemas de Información geográfica en el cartografiado acústico" en "Evaluación y Medidas Correctoras para reducir el Ruido Ambiental por Infraestructuras de Transportes y Urbano" 3ª Edición, Ciudad Real, 24-26 de Abril de 2006.
- [3] European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise, "Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure", 13 de enero de 2006.
- [4] R. Hernández, "Zonificación Acústica. Objetivos de calidad Acústica", Laboratorio de Ingeniería Acústica, (Universidad de Cádiz), 2007.