



MEDICIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL EN LOS AEROPUERTOS: Propuesta de Indicadores

Autor: Juan Carlos Méndez Manzanares

Tutora: Elena Escrig Olmedo

Trabajo Final

Master en Sostenibilidad y Responsabilidad Social Corporativa

3 de junio de 2019

ÍNDICE

COMPORTAMIENTO ÉTICO	3
RESUMEN.....	4
ABSTRACT	5
INTRODUCCIÓN	6
1. MARCO TEÓRICO	8
1.1. EL TRANSPORTE Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE	8
1.2. AEROPUERTOS: OPERACIONES E IMPACTOS AMBIENTALES	9
1.2.1 IMPACTO ACÚSTICO.....	10
1.2.2. EMISIONES	13
1.2.3. RESIDUOS Y VERTIDOS	19
1.2.4. CONSUMO DE RECURSOS.....	21
1.2.5. CONTAMINACIÓN DE SUELOS.....	22
1.2.6. AFECCIÓN A LA BIODIVERSIDAD	23
2. METODOLOGÍA.....	24
3. RESULTADOS	25
3.1. PROPUESTA DE UN SISTEMA DE INDICADORES PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DE UN AEROPUERTO DE TAMAÑO GRANDE.....	25
3.1.1 INDICADORES DE IMPACTO ACÚSTICO	26
3.1.2 INDICADORES DE EMISIONES	29
3.1.3 INDICADORES DE RESIDUOS Y VERTIDOS.....	35
3.1.4 INDICADORES DE CONSUMO DE RECURSOS NATURALES	37
3.2. TESTEO A TRAVÉS DE UN ESTUDIO DE CASO DEL SISTEMA DE INDICADORES DE UN AEROPUERTO DE TAMAÑO GRANDE UBICADO EN ESPAÑA.....	41
4. CONCLUSIONES.....	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
ANEXO LEGISLACIÓN.....	51

COMPORTAMIENTO ÉTICO

El abajo firmante:

JUAN CARLOS MÉNDEZ MANZANARES

Con respecto a la realización del Trabajo de Final del Máster en Sostenibilidad y Responsabilidad Social Corporativa impartido conjuntamente por la Universidad Nacional de Educación a Distancia y la Universidad Jaume I de Castellón que estoy cursando, declaro que:

1. Reconozco la ilegitimidad e ilegalidad del plagio, consintiendo éste en usar el trabajo de otra persona con la pretensión de considerarlo como propio.
2. Cada contribución y cita de este Trabajo Final de Máster ha sido convenientemente citada y referenciada.
3. Este Trabajo Final de Máster es fruto de mi propio trabajo.
4. No he permitido a nadie, ni permitiré, copiar este Trabajo Final de Máster con la intención de hacerlo pasar como suyo propio.

Y para que así conste, firmo la presente declaración.

En Madrid a 3 de junio de 2019

RESUMEN

Los aeropuertos son instalaciones que causan un fuerte impacto sobre el medio natural y las poblaciones cercanas. Los principales efectos sobre el entorno son el aumento del nivel de ruido, la mala calidad del aire, el consumo de recursos y la gestión de los residuos producidos. Además, la gran extensión de terreno que ocupan funciona como una barrera para los ecosistemas y localidades de los alrededores.

Sin embargo, su contribución al progreso económico y la mejora de la movilidad de las personas y mercancías hace prever un aumento de la demanda en los próximos años. Este crecimiento debe ser compatible con la legislación y con los compromisos medioambientales a nivel mundial, lo que obliga a tomar medidas para reducir los impactos negativos.

Para ello, el presente trabajo propone un sistema de indicadores que permite monitorizar la sostenibilidad ambiental de un aeropuerto. Se han dividido por áreas ambientales y organizados mediante fichas explicativas. Una vez implantados, pueden formar parte del Sistema de Gestión Ambiental y de la información referente a sostenibilidad.

La aplicación práctica de estos indicadores se ha examinado confrontando los registros ambientales de 2017 en un aeropuerto grande ubicado en España. Esto permitirá conocer las principales limitaciones de los aeropuertos a la hora de medir sus impactos ambientales y, por tanto, se podrán definir las acciones adecuadas para corregir dichas limitaciones.

Palabras Clave: Indicadores, impactos ambientales, transporte, aeropuerto

ABSTRACT

Airports are facilities that cause a strong impact on the natural environment and nearby populations. The main effects on the environment are the increase in noise level, the poor air quality, the resources consumption and the waste produced management. In addition, the vast expanse of land they occupy serves as a barrier to the surrounding ecosystems and localities.

However, their contribution to economic progress and the mobility improvement of people and goods is expected to increase demand in the next years. This growth must be consistent with legislation and environmental commitments at global level, forcing measures to reduce negative impacts.

To this end, this paper proposes one indicators system that allows to monitor the environmental sustainability of an airport. They have been divided by environmental areas and organized by explanatory tokens. Once implemented, they can be part of the environmental management system and the information regarding sustainability.

The practical application of these indicators has been examined by confronting the environmental records of 2017 in a large airport located in Spain. This will allow us to know the main airports limitations when measuring their environmental impacts and, therefore, it will be possible to define the appropriate actions to correct these limitations.

Keywords: indicators, environmental impacts, transport, airport

INTRODUCCIÓN

El transporte es un elemento imprescindible para el desarrollo de todos los sectores económicos. Traslada mercancías necesarias para completar los procesos productivos y las pone a disposición de los consumidores. También garantiza la movilidad necesaria para que las personas puedan trabajar, consumir, formarse, hacer turismo y disfrutar de sus periodos de ocio.

Poniendo el foco en el sector aéreo, los impactos ambientales constituyen el principal elemento negativo relacionado con esta actividad (Alonso, 2012). Esto puede llegar a limitar, a medio plazo, el crecimiento del sector y de la economía en general dada su vinculación directa con todas las actividades económicas y especialmente con el turismo (11,7% del PIB 2017 en España¹). Por ello se busca que los beneficios económicos y sociales que genera el transporte aéreo para la comunidad local sean compatibles con el respeto por el medio ambiente.

El objetivo es conseguir un “crecimiento verde” (Sameh & Scavuzzi, 2016, p.3) de los aeropuertos compatible con el aumento de capacidad de las pistas, plataformas, terminales y otras instalaciones. Para ello, además de una gestión sostenible de las infraestructuras es necesaria la participación de las comunidades locales.

Este trabajo **propone un sistema de indicadores** de desempeño ambiental para evaluar los impactos más significativos de la actividad aeroportuaria. Su registro permitirá medir la eficacia de las medidas mitigadoras, analizar su evolución e implementar acciones correctoras o de protección si fueran necesarias. Esta propuesta de indicadores se basará en el estándar normativo europeo, lo que facilitará su comparación, asegurando el cumplimiento de la legislación medioambiental y los compromisos con los grupos de interés.

De este modo, se generará una visión sistematizada y de fácil comprensión sobre la situación e impactos ambientales del aeropuerto: emisiones acústicas, calidad del aire, consumo de energía, agua, residuos y ecosistemas, que permitirá gestionar dichos impactos de manera eficiente.

Los registros e informes obtenidos a partir de los indicadores deben contribuir a:

- Conseguir los objetivos y metas medioambientales.

¹ INE – Instituto Nacional de Estadística. Avance de cierre 2017.
http://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t35/p011/base_2010/serie/I0/&file=01001.px&L=0

- Facilitar la evaluación de la situación ambiental de la organización.
- Anticipar información relevante y detectar potenciales oportunidades de mejora.
- Proporcionar datos para informes y declaraciones medioambientales.
- Conocer el estado de la organización dentro del Sistema de Gestión Ambiental.

Para comprobar la idoneidad de esta propuesta de indicadores, mediante un estudio de caso, se han analizado **los indicadores medioambientales de un aeropuerto de tamaño grande situado en España.**

Los resultados ponen de manifiesto que **los indicadores propuestos son adecuados** y la información ambiental, obtenida a partir de las estaciones de medición y registros de consumos, tiene el suficiente nivel de detalle, aunque existen algunas limitaciones que deben subsanarse.

Este trabajo se estructura en varias partes: En primer lugar, el **marco teórico** en el que se examinan las causas y efectos sobre el medio y el entorno de una infraestructura aeroportuaria. Seguidamente, se explica las principales características de la metodología utilizada. Tras ello, se desarrolla un **conjunto de indicadores** medioambientales agrupados por áreas. Posteriormente, se chequea la **aplicación práctica** de los indicadores analizando la información ambiental del año 2017 en un aeropuerto español de tamaño grande. Por último, se presentan las principales conclusiones y líneas de mejora.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. EL TRANSPORTE Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE

El concepto de desarrollo sostenible ha adquirido gran relevancia en las últimas décadas. La sociedad demanda de forma generalizada que el progreso económico sea compatible con los avances sociales y el respeto por el entorno que nos rodea. Desde su inclusión en el conocido como informe (Brundtland, 1987) se define el desarrollo sostenible como "aquél que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades"

El transporte es fundamental para cumplir con los compromisos establecidos a nivel mundial como los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible para 2030. Es compatible con el crecimiento inclusivo, fomenta la creación de empleo, la reducción de la pobreza y el acceso a los mercados entre otras metas. Reducir su contribución a la contaminación del aire es imprescindible para luchar contra el cambio climático (ONU, 2016).

El sector del transporte se encuentra en un momento crucial. Las tecnologías digitales permiten analizar en tiempo real las cadenas de suministro a nivel mundial y existe un elevado ritmo de crecimiento de la población que demanda un mayor volumen de mercancías y desplazamientos por motivos laborales y de ocio (Gallego et al., 2018). El reto será compatibilizar este desarrollo con la reducción de las emisiones derivada de los compromisos adquiridos por todos los países.

En España, el sector del transporte supone el 26% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y es su principal origen. En su mayor parte son producidos por el transporte terrestre, correspondiendo un 3,5% del total a la aviación (Ministerio para la Transición Ecológica, 2019).

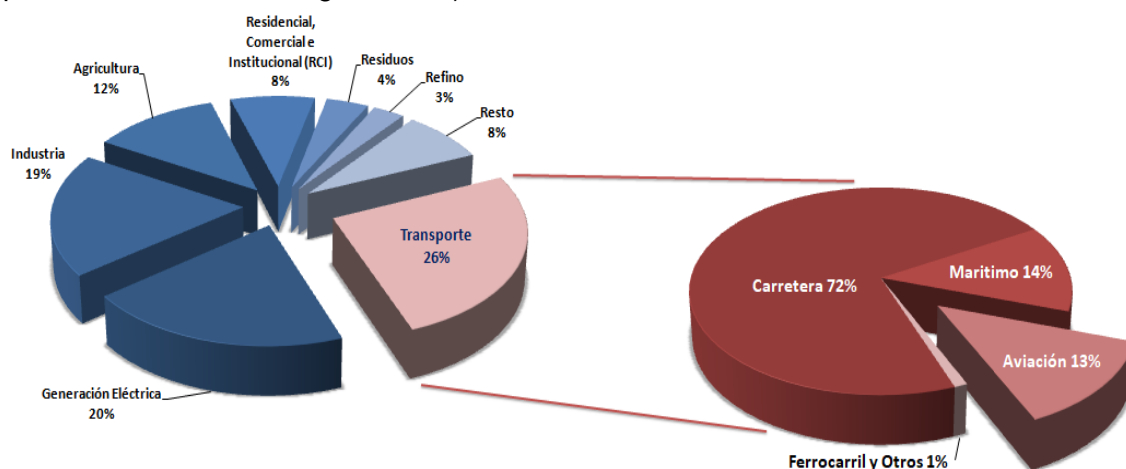


Figura 1 – Origen de emisiones brutas de GEI 2016. Fuente: (Ministerio para la Transición Ecológica, 2019).

El sector aéreo tiene una relevancia estratégica dentro de la economía de la Unión Europea. Emplea de forma directa e indirecta a 5,1 millones de personas generando 365.000 millones de euros y supone el 2,4% del PIB europeo (Unión Europea, 2014).

La tendencia actual del transporte aéreo indica que el número de pasajeros podría duplicarse en 2037 alcanzando los 8.200 millones para generar hasta 100 millones de empleos en todo el mundo (IATA, 2018)².

Para satisfacer esta demanda, serán necesarias nuevas infraestructuras aeroportuarias y actuaciones para ampliar la capacidad de las existentes.

1.2. AEROPUERTOS: OPERACIONES E IMPACTOS AMBIENTALES

Los aeropuertos son infraestructuras que contribuyen al progreso económico y social del territorio que los rodea. Son fundamentales para la conectividad interterritorial y generan un gran volumen de empleo directo e indirecto. La sociedad actual exige, cada vez con más firmeza, que dicho progreso sea compatible con el respeto por el entorno natural y la calidad de vida de las personas.

La gestión aeroportuaria deberá atender el creciente tráfico aéreo prestando un servicio de calidad, ajustando los costes y **minimizando los impactos sobre el medio ambiente**. Estos pueden ser de **carácter local**, como el ruido, la contaminación del aire en la zona, el consumo de recursos o el uso de grandes extensiones de terreno. También pueden tener un **efecto regional** como el consumo de materiales no renovables o la generación de gases contaminantes relacionados con el cambio climático (Alonso, 2012).

Con el objetivo de minimizar estas externalidades se deben controlar todos los aspectos ambientales relacionados con la actividad para poder minimizar sus efectos negativos.

Los principales impactos ambientales asociados a la explotación de un aeródromo se detallan a continuación.

² Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA). Previsiones en octubre de 2018

1.2.1 IMPACTO ACÚSTICO

Aunque en la fase de planificación aeroportuaria se busque una localización distante de zonas pobladas, el desarrollo económico que provocan sobre su zona de influencia hace que el crecimiento urbano se localice en su entorno.

La contaminación acústica producida por el ruido sobre las personas es una de los principales causas de rechazo de la actividad aeroportuaria y limita su crecimiento ante el progresivo aumento del tráfico aéreo (Echevarría, 2018).

El ruido puede ser definido como cualquier sonido no deseado que puede causar molestias y efectos negativos en la salud, en el bienestar físico, psicológico y social afectando a la calidad de vida (Sameh & Scavuzzi, 2016)

Las principales fuentes de emisión de ruido son: los motores de las aeronaves en las operaciones de aterrizaje, despegue, rodadura y pruebas. También el producido por equipos auxiliares de energía y vehículos (Rodríguez-Díaz, Adenso-Díaz, & González-Torre, 2017).

El **Mapa Estratégico de Ruido (MER)** del aeropuerto y su zona de influencia detalla la extensión del impacto acústico provocado por las operaciones aeronáuticas mediante curvas isófonas o de ruido. La elaboración del MER y su actualización está regulada por la Directiva 2002/49/CE, la Ley 37/2003 (Ley del Ruido) y los Reales Decretos 1513/2005, 1367/2007 y 1038/2012 que la desarrollan.

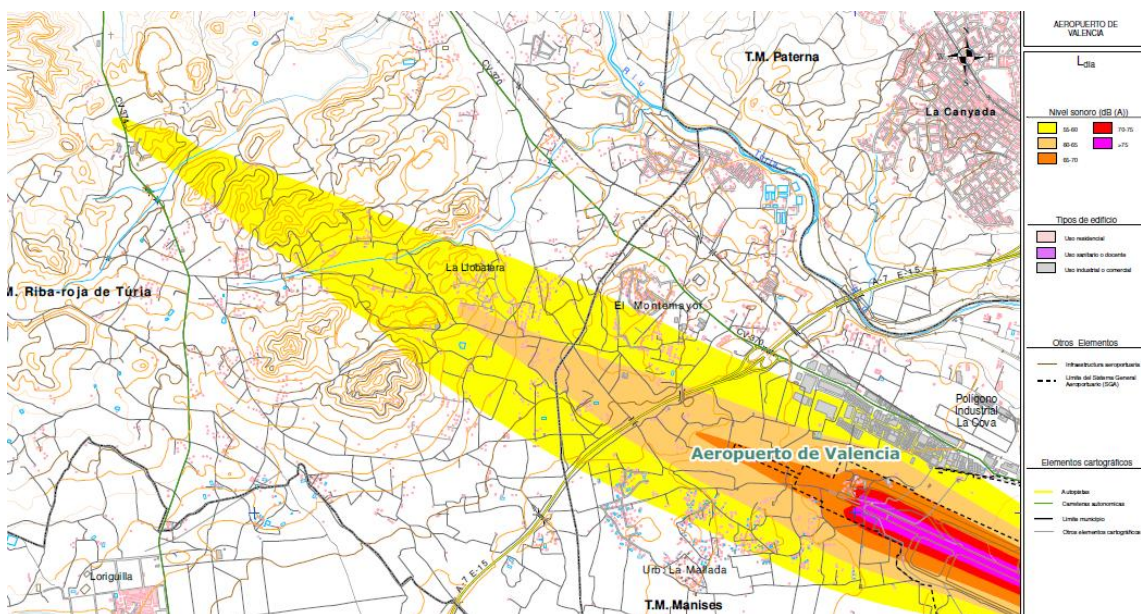


Figura 2. Aeropuerto de Valencia. Mapa de Niveles Sonoros L_{dia} (7-19h). Fuente: [Aena](#)

Esta normativa obliga a elaborar el MER a los aeropuertos con más de 50.000 movimientos anuales y a diseñar un plan de acción con medidas para compatibilizar las operaciones y su entorno. En España superan esa cifra los aeropuertos de Madrid-Barajas, Alicante-Elche, Barcelona-El Prat, Bilbao, Gran Canaria, Ibiza, Lanzarote, Málaga-Costa del Sol, Palma de Mallorca, Sevilla, Tenerife Norte, Tenerife Sur y Valencia

Un **plan de acción** pueden desarrollar diversas actuaciones (Guillamón, 2011):

- **Reducción del ruido en la fuente:** Prohibición total de aeronaves que no cumplan la normativa internacional en cuanto a límites acústicos³.
- **Restricciones operativas:** Restringir las pruebas de motores y el frenado con el motor a determinadas zonas del aeropuerto. Limitar los vuelos de entrenamiento.
- **Procedimientos operacionales de reducción de ruido:** Rutas preferentes con virajes que evitan poblaciones, uso de pistas prioritarias para aeronaves ruidosas o para horario nocturno y desplazamiento del umbral de pista para alejarlo de las zonas pobladas. También la realización de maniobras de precisión en aproximación, aterrizaje y despegue reduciendo al máximo el ruido y manteniendo los niveles de seguridad.
- **Tasa de ruido:** Penalizar el impacto acústico trasladando al órgano sancionador los datos de las estaciones de monitorado de ruido asociados a la aeronave que supere el límite establecido.
- **Planes de aislamiento acústico:** Actuaciones de insonorización en viviendas y edificaciones de uso sanitario, educativo o cultural situadas en el interior de las huellas acústicas de los aeropuertos.

Para elaborar el MER, la UE recomienda que se utilice el índice L_{den} o grado de molestia global día-tarde-noche, penalizando en 5dB⁴ el periodo de tarde (19-23h) y en 10dB el nocturno (23-7h). Está formulado en dB(A)⁵ y permite expresar de forma simplificada el resultado de los diferentes valores de las mediciones acústicas mediante un valor promedio de todos los niveles sonoros para cada período. Un nivel similar podría derivarse de varios eventos de ruido fuerte con pausa entre ellos o un nivel más bajo de ruido continuado (CANSO & ACI, 2015).

³ Anexo 16, Volumen I, 2ª parte, del Convenio sobre Aviación Civil Internacional (OACI)

⁴ dB – Decibelio: Unidad de medida utilizada para el nivel de potencia e intensidad del ruido.

⁵ dB ponderación (A): Presión sonora similar a la percepción del oído humano. A diferencia del dB, filtra bajas y altas frecuencias dejando solo las dañinas para el oído humano.

También se define el índice L_{max} como el más alto nivel de presión sonora registrado en un periodo.

El RD 1367/2007 establece los siguientes **objetivos de calidad acústica**:

Tabla 1: Objetivos de calidad acústica para ruido en áreas urbanas existentes. Fuente: RD 1367/2007

Tipo de área acústica	Índices de Ruido			
	Día	Tarde	Noche	Máximo
	L_d dB (A)	L_e dB (A)	L_n dB (A)	L_{max} dB (A)
Uso sanitario, docente y cultural que requieran especial protección contra la contaminación acústica	60	60	50	80
Uso residencial	65	65	55	85
Uso terciario	70	70	65	88
Uso recreativo y espectáculos	73	73	63	90
Uso industrial	75	75	65	90

Tabla 2: Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables al espacio interior habitable. Fuente: RD 1367/2007

Uso	Tipo de recinto	Índices de Ruido		
		Día	Tarde	Noche
		L_d dB (A)	L_e dB (A)	L_n dB (A)
Uso residencial	Zonas de estancia	45	45	35
	Dormitorios	40	40	30
Sanitario	Zonas de estancia	45	45	35
	Dormitorios	40	40	30
Educativo o cultural	Zonas de estancia	40	40	40
	Dormitorios	35	35	35

1.2.2. EMISIONES

En los aeropuertos existen **diversas fuentes de emisiones contaminantes** en concentraciones que pueden producir efectos sobre los seres vivos. La Organización de Aviación Civil Internacional (ICAO, 2011) las agrupa en cuatro categorías:

- Emisiones de los motores de las aeronaves y equipos auxiliares en tierra⁶. Con diferente intensidad en función de la fase: aproximación, rodaje, despegue y aterrizaje. Estos cuatro periodos son conocidos como ciclo de aterrizaje y despegue o ciclos LTO (Landing / Take-Off).
- Emisiones de los servicios para las aeronaves: Evaporación de tanques de combustible, escalerillas, climatización, remolcadores, vehículos auxiliares, autobuses, sustancias para el deshielo, etc.
- Relacionadas con la infraestructura: Grupo electrógeno de emergencia, calderas, cogeneradores, mantenimiento de aeronaves (limpieza, pintura, prueba de motores, etc.), combustible, mantenimiento del aeropuerto (limpieza, mantenimiento de vehículos, etc.), deshielo o prácticas de bomberos.
- Vehículos: Movimientos dentro y fuera del aeropuerto. Incluye las partículas de mayor tamaño generadas por frenos, neumáticos, asfalto, suelo, etc.

En España, el RD 102/2011 desarrolla la Ley 34/2007 de calidad del aire y protección de la atmósfera. Ambos transponen las Directivas Europeas 2004/107/CE y 2008/50/CE relativas a la calidad del aire ambiente y una atmósfera más limpia. Establece los límites legales por zonas midiendo uno o más de los contaminantes regulados. En caso de superar dichos valores, determina que las administraciones competentes deben adoptar planes de actuación para reducirlos en los plazos fijados.

El Plan Nacional de Calidad del Aire 2017-2019 identifica como principales problemas de contaminación los niveles altos de **partículas (PM)**, **óxidos de nitrógeno**⁷ (**NO_x**) y **ozono (O₃)**. Estos niveles se incrementan debido a las condiciones meteorológicas de España: estabilidad atmosférica, bajas precipitaciones, alta insolación y cercanía al continente africano (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2017).

⁶ APU - Auxiliary Power Unit o Unidad Auxiliar de Potencia. Equipo montado sobre un vehículo que proporciona energía a las aeronaves.

⁷ Los óxidos de nitrógeno son un grupo de gases compuestos por óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂). El término NO_x se refiere a la combinación de ambas sustancias.

Además de los anteriores, a nivel aeroportuario, son significativas las emisiones de **monóxido de carbono (CO)**, **óxidos de azufre (SO_x)**, **hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH)** y **compuestos orgánicos volátiles (VOC)** (The Ecological Council, 2012).

Los contaminantes atmosféricos que proceden directamente de las fuentes de emisión se denominan **contaminantes primarios**. Los que se originan mediante reacciones químicas que transforman a los primarios o precursores son **contaminantes secundarios** (European Environmental Agency (EEA), 2015):

Contaminantes primarios gaseosos:

Están originados principalmente por la combustión incompleta de componentes orgánicos o por sustancias contaminantes incluidas en la composición de los combustibles.

► **Óxidos de nitrógeno (NO_x)**

Es el resultado de la combinación del oxígeno y nitrógeno durante la combustión, especialmente a temperaturas altas. Gran parte de los NO_x liberados por los motores son NO, aunque también se oxida a NO₂ cuando reacciona con ozono del aire circundante (Alonso, 2012).

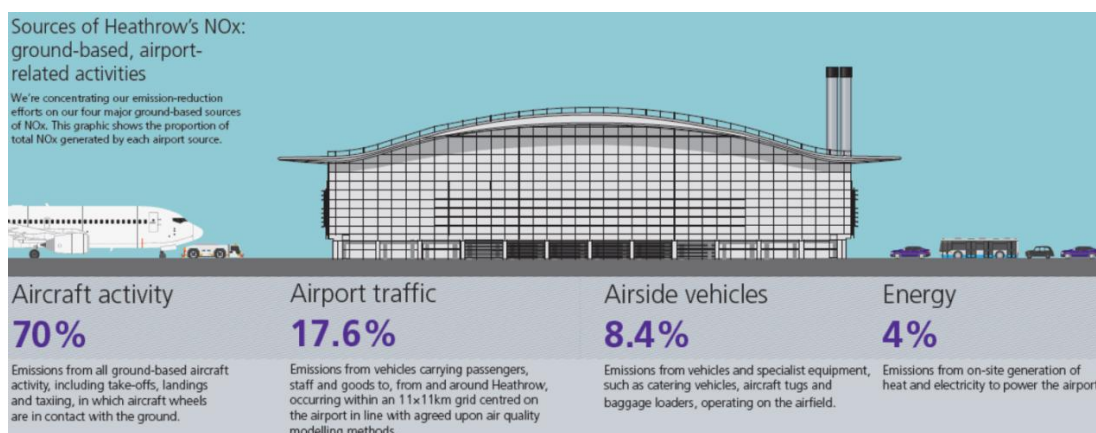


Figura 3: Origen de las emisiones de NO_x. Fuente: Air Quality Monitoring Results. Aeropuerto de Heathrow, 2015

► **Óxidos de azufre (SO_x)**

Gas producido principalmente al quemar el azufre que forma parte de la composición del combustible. Se produce principalmente en instalaciones productoras de energía. Los aviones son una proporción muy pequeña de las fuentes que emiten SO_x (Guillamón, 2011).

► Monóxido de carbono (CO) y Dióxido de carbono (CO₂)

Producidos por la combustión incompleta de componentes orgánicos en motores. En los aeropuertos se originan principalmente por las aeronaves en despegue, aterrizaje y rodadura y los vehículos que circulan en la instalación y accesos. El CO se transforma en la atmósfera en dióxido de carbono CO₂ y Ozono O₃.

Atendiendo al control realizado sobre el origen de las emisiones, estas se clasifican en tres tipos (Echevarría, 2018):

- Alcance 1: Emisiones directas por actividades controladas el aeropuerto: combustión de calderas, grupos electrógenos, vehículos o prácticas de bomberos.
- Alcance 2: Emisiones indirectas asociadas al consumo eléctrico de las instalaciones y edificios.
- Alcance 3: Actividades sobre las cuales el operador aeroportuario no tiene control aunque si influencia. Destacan las operaciones de las aeronaves.

El Consejo Internacional de Aeropuertos (ACI) promueve la Airport Carbon Accreditation con diferentes niveles de compromiso para las infraestructuras. Su objetivo final es ser neutral en emisiones de carbono.

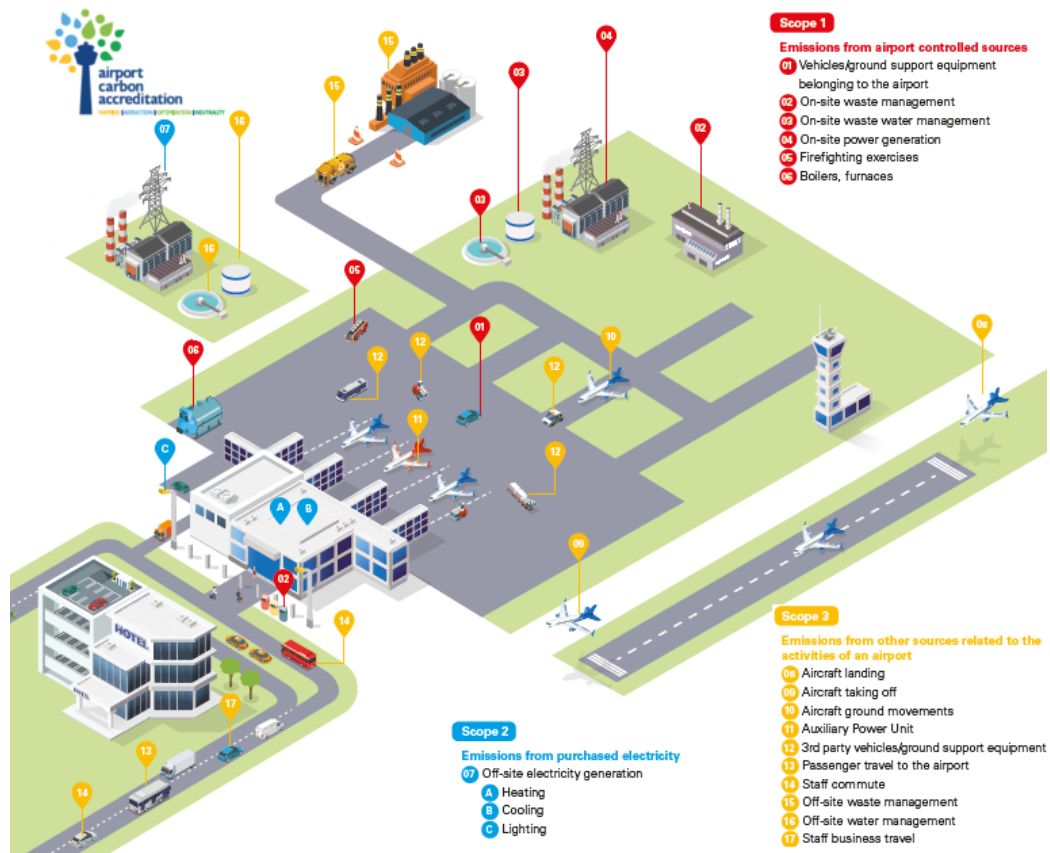


Figura 4: Origen de las emisiones de CO₂. Fuente: airportco2.org Council International (ACI)

► **Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)**

Contienen carbono y otros elementos como el hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, cloro, azufre, etc. Forman parte de este grupo los hidrocarburos: metano (CH₄), etano (C₂H₆), Benceno (C₆H₆) y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) como el Benzo[a]pireno que se utiliza como indicador de contaminación por PAH.

► **Otros contaminantes primarios**

Metales pesados: Mercurio (Hg), Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Níquel (Ni), etc.

Contaminantes primarios no gaseosos:

► **Partículas en suspensión en el aire (PM10 y PM2,5)**

Pueden presentar diferentes tamaños, formas y composición química (metales pesados, sulfatos, nitratos, amonio, carbonos orgánicos, PAH, etc.) Se forman por una combustión incompleta, por procesos mecánicos (abrasión de materiales de superficie y generación de polvo fugitivo) y como formación secundaria de SO₂, NO_x, NH₃ y VOC (ICAO, 2011).

Se clasifican según su diámetro aerodinámico:

Tabla 3: Tipos de partículas en el aire de los aeropuertos. Fuente: The Ecological Council, 2012

	Tamaño, PMxx (xx: diámetro en micrómetros)	Término y medición
Partículas gruesa	< 10 µm	PM₁₀ : Masa
Partículas finas	< 2,5 µm	PM_{2,5} : Masa
Partículas ultrafinas (PUF)	< 0,1 µm	PM _{0,1} : Número
Nanopartículas	< 0,03 µm	PM _{0,03} : Número

Contaminantes secundarios:

► **Ozono (O₃)**

Se forma con la intervención de la luz solar por lo que también se considera un contaminante fotoquímico. Como en lo demás contaminantes secundarios, se debe actuar sobre sus precursores: CO, COV, Hidrocarburos y NO_x. Su origen puede ser local, regional o transfronterizo.

► **Otros contaminantes secundarios**

Además del ya indicado Dióxido de nitrógeno (NO₂), se pueden destacar por sus efectos sobre la salud y el medio ambiente el Trióxido de azufre (SO₃), el Ácido sulfúrico (H₂SO₄) y el Ácido nítrico (HNO₃).

Algunos de los componentes enumerados forman parte del grupo de Gases de Efecto Invernadero (GEI) ya sea de manera natural o por emisiones de la actividad humana. El Protocolo de Kioto, enumera seis gases cuyas emisiones deben reducirse: Dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), Óxidos de nitrógeno (NO_x), Hexafluoruro de azufre (SF₆), Hidrofluorocarbonados (HFCs) y Perfluorocarbonados (PFCs).

Los límites establecidos por la legislación en materia de calidad del aire para cada contaminante se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4: Valores límite por contaminante. Fuente: RD 102/2011

Contaminante	Valor límite y Umbral de Alerta	Concentración	Nº máximo de superaciones
Dióxido de nitrógeno NO ₂	Media horaria	200 µg/m ³	> 18 horas /año
	Media anual	40 µg/m ³	
	Umbral de alerta	400 µg/m ³	3 horas consecutivas en área de 100 km o zona o aglomeración entera
SO ₂	Media horaria	350 µg/m ³	> 24 horas/año
	Media diaria	125 µg/m ³	> 3 días/año
	Umbral de alerta	500 µg/m ³	3 horas consecutivas en área de 100 km o zona o aglomeración entera
Partículas PM10	Media diaria	50 µg/m ³	> 35 días/año
	Media anual	40 µg/m ³	
Partículas PM2,5	Media diaria	25 µg/m ³	
Monóxido de carbono CO	Máxima diaria de las medias móviles octohorarias	10 mg/m ³	

Contaminante	Valor límite y Umbral de Alerta	Concentración	Nº máximo de superaciones
O ₃	Máxima diaria de las medias móviles octohorarias	120 µg/m ³	> 25 días/año (promedio 3 años)
	Umbral de información Media diaria	180 µg/m ³	
	Umbral de alerta Media diaria	240 µg/m ³	
Plomo Pb	Media anual	0,5 µg/m ³	
Benceno C ₆ H ₆	Media anual	5 µg/m ³	
Arsénico As	Media anual	6 µg/m ³	
Cadmio Cd	Media anual	5 µg/m ³	
Níquel Ni	Media anual	20 µg/m ³	
Benzo(a)pireno B(a)P	Media anual	1 µg/m ³	

El volumen debe ser referido a una temperatura de 293 K y a una presión de 101,3 kPa.

Media horarias y diarias. Al menos el 75% de cada periodo

Media anual: Al menos 90% (3) de los valores horarios o, si no están disponibles, de los valores correspondientes a 24 horas a lo largo del año. Para el ozono: al menos 90% de los valores horarios durante el verano (abril a septiembre), y al menos 75% durante el invierno (octubre a marzo).

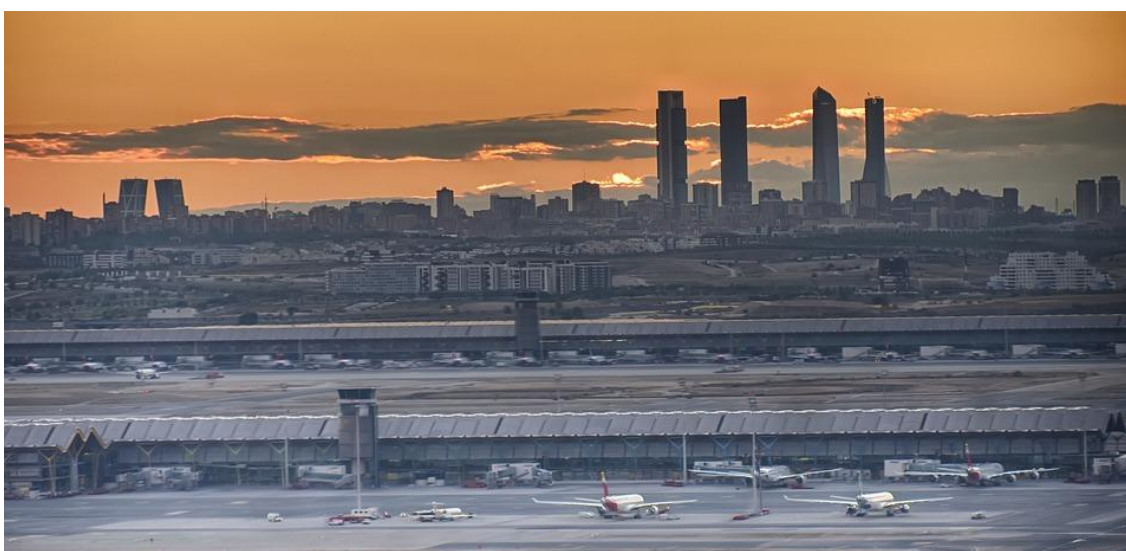


Figura 5: Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas y la ciudad de Madrid. Imagen obtenida en: <https://pixabay.com/>

1.2.3. RESIDUOS Y VERTIDOS

En un aeropuerto se desarrollan diversas actividades que producen un gran volumen de residuos. Su adecuada gestión está siendo cada vez más relevante debido al aumento continuado de las operaciones y número de pasajeros (Baxter, Srisaeng, & Wild, 2018b).

Los **residuos de los aeropuertos** se pueden agrupar en ocho categorías principales (Mehta, 2015):

1. Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

Artículos de uso diario como envases, restos de alimentos, periódicos, latas, etc.

2. Materiales de Construcción

Excavación, construcción y demolición: hormigón, madera, vidrio, alfombras, tuberías, escombros, etc.

3. Residuos Vegetales

De actividades de mantenimiento. Incluye restos de poda, arbustos, hierba y hojas.

4. Restos de Alimentos

Desperdicios de los aviones y restaurantes ubicados en las terminales.

5. Residuos de los Aviones

Subtipo de RSU generado en los aviones: vidrio, plásticos, periódicos, materiales compostables y no reciclables. Supone el 20% de los RSU del aeropuerto. (Federal Aviation Administration, 2013).

Cuando los desechos proceden de países con riesgo de introducción de plagas, enfermedades y otros contaminantes, los aeropuertos separan estos residuos (y los de la terminal internacional). En muchos casos son incinerados en el lugar o enviados por separado al gestor de residuos peligrosos (ICAO, 2010).

6. Desechos de Inodoros de los Aviones

Son residuos especiales que se vacían desde los tanques de inodoros de los aviones a un vehículo de recogida. Contienen productos químicos desinfectantes.

7. Vertidos y derrames

Agua contaminada e hidrocarburos procedentes de vertidos accidentales en plataforma, tanques u otras zonas del aeropuerto.

En la plataforma se acumularán, en un depósito especial, las aguas pluviales con posibles mezclas de hidrocarburos y aceites. También se recogerán las soluciones descongelantes aplicadas a presión sobre las aeronaves y las de prácticas con fuego real de bomberos que generan contaminantes líquidos (Guillamón, 2011).

Todos se gestionan como residuo peligroso.

8. Otros residuos peligrosos

Incluye disolventes, residuos de pintura de metal pesado, productos, baterías, neumáticos, plaguicidas etc.

Todos los residuos se clasifican como peligrosos y no peligrosos siguiendo los criterios que se establecen en la Directiva Europea 2008/98/CE y su trasposición a España mediante la Ley 22/2011 de Residuos y Suelos Contaminados. El Reglamento 1357/2014 modifica el anexo III de la Directiva 2008/98 asignando códigos a cada contaminante en función de su peligrosidad.

En línea con el sistema de gestión de residuos del aeropuerto, se concentrarán en un depósito temporal los residuos peligrosos hasta su retirada por gestores autorizados. El resto de residuos deben ser separados de forma selectiva en contenedores adecuados, según el tipo de residuo, para su reciclado o reutilización posterior.

Los aeropuertos de tamaño grande suelen disponer de una estación depuradora de aguas que realiza un tratamiento físico y biológico previo al vertido a la red exterior de transporte de aguas residuales. Desde esta estación se recuperará el mayor volumen posible de agua para riego reduciendo el consumo de agua potable. Los lodos generados en el tratamiento de la depuradora pueden ser utilizados como abono para las zonas ajardinadas o para generación de compost (Aena, 2018).



Figura 6: Equipo de deshielo para aeronaves. Imagen obtenida en: <https://pixabay.com/>

1.2.4. CONSUMO DE RECURSOS

Los aeropuertos por sus características y agentes implicados son grandes consumidores de recursos. Demandan gran cantidad de **energía** para la iluminación de edificios, urbanización y para el campo de vuelos. También para las instalaciones de climatización, control de tráfico aéreo, mantenimiento de aeronaves y equipos de asistencia en tierra (Baxter, Srisaeng, & Wild, 2018a).

Respecto al consumo de **combustibles**, se destinan principalmente para calefacción y suministro a vehículos. Los más consumidos son el gasoil y el gas natural (Aena, 2017).

Para reducir la emisión de CO₂ y el coste energético a medio plazo, se debe aumentar el uso de energías renovables que sustituyan progresivamente a las energías contaminantes teniendo como objetivo que el aeropuerto sea neutro en emisiones de carbono.

El **consumo de agua** potable está directamente relacionado con el volumen de pasajeros. El resto de actividades como la limpieza, sistemas de riego y el abastecimiento de equipos contra incendios pueden ser abastecidos con fuentes alternativas de agua no potable (Carvalho et al., 2013).



Figura 7: Asistencia en tierra a aeronaves. Imagen obtenida en: <https://pixabay.com/>

1.2.5. CONTAMINACIÓN DE SUELOS

Los suelos contaminados están regulados por la ley 22/2011 y el RD 9/2005 en el que se establece las actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados. Recoge la obligación de acometer tareas de descontaminación de los mismos para los causantes de la contaminación y propietarios de suelos afectados.

Los trabajos de descontaminación se realizarán según lo establecido por el Real Decreto:

- ◆ Priorizando, las técnicas de tratamiento in situ que eviten la generación, traslado y eliminación de residuos.
- ◆ Aplicando las mejores técnicas disponibles en función de las características de cada caso.
- ◆ Si hubiera contaminación remanente, esta debe situarse en niveles de riesgo aceptables de acuerdo con el uso del suelo.
- ◆ Cuando por causa justificada (técnica, económica o medioambiental) no sea posible la recuperación, se podrán aceptar medidas de contención o confinamiento de los suelos afectados.

1.2.6. AFECCIÓN A LA BIODIVERSIDAD

En España los **espacios protegidos** están regulados por la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Los clasifica en tres tipos distintos en función de los marcos jurídicos de origen: Espacios Naturales Protegidos, Espacios protegidos Red Natura 2000 y Áreas protegidas por instrumentos internacionales (Patrimonio de la Humanidad, Reservas de la Biosfera, zonas Ramsar, etc.). Cada Comunidad Autónoma también tienen su propia legislación y nomenclaturas.

Estas áreas protegidas suponen una gran extensión. A modo de ejemplo, y según Datos del Ministerio para la Transición Ecológica, la Red Natura 2000 representa aproximadamente un 27% del territorio.

Los aeropuertos requieren una gran cantidad de terreno en una zona concreta del territorio. Esto hace que sea habitual su ubicación entre espacios naturales protegidos, lo cual implica una serie de condicionantes si se pretende implantar un nuevo aeropuerto o ampliar uno ya existente (Echevarría, 2018).

Cualquier planeamiento o proyecto que pueda afectar al espacio natural deberá ser analizado evaluando sus repercusiones ambientales, desde la fase de planificación hasta su ejecución final. Para ello se realiza una **Evaluación Ambiental Estratégica**, en el caso de planes o programas de carácter estratégico, o una **Evaluación de Impacto Ambiental** para proyectos concretos con afección ambiental.

Estos procedimientos, recogidos en la Ley 21/2013 de evaluación ambiental, incorporan los aspectos relativos a la protección del medio ambiente con la participación de las administraciones afectadas y del público interesado. El informe final evalúa la integración de los aspectos ambientales en la propuesta final del plan, programa o proyecto y determina las condiciones para la adecuada protección del entorno y de los recursos naturales durante la ejecución, explotación y, en su caso, el desmantelamiento o demolición del proyecto. Dicho informe se conoce como **Declaración Ambiental Estratégica**, en el caso de planes o programas, y **Declaración de Impacto Ambiental** para Proyectos.

Por otro lado, en el interior del recinto aeroportuario existen diversos hábitats en los que se pueden establecer diferentes especies animales. Esto obliga a que exista en cada aeropuerto un **servicio de control de fauna**, que vigile estas poblaciones animales para salvaguardarlos y garantizar la seguridad de las operaciones aeronáuticas.

2. METODOLOGÍA

Para dar respuesta al objetivo de estudio y diseñar un sistema de indicadores de desempeño ambiental que evalúen los impactos más significativos de la actividad aeroportuaria, se ha realizado una búsqueda y análisis sistemático de documentación relacionada con impactos ambientales en el sector del transporte y en el entorno aeroportuario en particular. Esta búsqueda de información se ha estructurado en tres fases.

En primer lugar, se ha realizado una revisión de la bibliográfica siguiendo la propuesta de Nawaz y Koç (2018) . La estrategia de investigación consistió en seleccionar los motores de búsqueda, definir una serie de términos relacionados con el objeto de este trabajo y el rango temporal de los documentos.

Las herramientas elegidas para obtener la información han sido el explorador de la biblioteca de la UNED y Google Académico. Los términos utilizados principalmente para la búsqueda han sido las cadenas “indicator*”, “environmental impacts”, “transport” y “airport*” con sus equivalentes en castellano. Para filtrar los resultados se ha delimitado la búsqueda al periodo 2014-2019, añadiendo más términos para acotar los documentos en función del apartado del trabajo o abriendo el espacio temporal.

Una vez localizadas las fuentes de información ha sido esencial la utilización de un gestor para la búsqueda, organización de la documentación e integración de la bibliografía en este documento. La herramienta utilizada ha sido Mendeley.

En segundo lugar, se ha estudiado el contenido de las secciones de medio ambiente de diferentes páginas web de gestores aeroportuarios y sus informes de sostenibilidad con el fin de analizar los diferentes indicadores ambientales utilizados.

En tercer lugar, utilizando como referencia la propuesta de Castro (2010), se ha realizado un trabajo de campo dentro del sector aeroportuario de tipo descriptivo, cuyo objetivo es “analizar cómo ocurre un fenómeno organizativo dentro de su contexto real”.

Como parte de este proceso, se han realizado 5 entrevistas con diferentes responsables de Medio Ambiente y Calidad de Aena para contrastar la idoneidad de los indicadores propuestos y su aplicación práctica. Todos ellos tienen más de quince años de experiencia en gestión medioambiental de aeropuertos. La red de Aena trasladó en el año 2018, en territorio español, 263,8 millones de pasajeros con un movimiento de 2,3 millones de aeronaves (Aena, 2018).

Los participantes, a partir de su conocimiento y experiencia, propusieron algunas correcciones y mejoras que se han integrado en este trabajo.

Posteriormente, y tras la definición definitiva de los indicadores, se ha evaluado la puesta en práctica del sistema de indicadores en un caso real, realizando un trabajo de campo con un aeropuerto de tamaño grande situado en España.

3. RESULTADOS

3.1. PROPUESTA DE UN SISTEMA DE INDICADORES PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DE UN AEROPUERTO DE TAMAÑO GRANDE

El sistema de indicadores ambientales que se propone a continuación se ha definido para aeropuertos de gran tamaño (dado la importancia de los impactos ambientales de éstos), siguiendo las recomendaciones de la Agencia Europea del Medioambiente (EEA, 2014). Permite evaluar tendencias, realizar el seguimiento de los objetivos y la eficacia de las políticas, siendo comprensible para el público no especializado.

Siguiendo estas directrices, y tras el análisis de la información recabada, los indicadores propuestos se basan en normas internacionales y son medibles a un coste razonable. Permiten establecer objetivos y metas medioambientales y evaluar su cumplimiento, tomar decisiones y establecer acciones correctoras. Además, debe instaurarse un procedimiento de actualización y registro de la documentación integrado en el Sistema de Gestión Ambiental que asegure el cumplimiento de la política medioambiental de la infraestructura aeroportuaria.

Los indicadores se han agrupado en **cuatro áreas ambientales** (ver Tabla 5), lo que permiten tener una visión global de los impactos de la infraestructura con su entorno, permitiendo la evaluación comparativa o benchmarking con otros aeropuertos de tamaño similar. De este modo se pueden detectar puntos débiles y áreas de mejora.

Esta información deberá formar parte de del sistema de comunicación de la información no financiera sobre sostenibilidad social e impacto ambiental del aeropuerto.

A continuación, se define de manera detallada los 14 indicadores de impactos ambientales, mediante una ficha descriptiva que facilita su implementación práctica y revisión posterior.

Tabla 5: Indicadores de Impactos Ambientales para un aeropuerto

Impacto	Indicadores ambientales	Referencia
Ruido		
IND01	Ruido Ambiental	Aena, CANSO, ACI
IND02	Quejas por Ruido Ambiental	
Emisiones		
IND03	Concentración de dióxidos de nitrógeno	Plan Nacional de Calidad del Aire, Indicadores Ambientales Aragón
IND04	Concentración de partículas PM10 y PM2,5	
IND05	Concentración dióxidos de azufre	
IND06	Concentración monóxido de carbono CO	
IND07	Concentración de Hidrocarburos	
IND08	Concentración de ozono	
Residuos y Vertidos		
IND09	Volumen de Residuos No Peligrosos y % reciclado	Perfil Ambiental de España 2017
IND10	Volumen de Residuos Peligrosos y % reciclado	
Consumo de Recursos Naturales		
IND11	Consumo de energía eléctrica	Indicadores Ambientales. Andalucía y Euskadi.
IND12	Generación de energía de fuentes renovables	
IND13	Consumo de Combustibles Fósiles	
IND14	Consumo de Agua Potable y Agua Reciclada	

3.1.1 INDICADORES DE IMPACTO ACÚSTICO

Para realizar las mediciones y representar los niveles reales de ruido del aeropuerto y sus alrededores se utilizará un Sistema de Monitorado de Ruido. Una serie de sensores situados en puntos clave medirán el impacto acústico permitiendo su asociación con la aeronave que lo ha producido utilizando el radar del aeropuerto y su plan de vuelo (Aena).

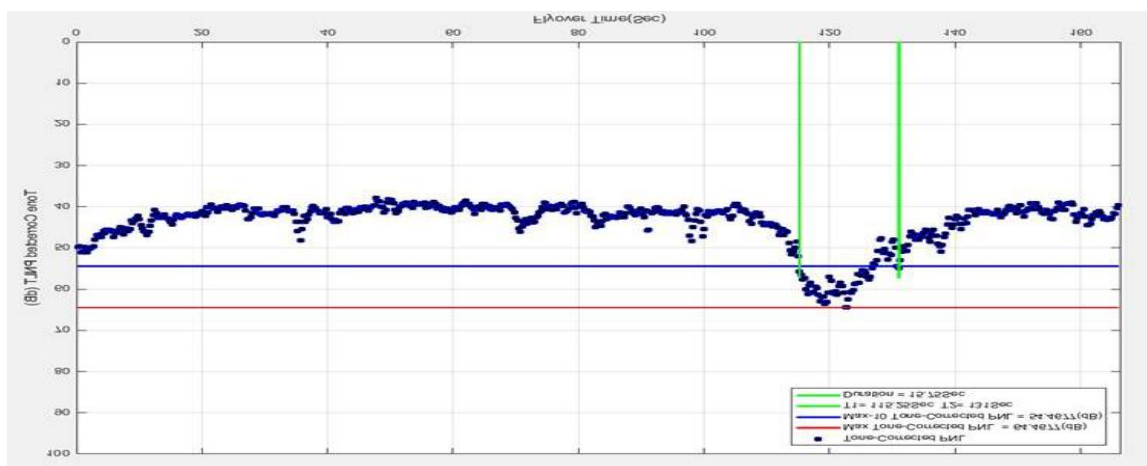


Figura 8: Ejemplo de perfil de ruido medido al paso de un avión. Fuente: www.cranfieldaerospace.com

3.1.1.1 Indicador de Ruido

Mensualmente se publicarán informes con los niveles de ruido de todas las estaciones de medición indicando sus valores L_{den} (molestia global día-tarde-noche) y los valores promedio L_{aeq} .

Ficha de Indicador	Indicador de Ruido Ambiental
IND01	
Descripción	Molestia, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza (Ley del Ruido 37/2003, 2003)
Unidad de Medida	Índice L_{den} en db (A)
Objetivo	No superar los límites legales de calidad acústica en áreas residenciales.
Método de Medición	Mediante sonómetros de precisión homologados para calibrar el nivel de ruido en cada momento. Las mediciones se efectuarán de forma continua para determinar el índice L_{den} (periodos de 24 horas) y los niveles máximos de ruido producidos L_{max} en cada periodo: día, tarde y noche.
Periodicidad del indicador	Mensual. Basado el registro continuo de todas las estaciones de medición.
Ubicación / Origen Datos	Elaboración propia a partir de las mediciones
Limitaciones	No recoge los efectos del ruido en la salud de las personas
Responsable de la medición	Responsable de Medio Ambiente del Aeropuerto.
Legislación	Directiva 2002/49/CE, Ley 37/2003 y Reales Decretos 1513/2005, 1367/2007 y 1038/2012
Informes	<ul style="list-style-type: none">▪ Informe mensual.▪ Seguimiento en tiempo real en la web del mapa interactivo del ruido con las trayectorias de los aviones que despegan o aterrizan. Llevará un ligero desfase por seguridad.

3.1.1.2 Indicador de Quejas por Ruido

Complementa la información sobre el impacto acústico de las operaciones del aeropuerto incorporando el número de quejas registradas por parte de la población afectada.

Utilizando la aplicación disponible en la página web del aeropuerto, se podrá realizar una queja seleccionando el avión que lo produce. Para cada incidencia, el gestor aeroportuario comprobará si el avión se ha desviado de la ruta de aproximación o salida y el nivel de ruido producido. Si se confirma que ha sobrepasado el límite legal, se trasladará el expediente a la autoridad competente para que determine, si procede, sancionar al responsable. En España el organismo con potestad sancionadora es AESA – Agencia Estatal de Seguridad Aérea adscrita al Ministerio de Fomento.

Ficha de Indicador	Indicador de Quejas por Ruido Ambiental
IND02	
Descripción	Reclamaciones y quejas presentadas por los ciudadanos sobre contaminación acústica.
Unidad de Medida	Nº de quejas ambientales presentadas sobre ruido, reclamantes individuales y tiempo de resolución.
Objetivo	Disminuir el número de quejas, reclamantes individuales y tiempo de respuesta respecto al periodo anterior
Periodicidad del indicador	Semestral
Ubicación / Origen Datos	Para cada queja se registrarán los siguientes datos: - Datos personales y de contacto - Fecha y Hora del evento de ruido - Ubicación - Tipo de queja: Ruido / Baja altitud / Vibración excesiva / Horario mañana-tarde-noche / Alteración del sueño / Otros - Tipo de aeronave: Chorro / Hélice / Helicóptero / NS NC (Sameh & Scavuzzi, 2016) - Descripción: Compañía - Tipo de operación: Llegadas / Salidas / NS NC
Limitaciones	Si la reclamación no se hace en tiempo real a través de la web, se pierde precisión sobre la hora del evento de ruido producido.
Responsable	Responsable de Medio Ambiente del aeropuerto.
Legislación	Directiva 2002/49/CE, Ley 37/2003 y Reales Decretos 1513/2005, 1367/2007 y 1038/2012
Informes	Quejas presentadas y resueltas. Indicando las trasladadas a la autoridad sancionadora y los tiempos de tramitación.
Observaciones	El mismo ciudadano puede cursar muchas quejas en un corto periodo de tiempo. Por ello, es importante distinguir los reclamantes individuales.

3.1.2 INDICADORES DE EMISIONES

Para monitorizar en tiempo real los parámetros químicos, se diseñará un Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire con equipos automáticos que registren la concentración de cada elemento. Las estaciones estarán situadas en una ubicación próxima a las pistas que sea segura desde el punto de vista operacional. Podrán añadirse estaciones de medición móviles para zonas específicas.

Mensualmente se publicarán informes de calidad del aire que recojan los valores medios por hora y día, para cada contaminante, correspondientes al mes anterior indicando si han existido episodios que hayan rebasado el umbral de alerta.

3.1.2.1 Indicador de Promedio de Emisiones de Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

Las concentraciones de NO y de NO₂ se miden mediante la *técnica de quimioluminiscencia* con el método que se describe en la norma UNE-EN 14211:2006.

Ficha de Indicador	Promedio de Emisiones de Dióxido de Nitrógeno (NO₂)
IND03	
Descripción	Concentración media por hora de dióxidos de nitrógeno
Unidad de Medida	µg/m ³ : Microgramo por metro cúbico.
Objetivo	No superar los límites legales: 200 µg/m ³ más de 18 horas al año o 40 µg/m ³ de media anual. El umbral de alerta son 400 µg/m ³ durante más de 3 horas
Método de Medición	Varias estaciones automáticas registran en tiempo real los valores de concentración de NO ₂ en el aire mediante la técnica de quimioluminiscencia (UNE-EN 14211:2006). También miden la velocidad y la dirección del viento.
Periodicidad del indicador	Mensual. Basado el registro continuo de todas las estaciones de medición.
Ubicación / Origen Datos	Elaboración propia a partir de las mediciones
Responsable de la medición	Responsable de Medio Ambiente del Aeropuerto.
Legislación	RD 102/2011 que desarrolla la Ley 34/2007 de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera. Ambos transponen las Directivas Europeas 2004/107/CE y 2008/50/CE
Informes	<ul style="list-style-type: none">Informe mensual.Seguimiento en tiempo real de las diferentes estaciones de medida. Se generarán avisos cuando se superen los 200 µg/m³ durante una hora en una estación.

3.1.2.2 Indicador de Concentración de Partículas en Suspensión PM10 y PM2,5

Las concentraciones de partículas se miden mediante el *método gravimétrico* descrito en las normas UNE-EN 12341:1999 (PM10) y UNE-EN 14907:2006 (PM2,5).

Ficha de Indicador	Concentración de Partículas en Suspensión PM10 y PM2,5
IND04	
Descripción	Concentración media diaria de partículas sólidas de diámetro inferior a 10 µg/m ³ (PM10) y 2,5 µg/m ³ (PM2,5)
Unidad de Medida	µg/m ³ : Microgramo por metro cúbico.
Objetivo	No superar los límites legales: PM10: 50 µg/m ³ más de 35 días/año o 40 µg/m ³ de media anual PM2,5: 25 µg/m ³ media diaria
Método de Medición	Varias estaciones automáticas registran en tiempo real las concentraciones de partículas en el aire con el método gravimétrico (UNE-EN 12341:1999 y UNE-EN 14907:2006). También miden la velocidad y la dirección del viento.
Periodicidad del indicador	Mensual. Basado el registro continuo de todas las estaciones de medición.
Ubicación / Origen Datos	Elaboración propia a partir de las mediciones
Limitaciones	Se deben registrar los episodios de entrada de polvo africano para establecer el nivel de partículas ocasionado por actividades humanas detrayendo los factores naturales
Responsable de la medición	Responsable de Medio Ambiente del Aeropuerto.
Legislación	RD 102/2011 que desarrolla la Ley 34/2007 de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera. Ambos transponen las Directivas Europeas 2004/107/CE y 2008/50/CE
Informes	▪ Informe mensual.

3.1.2.3 Indicador Promedio de Emisiones de Dióxido de Azufre (SO₂)

Las concentraciones de partículas se miden mediante el *método de fluorescencia ultravioleta* detallado en la norma UNE-EN 14212:2006.

Ficha de Indicador	Promedio de Emisiones de Dióxido de Azufre (SO₂)
IND05	
Descripción	Concentración media por hora de dióxido de azufre
Unidad de Medida	µg/m ³ : Microgramo por metro cúbico.
Objetivo	No superar los límites legales: 350 µg/m ³ más de 24 horas al año o 125 µg/m ³ de media anual. El umbral de alerta son 500 µg/m ³ durante más de 3 horas
Método de Medición	Varias estaciones automáticas registran en tiempo real los valores de concentración de SO ₂ en el aire mediante el método de fluorescencia ultravioleta (UNE-EN 14212:2006). También miden la velocidad y la dirección del viento.
Periodicidad del indicador	Mensual. Basado el registro continuo de todas las estaciones de medición.
Ubicación / Origen Datos	Elaboración propia a partir de las mediciones
Responsable de la medición	Responsable de Medio Ambiente del Aeropuerto.
Legislación	RD 102/2011 que desarrolla la Ley 34/2007 de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera. Ambos transponen las Directivas Europeas 2004/107/CE y 2008/50/CE
Informes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informe mensual. ▪ Seguimiento en tiempo real de las diferentes estaciones de medida. Se generarán avisos cuando se superen los 500 µg/m³ durante una hora en una estación.

3.1.2.4 Indicador Promedio de Emisiones de Monóxido de Carbono (CO)

Se evalúa según utilizando la *técnica de espectrometría infrarroja no dispersiva* según la norma UNE-EN 14626:2006.

Ficha de Indicador	Promedio de Emisiones de Monóxido de Carbono (CO)
IND06	
Descripción	Concentración media octohoraria de monóxidos de carbono
Unidad de Medida	mg/m ³ : Miligramos por metro cúbico.
Objetivo	No superar los límites legales: 10 mg/m ³ en las medias móviles octohorarias
Método de Medición	Varias estaciones automáticas registran en tiempo real los valores de concentración de CO en el aire mediante la técnica de espectrometría infrarroja (UNE-EN 14626:2006). También miden la velocidad y la dirección del viento.
Periodicidad del indicador	Mensual. Basado el registro continuo de todas las estaciones de medición.
Ubicación / Origen Datos	Elaboración propia a partir de las mediciones
Responsable de la medición	Responsable de Medio Ambiente del Aeropuerto.
Legislación	RD 102/2011 que desarrolla la Ley 34/2007 de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera. Ambos transponen las Directivas Europeas 2004/107/CE y 2008/50/CE
Informes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informe mensual. ▪ Seguimiento en tiempo real de las diferentes estaciones de medida. Se generarán avisos cuando se superen los 10 mg/m³ en la media móvil octohoraria de una estación.

3.1.2.5 Indicador de Concentración de Hidrocarburos

Su concentración en el aire se determina mediante *cromatografía de gases* siguiendo la norma UNE-EN 14662:2016.

Ficha de Indicador	Concentración de Hidrocarburos (HC)
IND07	
Descripción	Concentración media diaria de Hidrocarburos
Unidad de Medida	$\mu\text{g}/\text{m}^3$: Microgramo por metro cúbico.
Objetivo	Aunque no hay limitación legal específica. Se puede tomar algún componente como el Benceno que si tiene un límite de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la media anual
Método de Medición	Varias estaciones automáticas registran en tiempo real los valores de concentración de HC en el aire mediante cromatografía de gases (UNE-EN 14662:2016). También miden la velocidad y la dirección del viento.
Periodicidad del indicador	Mensual. Basado el registro continuo de todas las estaciones de medición.
Ubicación / Origen Datos	Elaboración propia a partir de las mediciones
Responsable de la medición	Responsable de Medio Ambiente del Aeropuerto.
Legislación	RD 102/2011 que desarrolla la Ley 34/2007 de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera. Ambos transponen las Directivas Europeas 2004/107/CE y 2008/50/CE
Informes	▪ Informe mensual.

3.1.2.6 Indicador de Ozono (O₃)

Su concentración en el aire se determina mediante *fotometría ultravioleta* siguiendo la norma UNE-EN 14625:2005.

Ficha de Indicador	Concentración de Ozono (O ₃)
IND08	
Descripción	Concentración media diaria de Ozono
Unidad de Medida	µg/m ³ : Microgramo por metro cúbico.
Objetivo	No superar los límites legales: 120 µg/m ³ máxima diaria de las medias móviles octohorarias 25 días al año o 180 µg/m ³ de media diaria. El umbral de alerta son 240 µg/m ³
Método de Medición	Varias estaciones automáticas registran en tiempo real los valores de concentración de O ₃ en el aire mediante fotometría ultravioleta (UNE-EN 14625:2005). También miden la velocidad y la dirección del viento.
Periodicidad del indicador	Mensual. Basado el registro continuo de todas las estaciones de medición.
Ubicación / Origen Datos	Elaboración propia a partir de las mediciones
Responsable de la medición	Responsable de Medio Ambiente del Aeropuerto.
Legislación	RD 102/2011 que desarrolla la Ley 34/2007 de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera. Ambos transponen las Directivas Europeas 2004/107/CE y 2008/50/CE
Informes	<ul style="list-style-type: none">▪ Informe mensual.▪ Seguimiento en tiempo real de las diferentes estaciones de medida. Se generarán avisos cuando se superen los 240 µg/m³ durante una hora en una estación.

3.1.3 INDICADORES DE RESIDUOS Y VERTIDOS

3.1.3.1 Indicador de Residuos no Peligrosos (RNP) y Porcentaje de Reciclado

Mide la evolución del volumen total de residuos no peligrosos. También se recoge el volumen destinado a la reutilización, reciclaje y recuperación frente al eliminado o enviado al vertedero.

Ficha de Indicador	Volumen de Residuos No Peligrosos y porcentaje reciclado
IND09	
Descripción	Total de residuos no peligrosos y porcentaje destinado para valorización después de su recogida selectiva
Unidad de Medida	Kg: Kilogramos
Objetivo	Aumentar el porcentaje de RNP enviado a reciclaje
Método de Medición	Peso de los contenedores enviados al punto de gestión de residuos
Periodicidad del indicador	Anual
Ubicación / Origen Datos	Elaboración propia a partir de los datos registrados y el informe del gestor de residuos
Responsable de la medición	Responsable de Medio Ambiente del Aeropuerto.
Legislación	Ley 22/2011 de Residuos y Suelos Contaminados. Reglamento 1357/2014. Directiva Europea 2008/98/CE
Informes	<ul style="list-style-type: none">▪ Informe anual de Kg de RNP (Totales y Recicladas)▪ Ratio por pasajero de RNP

3.1.3.2 Indicador de Residuos Peligrosos (RP) y Porcentaje de Reciclado

Se incluyen todos los residuos catalogados como peligros según el Anexo III de la Ley 22/2011. Se deben reflejar los vertidos de aceites e hidrocarburos y los lodos provenientes del filtrado de aguas pluviales que incluyan componentes peligrosos.

Ficha de Indicador	Volumen de Residuos Peligrosos y porcentaje reciclado
IND10	
Descripción	Total de residuos peligrosos y porcentaje enviado a valorización.
Unidad de Medida	Kg: Kilogramos
Objetivo	Aumentar el porcentaje de RNP enviado a valorización
Método de Medición	Peso de los contenedores enviados al centro de gestión de residuos peligrosos
Periodicidad del indicador	Anual
Ubicación / Origen Datos	Elaboración propia a partir de los datos registrados y el informe del gestor de residuos peligrosos
Responsable de la medición	Responsable de Medio Ambiente del Aeropuerto.
Legislación	Ley 22/2011 de Residuos y Suelos Contaminados. Reglamento 1357/2014. Directiva Europea 2008/98/CE
Informes	<ul style="list-style-type: none">Informe anual de Tm de RP (Totales y Recicladas)Ratio por pasajero de RP

3.1.4 INDICADORES DE CONSUMO DE RECURSOS NATURALES

3.1.4.1 Indicador de Consumo de Energía Eléctrica

Se elabora a partir de los datos anuales de consumo total de energía con origen renovable y no renovable.

Ficha de Indicador	Consumo de Energía Eléctrica
IND11	
Descripción	Consumo anual de energía eléctrica
Unidad de Medida	KWH: Kilovatios / Hora
Objetivo	Disminuir el consumo de energía eléctrica en aeropuertos por unidad de superficie
Método de Medición	Contadores de consumo energético
Periodicidad del indicador	Anual
Ubicación / Origen Datos	Elaboración propia a partir de los datos registrados y el informe de las compañías suministradoras de energía eléctrica
Responsable de la medición	Responsable de Medio Ambiente del Aeropuerto.
Legislación	Ley 24/2013 del Sector Eléctrico. RD 244/2019 Autoconsumo de energía eléctrica. Reglamento 1357/2014. Directiva Europea (UE) 2018/2001
Informes	<ul style="list-style-type: none">▪ Informe anual de KWH consumidos▪ Ratio de consumo de energía por pasajero

3.1.4.2 Indicador de energía proveniente de fuentes renovables

Mide la evolución del consumo de energía de fuentes energéticas renovables y la contribución por cada origen generador: Eólica, Fotovoltaica, Solar térmica y Geotérmica.

Ficha de Indicador	Generación de energía de fuentes renovables
IND12	
Descripción	KWH producidos de fuentes renovables distinguiendo el origen: Eólica, Fotovoltaica, Solar térmica y Geotérmica
Unidad de Medida	KWH: Kilovatios / Hora
Objetivo	Aumentar el volumen producido desde fuentes renovables
Método de Medición	Contadores de consumo energético
Periodicidad del indicador	Anual
Ubicación / Origen Datos	Elaboración propia a partir de los datos registrados y el informe de las compañías suministradoras de energía eléctrica
Responsable de la medición	Responsable de Medio Ambiente del Aeropuerto.
Legislación	Ley 24/2013 del Sector Eléctrico. RD 244/2019 Autoconsumo de energía eléctrica. Reglamento 1357/2014. Directiva Europea (UE) 2018/2001
Informes	▪ Informe anual de KWH producidos por fuente de energía

3.1.4.3 Consumo de combustibles fósiles

Registra el consumo de combustibles fósiles (petróleo y gas) principales causantes de la contaminación por CO₂.

Ficha de Indicador	Consumo de Combustibles Fósiles
IND13	
Descripción	Litros consumidos distinguiendo el carburante: Gasoil, Gasolina, Gas natural, Propano y Queroseno
Unidad de Medida	Tm. Tonelada métricas
Objetivo	Disminuir el consumo de combustibles fósiles
Método de Medición	Facturas de los proveedores de combustible
Periodicidad del indicador	Anual
Ubicación / Origen Datos	Elaboración propia a partir de los datos registrados y el informe de las compañías suministradoras de combustible
Responsable de la medición	Responsable de Medio Ambiente del Aeropuerto.
Legislación	Ley 34/1998 del sector de hidrocarburos
Informes	▪ Informe anual de consumo de carburante: Gasoil, Gasolina, Gas natural, Propano y Queroseno

3.1.4.4 Consumo de Agua Potable y Reciclada

Muestra el consumo total de agua potable y la proporción de agua regenerada utilizada en la instalación.

Ficha de Indicador	Consumo de Agua Potable y Agua Reciclada
IND14	
Descripción	Litros consumidos de agua potable y de agua reciclada
Unidad de Medida	Litros
Objetivo	Disminuir el consumo de agua potable por pasajero debido a un uso más racional y a su sustitución por agua reciclada donde sea posible
Método de Medición	Facturas del suministrador de agua
Periodicidad del indicador	Anual
Ubicación / Origen Datos	Elaboración propia a partir de los datos registrados por los caudalímetros instalados y el informe de la compañía suministradora de agua
Responsable de la medición	Responsable de Medio Ambiente del Aeropuerto.
Legislación	RD 1/2001 Ley de Aguas. RD140/2003 Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. Directiva 98/83/CE
Informes	<ul style="list-style-type: none">▪ Informe anual de consumo agua potable y ratio por pasajero▪ Informe anual de consumo agua reciclada sobre el total

3.2. TESTEO A TRAVÉS DE UN ESTUDIO DE CASO DEL SISTEMA DE INDICADORES DE UN AEROPUERTO DE TAMAÑO GRANDE UBICADO EN ESPAÑA

Para evaluar la puesta en práctica del sistema de indicadores en un caso real, se ha realizado un trabajo de campo con un aeropuerto de tamaño grande situado en España. A continuación, se va a contextualizar el aeropuerto donde se ha desarrollado el estudio de caso y posteriormente, se van a presentar los resultados respecto al análisis de los distintos indicadores.

ANTECEDENTES

Su cifra de pasajeros en 2018 se sitúa por encima de los 6 millones de pasajeros con casi 58.000 movimientos de aeronaves nacionales e internacionales. En los próximos años se prevé un incremento de las operaciones por lo que se han planificado actuaciones para la mejora y ampliación en el terminal de pasajeros y aparcamientos.

Para recabar información sobre los distintos indicadores, se han analizado los datos de 2017 suministrados en el estudio ambiental estratégico para la revisión del Plan Director⁸ y los informes de responsabilidad corporativa. Al comprobar que la mayoría de la información se muestra de forma agregada, se ha realizado una labor de investigación y varias entrevistas con responsables de Medio Ambiente y Calidad de Aena con el fin de disponer de una información más detallada sobre la gestión medioambiental.

A continuación, se va a presentar la información recabada para cada indicador lo que permitirá hacer un análisis de los datos obtenidos para cada área medioambiental y desarrollar una valoración sobre la aplicación práctica de los indicadores. Esto permitirá conocer los aspectos en los cuales deberán hacer más hincapié los aeropuertos si quieren medir de manera adecuada sus impactos ambientales.

⁸ Estudio de planeamiento global de la infraestructura existente con la previsión de desarrollo a corto, medio y largo plazo en función de la demanda prevista.

INDICADORES DE RUIDO

IND01 - Ruido Ambiental

Se han representado las huellas sonoras correspondientes a los niveles 55, 60, 65, 68 y 70 dB(A) para los periodos día y tarde (L_d , L_e y L_n). En la siguiente figura, se muestra el índice L_e con los niveles acústicos para periodo de tarde, de 19 a 23 horas.

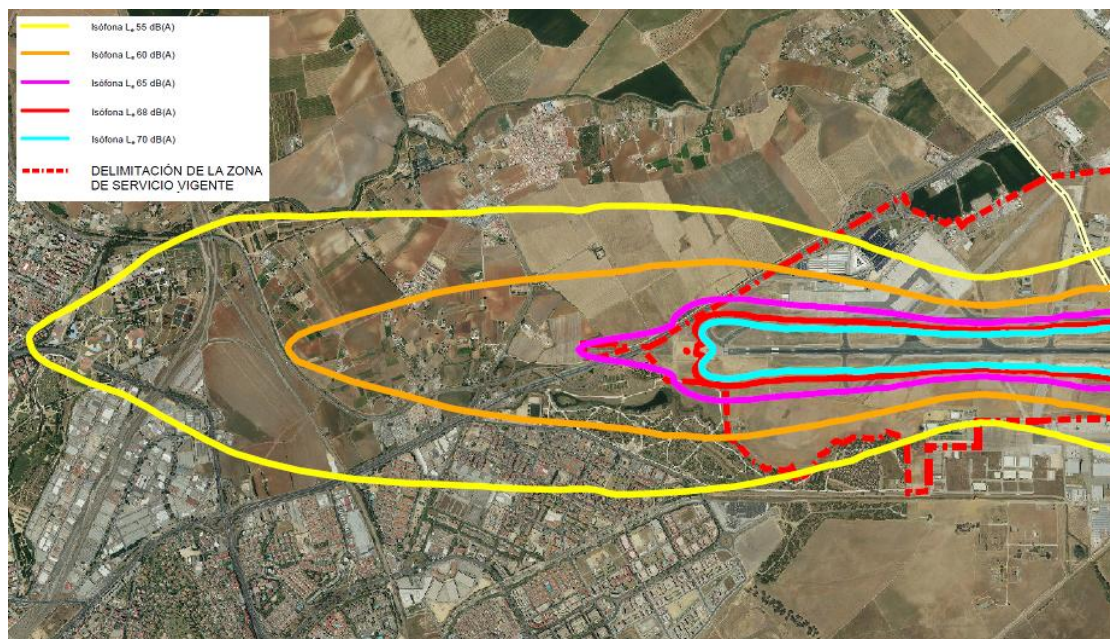


Figura 9: Huellas acústicas para el periodo tarde (19-23h) – Enero 2019. Fuente: EIA Plan Director

IND02 - Quejas por Ruido Ambiental

No existe información pública sobre el número de quejas por ruido ambiental, reclamantes individuales y tiempo de resolución.

Conclusiones sobre los indicadores de ruido

Los indicadores propuestos tienen periodicidad mensual. Aunque los datos están disponibles nivel interno se informa con valores anuales.

Los datos sobre quejas por ruido se manejan dentro de la organización y podrían alimentar en el futuro este indicador.

INDICADORES DE EMISIONES

Se ha realizado un cálculo de la concentración de cada componente basado en los registros de las estaciones de medición ubicadas dentro del recinto aeroportuario y en las localidades circundantes. Estos medidores exteriores indican la población expuesta a la contaminación aunque están registrando también otros orígenes contaminantes adicionales a la propia actividad aeroportuaria, principalmente el tráfico rodado. En cuanto a las estaciones interiores, el resultado de las mediciones anuales se muestra por zonas del aeropuerto y contaminante mediante curvas de isoconcentración.

IND03 - Emisiones de Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

Se considera que todos los óxidos de Nitrógeno (NO_x) medidos se encuentran como dióxido de nitrógeno (NO₂) para poder comparar los resultados con los límites legales establecidos para este.

Las medias anuales **están todas debajo del máximo de 40 µg/m³** y se sitúan dentro de la zona de servicio⁹. El **valor máximo** alcanzado es **37,19 µg/m³**.

El **límite de 200 µg/m³ no debe superarse más de 18 horas al año** en una estación de medida. Se ha superado **4 horas** en un receptor y **2 horas** en otro.

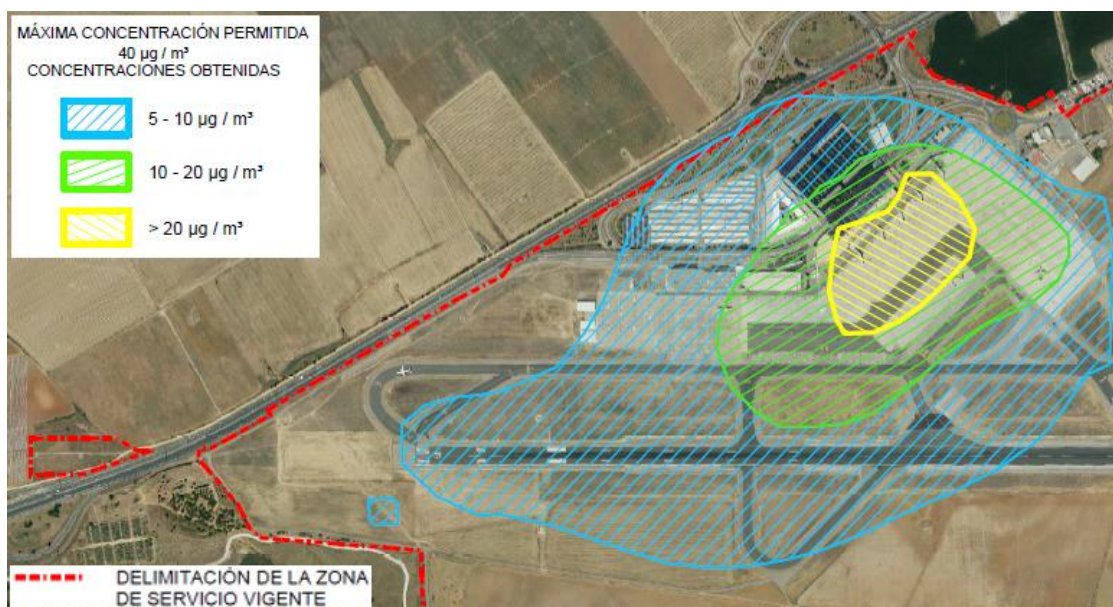


Figura 10: Curvas de isoconcentración anual media por hora de óxidos de nitrógeno. Fuente: EIA Plan Director

⁹ Superficie para la ejecución de actividades aeroportuarias, complementarias y espacios de reserva para el desarrollo y crecimiento aprobado en el Plan Director (R.D. 2591/1998)

IND04 - Emisiones de partículas en suspensión PM10 y PM2,5

El cálculo de la concentración media anual por partículas indica que ninguna estación supera los límites establecidos de **partículas PM10 (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de media anual)**. El **máximo registrado** fue **2,49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , lejos del máximo diario de **50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durante más de 35 días/año**.

Respecto a las partículas **PM2,5** también tienen **valores inferiores a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de media diaria** con un **máximo de 2,45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Se concentra en las mismas zonas que las partículas PM10.

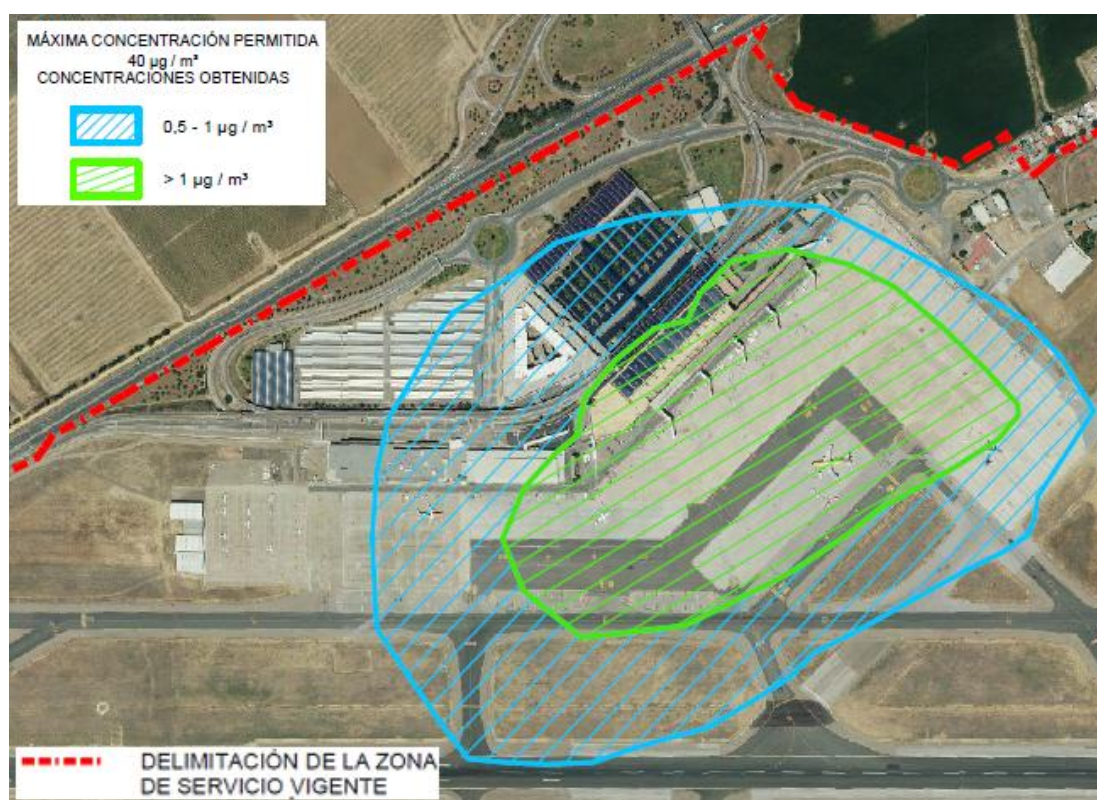


Figura 11: Curvas de isoconcentración media anual de partículas PM10. Fuente: EIA Plan Director

IND05 - Emisiones de partículas Dióxido de Azufre (SO₂)

Se considera que todos los óxidos de Azufre (SO_x) medidos se encuentran como dióxido de azufre (SO₂) para poder comparar los resultados con los límites legales establecidos para este.

El cálculo de la concentración media por hora de óxidos de azufre indica que las **medias anuales están por debajo del máximo de 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Ninguna estación supera el **máximo de 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ más de 24 horas** ni el umbral de **alerta de 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durante más de 3 horas**.

IND06 - Promedio de emisiones de Monóxido de Carbono (CO)

El **valor máximo** de concentración octohoraria obtenido fue de **54,39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , muy alejado de los **10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ máximos** establecidos en la normativa.

IND07 - Hidrocarburos (HC)

Los hidrocarburos no tienen una limitación específica en la normativa. El máximo registrado es de **11,77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Como el Benceno si tiene un **límite de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** y supone una concentración del 10% de todos los hidrocarburos, supondría unos **1,18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** que está por debajo del máximo.



Figura 12: Curvas de isoconcentración media anual de Hidrocarburos. Fuente: EIA Plan Director

Conclusiones sobre los indicadores de emisiones

La máxima contaminación se concentra en plataforma y alrededores. Allí se producen emisiones de las aeronaves en fase de rodadura y vehículos auxiliares.

Con respecto a los indicadores propuestos, del Ozono no se registran mediciones al ser un contaminante secundario. Se detallan los valores de sus precursores: óxidos de nitrógeno, CO e Hidrocarburos.

Los indicadores se proponen con periodicidad mensual. Aunque a nivel interno se explotan todos los datos detallados, se informa con valores anuales que son los establecidos por la legislación para valorar los límites.

INDICADORES DE RESIDUOS

El aeropuerto dispone de un plan de actuación para mejorar la gestión de los residuos. Por este orden, prioriza la reducción, reutilización, reciclado y otras formas de valorización siendo fundamental su recogida selectiva.

IND09 - Residuos no peligrosos

Se han recogido durante el año 2017 **187.754 Kg** de los cuales el **96% es basura doméstica**. El resto se distribuye entre papel y cartón (4.274 Kg), residuos metálicos o chatarra (2.580 kg) y residuos de madera (1.300 kg).

IND10 - Residuos peligrosos

Se ha valorizado el **86% (1.015 Kg)** destinado a **eliminación 160 Kg**. Su mayor parte son aceites usados (930 kg), material impregnado con sustancias peligrosas (160 Kg), envases contaminados con sustancias peligrosas (45 kg) y otros productos químicos (40 kg).

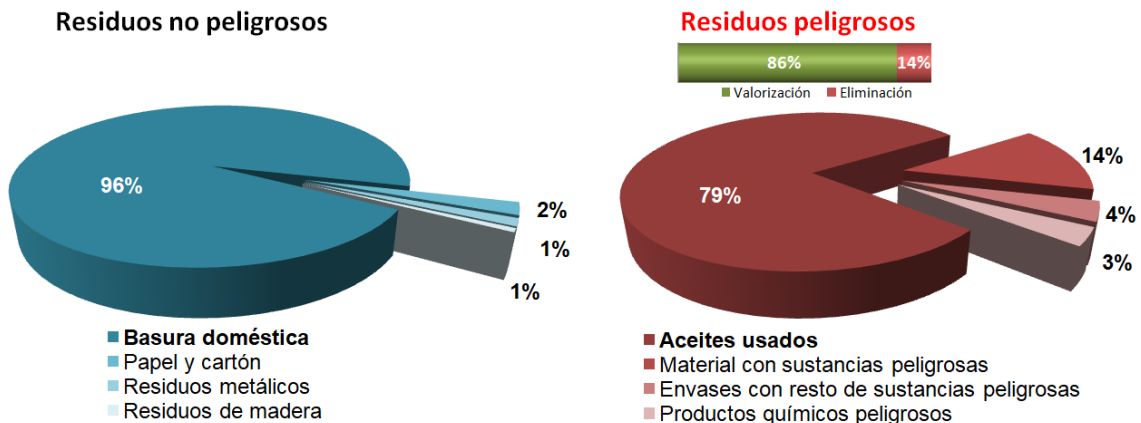


Figura 13: Generación de Residuos 2017. Datos: EIA Plan Director

Conclusiones sobre los indicadores de residuos

Son aplicables los indicadores propuestos.

Añadir el ratio de residuos producidos por pasajero servirá para ponderar si las variaciones de residuos no se deben a la evolución del tráfico en el aeropuerto.

INDICADORES DE CONSUMO DE RECURSOS NATURALES

IND11 - Consumo de Energía Eléctrica

El **consumo anual de energía eléctrica** en 2017 en todas las instalaciones del aeropuerto fue de **14.980.959 KWH**.

IND12 - Generación de energía de fuentes renovables

En este aeropuerto no se genera energía de fuentes renovables.

IND13 - Consumo de Combustibles Fósiles

Los litros anuales de combustible se desglosan de la siguiente forma:

Gasoil: 1.899 litros

Queroseno: 2.500 litros

No se mencionan consumos de Gasolina, Gas Natural y Propano.

IND14 - Consumo de Agua Potable y Agua Reciclada

El **consumo de agua** de la red de abastecimiento fue de **49.878,96 m³**.

Se extrae agua de pozos de agua no potable que se destina a riego de zonas ajardinadas. No se referencia el volumen extraído.

Conclusiones sobre los indicadores de consumo de recursos

Los indicadores propuestos pueden añadir más información a los datos de consumo anuales: el consumo de energía y agua se puede contextualizar en función del número de pasajeros.

4. CONCLUSIONES

Considerando que el sector aéreo juega un papel estratégico y teniendo en cuenta el impacto ambiental que este sector presenta, el objetivo de este trabajo ha sido analizar los diferentes impactos ambientales que se producen en un aeropuerto y proponer una serie de indicadores para evaluarlos y así gestionar mejor dichos impactos.

El diseño de este conjunto de indicadores es el final de un proceso de investigación que se inicia determinando las causas y efectos sobre el medio y el entorno producidos por la infraestructura aeroportuaria.

Para constatar la idoneidad del planteamiento teórico realizado, se ha analizado el desempeño ambiental de un aeropuerto español en 2017 mediante el uso de los indicadores propuestos. Esto ha permitido conocer las principales limitaciones de los aeropuertos a la hora de medir sus impactos ambientales.

Los resultados confirman que este sistema permite medir las externalidades ambientales negativas de un aeropuerto y valorar su desempeño. Los datos para todos los indicadores se recogen actualmente excepto la concentración de ozono, si bien es un contaminante secundario del que se recogen los valores de sus precursores y cuyo origen puede estar alejado del punto de medición.

Sin embargo, se han encontrado algunas limitaciones en la medición de los impactos ambientales que el aeropuerto debe subsanar, como la periodicidad de la publicación de las mediciones. En los próximos años sería deseable disponer, vía web y en tiempo real, de los datos de ruido producidos por las aeronaves junto con sus trayectorias de vuelo. Esto contribuirá a mejorar la transparencia y la información sobre sostenibilidad para los vecinos afectados y el resto de la sociedad.

El incuestionable beneficio económico y de vertebración social que produce el transporte aéreo debe ser compatible con una mejor integración en su entorno reduciendo los efectos negativos. Las perspectivas de incremento del tráfico aéreo para las próximas décadas y los compromisos medioambientales a nivel mundial requieren soluciones tecnológicas y de gestión que hagan posibles ambos objetivos.

Para ello **en el futuro** se deben definir nuevos indicadores ambientales secundarios asociados a nuevos impactos que no han podido incluirse en este trabajo debido a la **limitación** de los datos e incorporar una perspectiva temporal para seguir la evolución de todos ellos. Para tener una completa visión de la infraestructura y mejorar su gestión ambiental se deberían añadir al cuadro de mando integral.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aena. (2017). Gestión ambiental Aena 2017, 41. Recuperado de <http://www.aena.es/csee/ccurl/589/83/Gestion-Ambiental-Aena2017.pdf>
- Aena. (2018). Estado de información no financiera consolidado. *Aena*, 197. Recuperado de <http://www.aena.es/csee/ccurl/930/468/Informe-RC3-2018-ES.pdf>
- Alonso, G. R. (2012). El Impacto Ambiental Del Transporte Aéreo Y Las Medidas Para Mitigarlo, 15. Recuperado de http://oa.upm.es/20345/1/INVE_MEM_2012_133532.pdf
- Baxter, G., Srisaeng, P., & Wild, G. (2018a). An Assessment of Airport Sustainability, Part 2—Energy Management at Copenhagen Airport. *Resources*, 7(2), 32. <https://doi.org/10.3390/resources7020032>
- Baxter, G., Srisaeng, P., & Wild, G. (2018b). Sustainable Airport Waste Management: The Case of Kansai International Airport. *Recycling*, 3(1), 6. <https://doi.org/10.3390/recycling3010006>
- Brundtland, G. H. (1987). Nuestro Futuro Común, 416. Recuperado de http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_Lecture_1/CMM AD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf
- CANSO, & ACI. (2015). Managing the Impacts of Aviation Noise - A Guide for Airport Operators and Air Navigation Service Providers. Recuperado de <https://www.canso.org/managing-impacts-aviation-noise>
- Carvalho, I. D. C., Calijuri, M. L., Assemany, P. P., Silva, M. D. F. M. E., Moreira Neto, R. F., Santiago, A. D. F., & De Souza, M. H. B. (2013). Sustainable airport environments: A review of water conservation practices in airports. *Resources, Conservation and Recycling*, 74, 27-36. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.02.016>
- Castro, E. (2010). El estudio de casos como metodología de investigación y su importancia en la dirección y administración de empresas. *Revista Nacional de Administración*, 1(2), 31-54. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3693387>
- Echevarría, A. D. (2018). 25 años de Evaluación Ambiental de aeropuertos, 24-39. Recuperado de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_AM/PDF_AM_Ambienta_2018_123_24_39.pdf
- EEA. (2014). *Digest of EEA indicators 2014. EEA Technical report no8/2014*. Recuperado de https://www.eea.europa.eu/publications/digest-of-eea-indicators-2014/at_download/file
- European Environmental Agency (EEA). (2015). *Air quality in Europe — 2015 report. Report*. <https://doi.org/10.2800/62459>
- Federal Aviation Administration. (2013). Recycling, Reuse and Waste Reduction at Airports: A Synthesis Document, 52. Recuperado de <https://www.faa.gov/airports/resources/publications/reports/environmental/media/RecyclingSynthesis2013.pdf>
- Gallego, C., San Martín, J., Moreno, J., Rugama, C., Ballesteros, E., Arlet, L., ... Ph, D. (2018). 2018 . Hacia la redefinición de la movilidad de mercancías y personas ., 58. Recuperado de

http://marketing.eae.es/prensa/SRC_2Sep18_LosNumerosTransporte_GallegoSanMartin.pdf

- Guillamón, J. M. (2011). *EL AEROPUERTO Y SU ENTORNO: IMPACTOS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE*. Aena.
- Henkel, J., Lemac, M., Wagner, M., & Cornel, P. (2009). Oxygen transfer in membrane bioreactors treating synthetic greywater. *Water Research*, 43(6), 1711-1719. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.01.011>
- ICAO. (2010). Waste Management at Airports. Recuperado de [http://www.aci.aero/Media/aci/file/2010 Events/ACI Environment Seminar Quito/61_Waste_Management.pdf](http://www.aci.aero/Media/aci/file/2010%20Events/ACI%20Environment%20Seminar%20Quito/61_Waste_Management.pdf)
- ICAO. (2011). Airport Air Quality Manual, 200. Recuperado de https://www.icao.int/publications/Documents/9889_cons_en.pdf
- Mehta, P. (2015). Aviation waste management: An insight. *International Journal of Environmental Sciences*, 5(6), 179-186. <https://doi.org/10.6088/ijes.6020>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, A. y M. A. G. de E. (2017). Plan Nacional de Calidad del AIRE 2017-2019 (Plan Aire II), 2019, 0-125. Recuperado de http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/planaire2017-2019_tcm30-436347.pdf
- Ministerio para la Transición Ecológica. (2019). Inventario Nacional de EMISIONES a la ATMÓSFERA INVERNADERO Serie 1990-2017 INFORME RESUMEN, 6. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/resumeninventariogei-ed2019_tcm30-486322.pdf
- Nawaz, W., & Koç, M. (2018). Development of a systematic framework for sustainability management of organizations. *Journal of Cleaner Production*, 171, 1255-1274. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.011>
- ONU. (2016). *Transport for Sustainable Development. Transport for Sustainable Development*. United Nations. <https://doi.org/10.18356/2c1884f4-en>
- Rodríguez-Díaz, A., Adenso-Díaz, B., & González-Torre, P. L. (2017). A review of the impact of noise restrictions at airports. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 50, 144-153. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.10.025>
- Sameh, M. M., & Scavuzzi, J. (2016). Environmental Sustainability Measures for Airports by Sustainable International Civil Aviation, 1-11. Recuperado de https://www.mcgill.ca/iasl/files/iasl/vii_sustainability_and_environmental_protection_measures_for_airports_final.pdf
- The Ecological Council. (2012). Contaminacion del aire en los aeropuertos, 28. Recuperado de http://www.project-cleanair.eu/measurements/documents/Airpollutioninairports_Spanish.pdf
- Unión Europea, E. (2014). Transporte. Conectar a los ciudadanos y las empresas de Europa. <https://doi.org/10.2775/13116>

ANEXO LEGISLACIÓN

- 2002/49/CE, D. 2002/49 /. (2002). Directiva 2002/49 / CE del Parlamento Europeo del Consejo sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, 12–25. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX:32002L0049>
- 2004/107/CE. (2005). Directiva 2004/107/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de diciembre de 2004, relativa al arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente. Diario Oficial de La Unión Europea, 23(26 de enero de 2005), 3–16. Recuperado de <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004L0107>
- 2008/50/CE. (2008). Directiva 2008/50/CE. Diario Oficial de La Unión Europea, 152, 1–44. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050>
- 2008/98/CE. (2008). El Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea: Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas (Texto pertinente a efectos del EEE), 3–30. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=ESLey>
- 21/2013. (2013). Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental., 1–86. Recuperado de <https://www.boe.es/eli/es/l/2013/12/09/21/con>
- Ley 22/2011 de Residuos y Suelos Contaminados. (2011). 1-52. Recuperado de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2011/01/28/102/con>
- Ley 34/2007, de calidad del aire y protección de la atmósferade Residuos y Suelos Contaminados, de 15 de noviembre. (2007). 1-52. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/epub/2007/BOE-A-2007-19744-consolidado.epub>
- Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. (2007). Ley organica 42/2007, de 13 de diciembre., 51275-51327. Recuperado de <https://www.boe.es/eli/es/l/2007/12/13/42/con>
- Ley del Ruido 37/2003. (2003). Ley 37/2003, del Ruido., BOE-A-2003-20976. Recuperado de <https://www.boe.es/eli/es/l/2003/11/17/37>
- R.D. 102/2011. (2011). Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. Boletín Oficial Del Estado, 25, 9574–9626. Recuperado de https://www.boe.es/diario_boe/epub.php?id=BOE-A-2011-1645

R.D. 9/2005. (2005). Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados., 1833–1843. Recuperado de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2005/01/14/9>

Reglamento 1357/2014. (2014). Reglamento 1357/2014 que sustituye el anexo III de la Directiva 2008/98/CE, 2014. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex:32014R1357>