

# **Aeropuerto verde y sostenible, marco general de análisis**

## *Green and sustainable airport, general framework of analysis*

**Working Paper**

**(Julio 2018)**

**Oscar Díaz Olariaga**

Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás. Bogotá, Colombia.

E-mail: OscarDiazOlariaga@usantotomas.edu.co

**Juan Sebastián Salazar Henao**

Facultad de Ingeniería Ambiental, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Bogotá,

Colombia. E-mail: juan.salazar-h@escuelaing.edu.co

### **RESUMEN**

El aeropuerto verde es aquel que ha sido diseñado y es operado y administrado de tal manera que su impacto ambiental es el mínimo posible haciendo su gestión de carácter sostenible. Basándose en la tecnología, pretende asegurarse de que todos los recursos se utilizan y gestionan de la manera más eficiente posible para generar el menor impacto medioambiental y el mejor servicio a todos los actores de la industria. Entonces, el presente trabajo pretende establecer un marco general de análisis para conocer los procesos operativos de los aeropuertos que afectan negativamente al medio ambiente y en base a ello poder actuar con políticas, estrategias, protocolos y procesos de gestión, de tal forma de minimizar, o anular, dichos efectos negativos en su entorno. Y finalmente, se introduce una serie de recomendaciones para que se pueda alcanzar el concepto de aeropuerto sostenible bajo la concepción actual de sostenibilidad holística e integral, maximizando el concepto de aeropuerto verde.

### **ABSTRACT**

The green airport is one that has been designed, operated and managed in such a way that its environmental impact is the least as possible, making its management in a sustainable manner. Based on technology, it aims to ensure that all resources are used and managed in the most efficient way possible to generate the least environmental impact and the best service to all industry stakeholders. The present work intends to establish a general framework of analysis to know the operational processes of the airports that negatively affect the environment, and based on this, to be able to act with policies, strategies, protocols and management processes, in such a way to minimize, or cancel, such negative effects on the environment. And finally, a series of recommendations are introduced so the concept of sustainable airport can be reached, under the current conception of holistic and integral sustainability, maximizing the concept of green airport.

*Palabras clave:* aeropuerto verde; aeropuerto sostenible; gestión ambiental de aeropuertos

*Keywords:* green airport; sustainable airport; environmental management of airports

## 1. INTRODUCCIÓN

Los aeropuertos son entidades totalmente integradas en las estructuras socio-económica y geourbana de las ciudades a las que sirven, prestando un servicio público de transporte aéreo y actuando como verdaderos intercambiadores modales de transporte. En la mayoría de los casos los aeropuertos han sido "absorbidos" por sus ciudades como consecuencia del gran crecimiento de la población urbana registrada en las últimas décadas. Y simultáneamente, el dinámico crecimiento del transporte aéreo a nivel mundial (p.e. 4.100 millones de pasajeros transportados a nivel global en el año 2017, un 7,1% más que en el 2016 (OACI, 2018)) ha propiciado la ampliación de los aeropuertos como la construcción de nuevos, todo ello siempre en el entorno próximo de las ciudades. El desarrollo de un nuevo aeropuerto, o la ampliación de uno existente, constituye un elemento de modernización del área de influencia en el que se localiza favoreciendo la conexión de sistemas productivos, centros de consumo y la creación de nuevos centros de producción. Y dependiendo del tamaño del aeropuerto el mismo contribuye, generalmente, a potenciar la red de transporte a escala regional / nacional / internacional favoreciendo la integración de los distintos modos de transporte.

Ahora bien, los aeropuertos tienen un doble impacto en las ciudades, por un lado son motores de crecimiento y desarrollo, ya que generan empleo y riqueza, por ejemplo el Aeropuerto de Madrid-Barajas, en Madrid, capital de España, en el año 2009 se convirtió en la primera empresa de la Comunidad de Madrid (región administrativa), ya que generó 170.000 empleos directos y aportó 23.229 millones de euros al PIB de la Comunidad de Madrid (el 11%) (Guillamón, 2010); en los grandes aeropuertos de la Unión Europea el empleo directo, indirecto e inducido creado asciende a más 4.000 puestos de trabajo por millón de pasajeros gestionados por el aeropuerto (Guillamón, 2010). Pero por otro lado los aeropuertos impactan negativamente su entorno ambiental, tanto humano como físico. El impacto ambiental típico de un aeropuerto está relacionado a las siguientes afecciones principales: a) modificaciones en la flora y en la fauna, b) modificaciones paisajísticas, c) emisiones atmosféricas, d) contaminación acústica, e) vertidos, f) generación de residuos, g) contaminación de suelos, h) afecciones a los ecosistemas y paisajes, i) modificaciones en el uso del suelo y j) alteraciones en las características socio-económicas del área.

Entonces, la transformación a aeropuerto verde implica trabajar en todos aquellos aspectos, de política, de planificación, de desarrollo y de gestión, que minimicen o anulen las afecciones antes citadas. Pero para ello es necesario trabajar en un contexto mucho más amplio que el exclusivamente técnico y/u operacional, ya que el aeropuerto debe, obligadamente también, contribuir al equilibrio del territorio, favoreciendo la cohesión económica y social, y generando nuevas actividades económicas.

Cuando estas dinámicas entre el territorio y la infraestructura aeroportuaria se armonizan en pro de un equilibrio integral, no solo se estaría hablando de un aeropuerto verde, sino también de un aeropuerto sostenible. En ese sentido existen varios conceptos como lo son la función social del aeropuerto, la conectividad económica, la generación de resiliencia entre los más relevantes, que de ser adicionados al contexto únicamente técnico de un aeropuerto verde permiten generar un concepto de aeropuerto sostenible, mucho más holístico e integrado con el territorio.

## **2. MARCO CONCEPTUAL**

El "aeropuerto verde" es aquel que ha sido diseñado y es operado y administrado de tal manera que su impacto ambiental es el mínimo posible haciendo su gestión de carácter "sostenible" (ICAO, 2016; Ferrulli, 2016; ACI Europe, 2015; Janic, 2011). Basándose en la tecnología pretende asegurarse de que todos los recursos se utilizan y gestionan de la manera más eficiente posible para generar el menor impacto medioambiental y el mejor servicio a todos los actores (internos y externos), entiendo por tales a las empresas u organizaciones relacionadas/vinculadas al aeropuerto, pasajeros, usuarios del aeropuerto, y habitantes/vecinos del entorno del aeropuerto. Para ello el aeropuerto aplica sistemas inteligentes, colaborativos, dinámicos y automatizados capaces de responder a las necesidades cotidianas de todos sus grupos de interés. En esta línea un aeropuerto verde debe contemplar las siguientes actuaciones (Daley, 2010; ACRP, 2008; Janic, 2007; Eurocontrol, 2004):

- Explorar los distintos avances tecnológicos orientados a mejorar la eficiencia energética para reducir los consumos.
- Favorecer la producción de energía con fuentes de energías renovables.

- Promover la colaboración en el desarrollo e implantación de estas medidas con los operadores y concesionarios del aeropuerto.
- Evaluar la viabilidad, eficacia y rentabilidad de estas tecnologías así como de nuevos procedimientos operativos.
- Validar que la puesta en servicio de las diferentes actuaciones garantiza la operatividad y la seguridad del aeropuerto.

Entonces, se debe entender por aeropuerto verde aquella infraestructura aeroportuaria cuya gestión y operación está basada en criterios de sostenibilidad, lo que implica que (ACI Europe, 2015; ACRP, 2013, 2008; Oto et al., 2012):

- la organización tienen definida una política ambiental;
- dispone de un sistema de gestión ambiental acorde con su política ambiental;
- hace un uso eficiente de la energía disponible;
- utiliza fuentes de energías renovables en sus instalaciones;
- gestiona de manera eficiente sus residuos sólidos y los vertidos;
- hace un uso racional del agua y de otros recursos naturales;
- dispone de procedimientos que minimizan los impactos asociados a las operaciones;
- dispone de procedimientos para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y de las emisiones contaminantes de ámbito local; y
- promueve la utilización de buenas prácticas ambientales y cumple con la legislación medioambiental local.

Puede observarse entonces que los criterios anteriores se centran en la implementación de tecnologías y metodologías para reducir los impactos ambientales negativos de los aeropuertos. Esta visión corresponde a uno de los discursos ambientales predominantes en la industria para la construcción de una política de sostenibilidad en la aviación, enfatizando en la modernización ecológica de los aeropuertos. Sin embargo, el propósito principal de la sostenibilidad es la búsqueda de un balance entre el desarrollo económico, social y ambiental (Walter y Cook, 2009).

En ese sentido es necesario plantear como el concepto de aeropuerto verde responde a la búsqueda de una modernización tecnológica de los aeropuertos, considerando que es necesario tomar acciones adicionales relativas a las interacciones existentes entre el aeropuerto y su entorno, como ocurre en las dinámicas entre ciudades y aeropuertos, para de esta forma trascender el concepto de aeropuerto verde, llevándolo a la sostenibilidad integral (Boons et al., 2010).

Consolidar el concepto de "aeropuerto sostenible" debe ser entonces el punto de contacto entre los esfuerzos del sector aéreo, que hasta ahora se han fundamentado en suplir soluciones de carácter tecnológico principalmente, y las dinámicas sociales que se generan en los territorios frente a la operación de los aeropuertos para alcanzar un desarrollo integral y equilibrado (Walter y Cook, 2009).

### **3. DESARROLLO DEL ANÁLISIS, METODOLOGÍA**

El desarrollo metodológico comprende, en primer lugar, el análisis de los procesos existentes en un aeropuerto para establecer una referencia para el desarrollo de un aeropuerto verde. En segundo lugar se identifican las operaciones actuales del aeropuerto que generan un impacto en el medio ambiente y las medidas de mitigación adoptadas por los aeropuertos hoy en día, como aquellas que se deberían adoptar para conseguir un rendimiento medioambiental del aeropuerto tal que conduzcan la generación de "cero" efectos ambientales. En penúltimo lugar se describen las buenas prácticas en lo referente a la gestión de los recursos y residuos. Y finalmente se analizan aquellos aspectos adicionales que conducen a la transformación de un aeropuerto verde en sostenible.

## **4. PROCESOS EN EL AEROPUERTO**

### **4.1 Operaciones de despegue y aterrizaje**

El ciclo estándar de despegue y aterrizaje comienza cuando el avión cruza la llamada zona de mezcla, o los 3000 pies en su aproximación al aeropuerto, pasando luego por su descenso, aterrizaje (en pista), y carreteo (por calles de rodadura) hasta llegar y detenerse en su puesto de estacionamiento en plataforma. El ciclo se completa en el proceso de despegue, en donde la aeronave es remolcada desde su puesto de estacionamiento en plataforma hasta un punto en el

área de maniobra (por ejemplo en una calle de rodadura de plataforma o en una calle de rodadura de distribución), luego, y mediante propio impulso, la aeronave carretea (por una calle de rodadura de distribución) hasta la cabecera de pista, realiza su despegue y se dirige a la zona de mezcla (Kazda y Caves, 2015; Ashford et al., 2013).

#### **4.2 Operaciones de aeronaves en área de maniobras**

Las operaciones de las aeronaves en área de maniobras si no se planifican con precisión (o están optimizadas) dan lugar a un exceso de uso de combustible por parte de las aeronaves y además pueden producir "congestión" en el área de maniobras, puntos de espera y accesos a plataforma. La optimización de las operaciones en esta etapa es importante debido a que los motores de las aeronaves tienen una baja eficiencia en las operaciones en tierra. Por lo general, cuando la aeronave debe abandonar la plataforma (para dar inicio a la operación de despegue) la misma es remolcada por unos vehículos especiales ("tractor de remolque o de arrastre") desde la misma plataforma hasta un punto, en el área de maniobra, en el cual la aeronave ya puede impulsarse por sus propios medios (Schmitt y Gollnick, 2016; Ashford et al., 2011).

Otro proceso adicional que deben realizar las aeronaves es el calentamiento de sus motores. Algunos motores a reacción tienen que ser calentados durante un cierto periodo de tiempo para reducir el estrés térmico durante el despegue. Muchas veces, mientras es remolcado (desde su puesto de estacionamiento en plataforma) hasta el punto en el cual se mueve de forma independiente, la aeronave tiene todos los motores en marcha, considerando este tiempo como periodo de calentamiento de motores. Y en el caso inverso, es decir, una vez aterriza la aeronave y llega a su puesto de estacionamiento en plataforma, también existe un período de tiempo, especificado por el fabricante, en donde los motores deben estar encendidos, una vez transcurrido este tiempo de enfriamiento los motores se apagan (de Neufville y Odoni, 2013).

#### **4.3 Operaciones en plataforma**

Una vez que la aeronave se detiene en su puesto de estacionamiento en plataforma, se inicia un conjunto de actividades (de servicios) en la relación a la misma, que se conoce con el nombre de "asistencia de aeronave en plataforma". Dichas actividades son: a) guiado de ataque; b) embarque y desembarque de pasajeros y tripulaciones; c) carga y descarga de

equipajes y mercancías; d) repostado de combustible; e) provisión de energía eléctrica; f) vaciado y limpieza de aguas residuales; g) vaciado y reposición de agua potable; h) limpieza de cabina y reposición de elementos de mayordomía; i) limpieza de cabina y reposición de elementos de catering; j) climatización de cabina; k) arranque de motores; l) remolcado del avión; m) deshielo (Horonjeff et al., 2010).

#### **4.4 Mantenimiento de aeronaves**

En muchos aeropuertos, sobre todo en los más grandes, existen ciertas instalaciones, como hangares, que se utilizan para proporcionar servicios de mantenimiento y reparación de aeronaves. Estas instalaciones suelen ser focos de generación de contaminación ambiental, sobre todo generación de residuo industrial y contaminación acústica.

#### **4.5 Operaciones de deshielo y anti-hielo de aeronaves**

Los procedimientos de deshielo / anti-hielo sirven para tres propósitos: a) eliminación de hielo (humedad congelada o semi-congelada) en las superficies críticas de una aeronave antes del vuelo; b) protección de las superficies contra el congelamiento de agua o humedades; y c) eliminación de cualquier humedad congelada o semi-congelada en el entorno exterior de los motores. Varios de los productos de deshielo y anti-hielo disponibles en la actualidad no son tóxicos, pero pueden causar daños graves al medio ambiente (por ello muchos aeropuertos tienen / deben tener un sistema especial de drenaje). El mismo servicio también se aplica a las pistas y calles de rodadura, aunque se utilizan productos mecánicos y otros a base de sal (por ejemplo, glicoles) (Kazda y Caves, 2015; Ashford et al., 2013).

#### **4.6 Otras actividades aeroportuarias**

En un aeropuerto tipo existen otras actividades, diferentes a las antes mencionadas, que por lo general generan contaminación ambiental, éstas son: a) abastecimiento de combustible, mantenimiento y lavado de vehículos, equipos y aviones; b) mantenimiento de pistas, edificios y terrenos; c) almacenamiento y manipulación de desechos (generados al aire libre en diversas operaciones); y d) gestión de residuos / basura (en general).

## **5. IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADAS A LAS OPERACIONES DEL AEROPUERTO**

Ahora el análisis se centra en los problemas ambientales relacionados con el aeropuerto y sus operaciones. Para cada concepto ambiental adverso que genera la operación aeroportuaria se hace una breve descripción de las medidas típicas de compensación y/o mitigación para minimizar sus efectos.

### **5.1 Ruido**

Entre los diversos tipos de impactos producidos por la actividad aeroportuaria el ruido aeronáutico presenta características singulares, en la medida que su propagación sobrepasa sobradamente los límites del sistema general aeroportuario. Para realizar el análisis de la afección o impacto acústico generado por la actividad aeroportuaria se considera el ruido aeronáutico como aquel producido por las operaciones de aterrizaje, despegue, rodadura, prueba de motores y el producido por equipos auxiliares, como la GPU (*Ground Power Unit*), la APU (*Auxiliary Power Unit*), etc. (Janic, 2011; OACI, 2008).

Para tener una idea de la verdadera extensión de los efectos del impacto acústico provocado por las operaciones aeronáuticas es necesario trazar las curvas isófonas que delimiten las áreas alrededor del aeropuerto en función del impacto acústico producido. Para el cálculo de las isófonas se dispone de ciertas herramientas software (como el INM-*Integrated Noise Model*) que introduciendo las características físicas del aeropuerto y los datos operacionales dan como resultado las citadas huellas acústicas (curvas isófonas). Por otro lado, un mapa de ruido es la representación de datos sobre una situación acústica existente o pronosticada en función de un indicador de ruido en la que se indicará la superación de cualquier valor límite pertinente vigente, el número de personas afectadas o el número de viviendas expuestas a determinados valores de un indicador de ruido en una zona específica (Licitra, 2013; OACI, 2008).

Entonces, con el fin de disminuir las emisiones sonoras de las principales fuentes (operaciones de despegue y aterrizaje), los aeropuertos, y a nivel mundial, vienen implementando gradualmente los criterios de “enfoque equilibrado”, promovido por la Organización de Aviación Civil Internacional (ICAO, 2013, 2008).

El enfoque equilibrado comprende cuatro elementos principales: 1) la reducción de ruido en la fuente; 2) procedimientos operacionales para la atenuación del ruido; 3) la gestión / planificación del territorio (uso del suelo); y 4) la introducción de restricciones operativas.

El aeropuerto no tiene capacidad para reducir el ruido en la fuente (los aviones), responsabilidad exclusiva de los fabricantes de aeronaves, ni tampoco con la planificación de uso del suelo, competencia exclusiva de las autoridades locales / municipales. Sin embargo tiene toda la capacidad de poner en práctica procedimientos operacionales (optimizando las trayectorias de aproximación y despegue) y restricción a las operaciones.

En el enfoque equilibrado de la OACI, las restricciones operativas se definen como las acciones que limitan o reducen el acceso de una aeronave al aeropuerto. En general, las restricciones operacionales pueden ser las siguientes: a) "cuotas de ruido" expresado como un límite en el número de movimientos durante un período o como un límite de ruido o una combinación de los dos; b) restricciones a los tipos específicos de vuelos durante períodos específicos; c) restricciones de operación en pista basado en el peso de la aeronave (que relaciona directamente su tamaño) u hora del día; y d) prohibición de despegues y/o aterrizajes en una pista determinada (o varias) durante periodos nocturnos.

Y finalmente, es posible reducir los efectos del ruido en el entorno próximo del aeropuerto, sobre todo cuando hay zonas residenciales, con la construcción de las barreras acústicas (naturales y/o artificiales).

## **5.2 Calidad del aire**

Las fuentes de contaminación del aire en un aeropuerto la forman las diversas actividades que se desarrollan y los distintos tipos de equipos que operan en él. Las operaciones de las aeronaves, vehículos de servicio en tierra, sistemas de manipulación y almacenamiento de combustible, pruebas de motores, áreas de mantenimiento de motores y de aeronaves, áreas de aire acondicionado y tráfico de vehículos de acceso al aeropuerto, constituyen las principales fuentes de contaminación del aire en un aeropuerto (Postorino, 2010). Para controlar las emisiones contaminantes que pudieran estar asociadas a las actividades del aeropuerto se

Llevan a cabo un conjunto de medidas entre las cuales destacan la implementación de estudios de caracterización que permitan modelizar y evaluar la concentración de contaminantes en el entorno aeroportuario, además de los correspondientes sistemas de control y vigilancia de la calidad del aire.

Desde que los efectos nocivos de los principales contaminantes atmosféricos fueron percibidos los gobiernos y las organizaciones internacionales han decretado regulaciones y programas dirigidos a minimizar su impacto negativo en la salud y el medio ambiente. Los programas de vigilancia deben diseñarse de manera que se cumpla (Cokorilo, 2016; OACI, 1999):

- que en todo momento ha de ser posible conocer los valores de contaminación existentes de manera fiable e inmediata, cumpliendo con los valores normalizados y acreditados para ello;
- que permitan determinar los procesos de difusión atmosféricos de los contaminantes por medio de una correcta ubicación de las estaciones que lo conforman; y
- que en caso de que los datos sean significativos, han de permitir controlar crisis puntuales de contaminación y analizar el desarrollo de los mismos.

Simultáneamente el aeropuerto puede mejorar la calidad del aire local por la aplicación de diferentes tipos de medidas en función de la fuente (ver Cuadro 1).

Cuadro 1. Lista de medidas para mejorar la calidad del aire. *Fuente:* ICAO, 2016; ACI Europe, 2015; Koc y Durmaz, 2015; Fann y Raskas, 2013.

| FUENTE        | MEDIDA   |
|---------------|--|
| Tráfico aéreo | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejoras en la programación de operaciones de despegue y aterrizaje para reducir/eliminar "colas" de aeronaves en campo de vuelo y área de maniobras.</li> <li>• Remolcar los aviones (desde su puesto de estacionamiento en plataforma) lo más lejos posible (o más próximo a cabecera de pista).</li> <li>• Optimizar el diseño o configuración del campo de vuelo (calles de salida rápida, calles de rodadura de distribución), para primero, disminuir los tiempos de operación en tierra de las aeronaves, y segundo, evitar congestión ("colas" de aeronaves).</li> </ul> |

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
|                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar cargas (tasas) aeronáuticas diferenciales en función del nivel de emisiones de los motores de la aeronave, con lo que se "penaliza" a las aeronaves más antiguas (lo que obliga a las aerolíneas a modernizar su flota con aviones nuevos que contaminan mucho menos).</li> </ul> |
| Equipos de asistencia en tierra  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Usar alternativas de suministro de potencia para reemplazar los equipos APU (<i>Auxiliary Power Unit</i>).</li> <li>• Utilizar vehículos (de servicios) impulsados por energías alternativas de baja o nula emisión (p.e. eléctrico).</li> </ul>  |
| Infraestructura operacional      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de plantas de energía de baja emisión.</li> <li>• Medidas de conservación de energía en edificios terminales y áreas de plataforma, incluyendo iluminación eficiente y tecnologías de construcción inteligentes.</li> </ul>  |
| Acceso (terrestre) al aeropuerto | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover (y facilitar) el uso de transporte público masivo para acceder o abandonar el aeropuerto.</li> <li>• Promover que el transporte público que accede al aeropuerto se impulse por energías limpias (de baja o nula emisión).</li> </ul>  |

### 5.3 Emisiones de gases de efecto invernadero

La planta de energía del aeropuerto, la flota de vehículos (de servicios), el mantenimiento de la infraestructura aeroportuaria, el equipo de apoyo en tierra, el equipo de energía de emergencia, los sistemas de eliminación de residuos, etc., son fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero.

El *Airport Carbon Accreditation* (ACA, 2018), evalúa y reconoce los esfuerzos de los aeropuertos para gestionar y reducir sus emisiones de carbono con cuatro niveles de certificación: "mapeo" (medida de la huella de carbono), "reducción" (gestión de la reducción de la huella de carbono), "optimización" (participación de terceros en la reducción de la huella de carbono), y "neutralidad" (neutralidad del carbono para las emisiones directas por compensación). Actualmente 211 aeropuertos de todo el mundo están certificados en uno de los 4 niveles (exigidos) de la Acreditación de Carbono (10 en África, 41 en Asia-Pacífico, 118 en Europa, 8 en Latinoamérica y Caribe y 34 in Norte América). Estos aeropuertos, en conjunto, gestionan el 41,8% del tráfico mundial de pasajeros. Y de este grupo sólo 37 aeropuertos están certificados como "neutros en carbono" (para las emisiones bajo su control); y de este selecto grupo sólo hay uno latinoamericano: el Aeropuerto Ecológico de Galápagos (Islas Galápagos, Ecuador) (ACA, 2018).

En otro orden, los aeropuertos están modernizando las plantas de energía, calentamiento y enfriamiento para mejorar la eficiencia. Además, se está empezando a generar energía a partir de fuentes renovables. Los edificios del aeropuerto se diseñan (o re-diseñan) para ser "inteligentes" y eficientes en energía según estándares como el LEED (*Leadership in Environment and Energy Design*) (LEED, 2017) o el BREEAM (*BRE Environmental Assessment Method*) (BREEAM, 2017).

Por otro lado, los aeropuertos deben empezar a trabajar (algunos ya lo hacen) en la "eficiencia energética". La eficiencia energética se entiende como el conjunto de acciones inteligentes aplicadas a un entorno específico que permiten el ahorro de energía de cualquier tipo, además de mantener los niveles de calidad y servicio de los sistemas energéticos de dicho entorno, manteniendo los objetivos previamente fijados. Hacer un uso sostenible de la energía pasa necesariamente por mejorar la eficiencia energética, lo que lleva aparejado, además, de una disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero (Monsalud et al., 2014; Zachary et al., 2010; ACI, 2009; ACRP, 2008).

Los principales consumidores de energía en un aeropuerto son los equipos de climatización de los edificios, la iluminación interior, y todos aquellos servicios *handling* cuya función es la de atender al pasajero y a las compañías aéreas que en él operan. A su vez, el balizamiento, la iluminación de la plataforma y los equipos de ayuda a la navegación aérea contribuyen, aunque en menor medida, al coste total de la factura energética de un aeropuerto. En todo caso, la eficiencia energética en una infraestructura aeroportuaria deberá: a) garantizar la seguridad y operatividad del aeropuerto; b) contribuir a los fines aeroportuarios (transporte de pasajeros y mercancías); y c) mejorar el rendimiento energético de los procesos que constituyen su actividad (Postorino y Mantecchini, 2014; Kivits et al., 2010).

#### **5.4 Contaminación del suelo, y de aguas subterráneas y superficiales**

La contaminación del agua puede ser resultado de una descarga directa o indirecta de sustancias en los cursos de agua o cuerpos de agua, dando lugar a alteraciones en las propiedades de los ecosistemas naturales y la química del agua. El agua superficial es la más

afectada ya que los contaminantes pueden escaparse de los pavimentos del aeropuerto (pistas y calles de rodadura) y entrar en los arroyos / ríos / humedales / lagos cercanos. El agua subterránea también puede contaminarse cuando las fugas o derrames de líquidos (industriales) se filtran a través del suelo (ACRP, 2011; OACI, 2002).

El combustible es el contaminante más común en un aeropuerto. El combustible de aviación, el gas de aviación, gasolina, diesel y combustible para calefacción son los diferentes tipos de combustible que puede contaminar los suelos y aguas subterráneas en el aeropuerto. Las áreas sujetas a tener la contaminación del suelo (y las aguas subterráneas) son donde existe actividad operacional, mantenimiento (de aeronaves, equipos del aeropuerto, etc.), y las de almacenamiento y manipulación (Guillamón, 2010; OACI, 1999).

## **5.5 Pérdidas de hábitat y biodiversidad**

El desarrollo de un aeropuerto con frecuencia implica la eliminación de árboles y vegetación. Y por otro lado, la ubicación de algunos aeropuertos puede interferir en el curso de ríos, afectar las costas (marítimas) y el entorno próximo de lagos y humedales.

Las pérdidas de biodiversidad y hábitat se refieren a los impactos sobre la fauna y la zona donde ésta reside. Impactos sobre la biodiversidad y los hábitats incluyen la reducción del número de especies y/o de sus individuos. De acuerdo con ACRP (2008) dos cuestiones clave relacionadas con la vida silvestre tienen un impacto en los aeropuertos: a) el conflicto entre la preservación de la fauna y la seguridad de las aeronaves y b) los efectos del ruido sobre la migración y los patrones de anidación.

Como principio de sostenibilidad los aeropuertos debe empezar a trabajar en, por ejemplo, evitar las intervenciones (temporales o permanentes) sobre elementos patrimoniales naturales protegidas o valiosos, y garantizar, siempre que sea posible, la conectividad de los espacios naturales y de la permeabilidad territorial (OACI, 2002).

Por otro lado, los aeropuertos deben compatibilizar la conservación de la fauna con la seguridad operacional. El peligro aviario es conocido como el riesgo que supone para las

aeronaves y su operación la presencia de aves y de otros grupos de fauna silvestre en las inmediaciones de los aeropuertos. Su presencia representa un peligro potencial para las aeronaves, sobre todo en las zonas próximas a los aeropuertos donde las aeronaves vuelan a baja altitud para realizar las maniobras de aproximación, aterrizaje y despegue. Entonces, los aeropuertos deben desarrollar planes de prevención sobre el peligro aviario y fauna silvestre que debería contemplar como mínimo las siguientes actuaciones (Price y Forrest, 2016; Guillamón, 2010):

- Identificación de los focos de atracción de aves existentes en el entorno aeroportuario.
- Confección de mapas donde se ubican los focos de atracción de aves, identificando las especies y los lugares de mayor concentración y peligrosidad.
- Actuaciones de desbroce de la vegetación, drenajes de aguas estancadas, limpieza y mantenimiento.
- Análisis de posibles riesgos de movimientos de aves migratorias para alertas tempranas a las tripulaciones.
- Estudios para la caracterización ecológica del entorno aeroportuario, determinando especies existentes, concentración, ubicación, horarios de permanencia y peligrosidad.
- Análisis desde el punto de vista de la seguridad operacional sobre tolerabilidad de riesgos y las medidas de mitigación a través de la aplicación de un programa de prevención de peligro aviario y fauna silvestre.

## **6. GESTIÓN DE LOS RECURSOS Y DE LOS RESIDUOS**

### **6.1 Gestión del uso del agua y la energía**

Los aeropuertos consumen cantidades significativas de agua en la prestación de servicios básicos a pasajeros, empleados, visitantes, y también a otras instalaciones, equipos e infraestructuras. Hoy en día, el agua ya no se ve como un recurso ilimitado y aumenta el costo de suministro de la misma, por lo que los aeropuertos están gestionando el consumo de agua para reducir sus costos y también en su estrategia de desarrollo sostenible del mismo.

En cuanto a la gestión del recurso hay dos enfoques fundamentales para la gestión del agua potable y su conservación: a) reducir su uso, y b) sustituir el agua potable (proveniente de la

red) con otras fuentes tales como la recogida y reutilización del agua de lluvia, tratamiento de aguas residuales y reciclaje de aguas de refrigeración (Carvalho *et al.*, 2013; Neto *et al.*, 2010; Guillamón, 2010).

En términos de consumo de energía, y su conservación, la mayor parte de la energía utilizada en un aeropuerto está asociada con la provisión de ventilación, aire acondicionado, calefacción e iluminación (García y Guillamón, 2004).

La mayoría de los aeropuertos pequeños y medianos compran la electricidad a los suministradores de energía locales/regionales, por lo que cualquier reducción en el consumo de electricidad representará un ahorro de coste directo para el operador del aeropuerto. Y por otro lado, la mayoría de los grandes aeropuertos tienen sus propias centrales eléctricas.

En definitiva, además del ahorro de costes, la reducción del uso de electricidad mejorará la calidad del aire local y reducirá las emisiones de gases de efecto invernadero. Por ello la tendencia, a nivel mundial, es ir reemplazando la fuente u origen de la energía a una renovable (principalmente eólica y solar) (ICAO, 2016; Rowlings y Walker, 2008).

## **6.2 Gestión de los residuos**

La gestión y prevención eficaz de los residuos de los aeropuertos son cruciales para mantener el cumplimiento con las leyes y reglamentos ambientales. Las (buenas) prácticas sostenibles además de positivas para el medio ambiente también suelen ahorrar costos para el operador del aeropuerto. Los residuos típicos generados en los aeropuertos son (Guillamón, 2010; OACI, 2002; OACI, 1999):

- residuos peligrosos de las instalaciones de mantenimiento;
- residuos (orgánicos e inorgánicos) de los concesionarios (comerciales) del aeropuerto;
- artículos confiscados de los controles de seguridad y el equipaje facturado;
- residuos de las operaciones de limpieza de las aeronaves;
- residuos provenientes de la construcción / obras civiles en el aeropuerto;
- residuos industriales;

- aguas residuales y aguas pluviales contaminadas;
- suelos contaminados.

Los aeropuertos ya vienen trabajando en tres niveles de jerarquía para la gestión eficaz de los residuos generados: a) la prevención en la generación, lo que evita la producción (innecesaria) de residuos; b) políticas de reutilización; y c) estrategias de reciclaje.

Por otro lado, los aeropuertos deben desarrollar planes de gestión de aguas residuales y superficiales cuyo objetivo es definir las medidas de seguimiento y control de las aguas residuales y pluviales del aeropuerto, así como de la calidad de las aguas superficiales dentro del territorio ocupado por el aeropuerto. El procedimiento establecido debería contemplar las siguientes actuaciones: a) control de la calidad de las aguas superficiales; b) control de la calidad de las aguas pluviales; c) control de la calidad de las aguas residuales; d) instalaciones de tratamiento de aguas residuales y pluviales; e) estándares para la toma y el análisis de muestras, y f) actuación en caso de superación de los límites de vertido (Guillamón, 2010).

## 7. EL CONCEPTO DE SOSTENIBILIDAD

### 7.1 Concepto tradicional

El concepto de sostenibilidad más tradicional se refiere a la búsqueda de un equilibrio de los beneficios ambientales, económicos y sociales (Daley, 2010) (ver Figura 1).



Fig. 1. Aspectos convencionales de la sostenibilidad. *Fuente:* Daley (2010).

En aeropuertos siempre se ha tenido un enfoque de sostenibilidad centrado en los impactos ecológicos, definiendo la sostenibilidad ecológica como la conservación de los impactos dentro del margen de la capacidad regenerativa y de asimilación de la biósfera. Esto se materializaba en términos de cuantos residuos eran producidos, las emisiones realizadas al igual que la cantidad de recursos naturales utilizados. Las reducciones de los indicadores de eficiencia para los anteriores impactos se tomaban como acciones orientadas a la sostenibilidad (Upham et al., 2003).

Conforme a lo anterior y previo al concepto de un aeropuerto verde existía el concepto de “aeropuerto sensible ambientalmente”, contemplando medidas para reducir la exposición al ruido, y la destrucción del hábitat y biodiversidad por medio de la reducción de la expansión operacional y las emisiones de gases locales (Upham y Mills, 2005).

En el Cuadro 2 pueden verse algunos de los objetivos de desarrollo para cada uno de los elementos que componen el concepto más tradicional de la sostenibilidad, de ser alcanzados cada uno de estos objetivos se entendía que un aeropuerto se enmarcaba dentro de los parámetros de desarrollo sostenible.

Cuadro 2. Enfoque tradicional de sostenibilidad en aeropuertos. *Fuente:* Boons et al., 2010.

| Ámbito    | Objetivos de desarrollo  |
|-----------|--|
| Económico | Contribuir de manera directa e indirecta al crecimiento nacional y regional.     |
|           | Adecuada provisión de servicios a los clientes.                                  |
|           | Rentabilidad a los actores involucrados en la gestión aeroportuaria.             |
| Ecológico | Construcción con el mínimo impacto.  |
|           | Mínimo uso de recursos.  |
|           | Mínima disposición de residuos en el ecosistema.                                 |
|           | Mínima interrupción de los ciclos ecológicos (biodiversidad y cambio climático). |
|           | Mínimo uso de tierra.  |
| Social    | Calidad de vida para los habitantes locales (ruido y calidad del aire).          |
|           | Justa distribución de las ganancias económicas.                                  |
|           | Justa distribución de acceso al transporte aéreo.                                |

## 7.2 Introducción a un nuevo concepto de sostenibilidad

Hoy en día se adopta un concepto de sostenibilidad que comprende variables culturales, políticas, institucionales, sociales y económicas, en donde los aeropuertos se ven como parte de un sistema holístico en el cual todas las variables se encuentran armonizadas integralmente, interactuando con la ciudad o el socio-ecosistema donde se localice (BID, 2011), es decir que la sostenibilidad debe entenderse a un nivel sistémico (Gallopín, 2003). De esta forma se pueden incluir nuevos conceptos al debate sobre una nueva política de sostenibilidad para el sector aéreo (Walter y Cook, 2009). Este concepto de sostenibilidad es relevante sobre todo en los casos en que el desarrollo de los aeropuertos coincide con el desarrollo urbano, por lo que se debe tener clara una meta de sostenibilidad en el desarrollo y la misma debe ser incluida en los procesos de tomas de decisiones (Boons et al., 2010).

Entonces, se deben analizar y compatibilizar las medidas que puede tomar un aeropuerto como conjunto de infraestructura y las medidas de gestión para consolidarse y operar de manera sostenible, separándose del análisis del sector aéreo en su complejidad. Esto debido a que históricamente el sector aéreo ha enfrentado numerosas críticas por ser insostenible debido a la dependencia directa al queroseno (combustible de aviación) (Daley, 2010).

A partir del planteamiento anterior puede definirse entonces que un “aeropuerto verde” sólo puede considerarse como “aeropuerto sostenible” cuando sus actividades contribuyan de manera activa a que el socio-ecosistema, en su totalidad, se enmarque dentro de una ruta de sostenibilidad. Ahora bien, para que un aeropuerto contribuya a la sostenibilidad del socio-ecosistema todas las medidas deben contribuir a garantizar las características propias de un sistema sostenible (Gallopín, 2003):

- La disponibilidad de recursos: se refiere a recursos naturales, dotación, activos entre otros.
- Adaptabilidad y flexibilidad: la habilidad del socio-ecosistema de detectar cambios que ocurren en el mundo exterior y generar acciones para acoplarse a las nuevas condiciones.
- Homeóstasis general (resiliencia, estabilidad): la capacidad del socio-ecosistema de recuperar un estado de equilibrio y estable luego de sufrir perturbaciones por cambios esporádicos en las condiciones exteriores.

- Capacidad de respuesta: la forma y velocidad en la que un socio-ecosistema reacciona y hace frente al cambio.
- Auto-dependencia: la capacidad de regular las interacciones del socio-ecosistema con el medio de manera independiente.
- Empoderamiento: la capacidad de un socio-ecosistema de innovar e inducir sus propios cambios.

Un aeropuerto sostenible debe permitir que en su entorno se maximice el bienestar humano, sin comprometer la disponibilidad de recursos, sin sacrificar la adaptabilidad, flexibilidad, capacidad de respuesta de los sistemas socio ecológicos, debe generar auto-dependencia y empoderamiento, es decir darle la facultad a los socio-ecosistemas de inducir sus propios cambios para aumentar el bienestar. Lo que coincide con la definición de desarrollo sostenible (Gallopín, 2003).

A continuación, se presenta una serie de medidas específicas que le permitirían a un aeropuerto establecer una relación con su entorno de tal forma que contribuya a su sostenibilidad, trascendiendo el concepto de aeropuerto verde a aeropuerto sostenible.

### **7.3 Medidas para la sostenibilidad**

Se considera que para que un aeropuerto verde logre constituirse como sostenible debe tener en cuenta aspectos adicionales a los considerados dentro de sus límites físicos y tradicionalmente contemplados por la industria aeroportuaria, revisando cual es la relación que se genera con el entorno o socio-ecosistema. Se deben sumar, a las medidas tecnológicas y metodológicas para reducir los impactos ambientales, medidas que involucren el dialogo con los diferentes actores (instituciones públicas, sociales, etc.) a nivel local / regional / nacional acerca de los impactos ambientales presentes y futuros de los aeropuertos (Boons et al., 2010).

Entonces, y a continuación, se introduce al análisis una serie de conceptos y recomendaciones que deben ser tenidos en cuenta en adición a los aspectos técnicos tratados en las secciones anteriores, para que se pueda plantear el concepto de un aeropuerto sostenible bajo la narrativa actual de la sostenibilidad holística e integral, maximizando el concepto de aeropuerto verde.

*Función social del aeropuerto.* Desde el punto de vista de la sociología se entiende que la función social es el papel desempeñado por el aeropuerto frente a la sociedad abarcando el conjunto de obligaciones frente a su entorno, y usualmente responde a una vocación que se destaca en el territorio. Un aeropuerto puede tener vocación turística, comercial, ejecutiva, entre las más relevantes (Univsantana, 2017). Un aeropuerto sostenible debe trascender su función convencional convirtiéndose en un escenario que promueva la diversidad cultural, la inclusión, la participación ciudadana y la generación de cultura ambiental. Esto es alcanzable por medio de la constitución de la infraestructura aeroportuaria como un punto de encuentro comunitario, consolidarse como un centro cultural, de socialización y educación, debe armonizar con las necesidades específicas del socio-ecosistema donde se localice (BID, 2011). Planificar adecuadamente la función social de un aeropuerto contribuye al empoderamiento y auto-dependencia de un socio-ecosistema. Lo expuesto puede ejemplificarse con el caso del Aeropuerto de Galápagos (Islas Galápagos, Ecuador). Su función social era el turismo, pero el aeropuerto fue sujeto de un proceso de transformación innovadora hacia el eco-turismo, transformando radicalmente no sólo su infraestructura sino su interacción con las características propias del entorno, se consolidó como el primer (y actualmente único) aeropuerto verde de Latinoamérica situado dentro de una reserva natural, armonizando perfectamente con las necesidades ecológicas del lugar y además sentando un precedente de ecoturismo en el mundo (ECOGAL, 2018).

*Conectividad social y económica.* Los aeropuertos son centros de conectividad territorial en el sentido que permiten conectar culturas, productos y personas entre regiones remotas entre sí, ésta es la conectividad social y económica que promueven los aeropuertos. En muchos casos el aeropuerto puede ser la única o la más eficiente forma de conectar una sociedad con otra, como por ejemplo en las regiones remotas o aquellas inmersas en ecosistemas frágiles (CEPAL, 2017). La conectividad social y económica que genera la infraestructura aeroportuaria en su entorno está relacionada directamente con la capacidad de respuesta, la homeóstasis y la adaptabilidad de un socio-ecosistema. Este concepto puede ejemplificarse de manera general, cuando ocurren desastres naturales, o simplemente cuando se trate de aeropuertos característicos de regiones asiladas. Los aeropuertos se convierten en el único

medio para intercambiar bienes, recursos, medicamentos, personas enfermas, heridos por sólo nombrar algunos elementos relevantes. Es por ésta razón que un aeropuerto sostenible debe garantizar la prestación del servicio aéreo previendo la relevancia que tiene frente a la pervivencia de un socio-ecosistema.

*Capacidad de carga del socio-ecosistema.* En ecología el concepto de "capacidad de carga" hace referencia al tamaño máximo de una población de alguna especie que un ecosistema puede soportar (Hui, 2006). Ahora bien, la adaptación para un aeropuerto sostenible responde a que debe existir un límite al crecimiento de la infraestructura determinado por la capacidad de carga del socio-ecosistema donde se localiza. Es decir, la capacidad del lugar para recibir efectivamente el número de pasajeros y carga proyectados sin comprometer la calidad de vida ni el bienestar de la población local. La planificación aeroportuaria basada en la capacidad de carga del entorno está relacionada con la disponibilidad de los recursos anteriormente expuesta. Existen múltiples casos donde se puede ejemplificar ésta situación, uno de ellos es el Aeropuerto El Embrujo, en la Isla de Providencia (Colombia). Hay que resaltar que la función social primaria de éste aeropuerto es el turismo, en ese sentido el dimensionamiento de la infraestructura aeroportuaria está atado directamente con la cantidad de turistas que puede recibir la isla a partir de su capacidad hotelera, de servicios y ecológica de las playas y manglares (AEROCIVIL, 2018).

*Generación de resiliencia territorial.* Un aeropuerto apropiado para una población que a) haga parte de su identidad colectiva y contribuya a su bienestar, b) que a su vez sea un motor generador de intercambio económico, social y cultural del territorio local con las demás poblaciones, y c) que responda a las necesidades específicas del socio-ecosistema donde se establece, es un aeropuerto que genera resiliencia territorial (Fleming y Ledogar, 2008). La resiliencia territorial se refiere directamente a la capacidad de homeóstasis, un aeropuerto contribuye a ésta capacidad directamente por el servicio aéreo que presta y su conectividad social como se planteó anteriormente. Pero también cuando el aeropuerto se articula directamente con las necesidades poblacionales puede contribuir a esta capacidad.

*Proceso de diálogo inclusivo.* Los procesos de tomas de decisiones frente a la planeación del territorio y la planificación aeroportuaria deben ampliar sus márgenes para ser más inclusivos, teniendo en cuenta los intereses de grupos sociales que históricamente han sido marginados en estos procesos. De esta manera dentro de nuevos escenarios multidisciplinarios pueden desarrollarse acuerdos y soluciones de gestión a la operación aeroportuaria y a la relación del aeropuerto con su entorno de manera más creativa, acopladas a los contextos particulares de cada aeropuerto (Boons et al., 2010). Los procesos de diálogo inclusivo en torno a la planificación aeroportuaria y del territorio están relacionados con la capacidad de empoderamiento, al tener en cuenta a las comunidades se puede innovar e inducir cambios o nuevas propuestas de desarrollo para la infraestructura aeroportuaria que respondan a las necesidades específicas de la población en los diferentes contextos.

*Autogobernanza territorial.* Muchas veces los gobiernos centrales deben reconocer que no es posible mantener procesos de gobernanza en los distintos territorios respondiendo a sus necesidades particulares. Por lo tanto, es necesario favorecer y fortalecer procesos de auto-organización en los territorios que interactúan directamente con los aeropuertos para que se generen políticas acomodadas a las singularidades de cada relación aeropuerto-entorno (Boons et al., 2010). Facilitar éstos procesos fortalece las capacidades de empoderamiento y auto-dependencia.

*Gestión del conocimiento.* Una forma efectiva de construcción de nuevas soluciones de sostenibilidad es a partir de la integración del conocimiento de manera holística, puesto que se debe evolucionar a un concepto de conocimiento contextualizado. De esta forma se puede crear una base de una visión compartida para el futuro de cada aeropuerto de acuerdo a las sociedades locales y nacionales (Boons et al., 2010). La gestión del conocimiento nuevamente fortalece la capacidad de empoderamiento, haciendo más fácil la innovación particularizando las características de cada socio-ecosistema de plantear nuevas relaciones con sus aeropuertos.

#### **7.4 Midiendo la sostenibilidad**

Es importante destacar que se han desarrollado metodologías que permiten cuantificar los efectos de algunas medidas de sostenibilidad, esto es relevante ya que es una manera de poder

establecer comparativas generales entre medidas particulares que deberán ser tomadas en cada contexto aeropuerto-entorno. Una de estas metodologías es el “*sustainability ranking index*” (Kilkis y Kilkis, 2016) usado actualmente para realizar análisis de *benchmarking* de sostenibilidad en los aeropuertos, pese a que principalmente se fundamenta en medidas de gerencia y tecnología podría extenderse para incluir los conceptos que se introducen en esta investigación.

## 8. CONCLUSIONES

En este artículo se analiza sobre el concepto de aeropuerto verde, un aeropuerto diseñado, operado y administrado de tal manera que su impacto ambiental se reduzca al mínimo y por lo tanto se vuelva sostenible. Como se ha presentado, el enfoque "verde" radica, principalmente, en un conjunto de acciones (procesos y metodologías), políticas de gestión y de buenas prácticas y uso de nuevas tecnologías, para que, de forma armónica, se minimicen, o anulen totalmente, los impactos negativos que genera a diario la operación aeroportuaria. Y este planteamiento es perfectamente compatible con los conceptos de eficiencia y rentabilidad.

Finalmente, el enfoque "sostenible" comprende el conjunto de desarrollos de la infraestructura aeroportuaria que inciden de manera directa en su entorno, permitiendo la generación de bienestar al socio-ecosistema de manera holística. Se puede decir entonces que un aeropuerto verde es el primer paso para convertirse en sostenible, pero esto solo puede ser alcanzado cuando se entiende que la infraestructura aeroportuaria tiene un rol fundamental y una responsabilidad más allá de sus límites físicos, cuando el aeropuerto se hace parte integral del desarrollo del territorio del cual hace parte.

## REFERENCIAS

AEROCIVIL (2018). <http://www.aerocivil.gov.co/aeropuertos/Pages/el-embrujo.aspx>

ACA (2018). Airport Carbon Accreditation. <http://www.airportcarbonaccreditation.org/>

ACI Europe (2015). Green Airports. *ICAO Intl. Aviation and Environment Seminar*, Warsaw, 19 March 2015.

ACI (2009). *Guidance Manual: Airport Greenhouse Gas Emissions Management*. Montreal: ACI.

ACRP (2013). *Integrating Environmental Sustainability Into Airport Contracts*. Washington, D.C.: Transportation Research Board.

ACRP (2012). *Guidebook for Incorporating Sustainability into Traditional Airport Projects*. Washington, D.C.: Transportation Research Board.

ACRP (2011). *Sustainable Airport Construction Practices*. Washington, D.C.: Transportation Research Board.

ACRP (2008). *Airport Sustainability Practices*. Washington, D.C.: Transportation Research Board.

ASHFORD, Norman; STANTON, Martin; MOORE, Clifton; COUTU, Pierre; BEASLEY, John (2013). *Airport Operations*. New York: McGrawHill.

ASHFORD, Norman; MUMAYIZ, Saleh; WRIGHT, Paul (2011). *Airport Engineering*. New Jersey: John Wiley & Sons.

BID (2011). *Sostenibilidad Urbana en América Latina y el Caribe*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo

BOONS, Frank; van BUUREN, Arwin; TEISMAN, Geert (2010). Governance of sustainability at airports: Moving beyond the debate between growth and noise. *Natural Resources Forum*, 34, 303-313.

BREEAM (2017). BRE Environmental Assessment Method. <http://www.breeam.com/>

CARVALHO, Isabella; CALIJURI, María; ASSEMANY, P.; MACHADO, Marcos; NETO, Ronan; SANTIAGO, Aníbal; SOUZA, Mauro (2013). Sustainable airport environments: A review of water conservation practices in airports. *Resources, Conservation and Recycling*, 74, 27-36.

CEPAL (2017). *Conectividad, ámbitos de impacto y desarrollo territorial: análisis de experiencias internacionales: volumen I*. Santiago de Chile: CEPAL.

COKORILLO, Olja (2016). Environmental issues for aircraft operations at airports. *Transportation Research Procedia*, 14, 3713-3720.

DALEY, Ben (2010). *Air Transport and the Environment*. Surrey: Ashgate.

de NEUFVILLE, Richard; ODoni, Amedeo (2013). *Airport Systems, Planning, Design, and Management*. New York: McGraw Hill.

ECOGAL (2018). <http://www.ecogal.aero/>

EUROCONTROL (2004). *Defining Sustainability in the Aviation Sector*. Bretigny Sur orge Cedex: EUROCONTROL Experimental Centre.

FANN, Jean-Christophe; RAKAS, Jesenka (2013). Methodology for the environmental sustainability evaluation of airport development alternatives. *International Journal of Applied Logistics*, 4(4), 8-31.

FERRULLI, Paolina (2016). Green Airport Design Evaluation (GrADE) – methods and tools improving infrastructure planning. *Transportation Research Procedia*, 14, 3781-3790.

GALLOPÍN, Gilberto (2003). *Sostenibilidad y Desarrollo Sostenible: un enfoque sistémico*. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. Santiago de Chile: CEPAL.

GARCÍA, Mario; GUILLAMÓN, José (2004). *La gestión energética y medioambiental en las instalaciones aeroportuarias*. Madrid: Fundación AENA.

GUILLAMÓN, José (2010). *El aeropuerto y su entorno. impactos ambientales y desarrollo sostenible*. Madrid: AENA.

HORONJEFF, Robert; MCKELVEY, Francis, SPROULE, William; YOUNG, Seth (2010). *Planning and Design of Airports*. New York: McGrawHill.

ICAO (2016). *Environmental Report*. Montreal: ICAO.

ICAO (2013). *Assembly Resolutions in Force. Doc 10022*. Montreal: ICAO.

ICAO (2008). *Guidance on the Balanced Approach to Aircraft Noise Management*. Montreal: ICAO.

JANIC, Milan (2011). *Greening Airports, Advanced Technology and Operations*. London: Springer-Verlag.

JANIC, Milan (2007). *The Sustainability of Air Transportation: a Quantitative Analysis and Assessment*. Hampshire: Ashgate Publishing.

- KAZDA, Antonín; CAVES, Robert (2015). *Airport design and operations*. Bingley: Emerald.
- KILKIS, San; KILKIS, Siir (2016). Benchmarking airports based on a sustainability ranking index. *Journal of Cleaner Production*, 130, 248-259.
- KIVITS, Rob; CHARLES, Michael; RYAN, Neal (2010). A post-carbon aviation future: Airports and the transition to a cleaner aviation sector. *Futures*, 42, 199-211.
- KOC, Seyhani; DURMAZ, Vildan (2015). Airport Corporate Sustainability: An Analysis of Indicators Reported in the Sustainability Practices. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 181, 158-170.
- LEED (2017). Leadership in Energy and Environmental Design. <http://www.usgbc.org/leed>
- LICITRA, Gaetano (2013). *Noise Mapping in the EU. Models and Procedures*. Boca Raton: CRC Press.
- MONSALUD, Andrew; HO, Denny; RAKAS, Jesenka (2014). Greenhouse gas emissions mitigation strategies within the airport sustainability evaluation process. *Sustainable Cities and Society*, 14, 414-424.
- NETO, Ronan; CARVALHO, Isabella; CALIJURI, María; SANTIAGO, Aníbal (2012). Rainwater use in airports: A case study in Brazil. *Resources, Conservation and Recycling*, 68, 36-43.
- OACI (2018). <https://goo.gl/2PCvhq>
- OACI (2008). *Anexo 16 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional. Protección del Medio Ambiente. Volumen I. Ruido de las aeronaves*. Montreal: OACI.
- OACI (2002). *Modelo de planificación de aeropuertos. Parte 2: Utilización del terreno y control del medio ambiente*. Montreal: OACI.
- OACI (1999). *Manual-guía de protección ambiental para aeropuertos*. Montreal: OACI.
- OTO, Nurhan; COBANOGLU, Nesrin; GERAY, Cevat (2012). Education for Sustainable Airports. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 47, 1164-1173.
- POSTORINO, Maria; MANTECCHINI, Luca (2014). A transport carbon footprint methodology to assess airport carbon emissions. *Journal of Air Transport Management*, 37, 76-86.

POSTORINO, Maria (2010). Environmental effects of airport nodes: a methodological approach. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 5(2), 192-204.

PRICE, Jeffry; FORREST, Jeffry (2016). *Practical Airport Operations, Safety, and Emergency Management*. Cambridge (MA): Elsevier.

ROWLINGS, Andrew; WALKER, Arron (2008). Sustainable energy options for the future airport metropolis. *Proceedings 4th IASME/WSEAS International Conference*, Algarve, 21–26.

SCHMITT, Dieter; GOLLNICK, Volker (2016). *Air Transport System*. Wien: Springer-Verlag.

UNIVSANTANA (2017). <https://goo.gl/jV3VND>

UPHAM, Paul; MILLS, Julia (2005). Environmental and operational sustainability of airports: Core indicators and stakeholder communication. *Benchmarking: An International Journal*, 12(2), 166-179.

UPHAM, Paul; MAUGHAN, Janet; RAPER, David; THOMAS, Callum (2003). *Towards Sustainable Aviation*. London: Earthscan Publications.

WALKER, Steve; COOK, Matthew (2009). The Contested Concept of Sustainable Aviation. *Sustainable Development*, 17, 378-390.

ZACHARY, Daniel; GERVAIS, Jessica; LEOPOLD, Ulrich (2010). Multi-impact optimization to reduce aviation noise and emissions. *Transportation Research Part D*, 15, 82–93.