

Impacto ambiental de la ampliación del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas

Título: Impactos de la ampliación del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas

Autores: Pablo Muñoz, Ecologistas en Acción.

Portada: Andrés Espinosa

Edita: Ecologistas en Acción

Hecho público el: 10 julio 2023

Ecologistas en Acción, C/ Peñuelas 12, 28005 Madrid
Tel. 915 312 739 www.ecologistasenaccion.org
aviacion@ecologistasenaccion.org

Este informe se puede consultar y descargar en: <https://www.ecologistasenaccion.org/295504>

El presente informe ha sido elaborado por Ecologistas en Acción tomando como base los datos técnicos aportados por *Ricardo Energy & Environment*.

Ecologistas en Acción agradece a *Transport & Environment* su apoyo económico para la edición de este informe.

Ecologistas en Acción agradece la reproducción y divulgación de los contenidos de esta publicación siempre que se cite la fuente.



creative commons

Esta publicación está bajo una licencia Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 3.0 España de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/>

Índice

Resumen ejecutivo, [4](#)

Executive summary, [6](#)

Introducción, [8](#)

Metodología empleada, [12](#)

- ▶ Caracterización del tráfico actual y futuro, [12](#)
- ▶ Desarrollo de escenarios de demanda de pasajeros, [13](#)
- ▶ Estimación de ciclos LTO para cada escenario de demanda, [15](#)
- ▶ Estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos, [16](#)
- ▶ Limitaciones, [20](#)

Resultados, [22](#)

- ▶ Descripción de la demanda actual y estimación de demanda futura, [22](#)
- ▶ Construcción de los escenarios y proyección de ciclos LTO, [28](#)
- ▶ Estimación de emisiones actuales y futuras de CO₂, NO_x y PM, [34](#)

Conclusiones, [44](#)

Recomendaciones, [47](#)

Referencias, [49](#)

Resumen ejecutivo

El presente estudio tiene como objetivo **analizar el impacto de los proyectos de ampliación de la capacidad operativa del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas en las emisiones de carbono (CO₂) y las emisiones de contaminantes atmosféricos (óxidos de nitrógeno y partículas en suspensión)** asociadas a la actividad de la infraestructura. El Plan Director del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas 2017-2026 incluye un programa de obras para aumentar la actual capacidad de gestión de operaciones del aeropuerto (70 millones de pasajeros/año) y poder transportar un total de 80 millones de personas. Se espera que el aumento de la capacidad conduzca a un incremento en la cantidad de operaciones y, por lo tanto, a una mayor emisión de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos.

El estudio realizado persigue identificar y evaluar el efecto de las obras de ampliación en la demanda y las emisiones de gases contaminantes en el año 2030. Para ello, se ha empleado una metodología dividida en cuatro etapas: 1) Caracterización del tráfico actual y futuro; 2) desarrollo de tres escenarios de demanda de pasajeros para 2030 (crecimiento natural del aeropuerto sin ampliación, crecimiento con ampliación y demanda moderada, y crecimiento con ampliación y alta demanda); 3) estimación de ciclos LTO¹ para cada escenario; 4) estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂) y contaminantes atmosféricos adicionales (PM y NO_x) en cada escenario.

El escenario de crecimiento natural en 2030 muestra una demanda esperada de **68,3 millones de pasajeros** anuales, mientras que en el tercer escenario la demanda alcanza su techo en la capacidad máxima del aeropuerto, correspondiente a **80 millones de pasajeros** anuales. El segundo escenario implica una tasa de crecimiento intermedia, en que la demanda del aeropuerto alcanzaría en el año 2030 los **74,7 millones** de pasajeros anuales. Siguiendo la tendencia de la última década, las proyecciones realizadas contemplan una **disminución progresiva en el peso relativo de los vuelos de corta distancia y un aumento en los correspondientes a operaciones de media y larga distancia**, con diferentes intensidades para los dos escenarios que contemplan la ampliación.

La Tabla 1: Resumen del volumen de emisiones (en toneladas) y variación por escenario resume los volúmenes esperados de los diferentes contaminantes por cada escenario en 2030, así como su variación respecto del año 2019.

Se observa cómo el crecimiento de las emisiones para todos los escenarios llevaría a las emisiones de NO_x entre un 20,74% y un 30,12% por encima de los niveles prepandémicos (año 2019), a las emisiones de PM entre un 22,38% y un 30,48% superiores a las del mencionado año, y a las emisiones de CO₂ totales (LTO + fase crucero), entre un 20,60% y un 34,96% por encima de los niveles de 2019.

Por otro lado, si tratamos de aislar el efecto de la ampliación sobre el crecimiento natural (sin aquella) del aeropuerto, vemos cómo el incremento oscila entre un 9% y un 12% para el escenario de crecimiento moderado al 2030, dependiendo del tipo de emisión. Mientras que en el caso del escenario de crecimiento alto, las emisiones adicionales se

¹ Landing and take-off operations, es decir, operaciones de aterrizaje y despegue.

encuentran entre 16% y 26% por encima del crecimiento natural al 2030, dependiendo del tipo de emisión.

■ **Tabla 1: Resumen del volumen de emisiones (en toneladas) y variación por escenario**

Emisiones	2019	2030 crecimiento natural	Variación sobre 2019 (%)	2030 - Demanda moderada	Variación sobre 2019 (%)	2030 - Alta demanda	Variación sobre 2019 (%)
NO _x	2.939	3.239	10,21	3.549	20,76	3.825	30,15
PM	17,51	19,66	12,29	21,42	22,38	22,84	30,48
CO ₂	7.216.578	7.789.915	7,94	8.703.492	20,60	9.739.779	34,96

Fuente: elaboración propia.

Executive summary

The aim of this study is to analyse the impact on carbon emissions and atmospheric pollutants (nitrogen dioxides and particulate matter) of the plans to increase the operational capacity of Adolfo Suárez Madrid-Barajas airport. The Adolfo Suárez Madrid-Barajas Airport Master Plan 2017-2026 includes different proposals to increase the airport's current operational capacity (70 million passengers/year) allowing for a total of 80 million passengers per year. The increase in capacity is expected to lead to an increase in the number of operations and, therefore, to higher emissions of greenhouse gases and air pollutants.

The study aims to identify and evaluate the effect of the expansion works on demand, and then on pollutant gas emissions in 2030. To this end, a methodology divided into four stages has been used: 1) Characterisation of current and future traffic; 2) development of three passenger demand scenarios for 2030 (natural growth of the airport without expansion, growth with expansion and moderate demand, and growth with expansion and high demand); 3) estimation of LTO (landing and take-off operations) cycles for each scenario; 4) estimation of greenhouse gas emissions (CO₂) and additional atmospheric pollutants (PM and NO_x) in each scenario.

The natural growth scenario in 2030 shows an expected demand of **68.3 million passengers**, while in the third scenario demand peaks at the airport's maximum capacity of **80 million passengers**. The second scenario implies an intermediate growth rate, with the airport's demand reaching **74.7 million passengers** in 2030. Following the trend of the last decade, the projections made consider a progressive decrease in the relative weight of short-haul flights and an increase in those corresponding to medium and long-haul operations, with different intensities for the two scenarios that analyse the expansion of the airport.

Table 1 summarises the expected volumes of the different pollutants for each scenario in 2030, as well as their variation compared to 2019.

Table 1: Summary of emission volumes (in tonnes) and change by scenario

Emissions	2019	2030 natural growth	Variation on 2019 (%)	2030 - Moderate demand	Variation on 2019 (%)	2030 - High demand	Variation on 2019 (%)
NO _x	2.939	3.239	10,21	3.549	20,76	3.825	30,15
PM	17,51	19,66	12,29	21,42	22,38	22,84	30,48
CO ₂	7.216.578	7.789.915	7,94	8.703.492	20,60	9.739.779	34,96

The growth in emissions for each of the scenarios would lead to NO_x emissions between 20.74% and 30.12% above pre-pandemic levels (2019), PM emissions between 22.38% and 30.48% higher, and total CO₂ emissions (LTO + cruise phase) between 20.60% and 34.96% higher.

On the other hand, if we isolate the effect of the expansion on the natural growth of the airport, the increase ranges between 9% and 12% for the moderate growth scenario to 2030, depending on the type of emission. Finally, in the case of the high growth scenario, the additional emissions are between 16% and 26% above the natural growth in 2030, depending on the emission type.

Introducción

El presente informe tiene como objetivo analizar el impacto de las intervenciones previstas para la ampliación de la capacidad operativa del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas en las emisiones tanto de dióxido de carbono (CO₂) como de óxidos de nitrógeno y partículas en suspensión (NO_x y PM). En el contexto de crisis climática y energética en el que nos encontramos, y habida cuenta de los ambiciosos objetivos de reducción de emisiones que nos hemos marcado en los ámbitos estatal e internacional, resulta fundamental evaluar los potenciales impactos de proyectos de gran envergadura como este. En particular, en el marco del presente estudio se realizará un cálculo del aumento de las emisiones asociadas al incremento en el tráfico aéreo que se espera como resultado de la ampliación de las instalaciones del aeropuerto, junto con la participación relativa de distintos tipos de rutas y modelos de aeronaves.

Durante los últimos años, el sector de la aviación ha experimentado un rápido y continuo crecimiento, con excepción del parón provocado por la pandemia de Covid-19 en 2020. **Entre 2013 y 2019, el número de operaciones comerciales de pasajeros en España aumentó un 33%** (ICCT, 2020), muy por encima del promedio de la UE (19%) y de los niveles de países como el Reino Unido (11%), Alemania (10%) o Francia (6%).

Y se espera que el tráfico aéreo siga creciendo en los próximos años: las estimaciones más recientes de la Organización de Aviación Civil Internacional (ICAO, en sus siglas en inglés) sugieren que la demanda de transporte aéreo continuará aumentando en un promedio de aproximadamente el 3% anual en los próximos 20 años (ICAO, 2023).

El mencionado crecimiento exponencial en el número de vuelos ha sido la causa de los acusados incrementos en los impactos del transporte aéreo. En efecto, **si nos centramos en las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al transporte aéreo en España, en el periodo entre 2013 y 2019 aquellas aumentaron un 45%**. Un dato muy preocupante teniendo en cuenta que esa cifra incluye las mejoras registradas en la intensidad de carbono por pasajero/kilómetro, que se redujo un 12%. Pero estas cifras no son exclusivas de España: en 2019 se registraron cifras récord de emisiones de CO₂ para los vuelos con origen en aeropuertos situados en la Unión Europea de los 27 y el EFTA (en inglés, European Free Trade Association), con incrementos del 34% respecto de 2005 (ICCT, 2020).

Madrid-Barajas es el cuarto aeropuerto con mayor generación de CO₂ de la UE27, sólo superado por París-Charles de Gaulle, Frankfurt y Ámsterdam-Schiphol (T&E, 2021). En términos globales, los 20 aeropuertos con mayores emisiones de carbono produjeron más de una cuarta parte de todas las emisiones de la aviación comercial y los 100 aeropuertos más emisores fueron responsables del 64% de las emisiones totales del sector, con 495 millones de toneladas de CO₂ (T&E, 2021).

Sin embargo, pese al aumento en los impactos del transporte aéreo, existe en el ámbito global una clara tendencia a la construcción y/o ampliación de aeropuertos. En 2019, estaban en marcha 423 proyectos de construcción de nuevos aeropuertos, de los cuales

58 se ubican en Europa. Entre 2000 y 2016 se construyeron nuevas pistas en 55 de los 150 aeropuertos con mayor número de operaciones del mundo (Stay Grounded, 2022).

En lo que respecta al Estado español, se han anunciado una serie de proyectos de ampliación aeroportuaria de gran envergadura que tienen como objetivo principal ampliar la capacidad de las infraestructuras al tiempo que se aumenta la oferta de vuelos y, con ello, la demanda proyectada para los próximos años.

Uno de los proyectos clave en la estrategia del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA) es el previsto para el aeropuerto Adolfo Suárez – Madrid/Barajas, contemplado en la documentación existente del Plan Director 2017-2026 presentado por el mencionado ministerio. **El objetivo principal de este plan es que el aeropuerto madrileño alcance una capacidad de 80 millones de pasajeros anuales**, partiendo de los 70 millones de la actualidad.

De forma paralela, el gestor aeroportuario Aena ha puesto en marcha el desarrollo de la denominada “Madrid City Airport”. Este proyecto contempla la **urbanización de 323 hectáreas de terrenos del recinto aeroportuario para la construcción de 2,1 millones de metros cuadrados de instalaciones** para usos logísticos, aeronáuticos y de servicios para los pasajeros. Esta megaoperación contribuiría de manera directa e indirecta a aumentar el número de vuelos – especialmente de transporte de mercancías– con origen y/o destino en el aeropuerto.

También es preciso mencionar, como herramienta clave para poder aumentar la capacidad de gestión de vuelos del aeropuerto, la puesta en marcha en febrero de 2023 del proyecto AMBAR, cuyo objetivo es el “rediseño de las maniobras de entrada y salida del aeropuerto Adolfo Suárez – Madrid Barajas, optimizando las actuales maniobras de llegada y salida del aeropuerto, mediante su modernización y adaptación a las especificaciones de navegación de área (RNAV) basada en prestaciones PBN (en inglés, Performance-Based Navigation)”. Gracias a la nueva operativa, el aeropuerto podrá gestionar un mayor número de operaciones en el mismo espacio y tiempo.

La ampliación de Barajas es justificada por el MITMA en el incremento sostenido del tráfico de pasajeros en los años anteriores y en las transformaciones en el tipo de demanda y en el tamaño de la flota del aeropuerto. De acuerdo con los propios comunicados del ministerio, la cuota de pasajero internacional había aumentado del 56% al 72% en el intervalo 2007-2017 y la flota de aeronaves de gran tamaño se había duplicado en el mismo período de tiempo (Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana, 2018).

Este cambio de perfil en la demanda reclamaba, en opinión del MITMA, obras específicas que priorizaran las operaciones intercontinentales. De ahí que el **Plan Director 2017-2026** contemplase como central la **ampliación del edificio de la Terminal T4S (Terminal Satélite) y la creación de nuevos estacionamientos para aeronaves wide body (de fuselaje ancho) para vuelos intercontinentales**. La intención de la propuesta es reforzar la condición de Barajas como un *hub* de conexiones internacionales y su rol como la principal puerta de conexión aérea entre Europa y América Latina.

Otros acontecimientos en el sector aéreo confirman esta tendencia. Entre ellos cabe mencionar la fusión de Iberia y Air Europa, los principales proveedores de conexiones aéreas en el tráfico doméstico, así como entre Madrid y una variedad de destinos latinoamericanos.

Lo anterior, por otro lado, se yuxtapone a los **movimientos de la Unión Europea en el plano regulatorio para, eventualmente, reducir los vuelos de corta distancia**, especialmente en aquellas rutas para las que existan alternativas ferroviarias. El ejemplo más claro de ello es Francia, donde en mayo de 2023 entró en vigor, tras un extenso trámite de revisión por la Comisión Europea, la prohibición de los vuelos de corta distancia con alternativa ferroviaria de hasta dos horas y media. Dadas las condiciones impuestas, la medida por el momento sólo afecta a tres rutas, las conexiones de Paris-Orly con Bordeaux, Nantes y Lyon (Politico.eu, 2022). Otras tres rutas podrían sumarse si se mejorasen los servicios alternativos de tren ofrecidos. Sin embargo, pese a su limitada afectación, es un primer antecedente de este tipo de política en la región.

En España, si bien por el momento no existe una regulación similar, se advierte un creciente apoyo social y político a este tipo de medidas. Así quedó demostrado en el proceso de tramitación -cancelado a raíz del adelanto de las elecciones generales- de la Ley de Movilidad Sostenible, en el marco del cual diferentes grupos parlamentarios se posicionaron a favor de una medida de eliminación de vuelos cortos con alternativa ferroviaria de hasta cuatro horas.

El análisis de estas tendencias resulta extremadamente relevante para pensar los escenarios futuros del sector aéreo y, concretamente, de la evolución en el tráfico y las operaciones del aeropuerto de Madrid-Barajas. Por ejemplo, si esta u otras medidas de reducción de los vuelos de corta distancia ven la luz, **se liberarán slots operativos que podrían ser cubiertos por vuelos de media y larga distancia, mucho más lucrativos para las aerolíneas**. Este hecho contribuiría a acentuar el nuevo perfil del aeropuerto en línea con la propuesta de intervenciones del mencionado Plan Director. Otras posibles actuaciones regulatorias como impuestos especiales al carbono o penalización para viajeros frecuentes, que aún no están vigentes pero podrían implementarse en el futuro, reforzarían esta tendencia.

Todo lo anterior resulta de enorme importancia en la medida en que **cualquier aumento o cambio del tipo de aeronaves y tráfico del aeropuerto tiene un impacto asociado**. Cabe recordar que en 2020 el 75,1% de las emisiones del transporte aéreo de la UE correspondían a los vuelos de media y larga distancia, a pesar de que estas operaciones representaban tan solo el 25,8% del total (EUROCONTROL, 2021). Por tanto, **un aumento significativo del número de operaciones de medio y largo radio puede entrañar un crecimiento exponencial de las emisiones** de uno de los aeropuertos más contaminantes de la UE como es el Adolfo Suárez Madrid-Barajas.

En estos momentos, el sector transporte es el mayor emisor de CO₂ del Estado español con un 29,6% del total. Por su parte, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima establece un objetivo de reducción de las emisiones del sector en un 43% para 2030. Igualmente, la revisión de la Directiva de Calidad del Aire, actualmente en curso, previsiblemente se traducirá en la adopción de unos umbrales más restrictivos en cuanto a límites de contaminantes atmosféricos que cumplir en entornos urbanos, siendo los municipios cercanos a los grandes aeropuertos algunos de los más castigados por la mala calidad del aire.

Por todo ello, a través de este estudio se pretende arrojar luz sobre los potenciales impactos y afecciones en términos de emisiones de unos **proyectos de ampliación del aeropuerto de Barajas sobre los que ni el MITMA ni el gestor aeroportuario Aena han aportado ningún dato, análisis ni estudio**. Por ello, en Ecologistas en Acción hemos

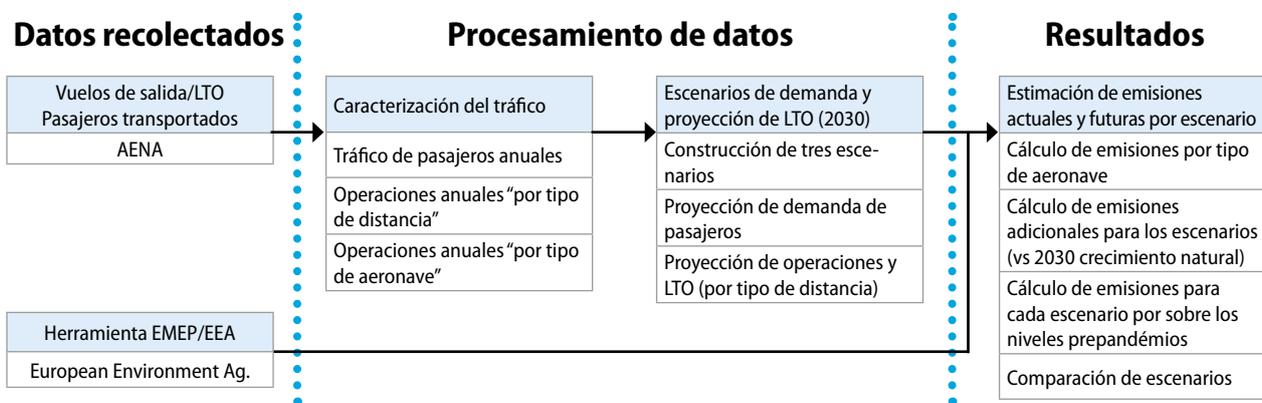
decidido abordar la cuestión con el objetivo de, por un lado, disponer de un diagnóstico previo como base previa a cualquier toma de decisiones. Y, por otro, contribuir a un debate social amplio sobre la pertinencia de poner en marcha intervenciones como esta, de enorme coste social, económico y ambiental.

Metodología empleada

Para la elaboración del presente estudio se ha desarrollado una metodología dividida en cuatro fases: caracterización del tráfico actual y futuro; desarrollo de escenarios de demanda a futuro; estimación de ciclos LTO para cada escenario; y cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos.

El conjunto de los trabajos realizados aparece representado gráficamente en el diagrama 1.

■ Diagrama 1: Pasos incluidos en la metodología de este estudio



Fuente: elaboración propia

A continuación se explica pormenorizadamente la metodología de cada una de las fases incluidas en el estudio.

Caracterización del tráfico actual y futuro

El objetivo de la tarea 1 era la caracterización del tráfico actual y futuro en el aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas. Para llevar a cabo esta tarea, **se han tomado en consideración los siguientes factores de ponderación: rutas, tipo de aviones utilizados y combustibles utilizados.** Estos factores han sido analizados de la siguiente manera:

- ▶ **Rutas:** se han clasificado en corta distancia (<1500 km), media distancia (entre 1500 y 4000 km) y larga distancia (>4000 km). Para categorizar las rutas se identificaron las distancias en un recorrido geodésico entre el aeropuerto de Barajas y los aeropuertos de destino asociados. Las rutas fueron obtenidas de la base de datos "Operaciones O/D" de la página web de consultas estadísticas personalizadas de AENA.
- ▶ **Tipo de aviones utilizados:** las bases de datos de AENA permiten identificar el modelo de avión utilizado en cada par Origen-Destino. Esta información fue utili-

zada posteriormente para conocer los kilómetros típicos volados por cada modelo de avión para cada tipo de ruta (corta, media y larga distancia), y, en función de ello, asociar un factor de emisión y de eficiencia, así como el nivel de generación de emisiones a cada tipo de avión (tarea 4).

- ▶ **Combustibles utilizados:** se ha considerado el perfil de uso de combustibles actual y las proyecciones de uso de estos y otros nuevos combustibles en los próximos años. La proyección ha tenido en cuenta el contenido mínimo de combustibles sostenibles de aviación (SAF, en sus siglas en inglés) estipulado en el reglamento europeo ReFuelEU para el año 2030.

Los datos utilizados fueron en su totalidad extraídos de la página web de AENA, de la sección “Estadísticas del tráfico aéreo” (AENA, 2023). Las bases de datos utilizadas son las de Operaciones, Pasajeros y Origen-Destino, contemplando desde el año 2013 al 2022 (años cerrados).

Para comprender cuál sería la evolución de la demanda de pasajeros para el año 2030 en un escenario que denominamos de crecimiento natural (es decir, en ausencia de cualquier intervención que modifique la capacidad del aeropuerto) se tomó como referencia de base el crecimiento interanual proyectado por EUROCONTROL en su documento *Forecast Update 2022-2028* (EUROCONTROL, 2022). En este sentido, se realizó una proyección de las cifras de crecimiento anual previstas por este organismo para la aviación de la España continental al aeropuerto de Madrid-Barajas, realizando un promedio de las expectativas máxima y mínima planteadas por el pronóstico, y se llegó así a la cantidad estimada de pasajeros que se esperan para 2030.

Desarrollo de escenarios de demanda de pasajeros

Esta fase tenía como objetivo principal desarrollar tres escenarios de demanda de pasajeros, según diferentes niveles de crecimiento y por tipo de rutas, en el período de 2023 hasta 2030 (año horizonte para la estimación de impactos de emisiones). **Los tres escenarios de demanda incluyen un escenario de crecimiento natural (sin ampliación) y dos escenarios que tienen en cuenta el tráfico adicional derivado de la ampliación de capacidad.** Estos escenarios asumen un efecto de demanda inducida, como resultado de la mayor capacidad disponible y la posibilidad de ampliar los *slots* operativos.

Para el desarrollo de los escenarios hemos partido de los resultados de la tarea 1 sobre estimación de crecimiento natural de la demanda hasta 2030 sin ampliación del aeropuerto. Para poder realizar una proyección de cómo este crecimiento de los pasajeros se podría traducir en crecimiento de operaciones hemos analizado la forma en que el reparto de rutas de corta, media y larga distancia evolucionó a lo largo del periodo comprendido entre 2013 y 2019². Al observar una tendencia notoria de crecimiento de la

2 En el análisis, identificamos que al incorporar los años 2020 y 2021 en la estimación de la tendencia de evolución del reparto (es decir, la velocidad con que el porcentaje para cada distancia crece o disminuye) se estaba distorsionando la estimación. Esto responde a que 2020 y 2021 son años muy atípicos que introducen un salto distorsivo en el reparto y alteran las pendientes de la curva que se desarrollaban hasta el 2019. Para evitar dicha distorsión y captar de una forma más realista la tendencia en el crecimiento de cada tipo de ruta, consideramos la evolución desde los años 2013 a

participación de rutas medias y largas, y de decrecimiento de las rutas de corta distancia, hemos decidido proyectar esta tendencia del reparto a 2030. Para ello, hemos realizado un cálculo del promedio anual de crecimiento, en base al promedio acumulativo. La operación nos permitió estimar cómo se distribuiría la demanda de pasajeros antes pronosticada entre los diferentes tipos de ruta. Estimamos también un dato requerido por las subsiguientes tareas: cómo se distribuyen las operaciones entre los distintos tipos de ruta, junto con una estimación de la ratio pasajeros/ocupación para cada tipo de ruta³.

Los escenarios construidos con el propósito de plantear hipótesis sobre los posibles efectos de la ampliación del aeropuerto sobre la demanda buscaban dar respuesta a tres supuestos: 1) qué pasaría en el caso de que no hubiese ningún proyecto de ampliación y el aeropuerto creciese (o decreciese) a su tasa natural; 2) qué pasaría en el supuesto de que la ampliación se llevase a cabo y como resultado de la misma la demanda creciese de forma moderada⁴; 3) qué pasaría en el supuesto de que la ampliación se realizase y como resultado de la misma la demanda creciese de forma elevada, hasta alcanzar su techo en la capacidad máxima del aeropuerto.

El primer escenario de crecimiento natural coincide con la proyección de la demanda 2030 hecha en la tarea 1 y previamente explicada. **En el tercer escenario la demanda se aproxima a la capacidad máxima del aeropuerto y, una vez alcanzada, se mantiene en este nivel. El segundo escenario implica una tasa de crecimiento de pasajeros intermedia entre el nivel del escenario de crecimiento natural y el escenario de ampliación con crecimiento alto y techo en la capacidad de las instalaciones.**

Como señalamos en la introducción, uno de los objetivos principales de la ampliación prevista del aeropuerto es acentuar el perfil de Barajas como *hub* internacional, para lo cual resulta necesario facilitar la operación de las aeronaves *wide body*. El fortalecimiento de Madrid-Barajas como un *hub*, recibiendo vuelos intercontinentales y transoceánicos (larga distancia) y distribuyendo flujo de pasajeros en otros vuelos continentales y cubriendo el área mediterránea (media distancia), y viceversa, hace esperar un cambio de perfil del aeropuerto. En consecuencia, es de esperar que se modifique el reparto de los tipos de ruta.

Por lo tanto, siguiendo la tendencia de caída de la participación de las rutas de corta distancia, hemos planteado una intensificación de esta tendencia para los escenarios con ampliación del aeropuerto. Dentro de esos escenarios, el crecimiento adicional captura relativamente mayor cantidad de vuelos de media y larga distancia. Es decir, el escenario 3 con ampliación y alto crecimiento de la demanda muestra una mayor participación de este tipo de rutas que el escenario 2 con ampliación y crecimiento moderado, como se puede constatar en el apartado de resultados.

2019. Los años de pandemia no son representativos porque la cantidad de operaciones es mucho menor. Adicionalmente, es conocido que en ese período los aviones del tipo *wide-body* de pasajeros fueron empleados para operaciones de carga, para dar utilidad a una capacidad ociosa, entre otras anomalías del período.

- 3 Como tasa de ocupación típica para la estimación se tomó la ratio pasajeros/operaciones según tipo de ruta correspondiente al 2019, último año prepandémico.
- 4 En este supuesto, así como en el siguiente, el crecimiento adicional de la demanda con respecto al escenario 2030 de crecimiento natural se observaría a partir del año 2027, cuando está previsto que las obras empiecen, gradualmente, a ser inauguradas.

Estimación de ciclos LTO para cada escenario de demanda

El objetivo de la tarea 3 era **estimar el número de operaciones de despegue y aterrizaje, o ciclos LTO, en cada uno de los escenarios de demanda descritos** en la fase anterior y en función de los factores de ponderación considerados en la tarea 1, principalmente en cuanto a la participación de cada modelo de avión según el tipo de rutas.

Los aviones viajan grandes distancias a diferentes altitudes. Por tanto, se puede considerar que la generación de emisiones que se produce durante estos desplazamientos puede tener un impacto en la calidad del aire tanto en el ámbito local, como en el regional e incluso global. Sin embargo, las principales emisiones están asociadas a los ciclos LTO (en inglés, *landing and take-off operations*) que se producen en el entorno del aeropuerto de origen y/o destino, y las cuales conllevan un mayor consumo de combustible en función de la distancia recorrida.

El ciclo LTO incluye las operaciones de aterrizaje y despegue de los aviones, y cubre cuatro modos de operación del motor de una aeronave, según la definición establecida por ICAO. Estos modos de operación del motor incluyen el rodaje (*taxi-in, taxi-out*), la aproximación, el ascenso y el despegue, y cada uno de ellos está asociado con un ajuste específico de empuje del motor. ICAO establece en 26 minutos el tiempo promedio que una aeronave pasa en un ciclo típico de LTO. El cálculo de número de ciclos LTO se basa en los datos disponibles respecto al número de operaciones que se llevan a cabo en el aeropuerto objeto del estudio. Los ciclos LTO, en la medida en que incluyen un despegue y un aterrizaje, se pueden computar dividiendo el total de operaciones del aeropuerto por dos. El número de ciclos LTO es, por tanto, coincidente con el número de vuelos de salida, dato que se emplea para el cálculo de emisiones⁵.

Para poder avanzar en la estimación de emisiones y contaminación atmosférica de la tarea número 4 era necesario conocer cómo se reparten los distintos modelos de aeronaves entre cada tipo de ruta (corta, media y larga distancia) para cada uno de los escenarios futuros construidos. Para ello se ha revisado qué tipo de aeronave se utilizó en cada vuelo del año 2022 y, a partir de ahí, se ha atribuido a cada modelo un porcentaje susceptible de variar en cada uno de los escenarios de demanda en función de la tendencia de crecimiento o decrecimiento de los vuelos de corta, media y larga distancia proyectada en la tarea 2. Por ejemplo, si el tipo de aeronave A tiene una participación relativa más pronunciada en rutas de larga distancia, su participación se estimará relativamente más significativa en aquellos escenarios en que las rutas de larga distancia tengan un porcentaje mayor.

La elección del año 2022 como base para el análisis se justifica en que este año es teóricamente el “tecnológicamente más cercano” a las expectativas de composición de la flota del 2030. Es probable que en los próximos años aparezcan en el mercado nuevos modelos de aeronaves cuya participación y características de desempeño no son hoy

5 Salvo excepciones, la cantidad de vuelos de salida y vuelos de llegada son coincidentes. En el año 2022, por ejemplo, se observaron 175.952 vuelos de llegada y 175.954 vuelos de salida. Es decir, una diferencia de 2 vuelos, correspondiente al 0,000037% de la muestra. Esta cifra se encuentra dentro del margen de error de la estadística. Esto significa que es razonable asumir que la cantidad de ciclos LTO es coincidente con el número de vuelos de salida o con el número de operaciones totales dividido por dos.

anticipables. No obstante, lo que sí sabemos es que una gran parte de los modelos de aeronaves del presente seguirán operativos dentro de 7 años, aun después de ser discontinuados en producción⁶. Adicionalmente, la existencia de “familias de aeronaves” conduce a que modelos posteriores en el interior de una familia tengan características similares a los modelos previos en ese grupo. Por todos estos motivos, hemos mantenido el supuesto de que la flota en el 2030 sería una variación de la composición de la flota en el 2022 sujeta a la participación relativa de cada tipo de aeronave en cada uno de los tipos de ruta.

De esta forma, se ha calculado la cantidad de ciclos LTO o vuelos de salida hipotéticos que cada tipo de aeronave realizaría en cada escenario en función del crecimiento de operaciones totales y de la variación del reparto de tipo de ruta en los escenarios.

Estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos

El objetivo de la tarea 4 es el cálculo de las emisiones adicionales potenciales que pueden resultar de la ampliación de la capacidad del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas. Concretamente, en el marco de este estudio se han calculado para cada uno de los escenarios de demanda descritos en la tarea 2 las **emisiones de dióxido de carbono (CO₂) como gas de efecto invernadero (GEI), así como de óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas en suspensión (PM) en tanto que contaminantes atmosféricos**. Además, se han calculado igualmente las emisiones generadas por el aeropuerto en 2019 con el objetivo de disponer de una línea de base representativa con la que poder comparar las emisiones estimadas en 2030 (año horizonte) por cada uno de los escenarios de crecimiento.

La metodología de cálculo se basa en el método EMEP/EEA (EMEP/EEA, 2019), que constituye el método estándar de cálculo de emisiones en la Unión Europea. Este método incluye una calculadora de emisiones⁷ de GEI y contaminación atmosférica según aeropuerto y tipo de aeronave. La calculadora ha sido empleada para ofrecer un cálculo detallado de emisiones de ciclos LTO adicionales resultantes de la ampliación del aeropuerto. Así, para el cálculo de emisiones se han seguido los siguientes pasos:

- ▶ **Estimación de las emisiones para cada tipo de motor de avión y tipo de combustible utilizado por ciclo LTO y para la fase crucero.**
 - ▶ Caracterización de flota de aviones: cada avión de la base de datos de Operaciones de Origen y Destino de Barajas se asoció con el identificador correspondiente usado por la herramienta EMEP/EEA. Esta herramienta no contiene todos los aviones que forman parte de la muestra de estudio, por lo que para los casos en que el avión a modelar no estaba incluido en la herramienta se definió un factor de ajuste que se ha utilizado posteriormente

6 Un rastreo retrospectivo de la variación de la flota entre 2015 y 2022 (manteniendo la distancia de 7 años entre un año y el otro), confirma en gran medida nuestra hipótesis: de los 20 modelos de aeronaves más utilizadas en el 2022, concentrando más del 90% de las operaciones de Barajas, hay 14 modelos de avión que ya eran estaban entre las 20 más utilizadas en el año 2015.

7 Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-a-aviation-1-annex5-LTO>

en el cálculo de emisiones. Esta es una práctica común en los estudios de aviación. Para los modelos NEO de Airbus se hizo un ajuste en el factor de emisión, ya que estos motores presentan un ahorro de energía del 15% con respecto a sus equivalentes no NEO.

- ▶ Para hacer la estimación de las emisiones de CO₂ en la fase crucero (CCD-CO₂) se calculó la distancia promedio volada por cada tipo de aeronave en cada tipo de ruta (corta, media y larga) en base a los datos del 2022, el último año cerrado disponible.
- ▶ Recogida de información de la herramienta: para cada tipo de avión y de ruta se recogieron los siguientes datos: kg de CO₂, NO_x y PM por ciclo LTO, y kg de CO₂ en fase crucero por tipo de ruta (larga, media, corta).
- ▶ **Cálculo de las emisiones generadas a partir de los resultados de las emisiones por ciclo LTO para cada tipo de aeronave, considerando el número de ciclos LTO total.**
 - ▶ Formulas empleadas:
 - LTO-NO_x, para cada tipo de aeronave: ciclos LTO* factor de emisión* factor de eficiencia.
 - LTO-PM, para cada tipo de aeronave: ciclos LTO* factor de emisión* factor de eficiencia.
 - LTO-CO₂, para cada tipo de aeronave: ciclos LTO* factor de emisión* factor de eficiencia* ajuste SAF⁸ solo para escenarios de 2030 (0.95*1+0.05*.16, es decir reducción del 84% de emisiones para el 5% de combustible consumido correspondiente a la penetración de SAF).
 - CCD-CO₂: distancia promedio por tipo de ruta * factor de emisión * cantidad de ciclos LTO * ajuste SAF solo para escenarios de 2030 (0.95*1+0.05*.16, es decir reducción del 84% de emisiones en el 5% de combustible consumido correspondiente a la penetración de SAF).
 - ▶ Ajuste hecho para el uso de combustible sostenible para la aviación (SAF):
 - En revisión de estudios previos se encontró que el uso de SAF está asociado a una reducción del 84% en las emisiones cuando se generan mediante el tratamiento de ésteres y ácidos grasos hidroprocesados a partir de aceite de cocina usado como insumo (ICCT, 2021) (EASA, 2022). La justificación de utilizar como valor de referencia de reducciones el SAF basado en aceite de cocina usado (UCO, por sus siglas en inglés) es que este es el itinerario productivo/materia prima más probable a corto y medio plazo. Se están desarrollando otras materias primas e itinerarios productivos, pero no estarán disponibles, o solo

8 Los Sustainable Aviation Fuels (SAF) o "combustibles de aviación sostenibles" son un tipo de combustible producido a partir de diferentes materias primas de origen no fósil. Estos combustibles están diseñados para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes de la aviación. Los SAF se producen a partir de una variedad de fuentes renovables, como aceites vegetales, grasas animales, residuos agrícolas y forestales, e incluso gases provenientes de residuos. Estos materiales se someten a un proceso de refinado que produce un combustible que se puede mezclar con combustibles convencionales para su uso en motores de aviación.

en cantidades muy limitadas, para entonces. Adicionalmente, teóricamente el UCO no tiene emisiones indirectas derivadas de los cambios indirectos en el uso de la tierra para producir SAF. Por todo ello, y principalmente por ser el itinerario productivo/insumo más probable en el corto y medio plazo, se ha considerado un valor de referencia adecuado para realizar un ejercicio de estimación de reducción de emisiones lo más optimista posible.

- Además, se asumió que para 2030 el 5% del combustible usado será SAF. Esta cifra se ha tomado en base a la propuesta inicial de la Comisión Europea de alcanzar un volumen de combustibles sostenibles para la aviación del 5% para el año 2030, tal como se expone en la propuesta ReFuelEU⁹ (ICCT, 2022).
 - Se sabe que el uso de combustible SAF no reduce las emisiones de contaminantes atmosféricos, por lo que tan solo se ajustaron los valores de emisiones para el cálculo de emisiones CO₂ en los escenarios de 2030.
 - ▶ El proceso se repitió para cada uno de los escenarios.
- ▶ **Sumatorio de las emisiones totales resultantes de la ampliación de capacidad del aeropuerto para cada contaminante analizado (CO₂, NO_x y PM).**
- ▶ Cálculo de las emisiones totales por escenario y tipo de ruta.
 - ▶ Cálculo del incremento de las emisiones comparando el escenario base de 2030 (crecimiento natural) con cada uno de los escenarios de ampliación del aeropuerto (moderado y alto).
 - ▶ Cálculo del incremento de emisiones en los tres escenarios en 2030 respecto del año 2019 como línea de base de emisiones en el nivel prepandémico de referencia.

9 El 23 de abril de 2023, una vez que el modelado de este estudio ya había concluido, la Comisión Europea comunicó el acuerdo al que habían llegado con el Parlamento y el Consejo Europeo para el texto definitivo de la legislación ReFuelEU. Tal como propuso el Parlamento Europeo, secundado por el Consejo, el mandato de uso de SAF para la aviación europea fue elevado a 6% partiendo del 5% propuesto por la Comisión Europea (ver [New law agreed to cut aviation emissions \(europa.eu\)](#)). No obstante, la cifra está muy por encima de las expectativas de la industria, como se puede comprobar en algunas de las respuestas de stakeholders a la iniciativa (aquí: Sustainable aviation fuels – ReFuelEU Aviation (europa.eu)). La decisión metodológica de asumir el 5% como la hipótesis de penetración para el 2023, tal como sugirió inicialmente la Comisión Europea, obedece a la necesidad de introducir supuestos realistas que orienten a la investigación en un horizonte de viabilidad técnica y comercial.

Nota sobre los gases objeto de estudio

NO_x (óxidos de nitrógeno)

NO_x es un término que se utiliza para describir la familia de compuestos químicos compuestos por óxido de nitrógeno (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂). Estos compuestos se producen principalmente por la combustión de combustibles fósiles en vehículos motorizados, entre ellos los aviones. El NO₂ interviene en diversas reacciones químicas que tienen lugar en la atmósfera, dando lugar tanto a la producción de ozono troposférico como de partículas en suspensión secundarias menores de 2,5 micras (PM_{2,5}), las más dañinas para la salud (ECOLOGISTAS EN ACCIÓN, 2022)

Los óxidos de nitrógeno son en general muy reactivos y al inhalarse afectan al tracto respiratorio. El NO₂ afecta a los tramos más profundos de los pulmones, inhibiendo algunas funciones de los mismos, como la respuesta inmunológica, produciendo una merma de la resistencia a las infecciones. Los niños y asmáticos son los más afectados por exposición a concentraciones agudas de NO₂. Asimismo, la exposición crónica a bajas concentraciones de NO₂ se ha asociado con un incremento en las enfermedades respiratorias crónicas, el envejecimiento prematuro del pulmón y con la disminución de su capacidad funcional.

Además de los impactos en la salud, las emisiones de NO_x contribuyen adicionalmente al cambio climático al aumentar la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

PM (material particulado, por sus siglas en inglés)

El término “partículas en suspensión” abarca un amplio espectro de sustancias orgánicas o inorgánicas, dispersas en el aire, procedentes de fuentes naturales (como el polvo procedente del desierto del Sahara) y artificiales. La combustión de carburantes fósiles generada por los vehículos o las aeronaves puede producir diversos tipos de partículas: partículas grandes, por la liberación de materiales mal quemados (cenizas volátiles), partículas finas, formadas por la condensación de materiales vaporizados durante la combustión, y partículas secundarias, mediante reacciones atmosféricas de contaminantes desprendidos como gases. Hay partículas más nocivas que otras por su toxicidad, dependiendo de cuál sea su composición.

En relación con sus efectos sobre la salud se suelen distinguir: las PM₁₀ (partículas “torácicas” menores de 10 µm que pueden penetrar hasta las vías respiratorias bajas), las PM_{2,5} (partículas “finas” menores de 2,5 µm, que pueden penetrar hasta las zonas de intercambio de gases del pulmón), y las partículas ultrafinas (menores de 100 nm), que pueden llegar al torrente circulatorio. La evidencia científica revela que las partículas PM_{2,5} tienen efectos más severos sobre la salud que las partículas más grandes, PM₁₀.

CO₂

El dióxido de carbono (CO₂) es un gas incoloro, inodoro y no inflamable que se encuentra naturalmente en la atmósfera de la Tierra. Es esencial para la vida en nuestro planeta, ya que las plantas lo utilizan en el proceso de fotosíntesis y los animales lo respiran para producir energía. Sin embargo, las emisiones excesivas de CO₂ son un problema

importante para la salud y el ambiente. El CO₂ es un gas de efecto invernadero, lo que significa que atrapa el calor en la atmósfera y contribuye al calentamiento global. Esto tiene numerosos impactos negativos, incluyendo el aumento del nivel del mar, cambios en los patrones climáticos y la pérdida progresiva de la biodiversidad.

Los efectos de las emisiones de CO₂ tienen un impacto directo en la salud humana. El aumento de las temperaturas aumenta el riesgo de sufrir golpes de calor y deshidratación durante el verano. También puede aumentar la propagación de enfermedades transmitidas por vectores.

Cuando el dióxido de carbono se combina con el agua, puede formar ácido carbónico, lo que incrementa la acidez del agua y afecta a la vida acuática. Además, las emisiones de CO₂ reaccionan con otros compuestos químicos en la atmósfera para formar *smog* y otros contaminantes del aire, lo que está asociado a un impacto negativo en la calidad del aire y la salud humana.

Limitaciones

El presente estudio sigue las directrices marcadas por el EMEP/EEA para el cálculo de emisiones del sector de la aviación. Sin embargo, se encontraron algunas limitaciones metodológicas en su implementación que se explican a continuación:

- ▶ **Aviones militares y privados:** las emisiones asociadas a 13 modelos de avión militares o privados no fueron incluidas en el análisis.
- ▶ **Emparejamiento de modelos de avión:** no todos los modelos que operaron en el marco de la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA) en el 2019 forman parte de la base de datos del EMEP/EEA. Un factor de ajuste que recoge diferencias en la eficiencia de cada modelo fue aplicado para aquellos modelos para los que no hubo coincidencia entre bases de datos. Este es el caso, por ejemplo, de los modelos NEO (*New Engine Option*)¹⁰ que no se encuentran disponibles en la base de datos del EMEP/EEA.
- ▶ **Ajuste en distancias crucero:** para cada modelo de avión y distancia la herramienta EMEP/EEA contiene información sobre emisiones CO₂ totales emitidas durante la fase crucero. Sin embargo, para algunos modelos (31 en total) la distancia media operada supera el límite que modela la herramienta. Para estos casos, se multiplicó el número de kilogramos de combustible quemado por kilómetro evaluado en la distancia máxima permitida en la herramienta por la distancia total del vuelo.
- ▶ **Ajuste SAF:** la reducción de emisiones asociada con el uso de combustible SAF no se corresponde con una reducción directa en las emisiones del vuelo. Por el contrario, el recorte en emisiones se produce a través de la captura de CO₂ durante la producción del biomaterial de origen del combustible. Esta es una limitación general de la literatura del cálculo de emisiones del sector de la aviación, que genera dificultades metodológicas para este estudio que deben ser consideradas. Adicionalmente, hemos asumido que el SAF producido a partir del UCO (HEFA)

¹⁰ Airbus A320 NEO, Airbus A321 NEO, Airbus A330-800 NEO PASSENGER, Airbus A330-900 NEO PASSENGER

está asociado a una reducción del 84% de emisiones de CO₂ tal como establece un estudio del ICCT (ICCT, 2021) y un informe de EASA (EASA, 2022).

Sin embargo, este supuesto de reducción tiene también sus condicionantes relativos al origen del insumo y a posibles variaciones del origen y los itinerarios de producción de aquí a 2030. La mayoría del UCO que se emplea en la aviación europea actualmente se importa desde Asia, donde: a) existen serios problemas de certificación y trazabilidad de la materia prima; b) el insumo es limitado y compite con otros usos, por lo que su utilización para producir combustible de aviación puede suponer que determinadas industrias en los países de origen se vean obligadas a volver a utilizar combustibles fósiles para funcionar; c) las largas distancias cubiertas en transporte de importación podrían comprometer la estimación del ciclo de vida del combustible.

Este se acercaría a su valor teórico si la materia prima se obtuviese en mayor medida localmente¹¹. Que el SAF basado en UCO alcance su máximo potencial para reducir emisiones para el año 2030 dependerá de que gradualmente se avance en garantizar que la producción de la materia prima se haga de forma sostenible, local y bajo adecuadas certificaciones.

11 El estudio citado de la ICCT aclara que los valores de emisiones presentados no reflejan toda la variabilidad de las plantas de producción y las cadenas de suministro asociadas sino que son un promedio general.

Resultados

Descripción de la demanda actual y estimación de demanda futura

La caracterización de la operación y el tráfico del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas se llevó a cabo analizando los datos provenientes de las estadísticas personalizadas de la página web de AENA. Se hizo una caracterización en base a cantidad de pasajeros anuales y operaciones totales (analizándolas por tipo de ruta y aeronave utilizada).

Evolución y proyección de pasajeros

La Tabla 2 muestra la evolución del número de pasajeros del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas en el periodo comprendido entre 2013 y 2022.

■ **Tabla 2: Evolución del número total de pasajeros**

Año	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Total (millones)	39,74	41,83	46,82	50,42	53,40	57,89	61,73	17,11	24,14	50,63
Variación sobre año anterior (%)		5,28	11,93	7,68	5,91	8,41	6,64	-72,28	41,04	109,79

Fuente: AENA

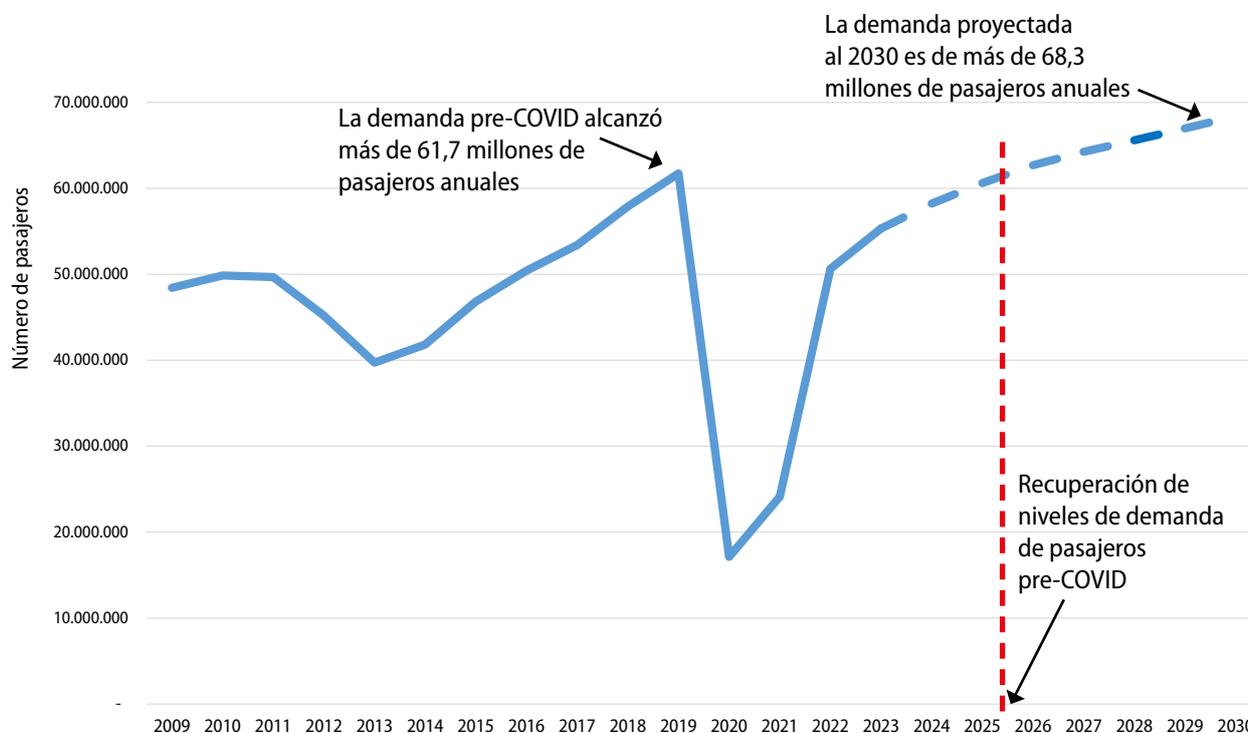
Como se puede apreciar, en el periodo comprendido entre 2013 y 2019, último año de referencia previo a la pandemia, **el número de pasajeros transportados registró un aumento del 55,36%, con una tasa de crecimiento media anual del 9,22%**. La pandemia de COVID 19 supuso un importante freno al transporte aéreo que se tradujo en 2020 en una reducción del 72,28% del número de pasajeros respecto del año anterior.

La Figura 1: Evolución y proyección de pasajeros muestra la cantidad de pasajeros anuales para el aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas desde el año 2009, incluyendo la cantidad total de pasajeros tanto por salidas como por llegadas de vuelos. En la figura se puede ver que la cantidad de pasajeros anuales aumentó desde el año 2013 hasta el 2019, registrándose en 2020 una fuerte caída debido a la pandemia. El año 2022 el total de pasajeros anuales superó los 50 millones y, en base a las proyecciones de EUROCONTROL, se espera que se alcance la misma cantidad total de pasajeros anuales previo al COVID entre 2025 y 2026.

Cabe destacar que **el crecimiento proyectado del 2023 al 2030 es a una tasa decreciente**. En base a las proyecciones, en 2030 el aeropuerto de Barajas rondaría los 68,3 millones de pasajeros anuales. Una cantidad que, si bien podría ser absorbida por

la capacidad actual del aeropuerto, queda cerca del límite actual de la infraestructura, establecida en 70 millones de pasajeros.

■ **Figura 1: Evolución y proyección de pasajeros**



Fuente: elaboración propia con datos de AENA (AENA, 2023).
De 2009 a 2022 línea continua; proyección a partir de 2023, línea punteada.

Evolución de operaciones y pasajeros según distancia

Para caracterizar las operaciones anuales se han analizado los datos de operaciones por origen y destino provistos en la página web de AENA. Cada operación ha sido categorizada según una de las tres categorías de distancia (corta, media y larga). La tabla 3 muestra la evolución del número de operaciones por tipo de ruta entre 2013 y 2022.

Las cifras recogidas en la tabla 3 muestran cómo la mayor cantidad de operaciones corresponde a "corta distancia". En el año 2022, estas superaron ligeramente las 220.000, mientras que las de media distancia sobrepasaron las 80.000 y las de larga distancia se quedaron por debajo del umbral de las 50.000 operaciones.

Por otro lado, a pesar del dominio de la corta distancia en el total de operaciones del aeropuerto, la tabla hace patente una **clara tendencia a la pérdida de importancia relativa de las rutas más cortas en favor de la media y larga distancia. En efecto, los vuelos de hasta 1500 kilómetros han perdido casi siete puntos porcentuales desde 2013, mientras que la media y larga distancia han registrado una participación creciente en el tiempo.**

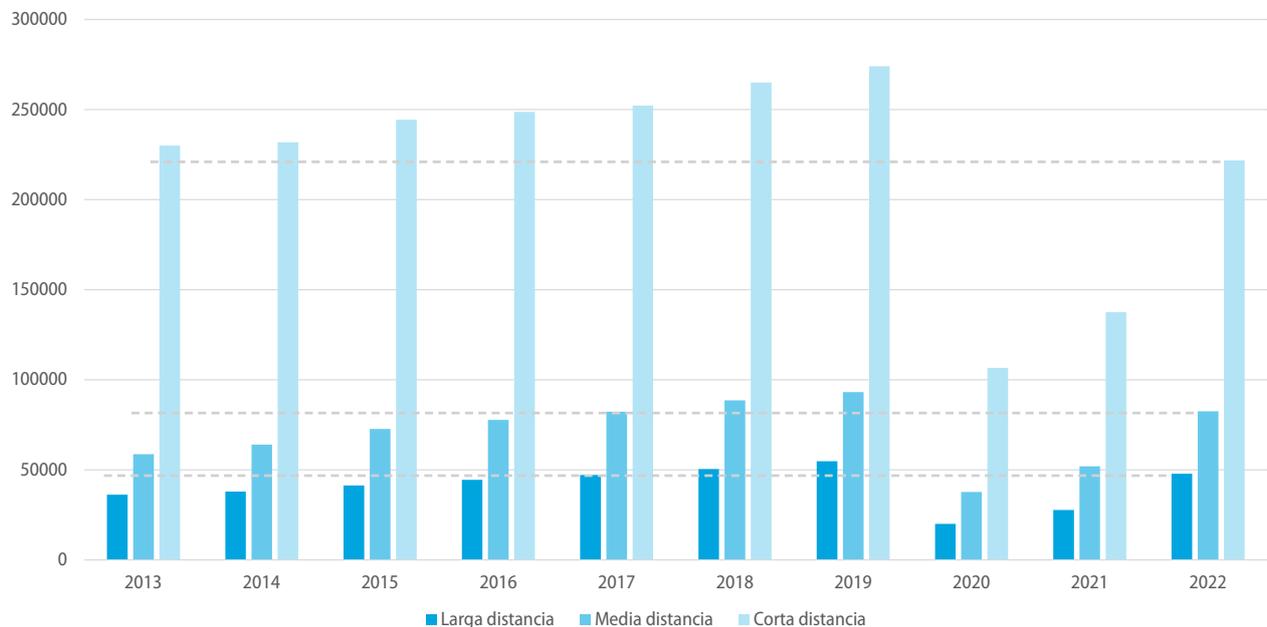
Asimismo, al analizar lo acontecido en el período comprendido entre los años 2020 y 2022, se distingue que los vuelos de media y larga distancia se reponen con mayor

velocidad que los de corta distancia. La cantidad total de operaciones correspondiente al año 2022 ya presentaba niveles similares al año 2017 para los vuelos de larga y media distancia. Sin embargo, en lo que se refiere a los vuelos de corta distancia en 2022 aun no alcanzaban los niveles de 2013.

■ **Tabla 3: Evolución del número de operaciones (2013-2022)**

Distancia	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Larga distancia	36.121	37.886	41.287	44.369	47.143	50.401	54.719	19.970	27.712	47.772
% sobre total	11,13%	11,36%	11,52%	11,97%	12,36%	12,48%	12,97%	12,16%	12,76%	13,58%
Media distancia	58.620	63.968	72.671	77.692	82.209	88.558	93.128	37.685	51.940	82.441
% sobre total	18,05%	19,17%	20,28%	20,96%	21,55%	21,92%	22,08%	22,94%	23,92%	23,43%
Corta distancia	229.938	231.780	244.345	248.670	252.162	265.027	274.022	106.633	137.505	221.682
% sobre total	70,82%	69,47%	68,20%	67,08%	66,10%	65,60%	64,95%	64,91%	63,32%	63,00%
Total	324.679	333.634	358.303	370.731	381.514	403.986	421.869	164.288	217.157	351.895

■ **Figura 2: Evolución de operaciones según distancia**



Fuente: elaboración propia con datos de AENA (AENA, 2023)

La misma tendencia, si bien con menor intensidad, se observa al analizar los datos relativos al número de pasajeros por tipo de distancia (ver tabla 4 "Evolución de pasajeros según distancia"). En este sentido, **los pasajeros de corta distancia han pasado de representar casi el 57% del total de pasajeros en 2013 a representar el 52% en**

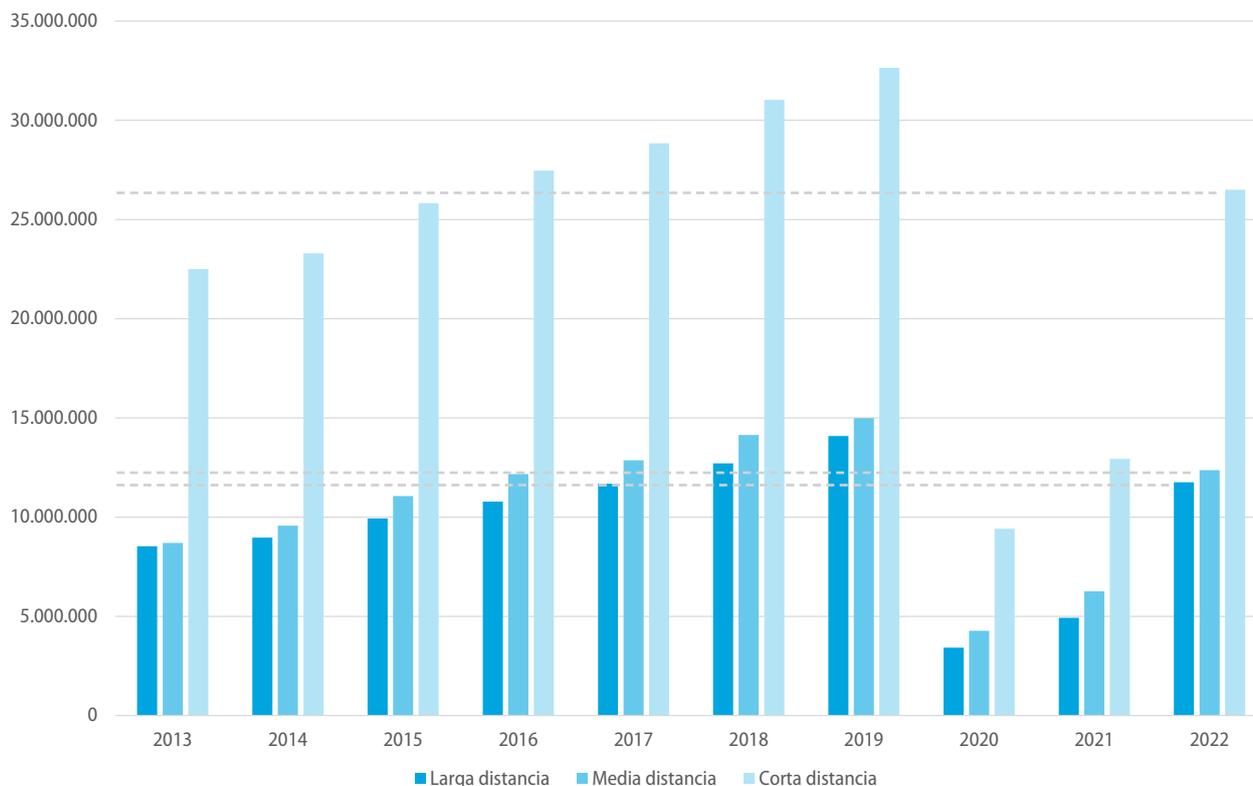
2022. De forma inversa, las personas a bordo de vuelos de media y larga distancia han aumentado del 43,39% en 2013 al 47,66% en 2022.

■ **Tabla 4: Evolución de pasajeros según distancia (en millones de pasajeros)**

Distancia	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Larga distancia	8,54	8,97	9,93	10,78	11,69	12,71	14,09	3,42	4,93	11,76
% sobre total	21,48%	21,45%	21,21%	21,39%	21,89%	21,96%	22,82%	20,00%	20,44%	23,22%
Media distancia	8,70	9,57	11,07	12,17	12,87	14,15	15,00	4,27	6,27	12,37
% sobre total	21,91%	22,88%	23,63%	24,14%	24,09%	24,44%	24,29%	24,96%	25,96%	24,44%
Corta distancia	22,50	23,29	25,83	27,47	28,84	31,03	32,65	9,42	12,94	26,50
% sobre total	56,61%	55,68%	55,16%	54,47%	54,01%	53,60%	52,88%	55,04%	53,60%	52,34%
Total	39,74	41,83	46,82	50,42	53,40	57,89	61,73	17,11	24,14	50,63

Fuente: elaboración propia con datos de AENA

■ **Figura 3: Evolución de pasajeros según distancia**



Fuentes: elaboración propia con datos de AENA (AENA, 2023)

Al observar la evolución de pasajeros en la figura 3, se percibe que mientras que la corta distancia en 2022 no había alcanzado los niveles del año 2016, la media y larga distancia ya había alcanzado o ligeramente superado los valores del 2017, además de crecer a mayor ritmo.

En cuanto a la caracterización del tráfico por tipos de aeronave, la figura 4 muestra el porcentaje del total de operaciones por grupo de avión. Para ello se han clasificado las aeronaves según las categorías *narrow body*, *wide body*, regional y *business jet*, explicadas a continuación:

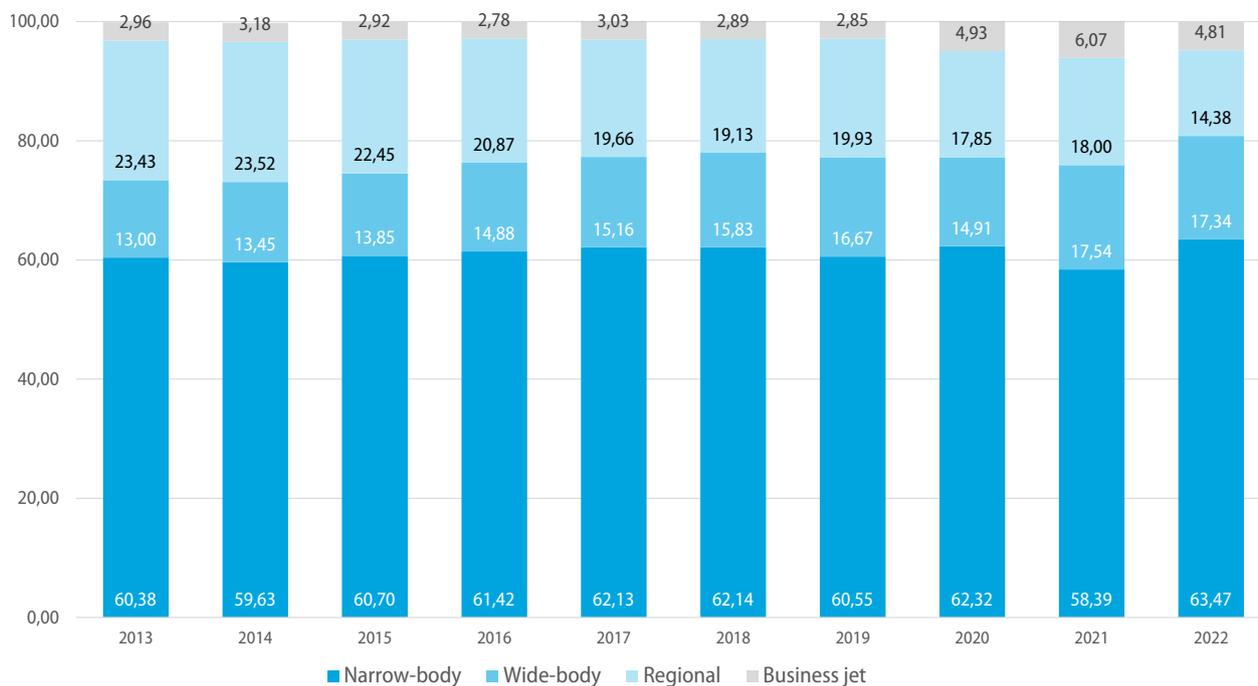
- ▶ **Narrow body.** Aviones con un pasillo y generalmente una sola fila de asientos a cada lado del pasillo central. Son usados para vuelos cortos y medios, con capacidad para transportar entre 100 y 220 pasajeros. Ejemplos de aeronaves *narrow body* son el Airbus A320 y el Boeing 737.
- ▶ **Wide body.** Aviones que tienen dos o más filas de asientos a cada lado del pasillo central. Están diseñados para vuelos de larga distancia y tienen una capacidad de entre 200 y 850 pasajeros. Ejemplos de aeronaves *wide body* son el Airbus A350 y el Boeing 777.
- ▶ **Regional.** Aviones pequeños diseñados para vuelos de corta distancia. Están equipados con motores turbohélice o de reacción y tienen capacidad para transportar entre 30 y 100 pasajeros. Ejemplos de aeronaves regionales son el Bombardier Q400 y el Embraer E-Jet.
- ▶ **Business jet.** Aeronaves privadas y de tamaño pequeño a mediano. Pueden transportar entre 4 y 19 pasajeros. Ejemplos de *business jets* son el Cessna Citation y el Gulfstream G550.

Sobre la base del gráfico es posible ver que, a lo largo del tiempo, **la mayor cantidad de operaciones es realizada en aeronaves del tipo *narrow body*. Las operaciones realizadas por aeronaves del tipo *wide body* muestran una tendencia de crecimiento porcentual a lo largo de los años**, en clara asociación con el crecimiento de las operaciones de larga distancia internacional que emplean este equipo.

Durante la pandemia, los *business jet* aumentaron considerablemente el porcentaje de operaciones. Esto se debe a que los jets privados se ofrecieron como alternativa frente a las restricciones sanitarias impuestas sobre los vuelos comerciales. En el caso de los *wide body*, muchos de los que se dejaron de utilizar para el transporte de pasajeros se reconvirtieron para ser utilizados como vuelos de carga, por lo que su peso relativo mostró una ligera disminución en cuanto a operaciones, pero descendió más pronunciadamente en cuanto a pasajeros. Tras la pandemia, ambos tipos de aviones se estabilizaron en niveles de participación superiores a los prepandémicos.

Las aeronaves del tipo regional disminuyeron su participación en el 2020 por efectos de la pandemia. Sin embargo, al analizar el período completo, es posible advertir cómo la pérdida de participación viene **desde el 2013 y continuó con esa tendencia en 2022**. Este hecho está relacionado con decisiones comerciales de las aerolíneas para ampliar la capacidad ofertada en cada uno de sus vuelos, reemplazando aeronaves regionales por otras de mayor capacidad. Las cifras absolutas según tipo de aeronave se encuentran más abajo en la tabla 5.

Figura 4: Porcentaje de operaciones por tipo de aeronave



Fuentes: elaboración propia con datos de AENA (AENA, 2023)

Tabla 5: Evolución de tipo de aeronaves (cantidad de aeronaves según tipo) (*)

Tipo de aeronave	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Narrow-body	201.109	204.307	222.547	232.265	240.784	254.650	258.109	90.358	126.999	223.310
% sobre total	60,38%	59,63%	60,70%	61,42%	62,13%	62,14%	60,55%	62,32%	58,39%	63,47%
Wide-body	43.287	46.095	50.784	56.256	58.764	64.880	71.076	21.616	38.139	61.002
% sobre total	13,00%	13,45%	13,85%	14,88%	15,16%	15,83%	16,67%	14,91%	17,54%	17,34%
Regional	78.032	80.594	82.297	78.930	76.189	78.394	84.964	25.877	39.157	50.609
% sobre total	23,43%	23,52%	22,45%	20,87%	19,66%	19,13%	19,93%	17,85%	18,00%	14,38%
Business jet	9.852	10.878	10.705	10.513	11.754	11.857	12.134	7.143	13.201	16.937
% sobre total	2,96%	3,18%	2,92%	2,78%	3,03%	2,89%	2,85%	4,93%	6,07%	4,81%
TOTAL	332.280	341.874	366.333	377.964	387.491	409.781	426.283	144.994	217.496	351.858

Fuente: análisis propio basado en datos de AENA.

(*) La tabla no incluye los aviones de tipo militar y los de tipo desconocido o no identificados.

Finalmente, en lo que se refiere al tipo de combustible utilizado, el denominado **combustible sostenible de aviación (SAF, según sus siglas en inglés)** tan solo se está probando en prototipos y pruebas piloto, pero no tiene una participación real en la actualidad. Por tanto, podemos asumir en que en la actualidad el 100% del combusti-

ble utilizado es queroseno de origen fósil. A medida que se incorpore el uso de SAF en forma definitiva en vuelos comerciales, este representará un porcentaje del uso total de combustible y será homogéneo para todo tipo de aeronaves y vuelos. Esto es así porque el aeropuerto de Madrid-Barajas dispone de un sistema de distribución de combustible para aeronaves que es único y centralizado, empleado de forma conjunta por todas las plataformas del aeropuerto.

Construcción de los escenarios y proyección de ciclos LTO

Tal como se ha explicado en el apartado de metodología, el primer escenario se corresponde con el crecimiento natural de la demanda en ausencia de ningún tipo de ampliación del aeropuerto. En virtud de dicho escenario, en 2030 se alcanzarían aproximadamente **68,3 millones de pasajeros anuales**.

Por su parte, el segundo escenario implica una tasa de crecimiento intermedia entre el nivel del escenario de crecimiento natural y el escenario de ampliación con crecimiento alto y techo en la capacidad de las instalaciones. En este escenario intermedio, la demanda del aeropuerto alcanzaría en el año 2030 los **74,7 millones de pasajeros anuales**.

Finalmente, en el tercer escenario la demanda se aproxima a la capacidad máxima del aeropuerto y una vez alcanzada, se mantiene en este nivel, correspondiente a **80 millones de pasajeros anuales**. Hemos asumido como hipótesis de valores de crecimiento anual para cada escenario los porcentajes mostrados en la tabla 6, tomando como referencia las previsiones de EUROCONTROL descritas en el apartado metodológico. Se considera en esta hipótesis que el impacto de las obras de ampliación se comenzará a sentir a partir del año 2027, momento en el que hipotéticamente empezarán a ser operativas los elementos añadidos a la infraestructura.

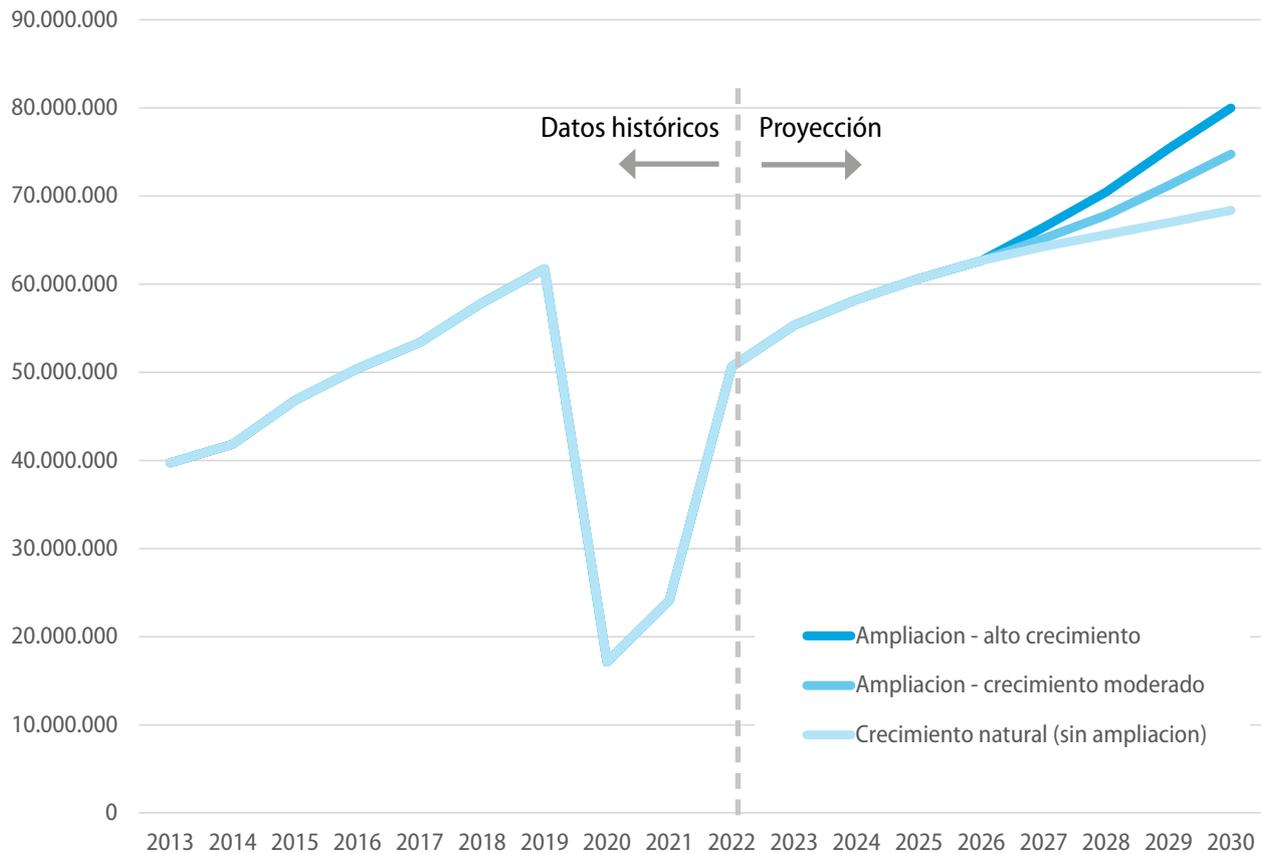
■ **Tabla 6: Hipótesis de crecimiento anual de pasajeros para construcción de escenarios (basado en previsiones de EUROCONTROL)**

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Escenario de crecimiento natural (sin ampliación)	9%	5%	4%	3%	3%	2%	2%	2%
Escenario ampliación -crecimiento moderado	9%	5%	4%	3%	4%	4%	5%	5%
Escenario ampliación -crecimiento alto	9%	5%	4%	3%	6%	6%	8%	8%

Fuente: elaboración propia en base a datos de EUROCONTROL en su documento Forecast Update 2022-2028

Considerando las anteriores tasas de crecimiento, la evolución de la demanda quedaría trazada tal y como se muestra en la figura 5.

■ **Figura 5: Proyección de demanda por escenario**



Fuente: elaboración propia en base a datos de EUROCONTROL en su documento Forecast Update 2022-2028

Sobre la base de los escenarios globales de demanda para 2030 diseñados, hemos realizado una proyección de la posible evolución del reparto de pasajeros según tipo de ruta. Para ello, se han construido las hipótesis de escenarios futuros de reparto según tipo de ruta considerando los siguientes factores:

- ▶ 1) Análisis de la tendencia en el reparto de operaciones por tipo de ruta en el periodo 2013-2019.
- ▶ 2) Redefinición del perfil del aeropuerto de Barajas para consolidarse como *hub* internacional, con mayor participación de vuelos intercontinentales, y con obras de ampliación que respaldan el uso de las aeronaves *wide-body* correspondiente y edificios acordes para este tráfico de pasajeros. Esto se acompaña de un crecimiento de la participación de vuelos de media distancia como alimentadores para el resto del continente y el área mediterránea.
- ▶ 3) Posibilidad de entrada en vigor en el corto y medio plazo de regulación en la UE y en España orientada a penalizar los vuelos de corta distancia que tengan alternativa ferroviaria, con el antecedente de Francia y la propuesta de Unidas Podemos en España.
- ▶ 4) Mejoras en las conexiones ferroviarias y las frecuencias y servicios prestados como parte de planes de transporte sostenible y de eficiencia energética, capturando pasajeros de las rutas de corta distancia.

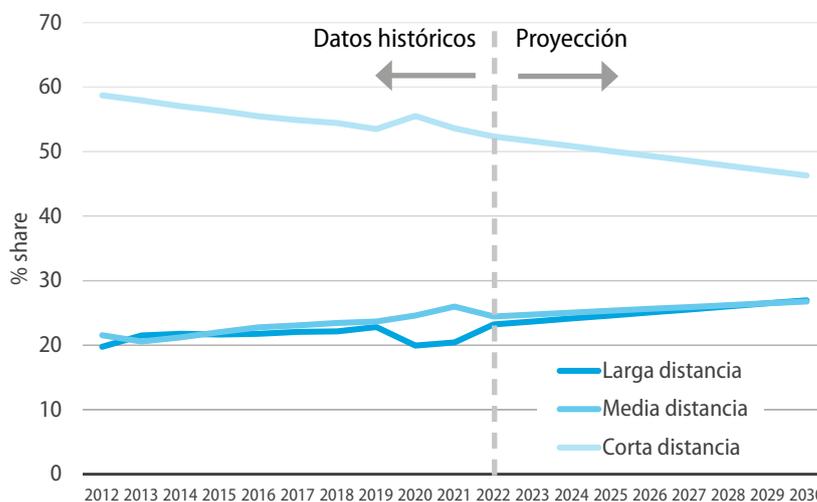
La tabla 7 muestra el resultado del modelo, con indicación del número y reparto de las y los pasajeros en los tres escenarios propuestos entre los diferentes tipos de ruta:

■ **Tabla 7: Hipótesis de reparto de pasajeros según tipo de ruta en los escenarios propuestos**

Pasajeros según distancia	Escenario 2030 crecimiento natural	Escenario 2030 - Crecimiento moderado	Escenario 2030 - Alto crecimiento
Larga distancia	18.617.658	20.931.116	24.000.000
	27,22%	28,00%	30,00%
Media distancia	17.417.248	20.931.116	24.000.000
	25,47%	28,00%	30,00%
Corta distancia	32.354.712	32.891.754	32.000.000
	47,31%	44,00%	40,00%
Total	68.389.618	74.753.987	80.000.000

Tal y como se observa gráficamente en la figura 6, que incluye una perspectiva para el periodo 2012-2030 en ausencia de obras de ampliación del aeropuerto, **el número de pasajeros de media y larga distancia es creciente a lo largo del tiempo. Por el contrario, los de corta distancia pierden 8 puntos porcentuales en una década y se prevé que pierdan un total de 13 puntos porcentuales para el 2030.** De esta forma identificamos que, siguiendo la trayectoria en la caída del reparto de la corta distancia, en un escenario 2030 de crecimiento natural sin ampliación del aeropuerto los pasajeros de corto radio representarían el 47,31% del total de vuelos del aeropuerto. Durante el período pandémico se observan distorsiones y grandes saltos en la tendencia previa, por lo que estos años, por su anomalía, no han sido considerados para la elaboración de la tendencia.

■ **Figura 6: Proyección del reparto de pasajeros según tipo de ruta para escenario de crecimiento natural (sin ampliación)**

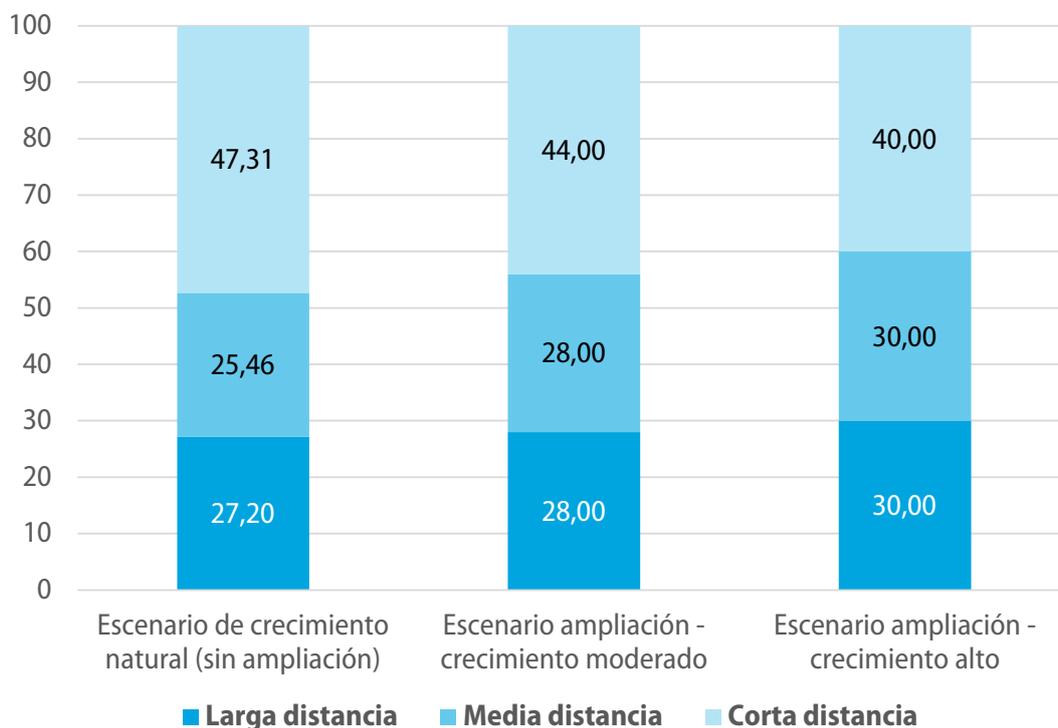


Fuente: elaboración propia con datos de AENA (AENA, 2023)

Por su parte, en los escenarios 2 y 3, que contemplan los efectos de la ampliación del aeropuerto, se prevé una intensificación de la tendencia antes descrita. En efecto, en la medida en que las obras ponen el foco en el crecimiento de la capacidad para vuelos intercontinentales (contempla en su origen 13 nuevos espacios de estacionamiento para aeronaves *wide body*), es razonable pensar que los vuelos de larga y media distancia seguirán ganando terreno frente a las operaciones de corto radio.

Con todos los supuestos anteriores, la figura 7 representa gráficamente el reparto (%) de pasajeros en función de los diferentes escenarios de reparto de tipo de ruta.

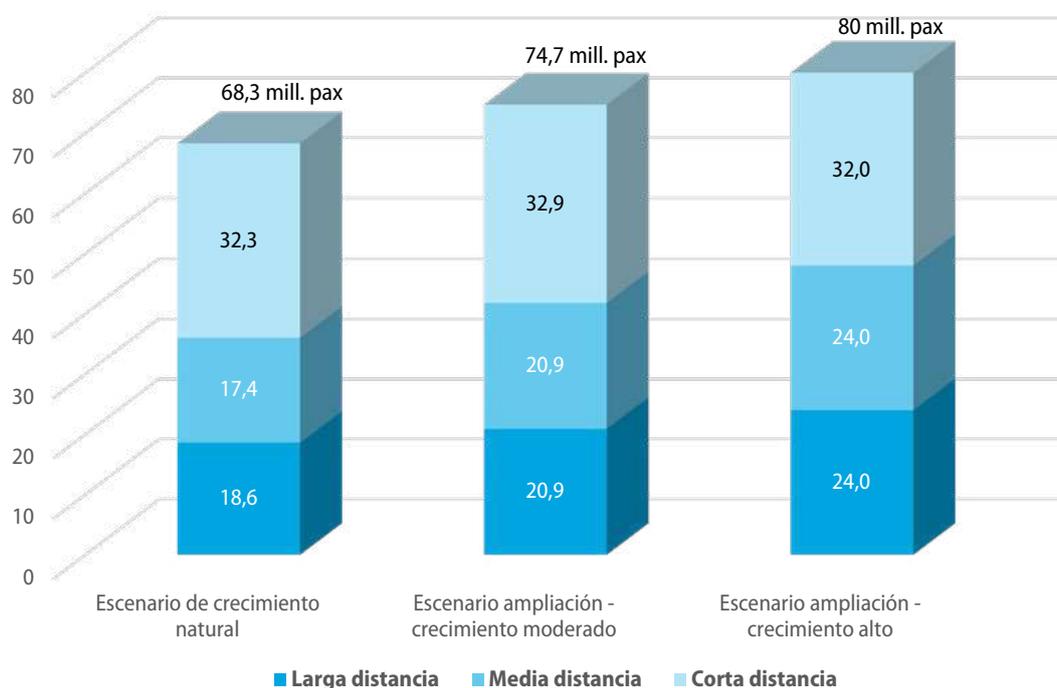
Figura 7: Escenarios de reparto de pasajeros (en %) según distancia



Fuente: elaboración propia con datos de AENA (AENA, 2023)

Dicho reparto se traduce en las cifras de pasajeras y pasajeros representadas en la figura 8. La ampliación de la capacidad favorece una demanda inducida y la ampliación de los *slots* disponibles para nuevas operaciones. Esto redundará en el aumento de la demanda. El escenario de mayor crecimiento encuentra su techo en la capacidad máxima prevista para el aeropuerto tras la realización de las intervenciones de ampliación.

Figura 8: Demanda según distancia para cada uno de los escenarios 2030 (millones de pasajeros)



Fuente: elaboración propia con datos de AENA (AENA, 2023)

Por último, en lo que se refiere al número de operaciones y, por tanto, de ciclos LTO a considerar para la cuantificación de las emisiones, los modelos proyectados dan como resultado el siguiente reparto de movimientos en el aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas para cada uno de los tres escenarios a 2030 (tabla 8).

Tabla 8: Hipótesis de reparto de operaciones según tipo de ruta en los escenarios propuestos

Operaciones según distancia	Escenario 2030 crecimiento natural	Escenario 2030 - Crecimiento moderado	Escenario 2030 - Alto crecimiento
Larga distancia	72.318 16,00%	81.300 16,68%	93.210 18,25%
Media distancia	108.164 23,93%	129.996 26,67%	149.050 29,18%
Corta distancia	271.558 60,07%	276.064 56,65%	268.582 52,57%
Total	452.040	487.360	510.842

A título informativo, merece la pena hacer una comparación entre las operaciones futuras estimadas y los movimientos registrados en años pasados, y en especial respecto a 2019 como último año de referencia antes de la distorsión en el tráfico provocada por

la pandemia. En este sentido, como se puede apreciar en la tabla 9, en lo que concierne a **las operaciones de corta distancia**, si bien en el periodo entre 2013 y 2019 aumentaron considerablemente, la tendencia hasta 2030 es de absoluta contención, quedándose en niveles muy similares a los de 2019. Habida cuenta del aumento exponencial de los vuelos de media y larga distancia, su contribución relativa al total **se vería reducida del 70,82% en 2013 a entre el 60,07% y el 52,58% en 2030, en función del escenario contemplado.**

Una tendencia radicalmente opuesta es la que se prevé para los vuelos de larga distancia, que, de las 54.719 operaciones registradas en 2019 pasarían a las 72.319 (+32%), 81.300 (+49%) o 93.210 (+70%) en 2030 según cada escenario. De esa manera, este tipo de vuelos podría ganar más de 7 puntos porcentuales respecto de su participación en el conjunto de operaciones en 2013.

Finalmente, los vuelos de media distancia, cuantificados en 93.128 (22,08% del total) en 2019, podrían llegar hasta los 149.050 (29,18%) en el escenario de mayor demanda. El aumento del peso específico de este segmento es notable incluso en el escenario de crecimiento natural sin ampliación, en el que aumentarían un 16% respecto de los niveles prepandémicos.

■ **Tabla 9: Evolución de reparto de operaciones según tipo de ruta en los escenarios propuestos**

Tipo de ruta	2013	2019	2030 Crecimiento natural	Variación sobre 2019	2030 Crecimiento moderado	Variación sobre 2019	2030 Crecimiento alto	Variación sobre 2019
Larga distancia	36.121	54.719	72.318	32,00%	81.300	49,00%	93.210	70,00%
	11,13%	12,97%	16,00%	---	16,68%	---	18,25%	---
Media distancia	58.620	93.128	108.164	16,00%	129.996	40,00%	149.050	60,00%
	18,05%	22,08%	23,93%	---	26,67%	---	29,18%	---
Corta distancia	229.938	274.022	271.558	-1,00%	276.064	1,00%	268.582	-2,00%
	70,82%	64,95%	60,07%	---	56,64%	---	52,58%	---
Total	324.679	421.869	452.040	7,00%	487.360	16,00%	510.842	21,00%

Estimación de emisiones actuales y futuras de CO₂, NO_x y PM

Resumen de resultados globales

En este apartado se presenta una síntesis de los resultados de emisiones obtenidos para el conjunto de las emisiones y contaminantes estudiados: óxidos de nitrógeno (NO_x), partículas en suspensión (PM) y dióxido de carbono (CO₂). Es preciso explicar que, en el caso de las emisiones de CO₂, para mayor claridad aparecen desglosadas en emisiones LTO (generadas en las fases de rodaje, despegue y aterrizaje) y en emisiones CCD (producidas en la fase de crucero).

En primer lugar, la tabla 10 presenta por un lado el total de emisiones producidas por el aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas en 2019 asociadas a transporte aéreo de pasajeros. Por otro, recoge las emisiones esperables en 2030 teniendo en cuenta el número de operaciones previstas en los tres escenarios modelados: crecimiento natural sin ampliación, ampliación con crecimiento de demanda moderado y, por último, ampliación con crecimiento alto.

En la misma tabla se han incluido los niveles de variación (expresados en porcentajes) de los diferentes contaminantes respecto de 2019, año tomado como línea de base.

Tabla 10: Toneladas anuales y porcentaje de crecimiento de emisiones en escenarios a 2030

Emisiones	2019	2030 crecimiento natural	Variación sobre 2019 (%)	2030 - Demanda moderada	Variación sobre 2019 (%)	2030 - Alta demanda	Variación sobre 2019 (%)
NO _x	2.939	3.239	10,21	3.549	20,76	3.825	30,15
PM	17,51	19,66	12,29	21,42	22,38	22,84	30,48
CO ₂ (LTO)	624.380	641.257	2,70	699.217	11,99	747.396	19,7
CO ₂ (CCD)	6.592.197	7.148.658	8,44	8.004.275	21,42	8.992.383	36,41
CO ₂ total (LTO + CCD)	7.216.578	7.789.915	7,94	8.703.492	20,60	9.739.779	34,96

Fuente: elaboración propia

Los resultados globales mostrados en la tabla 10 ponen de manifiesto **considerables incrementos de emisiones en los tres escenarios estudiados**. En efecto, en el escenario de crecimiento natural de la demanda sin actuaciones específicas de ampliación del aeropuerto se produciría un aumento de emisiones que oscila entre el 7,94% para el CO₂ y el 12,29% en el caso de las partículas en suspensión. Las emisiones de NO_x, por su parte, se situarían en un punto intermedio con un aumento del 10,21%.

En lo que respecta al **escenario 2** (ampliación del aeropuerto y crecimiento de la demanda moderado), los **niveles de incremento sufren una brusca intensificación que**

les sitúa en el 20,60% para el CO₂, el 20,76% en el caso de los NO_x y el 22,38% en las partículas en suspensión.

Finalmente, el aumento de las emisiones sería todavía más acusado en la eventualidad de un aeropuerto ampliado y con altos niveles de crecimiento de la demanda: las emisiones de NO_x crecerían un 30,15%, las de partículas un 30,48% y las de CO₂ un 34,96%.

Por otro lado, dentro del objeto de estudio una cuestión relevante es identificar y aislar el efecto específico de las intervenciones de ampliación del aeropuerto sobre las emisiones generadas por la infraestructura. Para ello, se ha comparado el nivel de emisiones de cada uno de los escenarios 2030 que incluyen la ampliación con el volumen de emisiones proyectado para 2030 en ausencia de dicha ampliación. La tabla 11 da cuenta del incremento de emisiones en términos porcentuales.

■ **Tabla 11: Efecto de la ampliación del aeropuerto sobre las emisiones (% de aumento con respecto al nivel 2030 sin ampliación)**

Contaminantes	2030 - Crecimiento natural	2030 - Demanda moderada	2030 - Demanda alta
	Emisiones (toneladas)	Aumento (%)	Aumento (%)
NO _x	3.239	9,55	18,07
PM	21,42	8,99	16,19
CO ₂ (LTO)	641.257	9,04	16,55
CO ₂ (CCD)	7.148.658	11,97	25,79
CO ₂ total (LTO + CCD)	7.789.915	11,73	25,03

Fuente: elaboración propia

Óxidos de nitrógeno (NO_x)

Según nuestras estimaciones, la ampliación del aeropuerto de Adolfo Suárez Madrid-Barajas provocaría un incremento de las emisiones de NO_x de entre un 9,55% y un 18,07%, en relación con los valores proyectados para 2030 sin ampliación. Esto llevaría a las emisiones de NO_x entre un 20,74% y un 30,12% por encima de los niveles preandémicos (año 2019). Los datos de emisiones aparecen desglosados en la tabla 12.

■ **Tabla 12: Emisiones de NO_x (cifras absolutas de toneladas) según tipo de ruta y cambio porcentual con respecto a escenario de crecimiento natural**

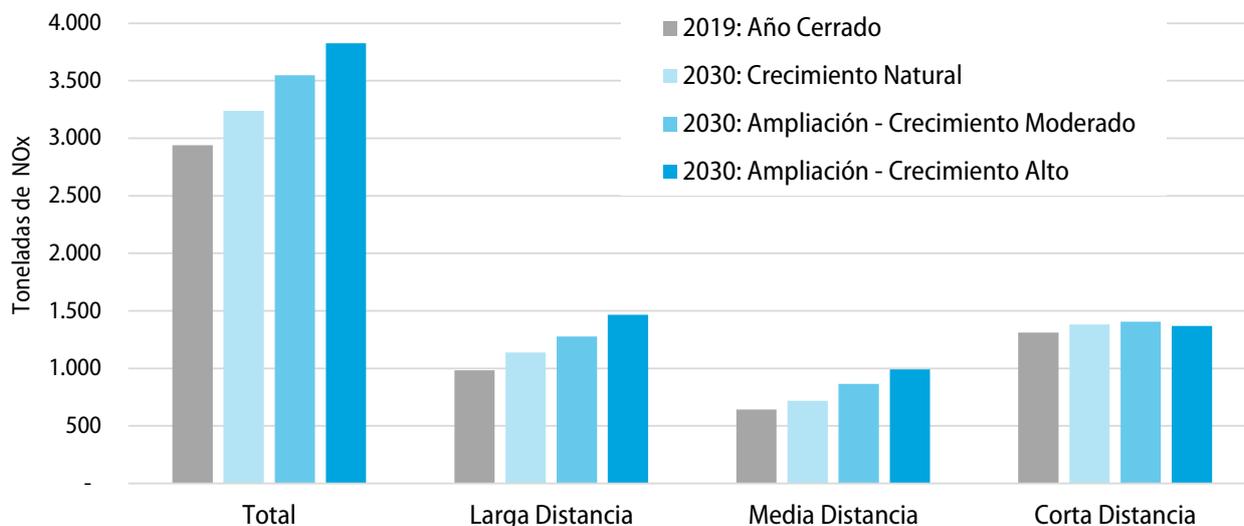
	Emisiones totales (toneladas)				Variación (%)
	Total	Larga Distancia	Media Distancia	Corta Distancia	Total
2019: Año Cerrado	2.939	985	643	1.311	-
2030: Crecimiento Natural	3.239	1.137	719	1.383	10,20%
2030: Ampliación - Demanda moderada	3.549	1.278	865	1.406	20,74% (9,55%*)
2030: Ampliación - Demanda alta	3.825	1.466	991	1.368	30,12% (18,07%*)

Fuente: elaboración propia.

* Entre paréntesis se indican los porcentajes de variación respecto del escenario de crecimiento natural de las operaciones del aeropuerto a 2030.

En la figura 9 se recoge una distribución de las emisiones según el tipo de ruta. Al respecto, se puede observar cómo, al considerarse únicamente ciclos LTO para su contabilización, no se aprecian diferencias significativas por el tipo de ruta volado. Es decir, en términos relativos, al no incluirse aquí la fase crucero, la contribución de emisiones de cada tipo de ruta es semejante y, por tanto, es el número de operaciones el que determina qué tipo de ruta tiene una mayor contribución a las emisiones de NO_x. Se observa también en el total, considerando todos los tipos de ruta, que cuanto más agresivo es el escenario 2030 planteado, mayor será el nivel de emisiones esperado.

■ **Figura 9: Emisiones NO_x en ciclos LTO, año base y proyecciones (toneladas)**



Fuente: elaboración propia

Siguiendo el razonamiento anteriormente expuesto, se puede apreciar cómo **las emisiones de NO_x de la corta distancia apenas se verían incrementadas entre el escenario de crecimiento natural y el escenario de ampliación del aeropuerto con demanda moderada**. E incluso se verían reducidas en el escenario más extremo de crecimiento alto. Esto se explica por la progresiva pérdida de importancia relativa de las operaciones de corta distancia en un contexto dominado por las siguientes hipótesis: 1) transformación del perfil del aeropuerto, crecientemente consolidado como un *hub* de viajes intercontinentales; 2) puesta en marcha de penalizaciones regulatorias para los vuelos de corta distancia; 3) reemplazo modal por el fortalecimiento de la oferta de servicios ferroviarios.

En sentido contrario, se observa igualmente cómo la ampliación del aeropuerto tendría un importante efecto de aumento de las emisiones de NO_x en las rutas de media y larga distancia. Este hecho se relaciona con la hipótesis mencionada anteriormente de intensificación de la función de Madrid-Barajas como un *hub*, recibiendo vuelos intercontinentales y transoceánicos (larga distancia) y distribuyendo flujo de pasajeros en otros vuelos continentales y en el área mediterránea (media distancia), y viceversa. Con este cambio de perfil, **para el año 2030 las emisiones de NO_x de las operaciones de larga distancia registrarían incrementos del 15,43% (escenario de crecimiento natural), del 29,74% (escenario 2) y del 48,83% (escenario 3) respecto de los niveles de 2019**. En el último escenario considerado, con ampliación y alto crecimiento de la demanda, las emisiones de NO_x de este segmento llegarían incluso a superar las de la corta distancia.

Por su parte, las emisiones asociadas a operaciones de media distancia, si bien inferiores en lo cuantitativo, registrarían igualmente importantes aumentos respecto a los niveles prepandémicos en los tres escenarios de 2030: 11,82% en el escenario 1; 34,52% en el escenario 2; y 54,12% en el escenario 3.

Partículas en suspensión (PM)

En lo que se refiere a las emisiones de partículas en suspensión, según nuestras estimaciones en los escenarios de ampliación del aeropuerto aquellas conocerían incrementos de entre un 8,99% y un 16,19%, en relación con los valores proyectados para 2030 sin ampliación. **Esto llevaría a las emisiones de PM entre un 22,38% y un 30,43% por encima de los niveles pre-pandémicos (año 2019).** En la tabla 13 se observa cómo se distribuye el impacto según el tipo de ruta:

Tabla 13: Emisiones de PM (cifras absolutas de toneladas) según tipo de ruta y cambio porcentual con respecto a escenario de crecimiento natural

	Emisiones totales (toneladas)				Variación (%)
	Total	Larga Distancia	Media Distancia	Corta Distancia	Total
2019: Año Cerrado	17,51	4,44	4,17	8,90	-
2030: Crecimiento Natural	19,66	5,07	4,83	9,76	12,27%
2030: Ampliación - Crecimiento Moderado	21,42	5,69	5,81	9,92	22,38% (8,99%*)
2030: Ampliación - Crecimiento Alto	22,84	6,53	6,66	9,65	30,43% (16,19%*)

Fuente: elaboración propia

* Entre paréntesis se indican los porcentajes de variación respecto del escenario de crecimiento natural de las operaciones del aeropuerto a 2030.

De forma similar a lo observado en las emisiones de NO_x, la figura 10 muestra cómo la contribución de cada tipo de ruta a las emisiones de este contaminante están alineadas con su participación en el total de vuelos.

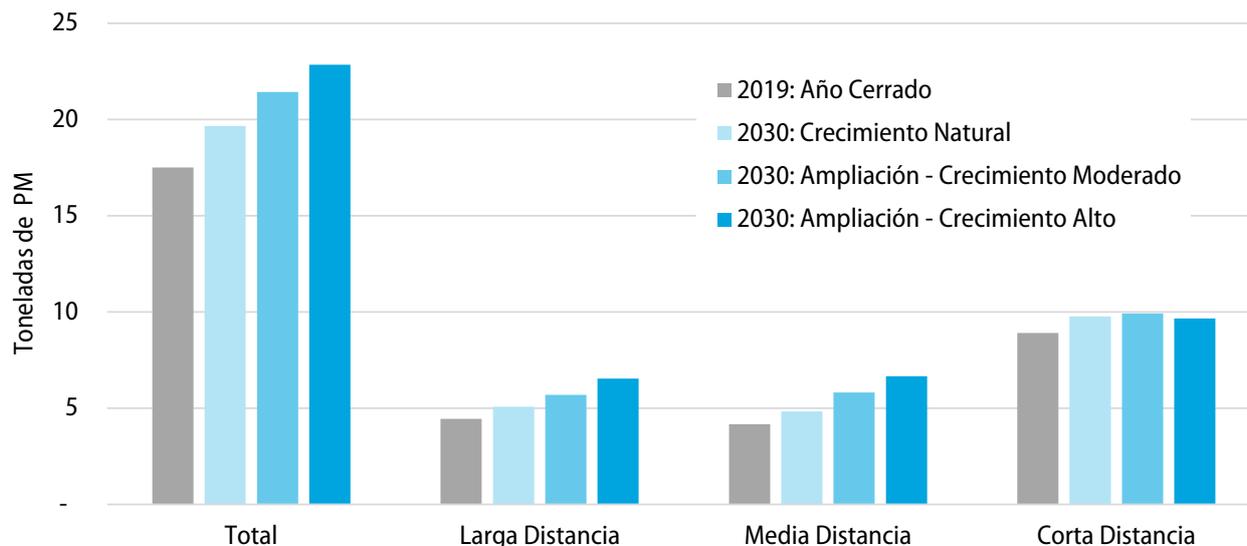
Si las comparamos con las emisiones previstas en el escenario de crecimiento natural, **las emisiones adicionales de corta distancia de PM prácticamente no se verían incrementadas en el escenario 2 (+1,6%) e incluso se reducirían en el escenario 3, de crecimiento alto de la demanda. No obstante, incluso en este último caso conocerían un aumento del 8,4%.**

Por otro lado, en la línea de lo comentado para las emisiones de NO_x, se observa igualmente que el efecto adicional en emisiones de PM se intensifica para las rutas de media y larga distancia. Esto se relaciona con las hipótesis del fortalecimiento de la función de Madrid-Barajas como un *hub* intercontinental. En este sentido, **las emisiones de partículas de las operaciones de largo radio aumentarían un 14,19% (escenario de crecimiento natural), un 28,15% (escenario 2) y un 47,07% (escenario 3).**

Por su parte, las emisiones de PM de las rutas de media distancia registrarían aumentos del 15,82% (escenario de crecimiento natural), del 39,32% (escenario 2) y del 59,71% (escenario 3).

No obstante, aun con este cambio de perfil en las rutas operadas por el aeropuerto, para el año 2030 en el escenario 3 de alto crecimiento de la demanda, las emisiones de PM provenientes de los ciclos LTO de los vuelos de corta distancia continuarían superando a las emisiones absolutas tanto de larga como de media distancia, dada la contribución relativa mayor de los aviones usados en corta distancia a las emisiones de PM, ya explicado anteriormente.

Figura 10: Emisiones PM en ciclos LTO, año base y proyecciones (toneladas)



Fuente: elaboración propia

CO₂ durante ciclos LTO

El análisis de las emisiones de CO₂ producidas en los ciclos de rodaje, despegue y aterrizaje ha dado como resultado que, en los supuestos de ampliación del aeropuerto, aquellas aumentarían entre un 9,04% y un 16,55%, en relación con los valores proyectados para 2030 sin ampliación. **Esto llevaría a las emisiones de CO₂ entre un 11,99% y un 19,70% por encima de los niveles pre-pandémicos (año 2019).** La tabla 14 desglosa los datos.

■ **Tabla 14: Emisiones de CO₂ correspondientes a ciclos LTO (cifras absolutas de toneladas) según tipo de ruta y cambio porcentual con respecto a escenario de crecimiento natural**

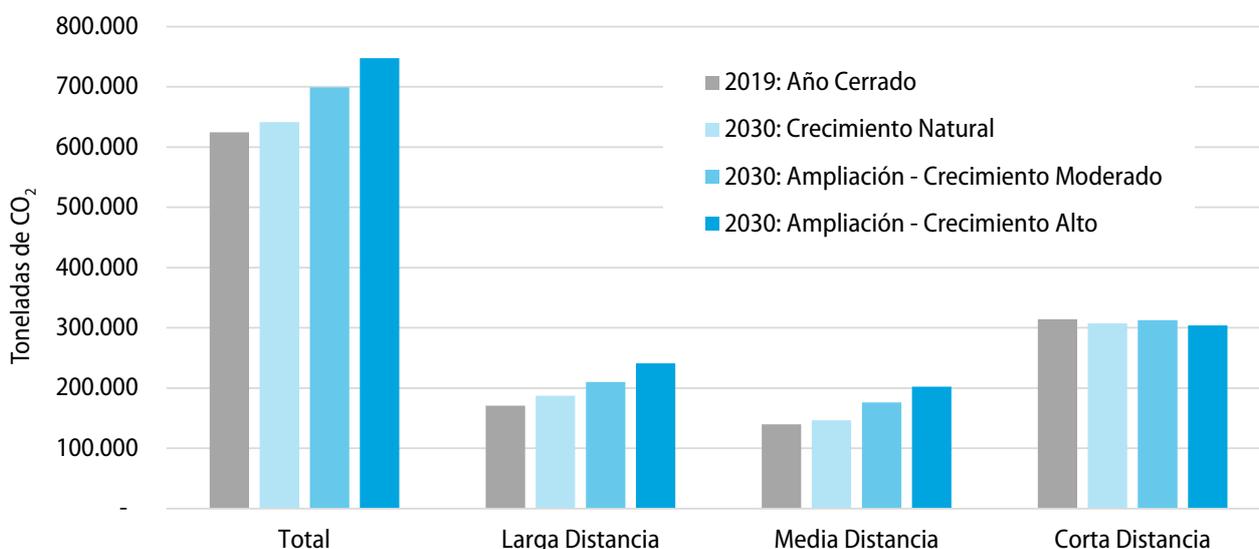
	Emisiones totales (toneladas)				Variación (%) Total
	Total	Larga Distancia	Media Distancia	Corta Distancia	
2019: Año Cerrado	624.380	170.672	139.656	314.052	-
2030: Crecimiento Natural	641.257	187.031	146.707	307.519	2,70%
2030: Ampliación - Crecimiento Moderado	699.217	210.260	176.334	312.623	11,99% (9,04%*)
2030: Ampliación - Crecimiento Alto	747.396	241.071	202.169	304.156	19,70% (16,55%*)

Fuente: elaboración propia.

* Entre paréntesis se indican los porcentajes de variación respecto del escenario de crecimiento natural de las operaciones del aeropuerto a 2030.

En la figura 11 se representa gráficamente cómo se distribuye el impacto de las emisiones de CO₂ según el tipo de ruta. A diferencia de lo que veremos en el apartado siguiente, relativo a las emisiones de CO₂ de la fase de crucero, la contribución de cada tipo de ruta a las emisiones de este contaminante en los ciclos LTO está en gran medida alineada con su participación cuantitativa en el total de vuelos.

■ **Figura 11: Emisiones CO₂ en ciclos LTO, año base y proyecciones**



Fuente: elaboración propia

Por ello, las emisiones adicionales de CO₂ producidas por las operaciones de corta distancia prácticamente no se incrementarían en el escenario 2 de crecimiento moderado e incluso se reducirían en el escenario 3 de crecimiento alto, en comparación con lo esperado para el escenario de crecimiento natural del aeropuerto en 2030. **Y en todos los escenarios a 2030, las emisiones de este contaminante serían inferiores al dato de 2019, de confirmarse nuestras hipótesis de una reducción significativa del número de operaciones de corta distancia en beneficio de las operaciones de media y larga distancia.**

Precisamente por ello, la generación de emisiones de CO₂ de estas rutas se vería ampliamente aumentada. **En el caso de las operaciones de larga distancia, las emisiones asociadas a los ciclos LTO crecerían un 9,58% (escenario de crecimiento natural), 23,19% (escenario 2) y 41,24% (escenario 3).**

Por último, la tendencia de crecimiento de las emisiones de CO₂ de las rutas de media distancia sería del 5,04% (escenario de crecimiento natural), del 26,26% (escenario 2) y del 44,76% (escenario 3).

No obstante, aun con este cambio de perfil, para el año 2030 en el escenario 3 de crecimiento alto, las emisiones de CO₂ provenientes de los ciclos LTO de los vuelos de corta distancia continuarían superando a las emisiones absolutas de larga y media distancia, debido al mayor número de vuelos absolutos de aquel segmento frente a estos últimos.

Emisiones de CO₂ durante la fase crucero

La ampliación del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas produciría un incremento de las emisiones de CO₂ asociadas a la fase crucero de las operaciones de entre un 12,0% y un 25,8%, en relación a los valores proyectados para 2030 sin ampliación. **Si tomamos como referencia los niveles prepandémicos, esto significaría un incremento de entre un 21,42% y un 36,40%**, tal y como se puede constatar en la tabla 15.

■ **Tabla 15: Emisiones de CO₂ correspondientes a fase crucero (cifras absolutas de toneladas) según tipo de ruta y cambio porcentual con respecto a escenario de crecimiento natural**

	Emisiones totales (toneladas)				Variación (%) total
	Total	Larga Distancia	Media Distancia	Corta Distancia	
2019: Año Cerrado	6.592.197	4.573.409	983.582	1.035.206	-
2030: Crecimiento Natural	7.148.658	5.067.110	1.033.837	1.047.710	8,44%
2030: Ampliación - Crecimiento Moderado	8.004.275	5.696.571	1.242.611	1.065.093	21,42% (11,97%*)
2030: Ampliación - Crecimiento Alto	8.992.383	6.531.419	1.424.694	1.036.270	36,40% (25,79%*)

Fuente: elaboración propia.

* Entre paréntesis se indican los porcentajes de variación respecto del escenario de crecimiento natural de las operaciones del aeropuerto a 2030.

Como se puede apreciar en la figura 12, las rutas de corta distancia tienen una contribución relativa mucho menor en las emisiones de CO₂ de la fase crucero que las de la media y larga distancia en todos los escenarios planteados. La explicación es que, al contrario que en las estimaciones para los ciclos LTO, en este caso las emisiones están directamente relacionadas con la distancia recorrida.

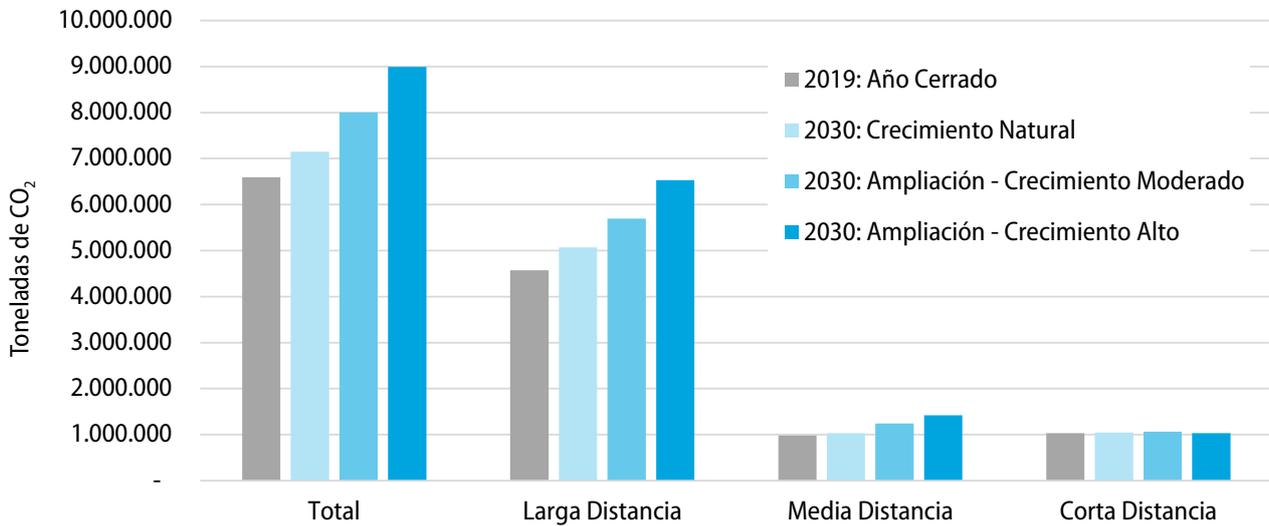
En el capítulo de los vuelos de corta distancia, las emisiones adicionales asociadas a la ampliación del aeropuerto prácticamente no se incrementarían en comparación con un escenario 2030 de crecimiento natural, e incluso se reducirían en el escenario 3 de crecimiento alto. Este hecho responde a las hipótesis establecidas traducidas en una reducción progresiva del número de vuelos de corta distancia en el aeropuerto.

En una tendencia contraria, **se observa que el efecto adicional en emisiones de CO₂ se intensifica para las rutas de media y larga distancia**. En el caso de los vuelos de radio medio, sus emisiones aumentarían un 5,1% en el escenario a 2030 sin ampliación, un 26,33% en el escenario 2 y el 44,84% en el supuesto de un aeropuerto ampliado y con altos niveles de demanda.

Por su parte, penalizadas por su alto kilometraje y su creciente importancia en el total de operaciones del aeropuerto, **las rutas de larga distancia incrementarían sus**

emisiones de CO2 un 10,79% (escenario sin ampliación), un 24,55% (escenario 2) y un 36,40% (escenario 3).

Figura 12: Emisiones CO₂ en fase crucero, año base y proyecciones



Fuente: elaboración propia

Conclusiones

En este trabajo hemos caracterizado la actividad aeronáutica del aeropuerto de Madrid-Barajas y, en base a tendencias observadas en los últimos 10 años (atendiendo también a las disrupciones producidas por la pandemia de COVID), hemos construido escenarios que permitan anticipar la demanda y el reparto por tipos de ruta volados para el 2030. Estos escenarios también fueron creados con el propósito estimar el efecto de la ampliación del aeropuerto en la demanda de pasajeros para diferentes tipos de ruta y en las emisiones de diferentes gases contaminantes.

Hemos estimado y proyectado emisiones de los principales gases que afectan la calidad del aire (NO_x , PM) y que contribuyen al efecto invernadero (CO_2) como resultado de la actividad aeronáutica. Para los tres contaminantes hemos estimado las emisiones producidas por las aeronaves durante los ciclos de aterrizaje y despegue conocidos como ciclos LTO, según sus siglas en inglés. Adicionalmente, para el CO_2 hemos estimado las emisiones correspondientes a la fase crucero de los vuelos que salen del aeropuerto madrileño.

En cuanto a la caracterización de las operaciones de Madrid-Barajas se constatan los siguientes fenómenos. En primer lugar, **hay una tendencia constante de reducción porcentual de las operaciones de corta distancia, así como un crecimiento de las de media y larga distancia**. En efecto, si bien los vuelos de corta distancia seguirán siendo los más numerosos en cualquiera de los escenarios de 2030, su contribución al total quedaría estancada en niveles de 2019 e incluso podría verse ligeramente reducida.

En sentido contrario, **las operaciones de larga distancia podrían registrar aumentos de entre el 32 y el 70% respecto de 2019**. Por su parte, la media distancia experimentaría crecimientos que oscilarían entre el 40 y el 60% respecto de los niveles inmediatamente anteriores al parón provocado por la pandemia. La renovada orientación estratégica del aeropuerto, orientada a fortalecer las operaciones de largo y medio radio como se explica más adelante, constituiría una de las principales causas de este hecho.

Un segundo dato que se comprueba es que en la flota empleada hay un **incremento paulatino de la participación de aeronaves del tipo *wide body*** (probablemente por el aumento del reparto de larga distancia que emplea este tipo de aviones) y del **reemplazo de aviones regionales por *narrow bodies***. Esto último puede explicarse por decisiones comerciales de las líneas aéreas para mejorar la ocupación y, de esa forma, la productividad de las operaciones. Pero también de un movimiento estratégico de las líneas aéreas hacia rutas de media distancia (o por lo menos, incorporar el equipamiento adecuado para incrementar su participación en este tipo de rutas en el futuro). Esta tendencia no resulta inocua en el apartado de emisiones, en la medida en que las aeronaves más grandes, si bien rebajan la intensidad de carbono por pasajero, producen unas emisiones absolutas superiores a las de los aviones de menor tamaño.

Por otro lado, resulta interesante mencionar que diferentes indicadores, e incluso la orientación de las obras de ampliación analizadas, parecen señalar este **fortalecimiento del rol de Barajas como *hub* de vuelos intercontinentales y transoceánicos, y la necesidad de que este tipo de operaciones se complementen con alimentadores de media**

distancia, ofreciendo conexión hacia el interior del continente y las áreas mediterráneas. Esto puede explicar que la participación de las rutas de media y larga distancia crezcan de forma paralela.

Este supuesto tiene fundamentos sólidos, observables en diferentes tendencias. En primer lugar, los administradores de aeropuertos se favorecen con la incorporación de vuelos de larga distancia porque estos emplean aviones de mayor porte que pagan tasas más elevadas. Segundo, los vuelos de larga distancia mejoran la ratio de pasajeros por operación, lo que redundaría en mayor productividad para el aeropuerto, teniendo en cuenta que los pasajeros son consumidores de una cantidad de bienes y servicios que ofrece aquel. En tercer lugar, Madrid-Barajas ya ha venido construyendo su posicionamiento comercial como “la puerta de entrada a Europa desde las Américas” y estas intervenciones van en el mismo sentido. Finalmente, las esperadas regulaciones que penalizarán los vuelos de corta distancia con sustitutos ferroviarios y de las mejoras en la oferta y servicios ferroviarios asociados abren la puerta a un mayor peso específico del aeropuerto como gestor de operaciones de medio y largo radio.

En relación con la proyección de la demanda, basada en pronósticos de EUROCONTROL, hemos concluido que la cantidad de pasajeros que vuelan desde Barajas alcanzaría el **nivel pre pandémico entre los años 2025 y 2026**. Bajo la hipótesis de que la ampliación no tiene lugar, la demanda para el año 2030 estaría ligeramente por debajo de la capacidad actual de 70 millones de pasajeros anuales, aunque sobre el límite y rápidamente agotándola.

En cualquiera de los escenarios de ampliación (ya sea el de crecimiento moderado o el de crecimiento alto), **la demanda se ubicaría por encima del límite de capacidad de 70 millones de pasajeros anuales**. Incluso en el escenario más agresivo, la capacidad expandida de 80 millones de pasajeros anuales quedaría insuficiente para la demanda esperada en 2030 y funcionaría como techo. Es decir, más allá de ese límite impuesto por la capacidad, la demanda no podría crecer. Resulta llamativo que intervenciones que se espera se completen progresivamente entre el 2027 y el 2030 alcancen su tope tan rápidamente, a menos que la expectativa, desde la planificación, sean fuertes medidas regulatorias que reduzcan la demanda de transporte aéreo.

En lo que respecta a las emisiones, el estudio ha demostrado cómo la ampliación de la capacidad del aeropuerto, al inducir la demanda por contar con mayores *slots* operativos a ser cubiertos y al modificar el reparto de tipos de vuelos, tiene un impacto significativo en las emisiones de los diferentes gases analizados respecto del escenario de crecimiento natural de la demanda del aeropuerto. Como hemos visto en detalle en secciones anteriores, en el escenario de ampliación y crecimiento moderado, el efecto específico de la intervención es un crecimiento de las emisiones del 8,99% en el caso de las PM, del 9,55% de los NO_x y del 11,73% en el caso del CO₂. En el escenario de ampliación y crecimiento alto, el efecto de la intervención es un crecimiento de las emisiones sería del 16,19% de las PM, el 16,55% de los NO_x y del 25,03% del CO₂.

Si tomamos una perspectiva mayor y tomamos como referencia los valores de emisiones cerrados correspondientes al año 2019, vemos cómo la ampliación del aeropuerto significaría un aumento de aproximadamente el 20% de emisiones para todos los contaminantes (escenario 2) y del 30% para los óxidos de nitrógeno y las partículas en suspensión (escenario 3). El incremento de emisiones en este último escenario rondaría un alarmante 35% en el caso del CO₂.

Es interesante constatar cómo **las intervenciones producirán un aumento más pronunciado de las emisiones de CO₂ que de los restantes contaminantes**. Esto se justifica por el hecho de que, mientras para las emisiones de NO_x y de PM el principal factor corresponde a las fases de despegue y aterrizaje -y, por ello, el cálculo realizado en el estudio se ha limitado a dicha fase-, en el caso del CO₂ el peso de las emisiones durante la fase crucero es muy elevado (alrededor del 90% de las emisiones totales de un vuelo, dependiendo, por supuesto, de la distancia volada). Y en los vuelos de larga distancia, el peso de la fase crucero sobre la emisión total es aún mayor. Por lo tanto, la hipótesis del fortalecimiento de la media y larga distancia dentro del conjunto de las operaciones del aeropuerto tendrá un efecto marcado en este diferencial que existe entre las emisiones de carbono y la de contaminantes locales.

Todo esto nos lleva a pensar que **para el 2030 las emisiones provenientes de los vuelos de corta distancia estarán contenidas, pero se observará un crecimiento acelerado de emisiones provenientes de vuelos de media y larga distancia**. Este hecho se explica por el hecho de que, en ausencia de regulación al respecto, aquellos irán paulatinamente capturando *slots* antes asignados a vuelos de corta distancia y aprovechando nuevos *slots* creados como resultado de la ampliación de los espacios de estacionamiento diseñados para modelos *wide body*.

Recomendaciones

Habida cuenta de sus importantes impactos, así como de la rapidez de su crecimiento, reducir las afecciones del transporte aéreo constituye una necesidad urgente para cumplir los objetivos tanto del Acuerdo de París como de diferentes legislaciones de índole internacional y estatal relativas a la reducción de emisiones, tanto de gases de efecto invernadero como de contaminantes atmosféricos.

A pesar de las mejoras en la eficiencia de las aeronaves, las medidas de tipo tecnológico frecuentemente defendidas por la industria y las instituciones no representan a día de hoy soluciones reales por su indisponibilidad en el corto o medio plazo, así como por los efectos negativos que muchas de ellas generan en otros ámbitos. Por ello, si bien es deseable avanzar en la mejora de dichas opciones de tipo tecnológico, **resulta imprescindible poner en marcha medidas de reducción de la oferta y la demanda como único camino real a día de hoy para la reducción de los impactos del sector.**

La ampliación de aeropuertos representa un vector de aumento exponencial de los impactos del transporte aéreo, tanto desde el punto de vista climático como ambiental, social y económico. En el caso del aeropuerto de Madrid-Barajas, además, su reconfiguración para aumentar el peso de los vuelos de largo y medio radio suponen un peligro añadido al ser, como hemos visto, las operaciones que más impactos generan.

Por tanto, para revertir esta tendencia se proponen las siguientes recomendaciones, algunas de ellas de carácter específico para el aeropuerto madrileño y otras de ámbito más general enfocadas al conjunto del transporte aéreo en el Estado español:

1. Implementación de medidas para **para limitar el número de operaciones en el aeropuerto:**

- ▶ Con carácter inmediato, paralización de cualquier intervención encaminada a aumentar el número de operaciones gestionadas por la infraestructura.
- ▶ En el medio plazo, establecimiento de un límite sobre el número de operaciones del aeropuerto, como ya existe en otros Estados de la UE como los Países Bajos (aeropuertos de Amsterdam-Schiphol, Rotterdam y Eindhoven) o Francia (Paris-Orly). Las restricciones sobre el número de operaciones deben estar asimismo acompañadas de limitaciones a la posible utilización por parte de las aerolíneas de aeronaves de mayor tamaño con el objetivo de transportar más pasajeros. Esto, si bien reduciría las emisiones por pasajero, se traduciría en mayores emisiones absolutas y ruido por operación.

2. Establecimiento de un **límite decreciente de emisiones para el conjunto del sector del transporte aéreo en España** con el objetivo de reducir tanto la oferta como la demanda de vuelos. Esta medida tiene la ventaja, además, de que imposibilita que posibles mejoras en la eficiencia sean absorbidas por el crecimiento del tráfico aéreo.

3. **Eliminación de rutas aéreas domésticas** con alternativa ferroviaria de hasta cuatro horas. Esta medida debe contemplar la **imposibilidad para los operadores de cubrir los slots liberados con otros vuelos** y, en particular, con operaciones de media y larga distancia.

4. Puesta en marcha de **medidas fiscales y de aumento de los precios** mediante el establecimiento de tasas sobre los billetes (especialmente sobre los de medio y largo radio por su impacto), sobre las emisiones y/o sobre el combustible utilizado por las aerolíneas, ahora mismo exento de impuestos en la UE. Igualmente, posibles impuestos a los vuelos de carga, como es el caso en Francia, pueden ayudar a que los operadores internalicen los costes sociales y ambientales de su actividad.

5. En el plano de la normativa de tipo comunitario, resulta necesario **incluir los vuelos que salen de y entran al Espacio Económico Europeo en el Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la Unión Europea**. Su actual exclusión en este esquema hace que las emisiones de los vuelos de largo radio no estén sujetas a ninguna regulación.

En cuanto a la implemetación de estas medidas, de carácter diverso, lo ideal para aumentar su eficacia sería asegurar que su puesta en marcha sea efectuada en el ámbito más global posible. Es decir, que si bien la aplicación de medidas en el plano estatal es bienvenida, su eficacia será mayor en la medida en que la implementación atañe al conjunto de la Unión Europea o, aún mejor, a escala global.

Tomando un ejemplo concreto, para la medida consistente en el establecimiento de un límite al número de operaciones de un aeropuerto sería deseable que el límite, con los criterios correspondientes, fuera aplicado al conjunto de aeropuertos que operan como grandes *hubs* en la UE. De esta manera, se evitaría en gran medida el riesgo de fuga de emisiones entre aeropuertos, pudiéndose incluso incrementar aquellas si las nuevas rutas alternativas obligan a recorrer mayores distancias.

Finalmente, se **considera necesaria la definición y puesta en marcha urgente por parte del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana de una estrategia con objetivos claros de reducción de los cada vez mayores impactos del transporte aéreo en el Estado español**. En efecto, a diferencia de otros Estados miembro de la UE en los que se han empezado a poner en marcha diferentes medidas para la descarbonización del sector -con niveles variables de eficacia y ambición-, en España no existe una hoja de ruta con indicadores y objetivos concretos y medibles que guíen el futuro a corto, medio y largo plazo del transporte aéreo. Dicha planificación de metas y acciones resulta hoy más necesaria que nunca, como herramienta para conseguir objetivos superiores de reducción de los impactos del sector transporte-movilidad en España y el conjunto de la Unión Europea.

Referencias

- ▶ AENA. (2023). *Estadísticas del tráfico aéreo*. Disponible en AENA: <https://www.aena.es/es/estadisticas/inicio.html>
- ▶ EASA. (2022). *European Aviation Environmental Report*.
- ▶ ECOLOGISTAS EN ACCIÓN (2022), *La calidad del aire en el Estado español durante 2022*. <https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/2023/06/informe-calidad-aire-estado-2022.pdf>
- ▶ EMEP/EEA. (2019). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019*.
- ▶ EUR-Lex. (2022a). *Directive (EU) 2022/362 of the European Parliament and of the Council of 24 February 2022 amending Directives 1999/62/EC, 1999/37/EC and (EU) 2019/520, as regards the charging of vehicles for the use of certain infrastructures*. Disponible en <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32022L0362>
- ▶ EUROCONTROL (2021), *Eurocontrol Data Snapshot 4*, disponible en <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2021-02/eurocontrol-data-snapshot-co2-by-distance.pdf>
- ▶ EUROCONTROL (2022). *EUROCONTROL Forecast Update 2022-2028*.
- ▶ ICAO. (2023, February 8). *ICAO forecasts complete and sustainable recovery and growth of air passenger demand in 2023*. Disponible en ICAO: <https://www.icao.int/Newsroom/Pages/ICAO-forecasts-complete-and-sustainable-recovery-and-growth-of-air-passenger-demand-in-2023.aspx>
- ▶ ICCT. (2020). *CO2 emissions from commercial aviation*.
- ▶ ICCT. (2021). *Assessing the sustainability implications of sustainable aviation fuel*.
- ▶ ICCT. (2022). *Considerations for the ReFuelEU aviation trilogue*. ICCT.
- ▶ Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana. (2018, Marzo 21). *Aena invertirá 1.571 M€ en el Plan Director del Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas 2017-2026, que aumentará su capacidad hasta los 80 millones de pasajeros*. Retrieved from Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana: <https://www.mitma.gob.es/el-ministerio/sala-de-prensa/noticias/mie-21032018-1415>
- ▶ Politico.eu. (2022, December 2). *EU approves France's short-haul flight ban — but only for 3 routes*. Disponible en [www.politico.eu](https://www.politico.eu/article/eu-greenlights-frances-short-haul-ban-but-only-on-3-routes/): <https://www.politico.eu/article/eu-greenlights-frances-short-haul-ban-but-only-on-3-routes/>
- ▶ Stay Grounded (2022), *Un destino común. Reenmarcando la aviación para garantizar su aterrizaje seguro y sentar las bases de una economía justa*. Disponible en <https://www.ecologistasenaccion.org/200113/destino-comun-una-guia-para-desmontar-el-lavado-verde-de-la-aviacion-y-crear-una-nueva-narrativa/>
- ▶ T&E. (2021, September 21). <https://www.transportenvironment.org/discover/airport-emissions-uncovered-new-tool-exposes-flyings-real-impact/> Disponible en Transport and Environment: <https://www.transportenvironment.org/discover/airport-emissions-uncovered-new-tool-exposes-flyings-real-impact/>

Andalucía

Tel./Fax: 954903984 andalucia@ecologistasenaccion.org

Aragón

Tel: 629139609, 629139680 aragon@ecologistasenaccion.org

Asturies

Tel: 985365224 asturias@ecologistasenaccion.org

Canarias

Tel: 928960098 - 922315475 canarias@ecologistasenaccion.org

Cantabria

Tel: 608952514 cantabria@ecologistasenaccion.org

Castilla y León

Tel: 697415163 castillayleon@ecologistasenaccion.org

Castilla-La Mancha

Tel: 608823110 castillalamancha@ecologistasenaccion.org

Catalunya

Tel: 648761199 catalunya@ecologistesenaccio.org

Ceuta

ceuta@ecologistasenaccion.org

Comunidad de Madrid

Tel: 915312389 Fax: 915312611 comunidademadrid@ecologistasenaccion.org

Euskal Herria

Bilbao Tel: 944790119. euskalherria@ekologistakmartxan.org

Pamplona Tel. 948229262. nafarroa@ekologistakmartxan.org

Extremadura

Tel: 638603541 extremadura@ecologistasenaccion.org

Galiza

Tel: 686732274 coruna@ecoloxistasenaccion.gal

La Rioja

Tel: 941245114- 616387156 larioja@ecologistasenaccion.org

Melilla

Tel: 951400873 melilla@ecologistasenaccion.org

Navarra

Tel: 659 135 121 navarra@ecologistasenaccion.org

País Valencià

Tel: 965255270 paisvalencia@ecologistesenaccio.org

Región Murciana

Tel: 968281532 - 629850658 murcia@ecologistasenaccion.org



...asóciate • www.ecologistasenaccion.org

