

LA ECONOMÍA DE LOS AEROPUERTOS: ESTADO DEL ARTE

Tiziana D'Alfonso¹, Martina Gregori¹, Hugo Silva^{2,3,4}, Leonardo J. Basso^{4,5}

¹ Department of Computer, Control and Management Engineering, Sapienza Università di Roma, Italia

² Instituto de Economía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile

³ Departamento de Ingeniería de Transporte y Logística, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile

⁴ Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería (ISCI), Chile

⁵ Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile, Chile

*Autor para correspondencia:

tiziana.dalfonso@uniroma1.it

RESUMEN

Revisamos la literatura sobre tasas aeroportuarias de los últimos diez a quince años. Comenzamos ofreciendo una descripción general de la tasa por congestión, entendida como aquella que maximiza el bienestar dada la externalidad negativa entre vuelos. Luego consideramos el problema de fijación de precios de segunda mejor, incluyendo la fijación de precios de aeropuertos con autofinanciamiento y la existencia de limitaciones para diferenciar tasas a lo largo del tiempo y entre aerolíneas. También analizamos los precios de aeropuertos privados, la competencia aeroportuaria e inversiones en capacidad, la regulación y el papel de los servicios no aeronáuticos. Continuamos analizando la posible equivalencia de la tarificación por congestión y la gestión de franjas horarias en aeropuertos congestionados. Finalmente, examinamos cómo las distintas externalidades de la congestión – como las ambientales (ruido, emisiones) – podrían incorporarse en los esquemas de precio de aeropuertos. Concluimos brindando líneas de investigación futura para la literatura sobre regulación y tarificación aeroportuaria.

Palabras clave Aeropuertos, tarificación, franjas horarias, regulación, externalidades ambientales.

ABSTRACT

We review the airport pricing literature of the last 10-15 years. We begin by providing an overview of congestion pricing, understood as the welfare-maximizing pricing of the negative externality between flights. We then consider second-best pricing problems, including the self-financing airport pricing and the existence of limitations on differentiating tolls over time and firms, and pricing instruments. We also look at pricing by private airports, airport competition and capacity investments, regulation, and the role of non-aeronautical services. We continue by discussing the potential equivalence of congestion pricing and slot management at congested airports. Finally, we examine how external effects other than congestion, such as environmental externalities (noise, emissions), could be incorporated into airports' pricing schemes. We conclude by providing lines of future research for the airport pricing and regulation literature.

Keywords Airports; pricing; slots; regulation; environmental externalities.

1. INTRODUCCIÓN

Los aeropuertos desempeñan un papel clave en el desarrollo urbano, conectando a las personas, empresas y gobiernos, y estimulando la actividad económica. Múltiples estudios han demostrado el efecto positivo del transporte aéreo en la economía, empleo, comercio y producto bruto interno, PIB (Brueckner, 2003; Gibbons y Wu, 2020; McGraw, 2020). La aviación impulsa la productividad al expandir los mercados, facilitar la competencia y dar acceso a un grupo más amplio de mano de obra calificada (Carbo y Graham, 2020). El intercambio de conocimientos y redes, facilitado por las conexiones aéreas y la comunicación cara a cara, es fundamental para la colaboración científica y actividades de patentamiento (Hovhannisyan y Keller, 2015), y el desarrollo de inversiones financieras internacionales (Chen y Lin, 2020). No obstante, aunque los efectos positivos de la aviación en la economía parecen intuitivos, identificar una relación causal de este tipo es difícil debido a la fuerte interdependencia entre la prestación de servicios de aviación y el crecimiento regional (Blonigen y Cristea, 2015). Si no se considera una potencial redistribución inducida de actividades económicas se puede sobreestimar la creación de valor; además, un desequilibrio de los estudios hacia países desarrollados puede hacer pasar por alto características peculiares de las economías emergentes (Zhang y Graham, 2020)¹.

En las últimas décadas, los aeropuertos han acomodado operaciones cada vez mayores para apoyar el crecimiento regional y nacional. Antes de la pandemia del Covid-19, el tráfico aéreo había crecido significativamente en Estados Unidos y Europa, incluso más rápidamente en Asia y Oceanía y, más recientemente, en África y América Latina. Este crecimiento se había desarrollado a pesar de las contracciones locales posteriores al atentado a las torres gemelas en EE.UU. y durante la recesión económica de 2008 y 2009; de hecho, la *International Air Transport Association* (IATA) espera que la demanda retorne a niveles pre-COVID-19 en 2024 (IATA, 2020). La necesidad de conectar regiones remotas (Fageda et al., 2019), así como un mayor enfoque en el turismo (apoyado por viajes nacionales e internacionales de tipo promoción, una mayor propensión a volar de los *millennials*, y niveles de vida e ingresos más altos en las principales economías en desarrollo) y la aparición de aerolíneas *low-cost*, también han contribuido a estimular el crecimiento del tráfico.

Al mismo tiempo, el rendimiento del aeropuerto está limitado por la infraestructura y las capacidades operativas existentes. La capacidad del sistema de transporte aéreo para manejar el crecimiento del tráfico podría mejorarse: (i) cambiando el suministro entre nodos, es decir, el exceso de tráfico puede trasladarse a aeropuertos secundarios o regionales; (ii) implementando innovación operativa y tecnológica, en particular, sistemas de control de tráfico aéreo y gestión de flujo de tráfico aéreo, como el sistema de transporte aéreo de próxima generación (NextGen) liderado por la *Federal Aviation Administration* (FAA) en EE.UU. y la iniciativa de cielo único europeo lanzada por la Unión Europea, UE (Consortio SESAR); (iii) agregando infraestructura a los aeropuertos existentes o construir nuevos aeropuertos; esto último involucra a muchas partes interesadas, a menudo con objetivos contradictorios. Además, las inversiones en infraestructura aeroportuaria de capacidad tienden a ser irregulares y están sujetas a restricciones presupuestarias

¹ Campante y Yanagizawa-Drott (2018) confirman un nexo de causalidad entre vuelos sin escala de larga distancia y el crecimiento económico, pero también muestran cómo el flujo de inversiones tiende a originarse - en gran medida - desde los países más ricos a los de renta media, quedando los países de renta baja parcialmente excluidos de este proceso.

y ambientales significativas. En general, la oposición política (gobierno local, activismo cívico, movimientos *not in my backyard* -NIMBY) es un tema exigente y un ... “compañero permanente de la expansión” (Liebe et al., 2020), que no se puede ignorar.

El crecimiento del tráfico ha superado a muchos de los aeropuertos más concurridos del mundo a pesar de varios proyectos de expansión de capacidad. Según estimaciones previas a la pandemia proporcionadas por Eurocontrol (2018), 1,5 millones de vuelos (8% de la demanda prevista) no se podrían atender en Europa en 2040 debido a un desequilibrio entre demanda y capacidad. Aunque el aeropuerto de Heathrow en Londres es probablemente el caso más conocido, según las previsiones previas a la pandemia (ACI, 2018), alrededor de 16 aeropuertos similares a Heathrow operarían a plena capacidad para el año 2040.

En este contexto, algunos aeropuertos limitan las operaciones aeroportuarias a través de franjas horarias (*slots*). Un *slot* es una autorización para despegar o aterrizar en un aeropuerto y día determinado durante un período de tiempo específico. Esta autorización es para una operación de aeronave planificada y es distinta de la autorización de control de tráfico aéreo o autorizaciones similares. En aeropuertos donde la operación de aerolíneas está restringida (e.g., la gran mayoría de los aeropuertos europeos de alto tráfico), las restricciones pueden resultar en pérdidas de demanda o desplazamiento, a horas del día menos preferidas u a otros aeropuertos. Por otro lado, en aeropuertos que no utilizan esta restricción de acceso (e.g., la gran mayoría de los aeropuertos de EE.UU.), a menudo existen demoras muy costosas². Si bien una causa importante de las demoras es el volumen de tráfico en relación con la capacidad del aeropuerto, otras causas varían de un país a otro. Por ejemplo, el clima es una causa importante de demoras en EE.UU. En contraste, las limitaciones para la aviación civil (frente a la industria aeroespacial militar) es una fuente importante para China (ver Zhang y Czerny, 2012, para una encuesta al respecto).

El impacto a nivel nacional de los retrasos en vuelos en EE.UU. se estimó en más de US\$30 mil millones en 2007 (Ball et al., 2010). Recientemente, la FAA estimó que el costo para una aerolínea de una hora de retraso oscilaba entre US\$1,400 y US\$4,500, que la valoración del tiempo de los pasajeros variaba entre US\$35 y US\$63 por hora (FAA, 2020), y que los retrasos también afectaban los precios de los pasajes³. Estas cifras confirman que los retrasos son muy costosos en transporte aéreo, destacando la importancia de diseñar políticas apropiadas de congestión aeroportuaria. En aeropuertos donde no se espera un aumento significativo de capacidad, la mitigación de retrasos en el tráfico aéreo puede requerir mecanismos de gestión de la demanda para limitar el desajuste

² Que la congestión conduzca a retrasos en los vuelos está -en gran medida- bajo el control de las aerolíneas, ya que son libres de establecer la duración de los vuelos programados. En otras palabras, el alargamiento de los tiempos de vuelo relacionado con la congestión puede integrarse en los horarios de las aerolíneas a través de una práctica conocida como ‘relleno de horarios’, cuyo crecimiento reciente está documentado por Forbes et al. (2019) y Brueckner et al. (2021). Si bien la congestión del aeropuerto puede hacer que los vuelos sean más largos, este ajuste de horarios evita que lleguen tarde respecto al horario especificado.

³ Forbes (2008) utiliza datos del aeropuerto de Nueva York-La Guardia y encuentra una reducción de precio promedio por minuto adicional de demora de US\$1,42 para pasajeros directos; esta se reduce a US\$0.77/min para pasajeros en tránsito. Brito et al. (2012), considerando una muestra de rutas estadounidenses, encuentran que una disminución del 10 % en los retrasos implicaría un beneficio de \$1,50-\$2,50 por pasajero, mientras que las ganancias para las aerolíneas (al reducir los retrasos) serían aproximadamente tres veces mayores. Recientemente, Bilotkach y Pai (2020) encontraron que un minuto adicional de demora debido al clima, reduciría las tarifas promedio en EE.UU. entre US\$4,46 y US\$6,55, mientras que un minuto adicional de demora del transportista resultaría en una disminución del precio de US\$2,70 a US\$5,13.

entre la demanda y la capacidad del aeropuerto. Estas decisiones generalmente se toman a nivel de cada aeropuerto, lo que hace muy desafiante considerar los efectos en todo el sistema. Las medidas de gestión de demanda aeroportuaria implican: (i) determinar los niveles de programación adecuados para mitigar la congestión y (ii) especificar un mecanismo para asignar capacidad a las diferentes líneas aéreas. La última pregunta tiene como objetivo determinar el número 'óptimo' de vuelos programados por hora en el aeropuerto. En un mecanismo basado en precios, el aeropuerto fija los precios de congestión; en un mecanismo basado en la cantidad, el aeropuerto establece el número de franjas horarias a asignar.

Aparte de la congestión, el tráfico aéreo también está asociado con externalidades ambientales. Si bien la industria de la aviación es cada vez más eficiente en términos de consumo de combustible, las emisiones generales han aumentado con el volumen de viajes. El exceso de ralentí de los aviones, es decir, el tiempo de rodaje diario residual debido a los retrasos, ha tenido un impacto significativo en los niveles de emisiones (Schlenker y Walker, 2016). Por otro lado, a pesar de las reducciones dramáticas del ruido producido por aeronaves individuales a lo largo de los años, el ruido de los aeropuertos sigue siendo un problema crítico de política pública. Los bienes inmuebles podrían verse afectados negativamente por la exposición al ruido (McMillen, 2004), lo que justificaría medidas como la compensación económica del gobierno a los hogares (Mense y Kholodilin, 2014).

El resto del artículo tiene la siguiente estructura. En la sección 2 analizamos los precios de los aeropuertos. Nos enfocamos en la tarificación por congestión, como aquella que minimiza la externalidad negativa entre vuelos. También analizamos la fijación de precios de segunda mejor (*second best pricing*), la fijación de precios en aeropuertos privados, la competencia aeroportuaria e inversiones en capacidad, regulación y operaciones no aeronáuticas, y la competencia aeroportuaria internacional. En la Sección 3, nos centramos en los enfoques basados en la cantidad (en lugar del precio) para gestionar la congestión aeroportuaria. La Sección 4 se refiere a cómo externalidades distintas a la congestión, como las ambientales (ruido, emisiones), podrían incorporarse en los esquemas de precio de aeropuertos. Dado que el enfoque de este artículo está en los aeropuertos, no analizamos temas relevantes como los precios de aerolíneas, la discriminación de precios, la gestión del rendimiento, la economía de las tarifas de equipaje y los precios de red. La Sección 5 concluye proponiendo líneas de investigación futuras.

2. Fijación de Precios Aeroportuarios

Las decisiones de fijación de precios en aeropuertos incluyen el precio del aterrizaje y despegue de aviones, los posibles cargos a pasajeros, el uso del terminal, el aparcamiento de aviones, los servicios no aeronáuticos (como estacionamiento de automóviles), y las tiendas *Duty Free*, entre otros. El enfoque principal de esta sección es como tarificar la principal externalidad, la congestión. No obstante, discutiremos algunos de los otros temas y su relación con la regulación.

2.1 Fijación de precios por congestión

La práctica actual, de cobrar tarifas de despegue y aterrizaje basadas en el peso de la aeronave que son constantes a lo largo del día, ha sido criticada desde las primeras contribuciones de Levine (1969) y Carlin y Park (1970). Desde entonces, varios análisis teóricos y empíricos han investigado

políticas eficientes de tarificación de pistas y sus beneficios potenciales, y han argumentado a favor de su implementación.

La diferencia con la extensa bibliografía sobre tarificación por congestión en el caso vial, es que las líneas aéreas suelen controlar gran parte del tráfico en algunos aeropuertos y tienen poder de mercado, en cambio los conductores de auto controlan un solo vehículo. Las aerolíneas son grandes actores en el mercado de la aviación y, por lo tanto, se espera que internalicen la congestión impuesta sobre ellas mismos y sus pasajeros, y reaccionen de manera diferente a los usuarios de una carretera al enfrentar cargos por congestión.

Brueckner (2002), el primero en modelar formalmente la congestión y la competencia de Cournot juntas, muestra que las tasas de congestión que maximizan el bienestar solo deben tener en cuenta el costo de congestión impuesto a otros operadores. Esto se conoció como la ‘hipótesis de la auto-internalización’, e implica que el cargo por congestión de una aerolínea debe ser proporcional a la participación de mercado agregada de las otras aerolíneas, excluyendo sus propios vuelos. Este resultado sigue siendo válido en varios escenarios diferentes, incluidas las redes, cuando se incluyen las inversiones en capacidad aeroportuaria, cuando las líneas aéreas ofrecen productos diferenciados y se consideran los costos de retrasos en los horarios (Basso, 2008; Brueckner, 2005; Pels y Verhoef, 2004; Zhang y Zhang, 2006). Para una revisión más detallada de la literatura sobre tarificación aeroportuaria, remitimos al lector a Zhang y Czerny (2012)⁴.

Por el lado empírico, el tema ha sido más polémico. Daniel (1995) ofrece el primer análisis sobre el potencial de auto-internalización al investigar el comportamiento de programación dinámica de *Northwest Airlines* en Minneapolis-St. Paul en 1990. Daniel y Harback (2008) siguen un enfoque similar, pero consideran una base de datos mucho más amplia, que incluye patrones de tráfico y demoras en 27 aeropuertos importantes de EE.UU. Estos análisis proporcionaron evidencia en contra de la hipótesis de internalización de los retrasos autoimpuestos. Van Dender (2007), también ofrece evidencia empírica contradiciendo la teoría de la auto-internalización. Con base en un conjunto de datos de 55 aeropuertos de EE.UU. entre 1998 y 2002, descubrió que las demoras aumentaban cuando los mercados se volvían más concentrados. El argumento es que las aerolíneas dominantes se comportan como líderes Stackelberg y el resto como un ‘borde competitivo’, es decir, un grupo de aeronaves que ajusta sus operaciones para llenar la capacidad y mantener constantes los retrasos. Ante este comportamiento, el líder no tiene incentivos para internalizar los retrasos. Este argumento se desarrolla más analíticamente en Brueckner y Van Dender (2008). Además, Brueckner (2002) y Mayer y Sinai (2003) encuentran evidencia empírica de una relación inversa entre las demoras y la concentración de mercado de las aerolíneas en un aeropuerto y, por lo tanto, la auto-internalización de los efectos de congestión.

Sin embargo, Rupp (2009) ofrece evidencia adicional. Por un lado, su análisis muestra que los tiempos de viaje excesivos se reducen por el poder de mercado de los transportistas, lo que indica la existencia de auto-internalización, y está en línea con los resultados obtenidos por Mayer y Sinai

⁴ Antes de la contribución de Brueckner, era común modelar los aeropuertos como si estuvieran vendiendo directamente un producto final; Basso y Zhang (2007a) lo llaman el ‘enfoque tradicional’ y revisan estos trabajos. Este enfoque es diferente a la actual configuración de modelado común de una estructura vertical aeropuerto-aerolínea-pasajeros. Basso y Zhang (2008) muestran analíticamente que el enfoque tradicional solo es válido si los transportistas aéreos no tienen poder de mercado y tienen costos operativos marginales constantes.

(2003). Pero, también encuentra que la puntualidad se ve reducida por el poder de mercado de los operadores, lo que puede contrastar con la auto-internalización. Ater (2012), encuentra que los períodos de alto volumen de vuelos son más prolongados cuando la proporción de vuelos operados por una aerolínea líder (*hub*) es mayor, y estos períodos más prolongados tienen demoras más cortas. Estos resultados implican que las aerolíneas *hub* efectivamente consideran el impacto de sus decisiones de programación en la congestión que experimentan.

La internalización de los retrasos es fundamental, ya que determina el alcance y la eficiencia de la tarificación por congestión en un aeropuerto. Si bien la evidencia puede parecer contradictoria, Silva y Verhoef (2013) señalan que incluso en ausencia de un borde competitivo o una empresa líder, los resultados pueden conciliarse. Argumentan que el comportamiento de las aerolíneas es más consistente con un modelo Bertrand de competencia con productos diferenciados. En este caso, las aerolíneas siempre interiorizan menos que los retrasos autoimpuestos. Además, los niveles de congestión de equilibrio se aproximan a los niveles compatibles con la hipótesis de ausencia de internalización, cuanto más sustitutos son los productos de las aerolíneas. Por ejemplo, para un grado medio de sustituibilidad, las aerolíneas pueden internalizar menos de la mitad de los retrasos autoimpuestos. Este resultado es consistente con la evidencia empírica que rechaza la hipótesis de auto-internalización (Daniel, 1995; Daniel y Harback, 2008). Sin embargo, a pesar de ser baja, la proporción de retrasos internalizados siempre aumenta con la concentración del mercado, lo que valida los hallazgos empíricos que respaldan la internalización (Mayer y Sinai, 2003).

En los diez últimos años, la literatura sobre tarificación aeroportuaria ha superado el debate sobre la internalización para desarrollar nuevas ideas y conocimientos sobre diseño de políticas. Daniel (1995), estudia la dinámica de la congestión en pistas de aeropuertos. Daniel (2009) y Silva et al. (2014a) estudian la tarificación dinámica cuando hay interacción entre una aerolínea líder (Stackelberg) y un borde competitivo, utilizando el modelo de ‘cuello de botella’ de Vickrey⁵. Muestran que el patrón general de internalización es consistente con los resultados provenientes de modelos estáticos de congestión, como Brueckner y Van Dender (2008). En resumen, el grado de internalización depende críticamente del patrón de sustitución entre la aerolínea líder y el borde. Sin embargo, las implicancias en el esquema de precios son diferentes. Los cargos de congestión óptimos son los mismos para el líder y el borde, y no dependen del grado de internalización de las demoras que ocurran en el equilibrio sin tarificación.

Hay escasos avances teóricos en otros modelos de competencia en la rama de congestión dinámica. Según Silva et al. (2017), el principal problema es que el modelo de Vickrey no se puede extender fácilmente a la competencia simultánea entre aerolíneas. De hecho, Silva et al. (2017) muestran que no existe un ‘equilibrio de Nash en estrategia pura’ (*Pure Strategy Nash Equilibrium* – PSNE), ni siquiera en el caso del modelo de cuello de botella más simple, en que dos empresas idénticas programan vuelos⁶.

⁵ La esencia de este modelo es que los usuarios compensan los costos del retraso en la fila en el cuello de botella, con los costos del retraso en el horario (es decir, llegar/salir antes o después de lo deseado). Basso (2008), Brueckner (2004) y Flores Fillol (2010), no consideran un modelo dinámico de congestión, pero incluyen los costos de retraso en la programación, como la brecha esperada entre la hora de salida real y deseada de los pasajeros, que disminuye con la frecuencia.

⁶ El modelo asume que el costo de las demoras por tiempo de viaje, y adelanto y atraso, son lineales; en la literatura de congestión dinámica esto se conoce como ‘preferencias α - β - γ ’. Lindsay et al. (2019) extienden el análisis a múltiples empresas y muestran que con suficiente heterogeneidad se puede restaurar el PSNE.

2.2 Fijación de precios de segunda mejor

Una segunda rama de la literatura estudia la tarificación de segunda mejor por congestión. Entre los numerosos problemas secundarios que existen, nos centramos aquí en la existencia de restricciones financieras, limitaciones para diferenciar tarifas en el tiempo y por empresas, y limitaciones en la cantidad de instrumentos utilizados.

Respecto a las restricciones financieras, se sabe que el teorema de autofinanciamiento -que se cumple para la tarificación vial (Mohring y Harwitz, 1962)- no se cumple para los aeropuertos debido al poder de mercado de las aerolíneas. Como alternativa, Basso (2008) muestra que la maximización del bienestar sujeto a la recuperación de costos funciona bastante bien, alcanzando niveles de congestión similares a los de un aeropuerto privado no regulado, sin inducir una contracción de tráfico significativa. Verhoef (2017) propone un esquema regulatorio que restablece el autofinanciamiento bajo ciertas condiciones técnicas. Es importante destacar que, a diferencia del caso vial, el autofinanciamiento se mantiene cuando la provisión de capacidad aeroportuaria exhibe rendimientos crecientes a escala, lo que probablemente sea el caso de los aeropuertos. Discutiremos este tema más a fondo en la siguiente subsección, donde se consideran los ingresos no aeronáuticos. Además, Basso y Zhang (2010) muestran que si los ingresos del aeropuerto importan, también es importante la elección de mecanismos de gestión de la congestión basados en el precio o en la cantidad.

Una de las principales contribuciones sobre precios que no se pueden diferenciar entre aerolíneas, también llamados ‘tarifas uniformes’, es de Morrison y Winston (2007). Ellos desarrollan un modelo estructural simple para estimar los efectos de las tasas por congestión sobre el bienestar y lo calibran con datos de viajes nacionales en EE.UU. Simulan el impacto de cobrar el daño por congestión marginal (que es uniforme) a todas las aerolíneas como si no internalizaran la congestión en absoluto, lo que se denomina ‘peaje atomístico’. Su resultado principal es que peajes de congestión atomísticos y óptimamente diferenciados, logran beneficios similares entre sí, ya que la proporción de retrasos internalizados es pequeña. Sin embargo, los principales supuestos simplificadores como, por ejemplo, la ausencia de poder de mercado de las aerolíneas y la falta de sustitución inter-temporal, son demasiado fuertes para pasarlos por alto al generalizar resultados.

Por otro lado, los estudios que han analizado la eficiencia de las tasas de congestión atomísticas sin suposiciones tan fuertes, son teóricos (en lugar de empíricos) y utilizan configuraciones estilizadas. Por ejemplo, Silva y Verhoef (2013) consideran solo un mercado con líneas aéreas simétricas y calibran el modelo para reflejar tanto como sea posible valores realistas. Lin (2019) estudia precios aeroportuarios uniformes que maximizan el bienestar para aerolíneas asimétricas, pero con simplificaciones similares a las de Silva y Verhoef (2013).

Finalmente, respecto a las limitaciones de los instrumentos de fijación de precios, Zhang y Zhang (2006) señalan que la suposición clásica de factores de ocupación constantes, implica que las tasas por pasajero y por vuelo son equivalentes. Silva y Verhoef (2013) se encuentran entre los primeros en apartarse de este supuesto y estudiar las implicaciones del uso de un instrumento sobre el otro. Intuitivamente, las distorsiones causadas por la congestión de vuelos deben corregirse mediante cargos por vuelo, y la ineficiencia causada por el ejercicio del poder de mercado de las aerolíneas debe corregirse con subsidios por pasajero. Naturalmente, esto último es prácticamente imposible

y la pregunta relevante es ¿qué tan bien funcionan los peajes por vuelo cuando los efectos del poder de mercado no se corrigen directamente? Ellos encuentran que, si el aeropuerto no está demasiado concentrado, la eficiencia relativa de los peajes por vuelo en relación con el caso óptimo con subsidios puede ser significativa. Por ejemplo, con cinco empresas simétricas y cuotas de mercado iguales, la eficiencia relativa está entre 20% y 60%. Es importante destacar que Silva y Verhoef (2013) también muestran que el cobro de peajes atomísticos alcanza al menos el 75% de esos beneficios. Este resultado está en línea con Morrison y Winston (2007), lo que implica que la diferenciación de peajes por congestión puede no ser tan importante.

Czerny y Zhang (2015) y Czerny et al. (2017) contribuyen al tema de los cargos por pasajero versus por vuelo, al estudiar bajo qué condiciones las aerolíneas y aeropuertos que maximizan el bienestar bajo una restricción de recuperación de costos, prefieren aumentar los cargos por pasajero y disminuir los peajes por vuelo. Su análisis sugiere que la tendencia actual, de aumentar los peajes por pasajero y reducir los peajes por vuelo, no debería preocupar a los reguladores siempre que las demoras por congestión sean relativamente bajas. Finalmente, varios artículos consideran la tarificación aeroportuaria teniendo en cuenta redes de aerolíneas y elección de la estructura de ruta (Flores-Fillol, 2010; Silva et al., 2014b; Lin y Zhang, 2017). Si bien están fuera del alcance de esta revisión, algunos de ellos muestran cómo los cargos óptimos por vuelo y por pasajero debieran tener en cuenta la elección de la estructura de la ruta.

2.3 Tarificación de aeropuertos privados, competencia aeroportuaria e inversiones en capacidad

Tradicionalmente, los aeropuertos han sido de propiedad y gestión de entidades gubernamentales. Sin embargo, a partir de la privatización de algunos aeropuertos del Reino Unido en 1987, se han privatizado (parcialmente) cada vez más aeropuertos en todo el mundo. La lógica detrás de privatizar, es que los aeropuertos implementarían esquemas de tarifas por congestión más eficientes e invertirían mejor en capacidad. El problema es que como los aeropuertos privatizados son esencialmente monopolios locales, podrían utilizar su poder de mercado. Pero se ha argumentado que la regulación puede ser innecesaria, porque un aeropuerto privado no regulado no induciría grandes ineficiencias en la asignación, ya que la elasticidad precio es baja, y porque la posible colaboración entre aerolíneas y aeropuertos, o el poder compensatorio de las aerolíneas, ejercería una presión a la baja sobre el poder de mercado.

La teoría muestra que un aeropuerto no regulado que maximiza sus ganancias cobrará de más por la externalidad de la congestión y, en comparación con el óptimo, induciría grandes ineficiencias en la asignación y pérdidas irrecuperables. En consecuencia, la tasa aeroportuaria privada sería excesiva desde el punto de vista social (Zhang y Zhang, 2003, 2006; Basso, 2008)⁷. En cuanto a los efectos de la privatización en las decisiones de capacidad, Oum et al. (2004) muestran que la regla de inversión en capacidad de un aeropuerto privado es la misma que la regla óptima (primera mejor) cuando los transportistas son atomizados. Es decir, se agrega capacidad hasta que los costos marginales igualan los beneficios marginales debido a la reducción de demoras para pasajeros y aerolíneas. Sin embargo, Basso (2008) y Zhang y Zhang (2010) muestran que, en el caso general de transportistas no atomizados, para un volumen de tráfico determinado un aeropuerto privado

⁷ Bel y Fageda (2010), usando datos de 100 grandes aeropuertos en Europa, muestran que los aeropuertos privados no regulados cobran precios más altos que los aeropuertos públicos o regulados.

invertirá en exceso en capacidad, ya sea regulada o no regulada. La intuición es que una expansión de la capacidad que reduzca la congestión, aumentará la disposición a pagar de los pasajeros y reducirá el precio del boleto que cobran los transportistas debido a la disminución del costo marginal de congestión que es internalizado por las aerolíneas. Ambos efectos pueden contribuir a una tasa aeroportuaria más alta sin cambiar la demanda total. En consecuencia, cuando los transportistas tienen poder de mercado, la reducción de la congestión es una forma eficaz de aumentar los ingresos del aeropuerto. Por esta razón, el resultado también es válido para un aeropuerto público bajo una restricción de recuperación de costos, como muestran Zhang y Zhang (2010).

No obstante, el crecimiento de la demanda de transporte aéreo y las aerolíneas de bajo costo han contribuido a aumentar la competencia por pasajeros y aerolíneas entre aeropuertos. De hecho, hay varias regiones con múltiples aeropuertos, como el Gran Londres, Nueva York y el Área de la Bahía de San Francisco, donde los aeropuertos no pueden considerarse monopolios. Basso y Zhang (2007b) se encuentran entre los primeros estudios teóricos sobre el tema. Utilizando un modelo tipo Hotelling, muestran que las instalaciones de duopolio tienen tarifas más bajas e invierten menos en capacidad que un monopolio cuando las instalaciones deciden primero sobre capacidad y luego sobre precio⁸. Esto es importante ya que tanto la tasa aeroportuaria como la inversión en capacidad avanzan hacia niveles socialmente óptimos.

Sin embargo, la medida en que la competencia en regiones con múltiples aeropuertos reduce la necesidad de regulación es, en última instancia, una cuestión empírica. Yan y Winston (2014) analizan los potenciales efectos de la privatización en los precios de aeropuertos y el bienestar del área metropolitana de San Francisco. Para esto desarrollan un modelo de competencia que considera tres aeropuertos (Oakland, San Francisco y San José) y la red de vuelos domésticos. Su principal resultado es que la competencia puede conducir a grandes ganancias de bienestar si: (i) existe un entorno competitivo para los aeropuertos (es decir, privatizados a diferentes propietarios); (ii) se permite que las líneas aéreas negocien con los aeropuertos para evitar tasas aeroportuarias excesivas; (iii) se estimulan servicios diferenciados por aeropuertos grandes y pequeños. Sin embargo, las ganancias se obtienen a expensas de los consumidores cuyo bienestar disminuye en todos los escenarios de privatización estudiados.

Otra interacción estratégica relevante entre los aeropuertos privados sucede cuando son complementos en mercados internacionales. Los primeros estudios de Mantin (2012) y Matsumura y Matsushima (2012), posteriormente ampliados por Lin y Mantin (2015), analizan la decisión de fijar precios en aeropuertos internacionales que conectan dos países y sirven como centros para mercados locales. En su entorno, existen tres tipos de pasajeros (nacionales, internacionales *hub-to-hub* e internacionales *one-stop*) y dos tipos de aerolíneas, regionales y *hub*. Además, derivan las decisiones de precios de los aeropuertos privados que maximizan el bienestar local y estudian los incentivos de los gobiernos para privatizarlos. La idea principal del análisis es que un país puede beneficiarse de privatizar el aeropuerto *hub* (solo o junto con el aeropuerto local) si el tamaño del mercado *hub-hub* internacional es suficientemente grande respecto al tamaño del mercado *hub-local* nacional. La intuición parte con que los aeropuertos no pueden discriminar precios y el país se beneficia extrayendo excedentes a los pasajeros extranjeros en el mercado *hub-hub*

⁸ Cuando las decisiones de capacidad y precio se toman simultáneamente, los duopolistas brindan la misma calidad de servicio que el monopolista.

internacional. Cuando este mercado es grande y otro país privatiza su *hub*, la privatización de su propio aeropuerto *hub* es una estrategia dominante. Además, muestran que cuando los países privatizan, los gobiernos se encuentran en un tipo de equilibrio del ‘dilema del prisionero’, ya que ambos estarían mejor si mantuvieran todos los aeropuertos bajo propiedad pública⁹.

2.4 Regulación y operaciones no aeronáuticas

Dada la creciente presión sobre los aeropuertos para autofinanciar sus operaciones, estos dependen cada vez más de los ingresos generados por negocios no aeronáuticos, incluidas actividades secundarias como concesión de terminales, publicidad, alquiler de automóviles, estacionamientos y alquiler de terrenos. Durante las últimas tres décadas, los ingresos no aeronáuticos han crecido más rápido que los aeronáuticos y, por lo tanto, se han convertido en la principal fuente de ingresos de muchos aeropuertos (Zhang y Czerny, 2012)¹⁰.

Tradicionalmente, la demanda por servicios secundarios es complementaria a la demanda por servicios aeronáuticos, en el sentido que los ingresos no aeronáuticos aumentan con la utilización del aeropuerto. Además, la decisión de la mayoría de los consumidores sobre volar o no, se basa únicamente en el precio total del servicio aeronáutico y no considera el precio de las actividades paralelas en sus decisiones de viaje¹¹. Con aerolíneas atomísticas, Zhang y Zhang (1997) encuentran que la solución óptima (para un aeropuerto público sin restricciones) implica la fijación de precios de costo marginal en servicios secundarios. Dado que un cargo aeronáutico más pequeño aumenta la demanda de servicios aeronáuticos y no aeronáuticos, la fijación de precios al costo marginal social en las actividades principales tendría una reducción adicional. Por el contrario, el segundo mejor precio óptimo (para un aeropuerto público con restricciones presupuestarias) de los servicios no aeronáuticos, sería más alto que el costo marginal relacionado, lo que demuestra que se obtendrían ganancias en el negocio no aeronáutico. Por lo tanto, las operaciones no aeronáuticas subvencionarían las operaciones aeronáuticas. Si al aeropuerto no se le permite obtener ganancias de sus operaciones no aeronáuticas, pero aun así se le pide que autofinancie sus operaciones, se lograría un menor nivel de bienestar social. La presión a la baja sobre el cargo aeronáutico provocada por los servicios no aeronáuticos, también se confirma en presencia del poder de mercado de las aerolíneas (Zhang y Zhang, 2010) y se ha discutido en el caso de diferentes tipos

⁹ Lin (2020) analiza cargos uniformes y discriminatorios para aeropuertos internacionales que maximizan el bienestar local y se benefician de extraer rentas de aerolíneas extranjeras. A diferencia de los artículos que discutimos anteriormente, estudian las inversiones en capacidad y muestran que cada aeropuerto tiende a sobre invertir según reglas de precios locales óptimas.

¹⁰ Las operaciones comerciales tienden a ser más rentables que las operaciones aeronáuticas, debido en parte a las ‘rentas de ubicación’ que disfruta un aeropuerto y en parte a las regulaciones y mecanismos de cobro vigentes (Starkie, 2001); mientras que las operaciones aeronáuticas están sujetas a varias formas de regulación, ya sea explícita o implícitamente, las operaciones comerciales generalmente no están reguladas. Una consecuencia de esta disparidad de ganancias es que las obtenidas de actividades comerciales pueden utilizarse para subvencionar operaciones aeronáuticas, disminuyendo así la necesidad de ayuda gubernamental (Zhang y Zhang, 1997, Zhang y Zhang, 2003).

¹¹ Una segunda rama de la literatura asume que los consumidores pueden tomar decisiones sobre la compra de vuelos y servicios no relacionados con la aviación de forma simultánea (en lugar de hacerlo de forma independiente). En este caso, los pasajeros aumentan a medida que disminuye el precio de los servicios secundarios. Una reducción en el precio de los servicios secundarios puede considerarse como un aumento en la ‘calidad’ del aeropuerto, lo que mejora el excedente del consumidor y, por lo tanto, estimula la demanda de viajes (Czerny, 2006; Flores-Fillol et al., 2018). En este escenario, la prestación de servicios no aeronáuticos puede aumentar o reducir el cargo aeronáutico privado en relación con una situación en la que no existen servicios secundarios.

de pasajeros (Czerny y Zhang, 2011; D' Alfonso et al., 2013) y congestión en los terminales (Wan et al., 2015). En particular, en ausencia de una discriminación de precios basada en el tipo de pasajero por parte de las aerolíneas, puede ser útil aumentar la tarifa aeroportuaria para proteger a los pasajeros con mayor valor relativo del tiempo. Por ejemplo, para proteger a los pasajeros de negocios de una congestión excesiva provocada por pasajeros con valor del tiempo bajo, como los pasajeros de ocio¹².

Zhang y Zhang (2003) y Oum et al. (2004) encuentran que, si bien los precios aeronáuticos fijados por aeropuertos privados disminuyen, lo hacen menos que los precios en un aeropuerto público con actividades no aeronáuticas. Más aún, este es el caso tanto para el primer mejor como para el segundo mejor precio. Por lo tanto, los ingresos no aeronáuticos no serían un argumento válido para desregular una vez que se privatiza un aeropuerto. La intuición del resultado es simple: un aeropuerto privado se preocuparía por las ganancias adicionales que puede obtener de las actividades paralelas. En cambio, un aeropuerto público que maximice el bienestar social se preocuparía por las ganancias no aeronáuticas y el excedente del consumidor inducido. En consecuencia, la disminución de la tarifa aeronáutica sería más significativa en el caso público: los ingresos no aeronáuticos aumentarían la brecha entre las tarifas aeronáuticas privadas y públicas.

Varios autores (Czerny, 2006; Oum et al., 2004; Lu y Pagliari, 2004; Yang y Zhang, 2011; y Kidokoro et al., 2016) analizan los efectos de mecanismos alternativos de regulación sobre el desempeño de aeropuertos privados, con un enfoque particular en cómo deben tratarse los ingresos por servicios no aeronáuticos. Oum et al. (2004) concluyen que la Tasa de Retorno (ROR) de caja doble¹³, induce al aeropuerto a invertir de manera óptima en capacidad, mientras que un tope de precio (ya sea de caja simple o de caja doble) induce una inversión insuficiente en capacidad, lo que empeora el problema de congestión. De hecho, el aeropuerto no puede recuperarse completamente de su inversión en capacidad, lo que reduce la congestión y aumenta la disposición a pagar de los usuarios, porque el precio tiene un tope. Lu y Pagliari (2004) y Czerny (2006), argumentan que la regulación de precio tope de caja única, es socialmente más deseable que un enfoque de caja doble en aeropuertos no congestionados, mientras que el esquema de caja doble domina en aeropuertos congestionados. En principio, bajo la regulación de tope de precio de caja única, el problema es que mientras más ganancias obtenga el aeropuerto de las concesiones, menor será el cargo aeronáutico permitido en futuras revisiones del tope, incluso si el tráfico crece y se acumula la congestión. Yang y Zhang (2011) demuestran que cuando la congestión del aeropuerto no es un problema importante, la regulación de precio tope de caja única domina la regulación de precio tope de caja doble en relación con el bienestar social. Sin embargo, identifican que la regulación de caja doble funciona mejor que la regulación de caja única cuando hay una congestión significativa en el aeropuerto. Kidokoro et al. (2016) confirman que la regulación de doble caja

¹² Las extensiones incluyen la discriminación de precios entre pasajeros de negocios y de ocio, cuando los costos operativos son iguales para todos (Czerny y Zhang, 2014). Zhang et al. (2010) y Fu y Zhang (2010) abordan el tema de participación en ingresos no aeronáuticos con múltiples aerolíneas y aeropuertos y sus efectos en el bienestar social, pero se centran en aeropuertos no congestionados.

¹³ En particular, en virtud del ROR de caja única, las tasas aeroportuarias (tanto en la zona de operaciones como no aeronáuticas) se establecen para recuperar costos más un rendimiento justo del capital invertido. Bajo el ROR de caja doble, el retorno permitido se aplica solo a las operaciones aeronáuticas. A partir de la regulación de tope de precios, bajo un aeropuerto de caja única, los ingresos de los servicios aeronáuticos y no aeronáuticos deberían cubrir los costos totales del aeropuerto. Bajo el límite de precios de doble caja, la tarifa aeroportuaria se establece de manera que los ingresos de servicios aeronáuticos cubran sus costos, y los servicios no aeronáuticos no estén regulados.

produce un mayor bienestar que la regulación de caja única, siempre que la rentabilidad de los servicios no aeronáuticos sea positiva.

3. Mecanismos de Gestión de la Demanda Basados en Cantidad

Una franja horaria (o *slot* aeroportuario) es una autorización para despegar o aterrizar en un día determinado durante un período específico (generalmente 15 min)¹⁴. El uso de *slots* para gestionar la congestión aeroportuaria ha ido ganando apoyo debido a las limitaciones en la expansión de aeropuertos y la falta de respaldo para tarificar por congestión. Actualmente, alrededor de 200 aeropuertos están coordinados por *slots*, la mayoría de ellos en Europa¹⁵.

La intuición y el atractivo de coordinar *slots* en aeropuertos es que al fijar un volumen de vuelo total deseado, las externalidades de congestión pueden reducirse a un nivel óptimo. Sin embargo, la práctica de asignar *slots* no ha estado en línea con este objetivo. En EE.UU., la administración de *slots* en aeropuertos coordinados, sigue generalmente el proceso establecido por IATA en las ‘Pautas Mundiales de Franjas Horarias’. El método se basa, en gran medida, en las ‘ranuras históricas’ o franjas horarias que los transportistas han operado durante un tiempo de calificación, según las reglas de la FAA. En la UE, el reglamento de asignación de *slots* (Reglamento EC 95/93, modificado por el Reglamento 793/2004) define reglas obligatorias para aeropuertos coordinados (EC, 2004). Aunque no existen derechos de propiedad, existen ‘cláusulas del abuelo’ en el uso de *slots*. Si una compañía aérea ha utilizado algunas franjas horarias durante al menos 80 % del tiempo durante una temporada, tiene derecho a utilizarlas en la siguiente temporada; de lo contrario, las franjas horarias se vuelven gratuitas y pueden asignarse a nuevos participantes¹⁶.

El resultado de los mecanismos de asignación de *slots* basados en derechos históricos, puede estar lejos de la eficiencia económica. La regla de ‘úsalo o piérdelo’ puede inducir a las aerolíneas a acumular franjas horarias, siendo reacias a cederlas por temor a la entrada de un rival, haciendo un uso ineficiente de ellos. Algunos ejemplos son comportamientos como el ‘cuidado de niños en franjas horarias’, en que las aerolíneas solo las utilizan por la cantidad mínima requerida para conservar su cláusula del abuelo (Ball et al., 2018; Dempsey, 2001). En la práctica, pocos transportistas tienen muchos turnos disponibles y operan varios vuelos simplemente para cumplir con la regla de úsalo o piérdelo (Madas y Zografos, 2006; 2008). Como resultado, la concentración del mercado puede aumentar, dando lugar a problemas de competencia.

Los mecanismos de mercado para asignar *slots* aeroportuarios han sido ampliamente discutidos en la literatura económica (Brueckner, 2009; Button, 2008; Verhoef, 2010). En principio, subastas bien diseñadas pueden garantizar que el recurso se asigne a aquellos postores que generarán el

¹⁴ La concesión de un *slot* significa que la línea aérea puede utilizar la gama completa de servicios de infraestructura elemental (tanto en el lado aire como en tierra) necesarios para operar un vuelo en un momento dado.

¹⁵ Ver <https://www.iata.org/contentassets/4ede2aabfcc14a55919e468054d714fe/wasg-annex-12.7.xlsx> (recuperado por última vez el 31 de marzo del 2021).

¹⁶ La pandemia del Covid-19, ha provocado una caída sustancial en los viajes aéreos. La Comisión Europea adoptó recientemente una propuesta sobre exención de franjas horarias en aeropuertos para la temporada de programación de verano de 2021, que permite a las aerolíneas conservar sus franjas horarias si las utilizan al 40 % en lugar del mínimo habitual del 80 %.

mayor valor al administrarlo¹⁷. El comercio secundario puede mejorar la eficiencia al crear un costo de oportunidad para mantener las franjas horarias, ya que las aerolíneas que las utilizan renuncian a los ingresos por su venta (derecho de uso)¹⁸. A pesar de sus beneficios, los mecanismos de mercado también tienen algunos inconvenientes cruciales. Sobre todo, las altas valoraciones privadas no necesariamente reflejan el valor social del recurso. Si bien existe la necesidad de lograr eficiencia económica en la asignación de recursos valiosos (maximizando así una suma ponderada del excedente de consumidores y productores), este objetivo difícilmente puede lograrse en la práctica, ya que los consumidores no participan en las subastas. Por lo tanto, el resultado de una subasta está impulsado principalmente por las ganancias de los postores más que por el bienestar social (Klemperer, 2002). Además, Hoppe et al. (2006) destacan la importancia de la estructura del mercado como determinante de las valoraciones de los postores. Finalmente, los compradores y vendedores potenciales no necesariamente se conocen por falta de información (Aravena et al., 2019; Avenali et al., 2015).

Una pregunta obvia que surge, es si estos dos mecanismos (políticas de fijación de precios y franjas horarias) son equivalentes. Brueckner (2009) muestra que distribuir *slots* y permitir el libre comercio, y una subasta de *slots* lograrían el primer mejor resultado en ausencia de poder de mercado y asimetrías de información. Por otro lado, vender franjas horarias a un mismo precio, es decir, tratarlas como un peaje de congestión uniforme, es inferior a implementar la tarificación por congestión óptima y subastar las franjas horarias, excepto cuando las aerolíneas son de tamaño simétrico. La discusión de Brueckner (2009) es paralela al análisis de Verhoef (2010), que encuentra que si se permite negociar libremente las franjas horarias, se puede generar el primer mejor resultado si la externalidad de congestión es relativamente importante y la distorsión por poder de mercado relativamente poco importante. Por el contrario, Basso y Zhang (2010) muestran que la equivalencia se pierde -incluso bajo información perfecta- si las ganancias del aeropuerto importan (ya sea porque es de propiedad privada o porque debe autofinanciarse). Si las ganancias del aeropuerto importan solo marginalmente, entonces las subastas de franjas horarias superarán la fijación de precios para lograr un valor de la función objetivo más alto. La fijación de precios puede ser fuertemente preferible a las subastas de franjas horarias, especialmente cuando las aerolíneas son muy asimétricas.

Otra corriente de la literatura presenta variantes del análisis de Weitzman (1974) y compara el desempeño de mecanismos de cantidad y precio considerando estructuras de información más complejas. Czerny (2008; 2010) muestra que cuando la demanda por pasajeros es incierta, los beneficios sociales de las franjas horarias en relación con la tarificación por congestión, dependen de la forma funcional de la demanda por pasajeros y el costo de la congestión. En particular, Czerny (2010) muestra analíticamente que las redes de aeropuertos (a diferencia de los aeropuertos

¹⁷ A pesar que la idea de subastar franjas horarias de aeropuertos ha sido ampliamente debatida, parece estar lejos de implementarse realmente. En 2008, la FAA inició una propuesta para subastar el 10 % de los *slots* en los tres principales aeropuertos de Nueva York, recibiendo críticas de las aerolíneas y la IATA. En 2009, la administración de Obama rescindió los planes de subastas de *slots* después que la Corte de Apelaciones suspendiera la propuesta en diciembre de 2008 (IATA, 2010).

¹⁸ Los *slots* pueden ser muy valiosas para las aerolíneas. Por ejemplo, en 2008 *Southwest Airlines* pagó US\$7,5 millones por 14 espacios en el aeropuerto La Guardia de Nueva York (Berardino, 2009). En el mismo año, *Continental Airlines* pagó 209 millones de dólares por cuatro pares de franjas horarias en Heathrow. *American Airlines* pagó US\$60 millones por un par de *slots* de Heathrow que pertenecían a SAS en 2015, y *Oman Air* pagó 75 millones de dólares por un par de *slots* de *Asir France* en Heathrow en 2016 (Voxeu-CEPR, 2021).

individuales) aumentan los beneficios relativos al bienestar de los mecanismos basados en la cantidad. Aravena et al. (2019) comparan peajes con franjas horarias bajo información asimétrica. En este escenario, se pierde la equivalencia entre ambos: la asignación directa es siempre ineficiente *ex-post* y, en algunos casos, los peajes y la posterior delegación cuantitativa son una mejor alternativa en términos de bienestar social. Así, las subastas pueden ser superiores o inferiores a las tasas¹⁹.

La evidencia empírica sobre los impactos de la subasta y el comercio de *slots* es mixta. En el Reino Unido, el comercio ha tenido efectos variados. Por un lado, ha permitido que la aerolínea dominante (*British Airways*) aumente su participación en las franjas horarias de Heathrow y que surjan otras aerolíneas sólidas, como *Virgin Atlantic*. En el estudio de caso del Reino Unido, los datos también sugieren que los intercambios de franjas horarias entre los transportistas asociados contribuyeron a aumentar ligeramente la competencia medida en términos del número de competidores por ruta. Por el contrario, el intercambio de *slots* entre operadores rivales redujo el número de competidores a nivel de ruta (Fukui, 2014). Los resultados sugieren que los transportistas parecen haber utilizado las franjas horarias obtenidas de sus rivales para fortalecer su dominio en las rutas existentes. También se han observado resultados mixtos para el comercio secundario de *slots* en EE.UU. Si bien las aerolíneas con franjas horarias vendieron sus *slots* a otras aerolíneas, incluidas aerolíneas nuevas y rivales, la cantidad de franjas horarias vendidas fue demasiado limitada para permitir que esas aerolíneas aumentaran su presencia en los aeropuertos (Fukui, 2010; 2012). Considerando su impacto como determinante de la 'renta por escasez' (es decir, el margen de beneficio de las tarifas resultantes de la escasez de capacidad aeroportuaria), las restricciones de franjas horarias han limitado el efecto de la competencia en las tarifas aéreas (Fukui, 2019). La renta de escasez no se transfiere a los pasajeros: la tarifa promedio en Newark, por ejemplo, disminuyó entre 2,5 y 2,6% después de eliminar las franjas horarias, y el factor clave que redujo las tarifas aéreas fue la presencia de aerolíneas distintas a la dominante (es decir, *United Airlines*).

4. Tasas Aeroportuarios Considerando Costos Ambientales

Además de la congestión, se podrían establecer cargos en los aeropuertos para considerar daños ambientales (emisiones y ruido). Se ha demostrado que el exceso de tiempo en ralentí de los aviones, es decir, el tiempo de rodaje diario residual debido a demoras, tiene un impacto significativo en la salud de la población, principalmente por el aumento de niveles de exposición al monóxido de carbono (CO). Por ejemplo, Schlenker y Walker (2016) utilizan la variación en la congestión diaria del aeropuerto, para estimar la relación dosis-respuesta de la población producto de los resultados de salud a la exposición diaria de CO, examinando las tasas de hospitalización por asma, e ingresos a la sala de emergencia relacionadas con enfermedades respiratorias y cardíacas. Encuentran que un aumento de una desviación estándar en el nivel diario de contaminación, conduce a US\$540 mil adicionales en costos de hospitalización por admisiones relacionadas con problemas respiratorios y cardíacos para los 6 millones de personas que viven a menos de 10 km de los aeropuertos en California. El patrón de espera de los aviones para aterrizar, también quema combustible adicional, lo que aumenta las emisiones de gases de efecto invernadero

¹⁹ Basso et al. (2017) examinan el diseño óptimo de la regulación monopólica en presencia de información asimétrica bajo un costo marginal decreciente y la posibilidad de ofrecer menús. Un regulador mejoraría significativamente el bienestar regulando a través de cantidad, siempre que pueda hacer cumplir la venta real del producto, como es el caso de asignar franjas horarias en aeropuertos.

(GEI). Además, la posibilidad de ser retenidos induce a las aerolíneas a llevar combustible adicional en sus aeronaves, aumentando su peso y, en consecuencia, el consumo de combustible y las emisiones de GEI (The Economist, 2006).

A pesar de las mejoras dramáticas en el ‘silencio’ de las aeronaves durante la era de los jets, la evidencia muestra tendencias crecientes en varios límites de ruido en aeropuertos de EE.UU., como toques de queda operativos, cuotas de ruido y recargos por ruido. Estas medidas están aún más extendidas en Europa, como comenta Girvin (2009). De hecho, el ruido de los aviones es uno de los efectos ambientales más perjudiciales de la aviación, si no el más perjudicial, ya que se asocia con efectos graves para la salud, como trastornos de sueño, trastornos cardiovasculares e incluso bebés con bajo peso al nacer (Argys et al., 2020).

Si los cargos en aeropuertos se establecen para considerar daños ambientales, además del costo marginal del aeropuerto y el costo marginal de la congestión, cada avión tendría que pagar el daño ambiental marginal que produce. Esto debe considerar que la demora adicional que un nuevo vuelo impone a los vuelos existentes, aumenta el costo ambiental promedio de todos los vuelos (Carlsson, 2003). Así, el cargo óptimo dependería del tipo de aeronave y la hora del día.

En la práctica, la fiscalización y regulación ambiental óptimas se ven complicadas por varios factores, como los ‘efectos de red’ (Carlsson, 2002; Girvin, 2010; Nero y Black, 1998; O’Kelly, 2012). Una mayor frecuencia de vuelos beneficia a los pasajeros al reducir los retrasos horarios (permitiendo salidas en horarios más convenientes), pero genera un mayor daño ambiental (Brueckner y Girvin, 2008). Girvin (2010) y Brueckner y Girvin (2008) exploran el impacto de la regulación del ruido aeroportuario en la calidad del servicio de las aerolíneas y tarifas aéreas. También caracterizan la rigurosidad socialmente óptima de los límites de ruido, teniendo en cuenta tanto el daño causado como los diversos costos asumidos por las aerolíneas y sus pasajeros. Muestran cómo la regulación del ruido perjudica a los pasajeros al aumentar las tarifas y reducir potencialmente la calidad del servicio. Brueckner y Zhang (2010) exploran el efecto de los cargos por emisiones de aerolíneas en las tarifas aéreas, la calidad del servicio, las características de diseño de las aeronaves y la estructura de la red; para esto analizan el impacto de un aumento en el precio efectivo del combustible, que es el camino por el cual los cargos por emisiones pueden alterar las opciones de las aerolíneas²⁰. Los resultados muestran que los cargos por emisiones aumentarían las tarifas, reducirían la frecuencia de los vuelos, aumentarían los factores de carga y la eficiencia del combustible de las aeronaves, sin afectar su tamaño.

5. Conclusiones

Hemos revisado la literatura sobre tarificación aeroportuaria de los últimos 10 a 15 años, con énfasis en la tarificación óptima por congestión. Revisamos los estudios que se enfocan en la

²⁰ El Sistema de Comercio de Emisiones (ETS), genera un precio de permiso que es parte de la estructura de costos de una aerolínea. Dado que el desembolso requerido en permisos de emisiones varía de acuerdo con el consumo total de combustible de la aerolínea, el precio del permiso se agrega efectivamente al precio del combustible, aunque la mayoría de los permisos se distribuye gratuitamente. Por lo tanto, el sistema comercial planificado puede verse como equivalente a un esquema de impuesto al carbono aplicado a la aviación, que aumentaría explícitamente el precio del combustible. Como resultado, independientemente de si las intervenciones políticas para limitar las emisiones de la aviación siguen el enfoque de tope y comercio de la UE, o dependen de los impuestos, pueden describirse como políticas que aumentan el precio del combustible que pagan las aerolíneas (Brueckner y Zhang, 2010).

dinámica de la congestión de pistas de aeropuertos y aquellos que estudian los problemas de precios secundarios. También proporcionamos una descripción general de los precios en aeropuertos privados, la competencia aeroportuaria e inversiones en capacidad, la regulación y el papel de las operaciones no aeronáuticas. Hemos discutido los enfoques basados en la cantidad y su equivalencia con la tarificación por congestión, y la tarificación de externalidades como el ruido y las emisiones.

Vamos a concluir proporcionando algunas ideas que consideramos relevantes para futuras investigaciones. Primero, la discusión sobre la regulación basada en la cantidad y su comparación con la fijación de precios, se abstrae de la consideración que la asignación de *slots* a través de mecanismos de mercado a nivel local (es decir, en cualquier aeropuerto dado), no puede internalizar completamente las interdependencias entre *slots* en diferentes aeropuertos (para cada vuelo, una aerolínea necesita una combinación factible de franjas horarias en los aeropuertos de origen y destino)²¹. Además, la gran mayoría de los artículos sobre tarificación y regulación aeroportuaria asume información perfecta, con las pocas excepciones de Czerny (2010) y Aravena et al. (2019). La falta de estudios con información privada probablemente se deba a la complejidad asociada a la externalidad negativa dentro y entre mercados. Los mecanismos de Vickrey-Clarke-Grooves parecen ser un enfoque prometedor para resolver el problema de la congestión cuando los reguladores no están perfectamente informados.

En segundo lugar, en la mayoría de los modelos de congestión dinámicos, los peajes de congestión deben variar continuamente a lo largo del tiempo para alcanzar el nivel óptimo. En la práctica, sin embargo, sólo se han implementado tasas que toman valores diferentes en intervalos de tiempo discretos (pero constantes dentro de cada intervalo). Dada la prevalencia de estos llamados esquemas de tasa escalonada, sorprendentemente han recibido poca atención en la literatura de tarificación aeroportuaria²².

En tercer lugar, el problema de las tasas aeroportuarias basadas en pasajeros frente a las basadas en vuelos, no se ha investigado suficientemente. Czerny et al. (2017) se centran en el tema y amplían el caso del monopolio en Czerny y Zhang (2015) al caso del oligopolio. Otros temas incluyen la discusión de los tipos de pasajeros y la discriminación de precios, incluyendo pasajeros en tránsito, lo que introduciría la investigación en una red central radial. Una vía valiosa para futuras investigaciones, sería un entorno diseñado para estudiar el segundo mejor precio con factores de carga endógenos²³.

Por el lado de la técnica de modelación, creemos que los modelos estructurales y manejables empíricamente que integran las decisiones del aeropuerto, la relación vertical entre aeropuertos y aerolíneas, la competencia entre aerolíneas y las externalidades de la congestión, debieran estar en el centro de la investigación futura. Algunos de los componentes que consideramos fundamentales

²¹ En principio, los formatos de subasta específicos pueden considerar la interdependencia entre turnos, lo que permite hacer ofertas por paquetes de turnos (Castelli et al., 2012; Rassenti et al., 1982). Sin embargo, estos formatos sufren graves problemas de implementación.

²² Daniel (2009) desarrolla un modelo general de peaje escalonado, en el cual los equilibrios sin peaje y peaje de variación continua son los casos límite, ya que el número de pasos de peaje va de cero a infinito. Este modelo unificado de peaje demuestra cómo los equilibrios marginales dominantes interactúan con las estructuras de peaje.

²³ Recientemente se ha comenzado a analizar modelos más realistas y complejos con factores de carga endógenos (ver por ejemplo, Czerny et al., 2016).

para futuras investigaciones sobre precios y regulación de aeropuertos, incluyen modelos de elección discreta en el espíritu de Berry et al. (1995), modelos estructurales de congestión aeroportuaria como Daniel y Harback (2009), y elecciones estratégicas de capacidad y precios por parte de las aerolíneas. Hasta donde sabemos, el único estudio que incorpora algunos de estos elementos es el de Yan y Winston (2014), que estudian la privatización y competencia aeroportuaria. La bibliografía sobre regulación de precios y cantidad de aeropuertos se beneficiaría enormemente del uso de estos enfoques.

REFERENCIAS

- ACI (2018) *The ACI World Airport Traffic Forecasts 2018-2040*. Airports Council International, Paris.
- Aravena, O., Basso, L.J. y Figueroa, N. (2019) Effects of asymmetric information on airport congestion management mechanisms. *International Journal of Industrial Organization* **62**, 4-27.
- Argys, L.M., Averett, S.L. y Yang, M. (2020) Residential noise exposure and health: evidence from aviation noise and birth outcomes. *Journal of Environmental Economics and Management* **103**, 102343.
- Ater, I. (2012) Internalization of congestion at US hub airports. *Journal of Urban Economics* **72**, 196-209.
- Avenali, A., D'Alfonso, T., Leporelli, C., Matteucci, G., Nastasi, A. y Reverberi, P. (2015) An incentive pricing mechanism for efficient airport slot allocation in Europe. *Journal of Air Transport Management* **42**, 27-36.
- Ball, M., Barnhart, C., Dresner, M., Hansen, M., Neels, K., Odoni, A.R., Peterson, E., Sherry, L., Trani, A. y Zou, B. (2010) Total Delay Impact Study: A Comprehensive Assessment of the Costs and Impacts of Flight Delay in the United States. Final Report for NEXTOR, Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley.
- Ball, M.O., Berardino, F. y Hansen, M. (2018) The use of auctions for allocating airport access rights. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* **114**, 186-202.
- Basso, L.J. (2008) Airport deregulation: effects on pricing and capacity. *International Journal of Industrial Organization* **26**, 1015-1031.
- Basso, L.J., Figueroa, N. y Vásquez, J. (2017) Monopoly regulation under asymmetric information: prices versus quantities. *The RAND Journal of Economics* **48**, 557-578.
- Basso, L.J. y Zhang, A. (2007a) An interpretative survey of analytical models of airport pricing. *Advances in Airline Economics* **2**, 89-124.
- Basso, L.J. y Zhang, A. (2007b) Congestible facility rivalry in vertical structures. *Journal of Urban Economics* **61**, 218-237.

Basso, L.J. y Zhang, A. (2008) On the relationship between airport pricing models. *Transportation Research Part B: Methodological* **42**, 725-735.

Basso, L.J. y Zhang, A. (2010) Pricing vs. slot policies when airport profits matter. *Transportation Research Part B: Methodological* **44**, 381-391.

Bel, G. y Fageda, X. (2010) Privatization, regulation and airport pricing: an empirical analysis for Europe. *Journal of Regulatory Economics* **37**, 142-161.

Berardino, F. (2009) New US airport slot policy in flux. *Journal of Transport Economics and Policy* **43**, 279-290.

Berry, S., Levinsohn, J. y Pakes, A. (1995) Automobile prices in market equilibrium. *Econometrica* **63**, 841-890.

Bilotkach, V. y Pai, V. (2020) A price for delays: price-quality competition in the US airline industry. *Journal of Transport Economics and Policy* **54**, 151-176.

Blonigen, B.A. y Cristea, A.D. (2015) Air service and urban growth: evidence from a quasi-natural policy experiment. *Journal of Urban Economics* **86**, 128-146.

Britto, R., Dresner, M. y Voltes, A. (2012) The impact of flight delays on passenger demand and societal welfare. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* **48**, 460-469.

Brueckner, J.K. (2002) Airport congestion when carriers have market power. *American Economic Review* **92**, 1357-1375.

Brueckner, J.K. (2003) Airline traffic and urban economic development. *Urban Studies* **40**, 1455-1469.

Brueckner, J.K. (2004) Network structure and airline scheduling. *The Journal of Industrial Economics* **52**, 291-312.

Brueckner, J.K. (2005) Internalization of airport congestion: a network analysis. *International Journal of Industrial Organization* **23**, 599-614.

Brueckner J.K., (2009) Price vs. quantity-based approaches to airport congestion management. *Journal of Public Economics* **93**, 681-690.

Brueckner, J.K., Czerny, A.I. y Gaggero, A.A. (2021) Airline mitigation of propagated delays via schedule buffers: theory and empirics. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* **150**, 102333.

Brueckner, J.K. y Girvin, R. (2008) Airport noise regulation, airline service quality, and social welfare. *Transportation Research Part B: Methodological* **42**, 19-37.

-
- Brueckner, J.K. y Van Dender, K. (2008) Atomistic congestion tolls at concentrated airports? Seeking a unified view in the internalization debate. *Journal of Urban Economics* **64**, 288-295.
- Brueckner, J.K. y Zhang, A. (2010) Airline emission charges: effects on airfares, service quality, and aircraft design. *Transportation Research Part B: Methodological* **44**, 960-971.
- Button K.J., (2008) Auctions - what can we learn from auction theory for slot allocation? En P. Czerny, D.G. Forsyth y H.M. Niemeier (eds.), *Airport Slots - International Experiences and Options for Reform*. Ashgate, Aldershot.
- Campante, F. y Yanagizawa-Drott, D. (2018) Long-range growth: economic development in the global network of air links. *The Quarterly Journal of Economics* **133**, 1395-1458.
- Carbo, J.M. y Graham, D.J. (2020) Quantifying the impacts of air transportation on economic productivity: a quasi-experimental causal analysis. *Economics of Transportation* **24**, 100195.
- Carlin, A. y Park, R.E. (1970) Marginal cost pricing of airport runway capacity. *The American Economic Review* **60**, 310-319.
- Carlsson, F. (2002) Environmental charges in airline markets. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* **7**, 137-153.
- Carlsson, F. (2003) Airport marginal cost pricing: discussion and an application to Swedish Airports. *International Journal of Transport Economics* **30**, 283-303.
- Castelli L., Pellegrini P. y Pesenti R. (2012) Airport slot allocation in Europe: economic efficiency and fairness. *International Journal of Revenue Management* **6**, 28-44.
- Chen, M.X. y Lin, C. (2020) Geographic connectivity and cross-border investment: the belts, roads and skies. *Journal of Development Economics* **146**, 102469.
- Czerny, A.I. (2006) Price-cap regulation of airports: single-till versus dual-till. *Journal of Regulatory Economics* **30**, 85-97.
- Czerny, A.I. (2008) *Managing Congested Airports Under Uncertainty*. *Airport Slots: International Experiences and Options for Reform*. Ashgate, Aldershot.
- Czerny, A.I. (2010) Airport congestion management under uncertainty. *Transportation Research Part B: Methodological* **44**, 371-380.
- Czerny, A.I., Cowan, S. y Zhang, A. (2017) How to mix per-flight and per-passenger based airport charges: the oligopoly case. *Transportation Research Part B: Methodological* **104**, 483-500.
- Czerny, A.I., van den Berg, V.A. y Verhoef, E.T. (2016) Carrier collaboration with endogenous fleets and load factors when networks are complementary. *Transportation Research Part B: Methodological* **94**, 285-297.

Czerny, A.I. y Zhang, A. (2011) Airport congestion pricing and passenger types. *Transportation Research Part B: Methodological* **45**, 595-604.

Czerny, A.I. y Zhang, A. (2014) Airport congestion pricing when airlines price discriminate. *Transportation Research Part B: Methodological* **65**, 77-89.

Czerny, A.I. y Zhang, A. (2015) How to mix per-flight and per-passenger based airport charges. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* **71**, 77-95.

D'Alfonso, T., Jiang, C. y Wan, Y. (2013) Airport pricing, concession revenues and passenger types. *Journal of Transport Economics and Policy* **47**, 71-89.

Daniel, J.I. (1995) Congestion pricing and capacity of large hub airports: a bottleneck model with stochastic queues. *Econometrica* **63**, 327-370.

Daniel, J.I. (2009) The deterministic bottleneck model with non-atomistic traffic. Working Paper 09-08, Department of Economics, University of Delaware.

Daniel, J.I. y Harback, K.T. (2008) (When) do hub airlines internalize their self-imposed congestion delays? *Journal of Urban Economics* **63**, 583-612.

Daniel, J.I. y Harback, K.T. (2009) Pricing the major US hub airports. *Journal of Urban Economics* **66**, 33-56.

Dempsey P.S. (2001) Airport landing slots: barriers to entry and impediments to competition. *Air and Space Law* **26**, 20-48.

EC (2004) European Council Regulation No 793/2004 of April 2004 amending Council Regulation No 95/93 on common rules for the allocation of slots at Community airports. Official Journal of the European Union L 138 (2004): 50-60. European Commission, Bruselas.

Eurocontrol (2018) European aviation in 2040 challenges of growth: Annex1 Flight Forecast to 2040. Disponible en: https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2019-07/challenges-of-growth-2018-annex1_0.pdf.

FAA (2020) Fact Sheet – Facts about the FAA and Air Traffic Control. Disponible en https://www.faa.gov/news/fact_sheets/news_story.cfm?newsId=23315.

Fageda, X., Suárez-Alemán, A., Serebrisky, T. y Fioravanti, R. (2019) Air transport connectivity of remote regions: the impacts of public policies. *Regional Studies* **53**, 1161-1169.

Flores-Fillol, R. (2010) Congested hubs. *Transportation Research Part B: Methodological* **44**, 358-370.

Flores-Fillol, R., Iozzi, A. y Valletti, T. (2018) Platform pricing and consumer foresight: the case of airports. *Journal of Economics and Management Strategy* **27**, 705-725.

-
- Forbes, S.J. (2008) The effect of air traffic delays on airline prices. *International Journal of Industrial Organization* **26**, 1218-1232.
- Forbes, S.J., Lederman, M. y Yuan, Z. (2019) Do airlines pad their schedules? *Review of Industrial Organization* **54**, 61-82.
- Fu, X. y Zhang, A. (2010) Effects of airport concession revenue sharing on airline competition and social welfare. *Journal of Transport Economics and Policy* **44**, 119-138.
- Fukui, H. (2010) An empirical analysis of slot trading in the United States. *Transportation Research Part B: Methodological* **44**, 330-357.
- Fukui, H. (2012) Do carriers abuse the slot system to inhibit airport capacity usage? Evidence from the US experience. *Journal of Air Transport Management* **24**, 1-6.
- Fukui, H. (2014) Effect of slot trading on route-level competition: evidence from experience in the UK. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* **69**, 124-141.
- Fukui, H. (2019) How do slot restrictions affect airfares? New evidence from the US airline industry. *Economics of Transportation* **17**, 51-71.
- Gibbons, S. y Wu, W. (2020) Airports, access and local economic performance: evidence from China. *Journal of Economic Geography* **20**, 903-937.
- Girvin, R. (2009) Aircraft noise-abatement and mitigation strategies. *Journal of Air Transport Management* **15**, 14-22.
- Girvin, R. (2010) Aircraft noise regulation, airline service quality, and social welfare: the monopoly case. *Journal of Transport Economics and Policy* **44**, 17-35.
- Hoppe, H., Jehiel, P. y Moldovanu, B. (2006) License auctions and market structure. *Journal of Economics and Management Strategy* **15**, 371-396.
- Hovhannisyan, N. y Keller, W. (2015) International business travel: an engine of innovation? *Journal of Economic Growth* **20**, 75-104.
- IATA (2010) Airport Slots - The Building Blocks of Air Travel. Disponible en: <https://airlines.iata.org/analysis/airport-slots-the-building-blocks-of-air-travel>.
- IATA (2020) COVID-19 Outlook for Air Travel in the Next 5 Years. Disponible en: <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/covid-19-outlook-for-air-travel-in-the-next-5-years/>.
- Kidokoro, Y., Lin, M.H. y Zhang, A. (2016) A general-equilibrium analysis of airport pricing, capacity, and regulation. *Journal of Urban Economics* **96**, 142-155.

-
- Klemperer, P. (2002) What really matters in auction design. *The Journal of Economic Perspectives* **16**, 169-189.
- Levine, M.E. (1969) Landing fees and the airport congestion problem. *The Journal of Law and Economics* **12**, 79-108.
- Lindsey, R., de Palma, A. y Silva, H.E. (2019) Equilibrium in a dynamic model of congestion with large and small users. *Transportation Research Part B: Methodological* **124**, 82-107.
- Liebe, U., Preisendörfer, P. y Enzler, H.B. (2020) The social acceptance of airport expansion scenarios: a factorial survey experiment. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* **84**, 102363.
- Lin, M.H. (2019) Airport congestion and capacity when carriers are asymmetric. *International Journal of Industrial Organization* **62**, 273-290.
- Lin, M.H. (2020) Congestion pricing and capacity for internationally interlinked airports. *Transportation Research Part B: Methodological* **142**, 126-142.
- Lin, M.H. y Mantin, B. (2015) Airport privatization in international inter-hub and spoke networks. *Economics of Transportation* **4**, 189-199.
- Lin, M.H. y Zhang, Y. (2017) Hub-airport congestion pricing and capacity investment. *Transportation Research Part B: Methodological* **101**, 89-106.
- Lu, C.C. y Pagliari, R.I. (2004) Evaluating the potential impact of alternative airport pricing approaches on social welfare. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* **40**, 1-17.
- Mantin, B. (2012) Airport complementarity: private vs. government ownership and welfare gravitation. *Transportation Research Part B: Methodological* **46**, 381-388.
- Madas M. y Zografos K. (2006) Airport slot allocation: from instruments to strategies. *Journal of Air Transport Management* **12**, 53-62.
- Madas, M.A. y Zografos, K.G. (2008) Airport capacity vs. demand: mismatch or mismanagement? *Transportation Research Part A: Policy and Practice* **48**, 203-226.
- Mayer, C. y Sinai, T. (2003) Network effects, congestion externalities, and air traffic delays: or why all delays are not evil. *American Economic Review* **93**, 1194-1215.
- Matsumura, T. y Matsushima, N. (2012) Airport privatization and international competition. *The Japanese Economic Review* **63**, 431-450.
- McGraw, M.J. (2020) The role of airports in city employment growth, 1950–2010. *Journal of Urban Economics* **116**, 103240.

McMillen, D.P. (2004) Airport expansions and property values: the case of Chicago O'Hare Airport. *Journal of Urban Economics* **55**, 627-640.

Mense, A. y Kholodilin, K.A. (2014) Noise expectations and house prices: the reaction of property prices to an airport expansion. *The Annals of Regional Science* **52**, 763-797.

Mohring, H. y Harwitz, M. (1962) *Highway Benefits: An Analytical Framework*. Northwestern University Press, Evanston, IL.

Morrison, S.A. y Winston, C. (2007) Another look at airport congestion pricing. *American Economic Review* **97**, 1970-1977.

Nero, G. y Black, J.A. (1998) Hub-and-spoke networks and the inclusion of environmental costs on airport pricing. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* **3**, 275-296.

O'Kelly, M.E. (2012) Fuel burn and environmental implications of airline hub networks. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* **17**, 555-567.

Oum, T.H., Zhang, A. y Zhang, Y. (2004) Alternative forms of economic regulation and their efficiency implications for airports. *Journal of Transport Economics and Policy* **38**, 217-246.

Pels, E. y Verhoef, E.T. (2004) The economics of airport congestion pricing. *Journal of Urban Economics* **55**, 257-277.

Rassenti S.J., Smith V.L. y Bulfin R.L. (1982) Combinatorial auction mechanism for airport time slot allocation. *Bell Journal of Economics* **13**, 402-417.

Rupp, N.G. (2009) Determinants of fares and operating revenues at US airports. *Journal of Urban Economics* **65**, 24-37.

Silva, H.E. y Verhoef, E.T. (2013) Optimal pricing of flights and passengers at congested airports and the efficiency of atomistic charges. *Journal of Public Economics* **106**, 1-13.

Silva, H.E., Verhoef, E.T. y van den Berg, V.A. (2014a) Airlines' strategic interactions and airport pricing in a dynamic bottleneck model of congestion. *Journal of Urban Economics* **80**, 13-27.

Silva, H.E., Verhoef, E.T. y van den Berg, V.A. (2014b) Airline route structure competition and network policy. *Transportation Research Part B: Methodological* **67**, 320-343.

Silva, H.E., Lindsey, R., de Palma, A. y van den Berg, V.A. (2017) On the existence and uniqueness of equilibrium in the bottleneck model with atomic users. *Transportation Science* **51**, 863-881.

Schlenker, W. y Walker, W.R. (2016) Airports, air pollution, and contemporaneous health. *The Review of Economic Studies* **83**, 768-809.

Starkie, D. (2001) Reforming UK airport regulation. *Journal of Transport Economics and Policy* **35**, 119-135.

The Economist (2006) Global warming. 8 June 2006, Economist Intelligence Unit.

Van Dender, K. (2007) Determinants of fares and operating revenues at US airports. *Journal of Urban Economics* **62**, 317-336.

Verhoef, E.T. (2010) Congestion pricing, slot sales and slot trading in aviation. *Transportation Research Part B: Methodological* **44**, 320-329.

Verhoef, E.T. (2017) Cost recovery of congested infrastructure under market power. *Journal of Urban Economics* **101**, 45-56.

VOXEU-CEPR (2021) It is Time to Auction Slots at Congested Airports. Disponible en: <https://voxeu.org/article/it-time-auction-slots-congested-airports>.

Wan, Y., Jiang, C. y Zhang, A. (2015) Airport congestion pricing and terminal investment: effects of terminal congestion, passenger types, and concessions. *Transportation Research Part B: Methodological* **82**, 91-113.

Weitzman, M.L. (1974) Prices vs. quantities. *The Review of Economic Studies* **41**, 477-491.

Yan, J. y Winston, C. (2014) Can private airport competition improve runway pricing? The case of San Francisco Bay area airports. *Journal of Public Economics* **115**, 146-157.

Yang, H. y Zhang, A. (2011) Price-cap regulation of congested airports. *Journal of Regulatory Economics* **39**, 293-312.

Zhang, A. y Czerny, A.I. (2012) Airports and airlines economics and policy: an interpretive review of recent research. *Economics of Transportation* **1**, 15-34.

Zhang, F. y Graham, D.J. (2020) Air transport and economic growth: a review of the impact mechanism and causal relationships. *Transport Reviews* **40**, 506-528.

Zhang, A., Fu, X. y Yang, H.G. (2010) Revenue sharing with multiple airlines and airports. *Transportation Research Part B: Methodological* **44**, 944-959.

Zhang, A. y Zhang, Y. (1997) Concession revenue and optimal airport pricing. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* **33**, 287-296.

Zhang, A. y Zhang, Y. (2003) Airport charges and capacity expansion: effects of concessions and privatization. *Journal of Urban Economics* **53**, 54-75.

Zhang, A. y Zhang, Y. (2006) Airport capacity and congestion when carriers have market power. *Journal of Urban Economics* **60**, 229-247.

Zhang, A. y Zhang, Y. (2010) Airport capacity and congestion pricing with both aeronautical and commercial operations. *Transportation Research Part B: Methodological* **44**, 404-413.