IMPACTO ECONÓMICO DE LAS ALTERNATIVAS DE EXPANSIÓN DEL SISTEMA AEROPORTUARIO DE BOGOTÁ *POLICY NOTE*

Director | Juan Benavides
Investigadores | Alejandro Becerra y David Forero
con el apoyo de Steer



Fedesarrollo
Calle 78 # 9 - 91, Bogotá, Colombia.
Teléfono: (571) 3259777
@Fedesarrollo

FEDESARROLLO
Centro de Investigación Económica y Social

PRÓLOGO Y ACTUALIZACIÓN: PERSPECTIVAS DEL TRANSPORTE AÉREO Y DE LOS AEROPUERTOS Y NECESIDADES DE POLÍTICA PÚBLICA ORIGINADAS EN LA CRISIS ECONÓMICA CREADA POR LA PANDEMIA

07 de octubre de 2020

Introducción

Este estudio evaluó, con las proyecciones de tráfico aéreo disponibles en enero de 2020, las alternativas de expansión del sistema aéreo de Bogotá en enero, y concluyó que la decisión alineada con el interés público consiste en ampliar primero El Dorado (EDI), que incluye la construcción de la tercera pista y del tercer terminal, y luego construir El Dorado II (EDII). La crisis económica del coronavirus llega como un choque profundo al transporte aéreo asociado al Aeropuerto El Dorado, cuya demanda de 2019 sólo se recuperaría en 2024. Este prólogo, que se agrega en agosto de 2020, responde dos preguntas:

- ¿Se altera la secuencia de expansión originalmente evaluada con la crisis actual?

- ¿Qué elementos de política pública se deben tener en cuenta con respecto a los aeropuertos durante las crisis, y para futuras concesiones aeroportuarias?

La respuesta a la primera pregunta es no. La secuencia socialmente óptima no cambia, sino se posterga. Con las cifras disponibles en agosto de 2020, el acervo de pérdidas de ingresos estimada del aeropuerto entre 2020 y 2026 puede llegar a ser aproximadamente de COP$ 935 mil millones. En 2020 únicamente, las pérdidas de ingreso del aeropuerto serían de COP$ 580 mil millones (52,7% del ingreso sin crisis). El choque actual sobre los aeropuertos es global, no asegurable, es escasamente gestionable por el concesionario, y es de impacto y duración prolongados e inciertos. Para los aeropuertos, hay menos ingresos, mayores costos de adaptación de las instalaciones para gestionar la bioseguridad, y mayores riesgos de intervención. Adicionalmente, el choque de la pandemia sobre aerolíneas como Avianca la enfrenta al riesgo de quiebra. El vacío de Avianca tomaría un período de ajuste de 4 años para reconstituir las rutas y operaciones en todo el país,[1] y reduciría aún más los ingresos de EDI, particularmente.

La respuesta a la segunda pregunta es: (i) se debe preservar la funcionalidad del sistema aeroportuario de Bogotá y por ello es prudente compartir los impactos del choque no anticipado entre gobiernos y concesionario en el corto plazo, y (ii) los riesgos catastróficos deben quedar debidamente identificados y sus medidas de mitigación definidas desde el inicio de los contratos.

En las nuevas condiciones, y aplicando una tasa de descuento de 7.74%, el acervo de PIB perdido en Bogotá entre 2029 y 2051 por hacer primero EDII sería de USD 2,5 mil millones en 2020. Las nuevas pérdidas de acervo por seguir la secuencia errada en empleo y en impuestos perdidos en 2020 ascenderían a USD 300 y USD 150 millones, respectivamente.

[1] En un escenario de ajuste veloz de la pérdida de las operaciones de Avianca, 2021-2024, los acervos de pérdidas para el país, descontadas a una tasa del 12% anual y en valores de 2020, son PIB: COP$ 10 billones; remuneración a los asalariados: COP$ 1,89 billones; impuestos: COP$ 1,55 billones (Benavides y Delgado 2020).

Estos valores presentes no muestran el impacto que se daría en el mediano y largo plazo. Por ejemplo: (i) en el año 2051, las pérdidas de PIB de Bogotá ascenderían a USD 2,5 mil millones (0.74% del PIB de Bogotá en ese año), que es similar al del valor presente de todas las pérdidas acumuladas; (ii) el valor presente de las pérdidas para Bogotá a partir de 2041 sería de USD 7,1 mil millones, y de USD 7,2 mil millones a partir de 2045.

El resto del prólogo se desarrolla de la siguiente manera. La subsección de Contexto discute las dificultades de recuperación del transporte aéreo y de los aeropuertos. La subsección de Secuencia revisa los criterios de expansión del sistema aeroportuario de Bogotá ante la nueva situación. Finalmente, la subsección de Insumos a la política pública presenta los elementos que son útiles para definir una política de gestión de riesgos materializados y futuros en concesiones aeronáuticas.

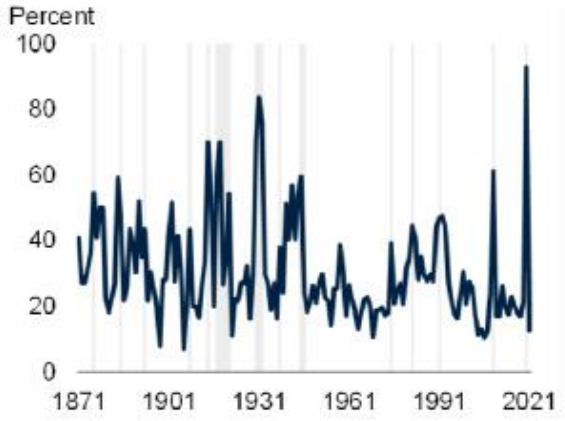
Se debe enfatizar que los aeropuertos definen la localización de los negocios y el desarrollo urbano en el siglo XXI de manera similar a como las carreteras lo hicieron en el siglo XX, los ferrocarriles en el siglo XIX, y los puertos en el siglo XVIII. En su libro *Aerotropolis*, Florida, Mellander y Holgersson (2015), argumentan que los aeropuertos impulsan la prosperidad económica regional y tienen una conexión más fuerte con el crecimiento regional que la industria de alta tecnología, y casi el mismo impacto que el talento de alta gama. Estos impactos van más allá de los impactos clásicos de la movilización de carga y pasajeros.

*

PR1. Contexto: costos de ajuste de la industria aeronáutica

La economía global ha experimentado 14 recesiones globales en 150 años. La pandemia del coronavirus es el golpe más grande a la economía mundial en décadas. La crisis del coronavirus es la primera recesión global en 150 años que se activa exclusivamente por una pandemia y es la crisis más profunda desde la Segunda Guerra Mundial para los mercados emergentes y economías en desarrollo, como Colombia. La pandemia llevará a la gran mayoría de países a la recesión (cerca del 90%) durante 2020, con la mayor proporción de países en recesión desde 1871, como muestra la Gráfica A.

Gráfica A. Porcentaje de economías en recesión en el mundo 1870-2021



Fuente: Banco Mundial (2020).

La crisis económica ha golpeado de manera generalizada y simultánea a todas las aerolíneas del mundo. Mientras que las aerolíneas de Estados Unidos y las aerolíneas nacionales de Europa han llegado a acuerdos de rescate con los gobiernos,[2] las aerolíneas de América Latina sólo han recibido USD 300 millones de apoyos públicos al final de julio y están buscando préstamos de liquidez por su propia cuenta. IATA advierte que las aerolíneas de América Latina están ´quemando activos´ (*burning cash*) a gran velocidad. Tres de las cuatro compañías aéreas más grandes de América Latina ya han solicitado la protección por bancarrota en Estados Unidos, mientras que otras cuatro han cesado operaciones.

La crisis económica también ha golpeado a la demanda por transporte aéreo. La demanda es vulnerable y volátil porque el transporte aéreo es un bien cuyas características se descubren al experimentar el viaje, es un bien intermedio, y para viajes cortos, se puede sustituir por otros modos de transporte. Además, la demanda es muy cíclica y no hay posibilidad de ´almacenamiento´ de los viajes (las restricciones a la movilidad aérea eliminan o postergan viajes; una silla disponible es un bien perecedero si no se usa). La demanda está estrechamente correlacionada con los movimientos del PIB y fluctúa con la confianza de los viajeros. El uso de las tele y videoconferencias eliminará de manera permanente una fracción de los viajes de negocios. Los viajes de turismo se podrían reducir en volumen y cambiar en composición (mayor proporción de viajes más cortos) mientras no exista una vacuna y/o sistemas de bioseguridad en todo el ciclo del viaje que generen tranquilidad en los viajeros.

Las aerolíneas tienen dificultades para recuperar sus costos totales porque (i) los costos de combustible son volátiles y la cobertura de precios es costosa, (ii) los aeropuertos y los servicios de navegación son monopolios naturales y sus cobros a las aerolíneas son regulados por el gobierno y no por los mercados;

[2] Por ejemplo; en marzo, el Senado de Estados Unidos aprobó un paquete de rescate por USD 58 mil millones a las aerolíneas basadas en Estados Unidos. EN abril, los gobiernos de Francia y Holanda aprobaron un apoyo por €11 mil millones para Air France-KLM; y en mayo, Lufthansa acordó un paquete de rescate con el gobierno de Alemania por un valor de €9 mil millones. Según IATA, al final de julio, el total mundial de rescates públicos a las aerolíneas ascendía a €123 mil millones (14% de los ingresos totales). En la actualidad, el MHCP examina la posibilidad de otorgar un préstamo de corto plazo a Avianca, por US$ 370 millones.

(iii) el personal sindicalizado tiene el poder de paralizar las operaciones por largos período; (iv) el método de pago anticipado hace difícil absorber en tiempo real las contingencias del viaje porque lo viajeros son reacios a los aumentos de precios y, a diferencia del segmento de carga, los pasajeros no tienen necesariamente que viajar a un mercado.

Todos los actores de la cadena del transporte aéreo, incluyendo las aerolíneas, los aeropuertos, arrendadores y fabricantes de aviones y suministradores de partes y equipos, tendrán contracciones en su nivel de operación (Slotnick 2020). El factor principal de la recuperación será la activación de la demanda. En la medida en que se reactiven las operaciones, las aerolíneas y los aeropuertos empezarán su recuperación, y con ello la demanda a los arrendadores de naves. Posteriormente, se activarán los fabricantes y luego los suministradores de partes y equipos.

A nivel mundial, se espera un rebote importante de la economía mundial, que pasaría en 2021 a tasas positivas que podrían ser por lo menos iguales a las de 2019. Sin embargo, muchas aerolíneas han quedado ilíquidas. IATA (2020A), por ejemplo, calculaba que una aerolínea típica de América Latina (y en el mundo) disponía de sólo 2 meses de reservas de caja. Las dificultades en cubrir los costos totales de viaje han llevado a eliminar costos mediante la reducción del nivel de servicio, que afecta la diferenciación de productos. La migración progresiva hacia el *low cost* empuja a las aerolíneas a las guerras de precios, lo que retrasa la solución de las crisis.

Por otra parte, los gobiernos han determinado medidas severas de cierre de fronteras y restricciones a los vuelos nacionales, que retardan y restan velocidad a la recuperación de la industria. En balance, la recuperación de la industria se complica por los siguientes factores (IATA 2020B):

- Altos niveles de endeudamiento de las aerolíneas. Las aerolíneas entraron en el año 2020 con una situación financiera sana. Las medidas de ayuda financiera de algunos gobiernos han evitado la quiebra de sus aerolíneas nacionales, pero han aumentado la deuda de USD 120 mil millones a USD 550 mil millones, lo que representa el 92% de los ingresos de 2021. IATA (2020B) propone enfocar las ayudas a las aerolíneas para generar más capital de trabajo y estimular la demanda, en lugar de ampliar aún más la deuda.

- Pérdida de eficiencias operacionales. Las medidas globales acordadas para reiniciar la industria cambiarán significativamente las condiciones de operación. El distanciamiento físico durante embarque y desembarque, y los controles de higiene en terminales y en cabina agregarán tiempo a las operaciones y reducirán la utilización general de las naves.

- Tiempo para construir confianza en la seguridad de los viajes. Los patrones de viaje van a cambiar. Es probable que la apertura del transporte aéreo sea paulatina y comience por los mercados nacionales, seguidos por los internacionales. Aunque algunas investigaciones sugieren que alrededor del 60% de los viajeros estarán ansiosos por reiniciar el viaje unos meses después de que la pandemia esté bajo control, los viajeros potenciales no lo harán hasta que su situación financiera se estabilice (69%) o si se implementan medidas de cuarentena (más del 80%).

- Choque financiero y mayores riesgos para los aeropuertos. La demanda por viajes de negocios y por turismo se puede reducir y tomará tiempo en dinamizarse. La oferta cambiará de manera turbulenta por las quiebras y adquisiciones de aerolíneas, y por el cambio de los modelos de negocio y uso de las

aeronaves. Los ingresos de los aeropuertos enfrentan ahora una conjunción de riesgos adicionales: riesgo país + riesgo ciudad + riesgo normativo y regulatorio, *tanto en Bogotá como en los destinos*.

*

PR2. Secuencia óptima de expansión: revisión de la política propuesta

Las proyecciones actualizadas (Tabla A) implican que solamente en 2024 se recuperaría el nivel total de demanda de pasajeros y el nivel total de demanda de operaciones de 2019. A partir de 2024, la nueva senda de demanda es similar a la original, pero desplazada 5 años.

Tabla A. Proyecciones actualizadas de demanda del Aeropuerto El Dorado durante el ajuste de la industria aeronáutica

		2019	2020	2021	2022	2023	2024
Pasajeros (millones)	Nacionales	23,68	12,61	19,35	22,34	23,71	25,02
	Internacionales	11,38	4,50	7,55	8,75	9,45	10,13
	Total	35,06	17,11	26,90	31,09	33,17	35,15
Operaciones (000)	Nacionales	242,90	128,78	196,59	225,84	238,54	250,47
	Internacionales	100,03	39,30	65,68	75,71	81,43	86,83
	Total	342,92	168,08	262,27	301,55	319,98	337,30

Fuente: ALG (2020)

No hay hechos adicionales al desplazamiento de la demanda 5 años en el futuro que tengan influencia sobre la decisión planteada en el análisis original, que planteó que:

> "La tercera pista de EDI tiene un menor costo de capital y no requiere subsidios públicos para su cierre financiero. Puede entrar en funcionamiento más rápido que EDII, puede movilizar más pasajeros y carga individualmente que EDII y sus costos generalizados de transporte de acceso y salida del aeropuerto para empleados y viajeros son 2.5 veces más bajos que los de EDII (…). La construcción de la pista 13/31 de EDII presenta interferencia aeronáutica con la tercera pista, lo que limitaría la capacidad total del sistema aeroportuario si no se desarrolla de manera coordinada."

Es decir, la secuencia óptima tiene las siguientes características:

- **Costo-eficiencia**. El cociente (CAPEX de capacidad adicional) / (Capacidad adicional) es una medida de la costo-eficiencia de un proyecto. En este caso, la construcción de la tercera pista de EDI tiene una *doble ventaja* sobre EDII porque:

CAPEX 3 pista EDI < CAPEX EDII

y

Capacidad adicional EDI > Capacidad EDII

- Postergación de las pérdidas de capacidad del sistema. La inversión en EDII debe ser posterior a EDI para limitar su impacto sobre la reducción de la capacidad total del sistema aeroportuario.

- Postergación de los mayores costos y tiempos de viaje. EDI tiene las ventajas de tiempo y costos de acceso y salida sobre EDII antes mencionados. El tren de cercanías no tendrá conexiones directas con ninguno de los 2 aeropuertos, lo que afecta más a EDII por su mayor distancia a la ciudad.

- Tiempo de entrega. La tercera pista de EDI es una inversión incremental que se puede ejecutar en un plazo más corto que la construcción de EDII, y a tiempo de s los problemas de saturación de EDI.

Estas características conducen a una realidad comercial inevitable: la dominación de la tercera pista de EDI sobre EDII en costos de inversión, capacidad, costos, y tiempos de viaje y tiempo de entrega desincentiva el traslado de la operación total o parcial de las operaciones de las aerolíneas existentes si EDII se construyera primero. Las aerolíneas sólo se moverán a EDII cuando se anticipe la llegada a capacidad de EDI.

La nueva propuesta de la Direction des Services de la Navigation Aérienne (DSNA, Francia) construir las pistas 04-22 del EDII impone retos importantes en términos de adecuación tecnológica, confiabilidad del sistema aeroportuario en condiciones meteorológicas adversas e incluso de capacidad del sistema, dada la interdependencia de las pistas en un solo punto de convergencia dentro del espacio aéreo bogotano. El informe de DSNA destaca como algunos de los retos de la construcción del ED2, la complejidad de manejo del espacio aéreo, la posible resistencia incluso de parte de personal de controladores aéreos, la falta de conectividad entre ambas infraestructuras y la necesidad de un tren de alta velocidad.

La Tabla B muestra las pérdidas para Bogotá en el escenario SAB – (EDI + EDII) entre 2029 y 2051. Estas pérdidas se calculan como el valor económico de la diferencia de pasajeros y operaciones entre la gestión como sistema (SAB) de ambos aeropuertos, y el resultado de no ampliar el aeropuerto actual (EDI) y construir un nuevo aeropuerto con una pista (EDII).

Tabla B. Pérdidas para Bogotá para el escenario SAB – (EDI + EDII) 2029-2051

	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Pérdidas PIB pasajeros	106,6	210,1	304,7	396,8	418,7	259,8	206,6	151,1	111,9	168,2	228,0	266,4
Pérdidas PIB operacionales	35,6	70,1	101,7	132,5	139,7	86,7	69,0	50,4	37,4	56,1	76,1	88,9
Total pérdida de PIB	142,1	280,2	406,5	529,3	558,4	346,6	275,5	201,6	149,3	224,3	304,1	355,3
Pérdida como % PIB de Bogotá	0,09%	0,17%	0,24%	0,30%	0,31%	0,19%	0,14%	0,10%	0,07%	0,10%	0,14%	0,15%

	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051
Pérdidas PIB pasajeros	311,1	352,1	446,3	546,9	653,4	764,9	880,2	999,0	1114,3	1225,5	1900,8
Pérdidas PIB operacionales	103,8	117,5	149,0	182,5	218,1	255,3	293,8	333,4	371,9	409,1	634,4
Total pérdida de PIB	414,9	469,6	595,2	729,4	871,5	1020,2	1174,0	1332,4	1486,2	1634,6	2535,2
Pérdida como % PIB de Bogotá	0,17%	0,19%	0,23%	0,27%	0,32%	0,36%	0,40%	0,43%	0,47%	0,50%	0,74%

Fuente: elaboración propia, con proyecciones de ALG (2020)

*

PR3. Insumos de política pública aeroportuaria

Los aeropuertos disponen de las siguientes medidas para atender la crisis propia y del sector, que tienen un efecto modesto en su superación (Lufthansa Consulting 2020):

- Reducción de costos. Por ejemplo, el aeropuerto de Frankfurt cerró su Terminal 2 en abril para atender todos los vuelos desde el Terminal 1. Esto elimina una parte de los costos variables, pero no los costos fijos, y afecta la cadena de suministradores y aliados comerciales de los aeropuertos (menos compras, menos ingresos por comercio dentro del aeropuerto).

- Apoyo financiero y fiscal. Los aeropuertos deben combinar la ayuda de los gobiernos nacional y local, y/o de inversionistas patrimoniales y de deuda para mantener la funcionalidad de las instalaciones en nuevas condiciones de bioseguridad en el ciclo de viaje. Los gobiernos podrían evaluar medidas para reactivar el tráfico aéreo, que incluyen el otorgamiento de un monto de créditos fiscales para las personas naturales que inviertan en turismo, equivalente a los impuestos adicionales que generarían los multiplicadores de impuestos asociados al estímulo al turismo.

- Preparación organizacional y operacional en caso de insolvencia de los aliados. Los riesgos provienen de la posible insolvencia de proveedores y de la quiebra de las aerolíneas que dan soporte al modelo de *hub-and-spoke*. En el primer caso, se pueden ajustar los términos de todas las partes en un modelo de contratos relacionales (se comparten los riesgos no asegurables) y en el segundo, se pueden diseñar esquemas de incentivos para las aerolíneas, como la flexibilización de las tarifas (reducción de la componente fija de los cobros).

La Tabla B muestra las pérdidas de ingresos del Aeropuerto El Dorado hasta 2026 a causa de la crisis originada por el COVID-19, como % de los ingresos de 2019. La pérdida acumulada, estimada con una tasa de 7.74%, asciende aproximadamente a COP$ 935 mil millones. En 2020 únicamente, las pérdidas de ingreso del aeropuerto serían de COP$ 580 mil millones (52,7% del ingreso sin crisis de ese año).

Tabla B. Pérdidas de ingresos del Aeropuerto El Dorado (% de los ingresos de 2019)

2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
52,7%	30,8%	22,8%	21,4%	19,8%	19,1%	18,4%

Fuente: elaboración propia

Los riesgos de un choque simultáneo de oferta y demanda, de profundidad y duración inciertas, no están incluidos en la Matriz de Riesgos de los actuales contratos de concesión aeroportuaria, ni se contemplan en el documento CONPES de riesgos para app en proyectos aeroportuarios. El marco de referencia idóneo para gestionar riesgos debe partir de reconocer la presencia de choques catastróficos infrecuentes en la economía, de variada naturaleza, que se presenta a continuación (Benavides 2020).

La economía tiene períodos sin crisis (98% del tiempo en Estados Unidos), que se interrumpen de manera infrecuente por eventos ´catastróficos´ (2% del tiempo en Estados Unidos) que reducen el consumo o la riqueza de manera abrupta y sustancial (más del 15%). Los impactos catastróficos tienen distribuciones de probabilidad para las cuáles la media no tiene significado o no existe (por ejemplo, en distribuciones con varianza infinita). Con distribuciones de este tipo, la media estimada aumenta (no se estabiliza) a

medida que se añaden eventos. De acuerdo con Flyvbjerg (2020), sin que importe el tamaño del mayor evento extremo registrado, siempre habrá un evento aún más extremo. Su aparición es sólo cuestión de tiempo.

Pindyck y Wang (2013) proponen un modelo en el que se producen choques infrecuentes que reducen discontinuamente el acervo de capital y cuya severidad sigue una ley de potencia. El modelo incorpora costos de ajuste al acervo de capital (que capturan la depreciación y los costos de instalación) y un mercado de swaps de seguros catastróficos (para calcular la prima de riesgo para choques de cualquier tamaño). Estos autores calibran el modelo con observaciones económicas y financieras entre 1947 y 2008 para Estados Unidos. Los cálculos de Pindyck y Wang (2013) indican que, para limitar el impacto de catástrofes individuales a un 15%, los impuestos (estimados como disposición a pagar) deberían aumentar 7% anual, de manera recurrente.[3]

Las implicaciones de este marco de referencia para la gestión de riesgo de aeropuertos son las siguientes:

- Concesiones vigentes. Los riesgos catastróficos actuales no han sido previstos ni asignados ni fondeados en el contrato de concesión actual. En las condiciones actuales, las medidas de mitigación para riesgos de tiempos normales son de escasa eficacia. Por ejemplo, aumentar el plazo de una concesión no resuelve el problema de liquidez. La recuperación de ingresos inmediatos y masivos que se pierden requeriría prórrogas de duración parecida a la de los plazos normales de concesión. Se proponen dos principios de mitigación: (i) aportes de todas las partes (administraciones locales y nacionales, concesionario, tenedores de deuda) y (ii) aportes públicos a liquidez (capital de trabajo) por un período suficiente y proporcional al impacto macroeconómico del aeropuerto. El paquete de mitigación podría contener los siguientes elementos:

  {Revisión de inversiones, digitalización y reducción de costos + facilitación de nuevas fuentes de ingresos + reembolso inmediato por el gobierno del CAPEX por adecuación física y tecnológica para operación biosegura + inyección de liquidez por el gobierno + reembolso a gobierno de un % de la inyección de liquidez en pagos anuales por 10 años, activados en el momento en que los ingresos de los aeropuertos sean superiores a los de 2019}

- Concesiones futuras. El CONPES 4000 que se acaba de publicar desestima que un evento catastrófico como pandemia pueda ocurrir nuevamente y de manera equivocada deja todo el riesgo comercial de estos eventos a cargo del concesionario. Los aeropuertos del futuro van a requerir inversiones especiales en terminal, chequeo, gestión de equipajes y acceso y salida de las naves (Rowan 2020). Se propone que un panel de alto nivel defina los montos públicos que se pueden asignar para mitigar impactos catastróficos en concesiones aeroportuarias, los montos que deben apropiarse por el concesionario como primera capa de mitigación, y el programa de aportes a un Fondo de Contingencias. El panel también debe definir los hitos, reglas y usos de los desembolsos del Fondo, de acuerdo con duración, naturaleza del choque y desempeño del concesionario.

[3] La disposición a pagar de la sociedad por reducir el impacto de eventos catastróficos se define como la máxima tasa de impuestos que la sociedad aceptaría pagar si los ingresos derivados de este impuesto se invirtieran en actividades que acotaran permanentemente las pérdidas de cualquier catástrofe a un valor determinado.

Referencias del prólogo

ALG. 2020. Actualización previsiones de tráfico: Bogotá.

Banco Mundial. 2020. Global Economic Prospects. June 2020.

https://www.worldbank.org/en/publication/global-economic-prospects

Benavides, J. 2020. Escenarios de evolución de la economía y líneas de acción para el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, partiendo del choque económico mundial en curso.

Benavides, J. y M. E. Delgado. 2020. Impacto económico de los costos de ajuste de la industria de transporte aéreo a raíz de la pandemia del coronavirus en Colombia. Fedesarrollo.

DNP. 2020. Lineamientos de política de riesgo contractual del estado para proyectos de participación privada en infraestructura en proyectos aeroportuarios. CONPES 4000 5 agosto 2020.

https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4000.pdf

Florida, R. C. 2018. How airports drive economic growth.

https://www.thestar.com/opinion/contributors/2018/04/20/how-airports-drive-economic-growth.html

Florida, R., C. Mellander, C. y T. Holgersson. 2015. "Up in the air: The role of airports for regional economic development." *The annals of regional science* 54: 197-214.

http://dx.doi.org/10.1007/s00168-014-0651-z

Flyvbjerg, B. 2020. "The Law of Regression to the Tail: How to Mitigate COVID-19, Climate Change, and Other Catastrophic Risks." SSRN. 14 May 2020.

https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3600070

IATA. 2020A. Covid 2019. Cash burn analysis.

https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/covid-19-cash-burn-analysis/

IATA. 2020B. Industry Losses to Top $84 Billion in 2020.

https://www.iata.org/en/pressroom/pr/2020-06-09-01/

Lufthansa Consulting. 2020. Airports in crisis: Measures to respond and recover from COVID-19.

https://www.lhconsulting.com/fileadmin/dam/downloads/studies/200407_Article_Airports_in_Crisis_LH Consulting.pdf

Pindyck, R. S. y N. Wang. 2013. "The Economic and Policy Consequences of Catastrophes." *American Economic Journal: Economic Policy* 5: 306-339.

http://web.mit.edu/rpindyck/www/Papers/PindyckWangAEJPolNov2013.pdf

Rowan, S. 2020. The Future of Airport Design After COVID-19, According to An Airport Architect. Forbes.

https://www.forbes.com/sites/suzannerowankelleher/2020/06/18/the-future-of-airport-design-after-covid-19-according-to-an-airport-architect/#699908cd3919

Slotnick, D. 2020. The airline industry will be ravaged for years to come and the effect will be felt across the entire economy, a new Moody´s report says. Business Insider.

https://www.msn.com/en-us/money/markets/the-airline-industry-will-be-ravaged-for-years-to-come-and-the-effects-will-be-felt-across-the-entire-economy-a-new-moodys-report-says/ar-BB16Vx6f?li=BBnb7Kz

RESUMEN

El área metropolitana de Bogotá es la principal aglomeración del extremo norte de América del Sur. El aeropuerto El Dorado tuvo un tráfico cercano a los 35 millones de pasajeros en 2019 (tercero en América Latina), que ha crecido anualmente a una tasa promedio del 7.1% entre 2017 Y 2019. Sin inversiones adicionales, el aeropuerto empezaría a congestionarse en el corto plazo, con consecuencias económicas negativas sobre el crecimiento y la competitividad de Bogotá y sobre la operación del sistema aeronáutico nacional. Hay que partir del hecho de que, en el siglo XXI, los aeropuertos y sus comunidades circundantes impulsarán la localización de los negocios y el desarrollo urbano, de manera similar a como las carreteras lo hicieron en el siglo XX, los ferrocarriles en el siglo XIX, y los puertos en el siglo XVIII

Este estudio discute la economía de los aeropuertos (sección 1), resume las alternativas de expansión y su impacto sobre los tiempos y costos de acceso al aeropuerto por parte de empleados y pasajeros, y sobre el número de pasajeros y operaciones (sección 2),[4] presenta el modelo para estimar el impacto económico de la reducción de operaciones y pasajeros para la ciudad de Bogotá y el país por la inversión y gestión independiente de EDI y EDII (sección 3) y, por último, presenta estimaciones de impacto y conclusiones (sección 4).

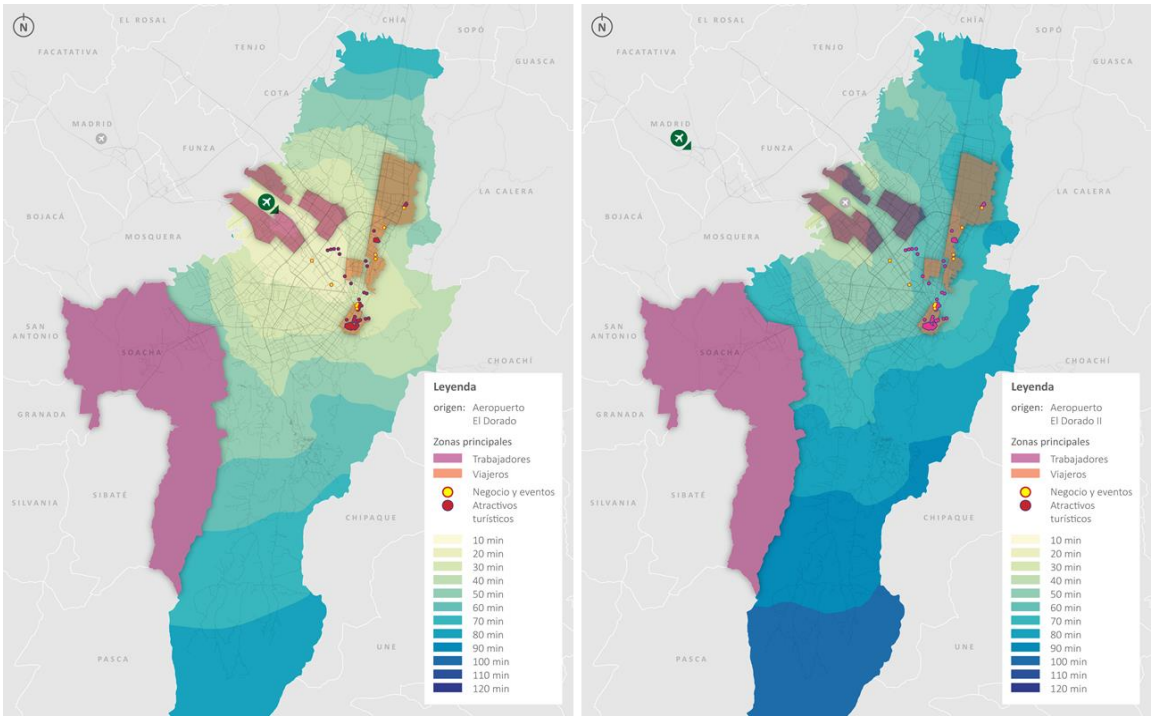
La congestión del aeropuerto que empezaría a manifestarse en 2022 se puede enfrentar con las siguientes alternativas: (i) usar sobretasas (si el exceso de demanda fuera esporádico, que no es el caso), (ii) construir la tercera pista de El Dorado y luego realizar inversiones independientes en el lado tierra (solución EDI en adelante); (iii) construir un nuevo aeropuerto sin contemplar inversiones complementarias (solución EDII en adelante); (iv) integrar comercialmente EDI y EDII (solución SAB en adelante). Los impactos económicos evaluados se reducen a los efectos directos, indirectos de la pérdida de operaciones y pasajeros sobre el PIB, el empleo en Bogotá, y los impuestos nacionales recaudados en Bogotá.

La comparación de las alternativas requiere tener en cuenta que:

- La tercera pista de EDI tiene un menor costo de capital y no requiere subsidios públicos para su cierre financiero. Puede entrar en funcionamiento más rápido que EDII, puede movilizar más pasajeros y carga individualmente que EDII y sus costos generalizados de transporte de acceso y salida del aeropuerto para empleados y viajeros son 2.5 veces más bajos que los de EDII. La Gráfica A ilustra las diferencias de tiempos de viaje con origen en EDI y EDII en hora pico.

[4] El análisis detallado, elaborado por Steer para este trabajo, se encuentra en el Apéndice ´Análisis del sistema aeroportuario de Bogotá)),

GRÁFICA A. COMPARACIÓN DE TIEMPOS DE VIAJE CON ORIGEN EN EDI VS EDII



Fuente: Steer (2020).

- La tercera pista de EDI y la pista 13/31 de EDII presentan interferencia aeronáutica, lo que limitaría la capacidad total del sistema aeroportuario si no se desarrolla de manera coordinada.

- El aeropuerto El Dorado funciona bajo el modelo de *hub* para Colombia. Puesto que los servicios de El Dorado están relacionados con los servicios prestados por el resto de los aeropuertos nacionales, sus demoras tienen efectos adversos sobre el movimiento de pasajeros y carga del país.

- La interdependencia aeronáutica y las ventajas comparativas de EDI sobre EDII justifican la toma de decisiones regulatorias y de gestión por encima del nivel de los aeropuertos individuales.

Para capturar el valor económico que surge de atender toda la demanda aeronáutica futura y evitar los perjuicios de congestión del *hub* de Bogotá, se recomienda acelerar la solución socialmente óptima para la ciudad. No es suficiente con construir primero la tercera pista de EDI y luego construir EDII por parte de firmas o consorcios independientes. La alternativa SAB resuelve *tres problemas de coordinación* que no se pueden enfrentar con concesiones separadas:

- Secuencia de las inversiones. La tercera pista de EDI debe entrar primero por sus menores costos de inversión (área disponible para expandir y naturaleza incremental de la inversión), tiempos menores de construcción, capacidad de atención de la demanda y menores costos y tiempo de acceso y salida de pasajeros.

- Inversión como sistema. Bajo una única sombrilla de gestión e incentivos, se invertirá primero en la tercera pista de EDI, luego en EDII (aproximadamente USD 3,200 millones) y, durante todo el período de concesión, en inversiones incrementales y selectivas que remueven los cuellos de botella *del sistema de aeropuertos*. Las decisiones independientes se realizarían en un contexto de competencia, con el riesgo profundizar la interferencia aeronáutica y duplicar inversiones innecesarias.

- Gestión como sistema. Si los dos aeropuertos se gestionan comercialmente de manera independiente, las aerolíneas comerciales no aceptarán voluntariamente su traslado a EDII o la segregación de sus operaciones. La promoción simultánea e independiente de las inversiones en la tercera pista y EDII aumenta los riesgos y costos de estructuración financiera de ambas inversiones, que entrarían en competencia. La gestión integrada puede aumentar el valor de EDII, con operaciones *complementarias* (no sustitutivas) a EDI en tres atributos: *slots*, ofertas diferenciadas y tamaño de aviones. Sin gestión integrada, aparece el riesgo regulatorio de forzar la competitividad de EDII, se aumentan los tiempos y costos de las conexiones y por tanto se deteriora la calidad de Bogotá como *hub* aeronáutico del país.

Entre 2025 y 2051, con la ausencia de inversión y operación integradas, se perderían de manera acumulativa 220.71 millones de pasajeros y 1.91 millones de operaciones en el sistema aeroportuario de Bogotá. Las pérdidas macroeconómicas por no expandir y operar de manera integrada el sistema aeronáutico de Bogotá son elevadas. Usando una tasa de descuento de 7.76%, el acervo de PIB perdido en Bogotá entre 2025 y 2051 alcanzaría el valor de USD 4,243 millones. En el mismo horizonte de evaluación, el acervo de empleo y de impuestos perdidos ascendería a USD 504 y USD 251 millones, respectivamente.

El efecto de la tasa de descuento no alcanza a reflejar la magnitud de las pérdidas después de 2040. Solamente en el año 2051, las pérdidas de PIB de Bogotá ascenderían a USD 2,535 millones (0.74% del PIB de Bogotá en ese año). El valor presente de las pérdidas para Bogotá sería de USD 8,672 millones entre 2047 y 2051, y de USD 11,186 millones entre 2040 y 2051.

Estos montos no incluyen el costo de la pérdida de competitividad de Bogotá frente a Ciudad de México, Panamá, Quito y Lima, ni la pérdida de competitividad del país por la congestión del *hub* aeroportuario de Bogotá, ni el aumento de los costos generalizados de transporte de pasajeros del aeropuerto o de contaminación del aire que vendrían por la entrada prematura de EDII.

1. AEROPUERTOS Y ECONOMÍA

LA INFRAESTRUCTURA EN LA ECONOMÍA

La infraestructura es una plataforma transversal de insumos intermedios para una gran variedad de actividades económicas y sociales, que genera efectos indirectos que resultan en grandes beneficios sociales. Según Agénor (2013), hay dos canales a través de los cuales la infraestructura tiene impacto sobre el crecimiento económico: *macroeconómicos* y *originados en externalidades:*

- Los canales macroeconómicos incluyen el efecto directo sobre la productividad y sobre el costo de los insumos para la producción privada, y el efecto complementario en la inversión privada. Un aumento en el acervo de la infraestructura puede aumentar la productividad de los factores (trabajo, capital privado) y reducir los costos unitarios de producción. La disponibilidad de infraestructura tiene un efecto positivo sobre el crecimiento a través de la inversión en capital privado.
- Los canales originados en externalidades incluyen, entre otros, las relaciones entre infraestructura, acumulación de conocimiento y el crecimiento económico; y entre la infraestructura, la innovación y la difusión de nuevos productos, y el crecimiento económico, que son muy importantes en el caso de los aeropuertos metropolitanos (que no se calculan en este trabajo).

LOS AEROPUERTOS METROPOLITANOS COMO MOTOR DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO

Kasarda y Lindsay (2012) postulan que los aeropuertos tienen una gran influencia sobre el crecimiento de las ciudades y las industrias: los aeropuertos y sus comunidades circundantes moldearían la localización de los negocios y el desarrollo urbano en el siglo XXI de manera similar a como las carreteras lo hicieron en el siglo XX, los ferrocarriles en el siglo XIX, y los puertos en el siglo XVIII.

Florida, Mellander y Holgersson (2015), en su libro *Aerotropolis*, encuentran que:

- Los aeropuertos impulsan la prosperidad económica regional y tienen una conexión más fuerte con el crecimiento regional que la industria de alta tecnología, y casi el mismo impacto que el talento de alta gama. Estos impactos de economía geográfica van más allá de los impactos clásicos de la movilización de carga y pasajeros.
- Aunque la movilización de carga es indispensable para el desarrollo regional, la movilización de personas es más importante para las aglomeraciones, puesto que las personas son portadoras de ideas y talento. Las personas son el principal factor de contribución a la innovación regional, la creatividad y el crecimiento económico.

Al comparar el tráfico aéreo doméstico de Estados Unidos antes y después de la desregulación de la industria aeronáutica en 1978, Florida (2018) encuentra que el crecimiento del tráfico aéreo tiene un efecto positivo sobre el crecimiento de la población, los ingresos y el empleo en las ciudades, incluso después de controlar estadísticamente por otras características regionales. Florida (2018) enfatiza el papel de la disponibilidad de vuelos directos de alta frecuencia disponibles en los aeropuertos de tipo *hub* para conectar ciudades globales: los vuelos sin escalas y los altos niveles de conectividad generan más

inversiones interurbanas que en la capacidad del aeropuerto. Esto se cumple para los aeropuertos que disponen de vuelos directos a ciudades globales que se encuentren a una distancia de más de 7,500 km.

CANALES DE IMPACTO DE LA ACTIVIDAD AEROPORTUARIA SOBRE LA ECONOMÍA

La Corporación Financiera Internacional del Banco Mundial (IFC 2017) Ha desarrollado una *teoría del cambio* para estimar los impactos macroeconómicos de los proyectos de infraestructura aeroportuaria, que se usará en este trabajo y cuyos protocolos de cálculo se presentan en el capítulo 3. En este enfoque, los efectos de la infraestructura se descomponen en *efectos centrales* y *efectos de segundo orden* sobre el crecimiento. Los efectos centrales se materializan durante la construcción y la operación de un aeropuerto, y los efectos de segundo orden durante la operación de este.

En ambas fases, los sectores económicos aumentan su producción en respuesta a un choque de demanda, y los hogares aumentan su consumo en respuesta a un mayor ingreso originado en el choque de demanda. Se producen efectos directos, indirectos e inducidos. Cuando se presenta un choque de demanda en un sector, los efectos directos representan en cambio inicial del choque de demanda en ese sector. Los efectos indirectos son los cambios siguientes en todos los demás sectores como respuesta al incremento de la demanda en el sector que recibió el choque original. Los efectos inducidos reflejan cambios en el gasto que provienen de mayores ingresos por los factores en los sectores impactados directa e indirectamente. Finalmente, los efectos totales reflejan la acumulación de efectos directos, directos e inducidos.

Los *efectos centrales* surgen durante la construcción y durante la operación. La fase de construcción en aeropuertos requiere inversiones directas para construir instalaciones (pistas, bodegas, estacionamiento, terminal, accesos), así como la compra de equipos y sistemas especializados (ayudas a la navegación, software de gestión de aérea y del lado tierra). Una vez en la fase de operación, las ventas de servicios aeroportuarios exigirán la producción de otros sectores, incluidos los servicios logísticos de entrada y salida especializados (sistemas de inventario, optimización de entrega y la prestación de un conjunto de servicios complementarios, catering, estacionamiento, alojamiento, recreación y negocios en el terminal).

Una vez que se ha construido un proyecto aeroportuario, aparecen efectos adicionales específicos del sector de transporte aéreo. Estos efectos se denominan *efectos de segundo orden sobre el crecimiento*. La expansión de la capacidad productiva del aeropuerto y las mejoras en acceso y conectividad generan los efectos gemelos de eficiencia (si el proyecto baja el precio de los servicios sectoriales) y competitividad (si el proyecto facilita mayores exportaciones e importaciones). Al reducir los costos operativos (monetarios), el viaje en vuelo, el acceso y el tiempo de espera y el tiempo de congestión (no monetarios), la construcción de una pista de aterrizaje y las instalaciones terrestres complementarias pueden atraer a más turistas no residentes que gastarán dinero en una canasta de bienes y servicios producidos de manera doméstica.

Los efectos centrales (*core*) y de segundo orden se esquematizan en la Gráfica 1.1.

GRÁFICA 1.1. TEORÍA DEL CAMBIO PARA PROYECTOS PORTUARIOS Y AEROPORTUARIOS



Fuente: IFC (2017).

CONGESTIÓN, EXTERNALIDADES DE RED Y EXPANSIÓN AEROPORTUARIA

Cohen y Coughlin (2003) han examinado el problema de la congestión y las externalidades de red en sistemas de aeropuertos, y sus implicaciones para evaluar las alternativas de política pública que se discuten a continuación.

Puesto que los servicios de transporte aéreo de un aeropuerto están relacionados con los servicios prestados otros muchos aeropuertos, las demoras en un aeropuerto tienen efectos adversos sobre el

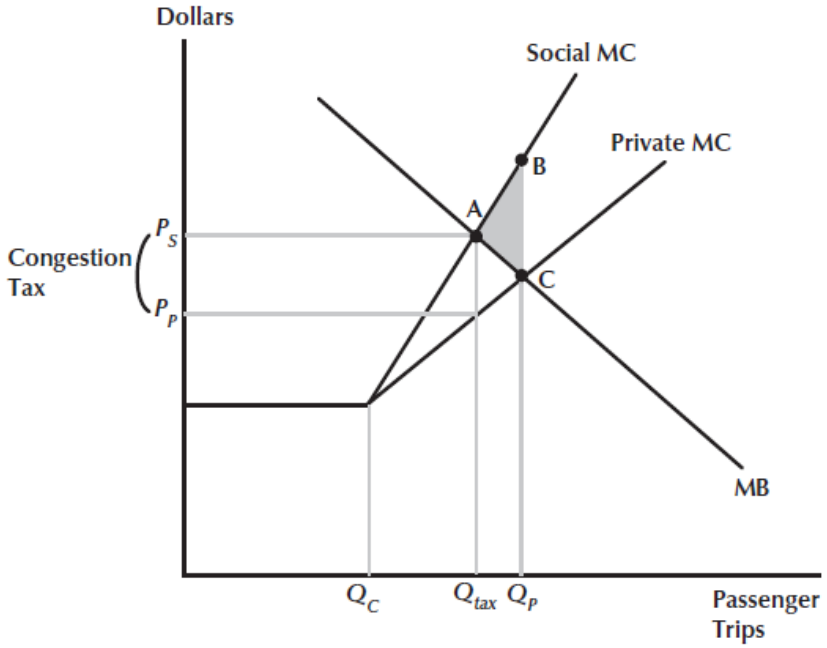
movimiento de pasajeros y carga en otros aeropuertos (especialmente en las redes aeroportuarias del tipo *hub-and-spoke*). La expansión de un aeropuerto puede aumentar los viajes de pasajeros y carga a otros aeropuertos.

Esta interdependencia justifica la toma de decisiones regulatorias y/o de inversión que estén por encima del nivel de los aeropuertos individuales. Cuando coinciden la congestión y las externalidades de red, las alternativas de política pública son: (i) imponer un impuesto, (ii) otorgar un subsidio, (iii) no hacer nada o (iv) expandir el sistema aeroportuario. La alternativa de expansión requiere que, socioeconómicamente, los beneficios sean superiores a los costos.

IMPUESTO ÓPTIMO A LA CONGESTIÓN

En presencia de congestión, un viajero potencial enfrenta la suma de los costos directos de viaje y del costo de oportunidad del tiempo de viaje. En la Gráfica 1.2, la curva de demanda (beneficios marginales) tiene pendiente negativa, y las curvas de costos marginales privados y públicos coinciden y se representan con un valor constante hasta el número de viajes Q_c. Por debajo o hasta este nivel de tráfico aéreo, no hay congestión, y hasta ese punto, el costo para los pasajeros es el costo generalizado de transporte convencional.

GRÁFICA 1.2. IMPUESTO ÓPTIMO A LA CONGESTIÓN



Fuente: Cohen y Coughlin (2003).

Para niveles de tráfico aéreo mayores a Q_C la curva de costo marginal es creciente. Cuando un individuo incrementa su consumo de viajes, añade tráfico adicional al sistema aeronáutico, lo que retrasa su propio viaje. Los viajes adicionales generan más vuelos y aumentan la congestión en el lado aire. Además, la

llegada de pasajeros adicionales congestiona el lado tierra, lo que genera retrasos de chequeo y en los puntos de seguridad. Cuando los pasajeros anticipan estos retrasos, llegan al aeropuerto más temprano y esto aumenta el costo generalizado de transporte. Además, los viajes adicionales de pasajeros generan mayores retrasos en las cintas/carruseles de reclamo de equipaje.

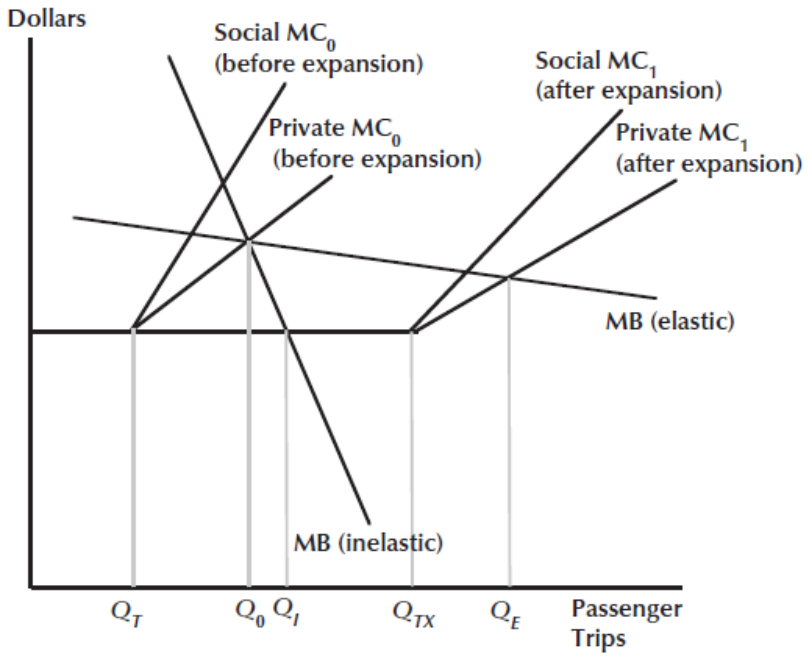
En resumen, el tiempo de viaje es una función del número de pasajeros. A su vez, el aumento del tiempo de viaje incrementa el costo marginal del viaje, debido al mayor costo de oportunidad del tiempo de viaje. Por tanto, las curvas de costos marginales privadas y sociales difieren porque la adición de un pasajero más en el terminal no sólo incrementa su propio tiempo de viaje, sino el de los usuarios en otros aeropuertos. Un pasajero potencial no tiene en cuenta este costo adicional. El resto de los pasajeros estaría mejor si este pasajero potencial no viajara. La curva de costos marginales sociales está por encima de la curva de costos privados.

El número de viajes socialmente óptimo es Q_{tax}, que corresponde al punto de intersección A entre la curva de demanda MB y la curva de costos marginales sociales. Este nivel es inferior al número de viajes Q_P que corresponde a la intersección C entre la curva MB y la curva de costos marginales privados. En caso de que se desee utilizar un impuesto a la congestión para reducir la cantidad demanda de viajes, el valor óptimo de este impuesto será $P_s - P_P$, que maximiza las ganancias de bienestar por reducir la demanda de Q_P a Q_{tax} (área ABC).

EXPANSIÓN VS. IMPUESTOS A LA CONGESTIÓN

La Gráfica 1.3 muestra el efecto sobre beneficios y costos marginales privados y sociales de expandir un aeropuerto.

GRÁFICA 1.3. COSTOS MARGINALES PRIVADOS Y SOCIALES ANTES Y DESPUÉS DE UNA EXPANSIÓN AEROPORTUARIA



Fuente: Cohen y Coughlin (2003).

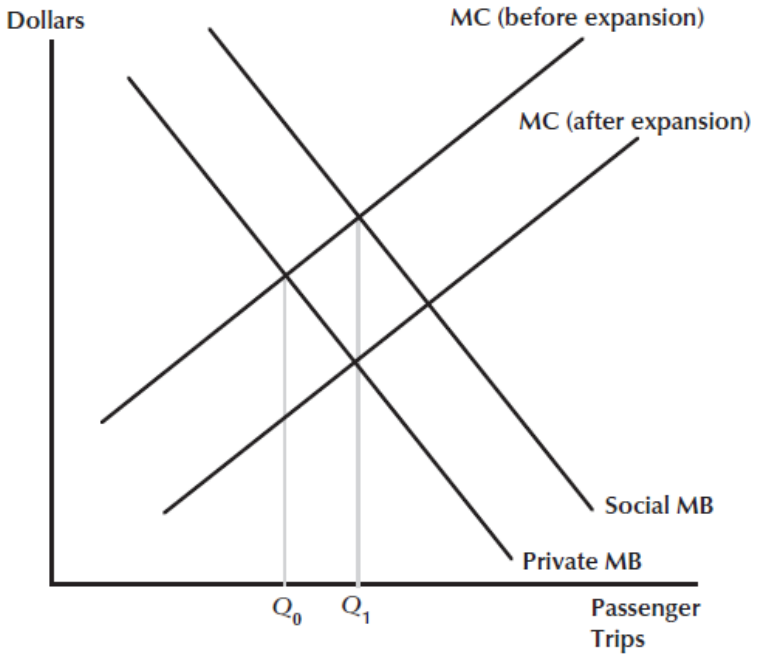
La expansión aeroportuaria desplaza las curvas de costos marginales privados y sociales a la derecha. Con esto, el umbral de congestión se desplaza de Q_T a Q_{TX}. La persistencia de la congestión dependerá no solo del tamaño de la expansión, sino de la elasticidad de la demanda por viajes aéreos.

Si esta demanda es inelástica, la nueva cantidad de viajes de equilibrio puede ser Q_I, sin congestión. La demanda inelástica implica que la cantidad demandada no aumenta lo suficiente para crear congestión adicional. Si la demanda es elástica, la nueva cantidad de equilibrio Q_E puede ser mayor que el umbral Q_{TX}. De esta manera, la congestión persiste (de manera similar a lo que ocurre con algunas expansiones viales). Esto no implica automáticamente que los costos de la expansión sean inferiores a sus beneficios.

EXTERNALIDADES EN REDES AEROPORTUARIAS

Sin tener en cuenta la congestión en el análisis, la estructura de conectividad del tipo *hub-and-spoke* puede conducir a una inversión subóptima en capacidad porque los individuos que utilizan un *hub* aeroportuario como escala de viaje se benefician de los menores tiempos de viaje en otros trayectos del viaje completo que usan el *hub* (externalidad de red). Estas externalidades hacen que los beneficios marginales MB locales difieran de los beneficios marginales MB sociales, como se muestra en la Gráfica 1.4.

GRÁFICA 1.4. EXPANSIÓN AEROPORTUARIA CUANDO SE INCORPORAN EXTERNALIDADES DE RED (SIN CONGESTIÓN)



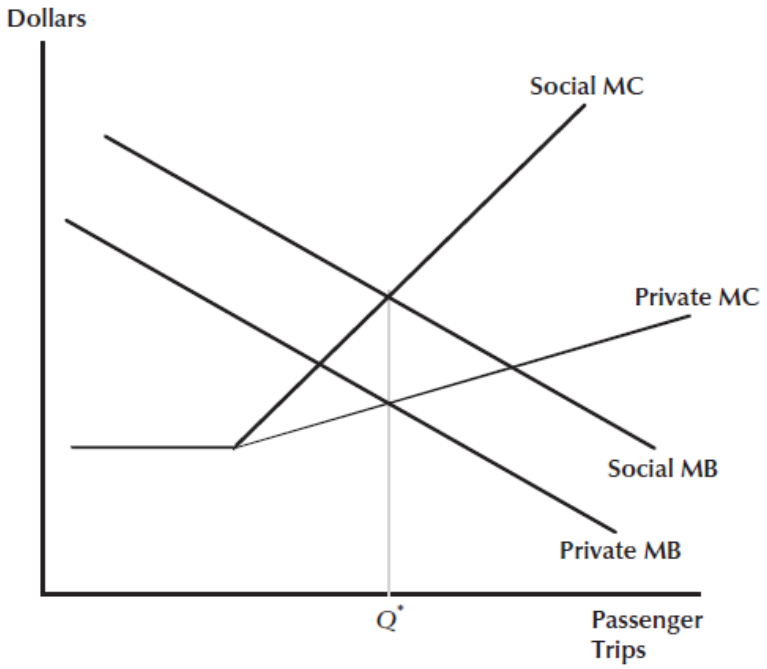
Fuente: Cohen y Coughlin (2003).

Si el sistema aeroportuario de Bogotá se expandiera considerando tan solo los beneficios del EDI, la cantidad de pasajeros Q_0 (que corresponde al cruce entre los beneficios marginales locales y la curva de costos marginales) podría ser muy pequeña en comparación con la cantidad socialmente óptima Q_1. Esta nueva cantidad se puede lograr mediante una expansión aeroportuaria óptima, que ocurre en el cruce de la curva de costos marginales después de la expansión y la curva de beneficios marginales *locales*.

EXPANSIÓN CON CONGESTIÓN Y EXTERNALIDADES DE RED

Al combinar los efectos de congestión y externalidad de red, las recomendaciones de política dependen de los pesos relativos de la congestión y de las externalidades de red. En la Gráfica 1.5, la curva de costos marginales sociales está por encima de la curva de costos marginales privados, y la curva de beneficios marginales sociales está por encima de la curva de beneficios marginales locales.

GRÁFICA 1.5. INTERACCIÓN ENTRE CONGESTIÓN Y EXTERNALIDADES DE RED



Fuente: Cohen y Coughlin (2003).

El nivel de tráfico socialmente óptimo Q^*corresponde al cruce de las curvas de beneficios marginales sociales y costos marginales sociales. En el ejemplo mostrado, el efecto de la congestión (que se podría mitigar) se compensa exactamente por el efecto de externalidad de red, que se puede lograr con un subsidio, y no hay necesidad de intervención de política pública o regulación. *Pero, en general, los dos efectos no se balancean*. Cada caso requerirá un análisis de la mejor combinación y secuencia de aplicación de instrumentos de inversión pública, privada e impuestos a la congestión que maximicen el bienestar social del país.

IMPLICACIONES PARA EL SISTEMA AEROPORTUARIO DE BOGOTÁ

La circulación de bienes y pasajeros dentro del Sistema de Ciudades de Colombia por vía aérea va a crecer a tasas superiores a la tasa de crecimiento de la población de manera sostenida. Bogotá compite con otras metrópolis de América Latina en la atracción de negocios sofisticados y requiere más vuelos directos y mayor frecuencia a las capitales mundiales de las finanzas, la cultura y la tecnología.

La condición de El Dorado como *hub* y sus impactos externos tanto sobre la red de aeropuertos, como sobre el flujo de ideas y creación de empleos en sectores intensivos en conocimiento apuntan hacia la urgencia de ampliar el sistema aeroportuario de Bogotá porque, en el análisis de la Gráfica 1.5, los beneficios marginales sociales estarían mucho más a la derecha que los beneficios marginales privados. La expansión ordenada reduciría los costos marginales sociales.

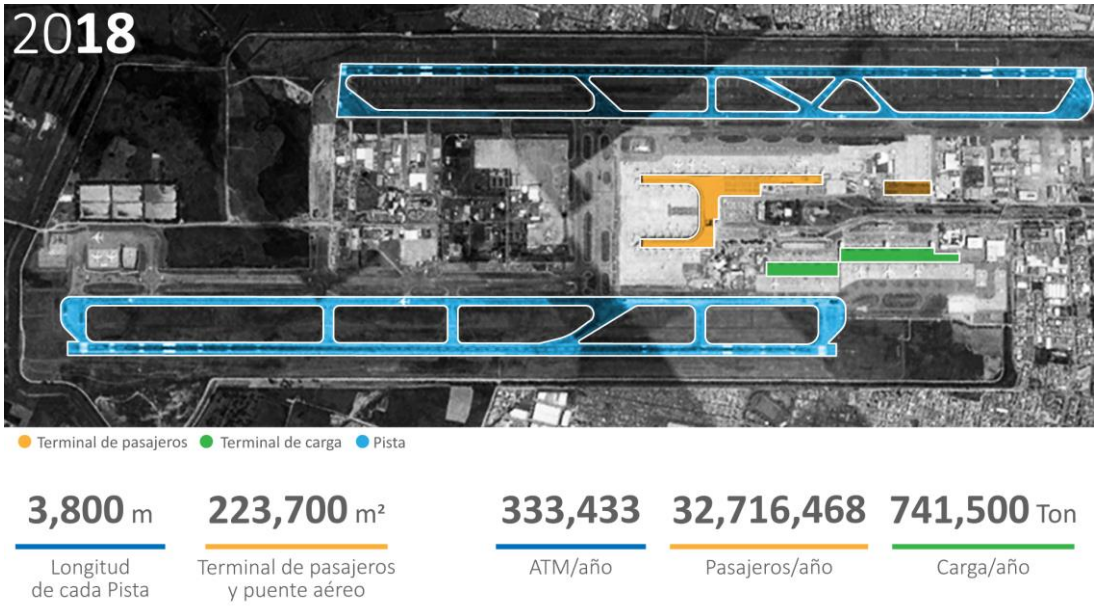
2. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE EXPANSIÓN AEROPORTUARIA

Steer (2020) revisó y validó los supuestos de proyección de tráfico asociados a las diferentes alternativas de expansión aeroportuaria de Bogotá y examinó las diferencias en tiempos y costos de acceso y salida de empleados y viajeros para la tercera pista de EDI y EDII. Los principales resultados se resumen a continuación, en el entendimiento de Fedesarrollo. El análisis completo se presenta en el Apéndice.

EDI

La Gráfica 2.1 sintetiza el estado de EDI en el año 2018:

GRÁFICA 2.1. CARACTERÍSTICAS Y DEMANDA DE EDI EN 2018



Fuente: Steer (2020).

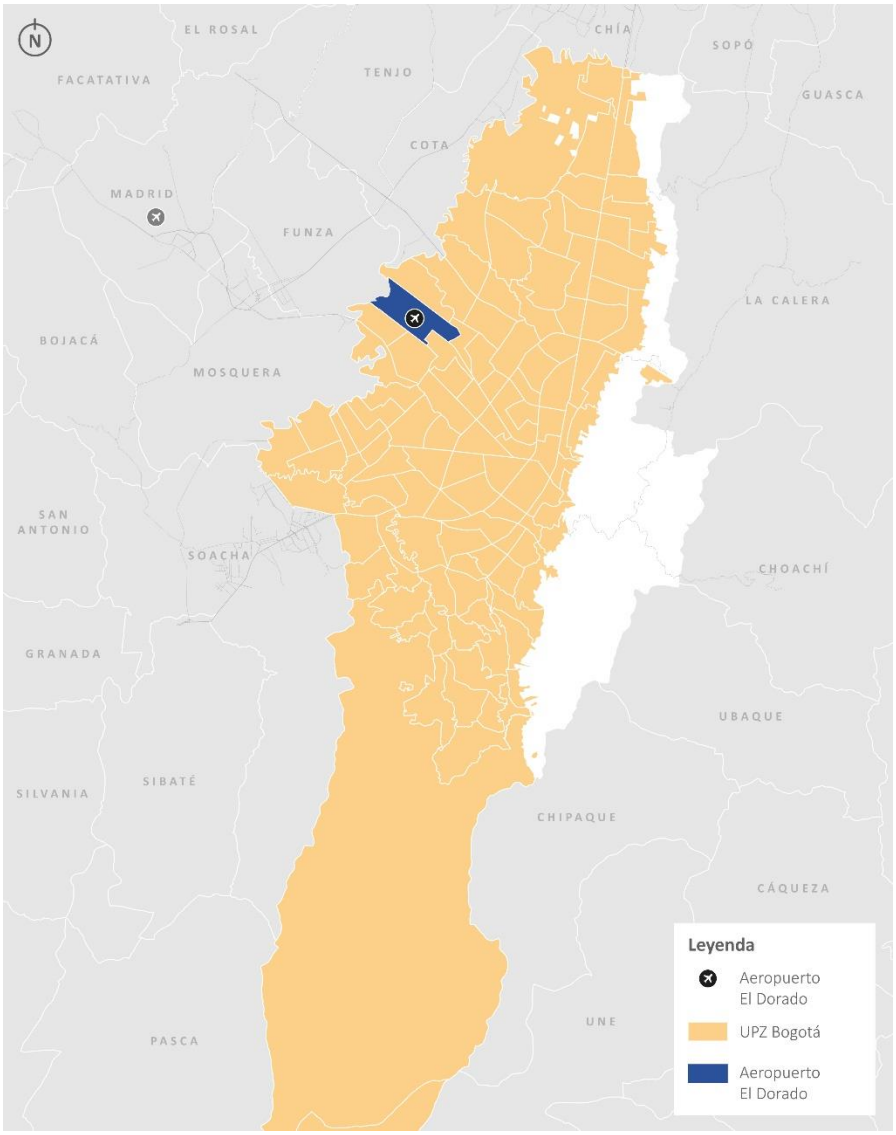
A junio de 2019, el aeropuerto tenía dos pistas paralelas y desplazadas (13L/31R y 13R/31L), cada una con una longitud total de 3.8 km que permiten un máximo de 86 operaciones por hora. Cuenta con 49 posiciones de contacto, 23 posiciones remotas, 25 de carga, 128 módulos de check-in y 40 módulos de auto check-in.

El aeropuerto está ubicado en la ciudad de Bogotá, aproximadamente 15 km al occidente del centro histórico de la ciudad y a una elevación de 2,547 msnm. Limita con las localidades de Engativá y Fontibón y se encuentra en la Unidad de Planeamiento Zonal (UPZ) No. 117 (Gráfica 2.2).

La Avenida Calle 26 o Avenida El Dorado es la vía principal que conecta el aeropuerto con el resto de la ciudad y directamente con el centro. Este corredor comprende una longitud de 13.2 km, comenzando en EDI y termina aproximadamente en la Carrera 3 en cercanías del Cerro de Monserrate. Transversales a la Av. Calle 26, existen varias vías de importancia que facilitan el acceso desde el resto de Bogotá, como son la Carrera 7, las avenidas Caracas, Norte Quito Sur, Carrera 68, Boyacá y Ciudad de Cali.

Según estimaciones de ODINSA, EDI movilizará 49 millones de pasajeros en 2027 y 85 millones en 2049. Se prevé que la capacidad de la infraestructura actual se superará en 2022.

GRÁFICA 2.2. UBICACIÓN GENERAL DE EDI EN UPZ DE BOGOTÁ



Fuente: Steer (2020).

EDII

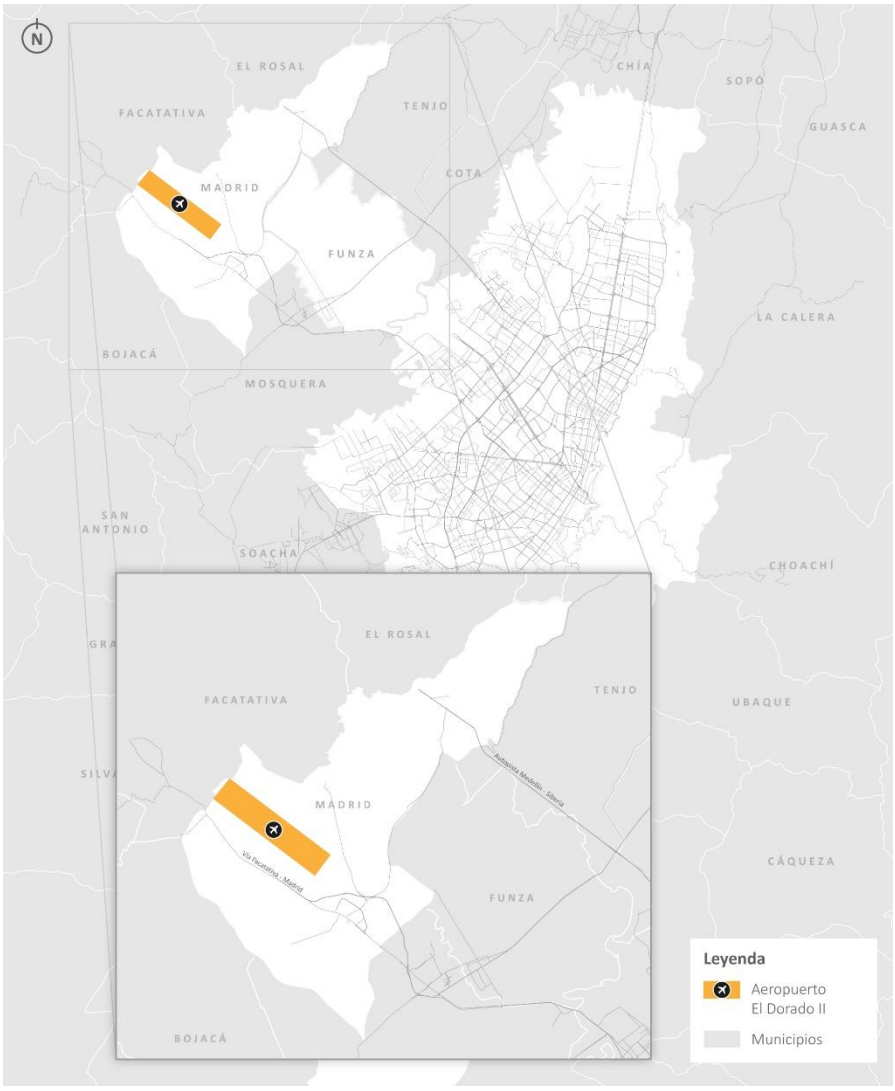
El Aeropuerto El Dorado II (EDII) atenderá parte de la demanda pronosticada para Bogotá, complementando la infraestructura aérea y terrestre de EDI. El Plan Maestro para la construcción de EDII plantea hasta tres pistas, la primera de ellas una paralela a las pistas actuales (13/31) de 3.8 km de longitud por 45 m de ancho y dos cruzadas (04/22.[5]

EDII se proyecta entre Facatativá y Madrid, aproximadamente 15 km al occidente del límite de Bogotá y a 33 km del centro histórico de la ciudad. El polígono propuesto, se encuentra ubicado en terreno

[5] Análisis técnico de la viabilidad operacional del Plan Maestro Aeroportuario para el proyecto de infraestructura El Dorado II. Febrero 2016.

considerado como territorio rural en la Sabana occidental. La pista estaría a una altura de 2,550 m.s.n.m. con una longitud de 3,800 m (Gráfica 2.3).

GRÁFICA 2.3. UBICACIÓN DEL POLÍGONO PROPUESTO PARA EDII RESPECTO A BOGOTÁ

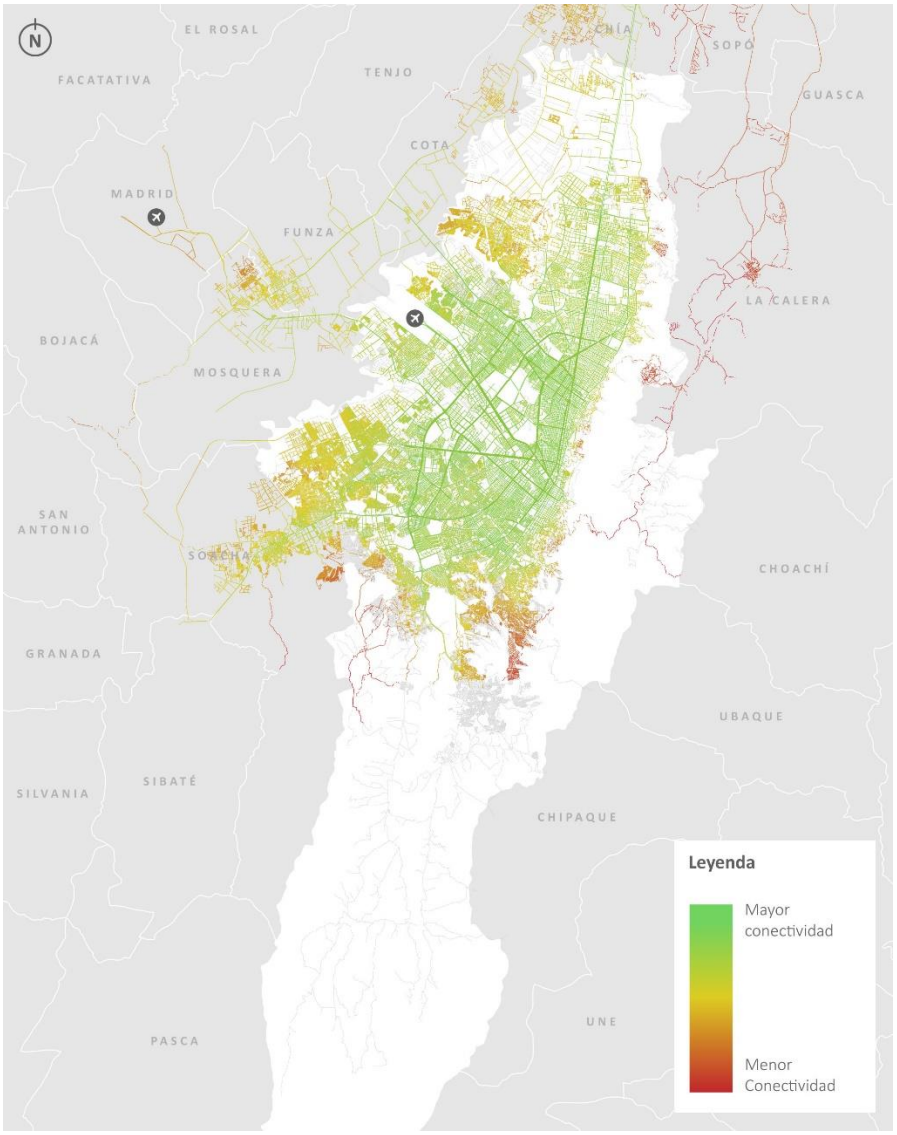


Fuente: Steer (2020).

ANÁLISIS DE ACCESOS TERRESTRES

EDI se encuentra en una zona con alta conectividad, pues logra relacionarse a nivel espacial con casi toda la ciudad. Esto se debe principalmente gracias a la Calle 26 y otras vías transversales a esta. En cambio, EDII presenta problemas de conectividad debido a que solo cuenta con acceso directo sobre le Concesión CCFC y en particular, la Variante de Madrid (Gráfica 2.4).

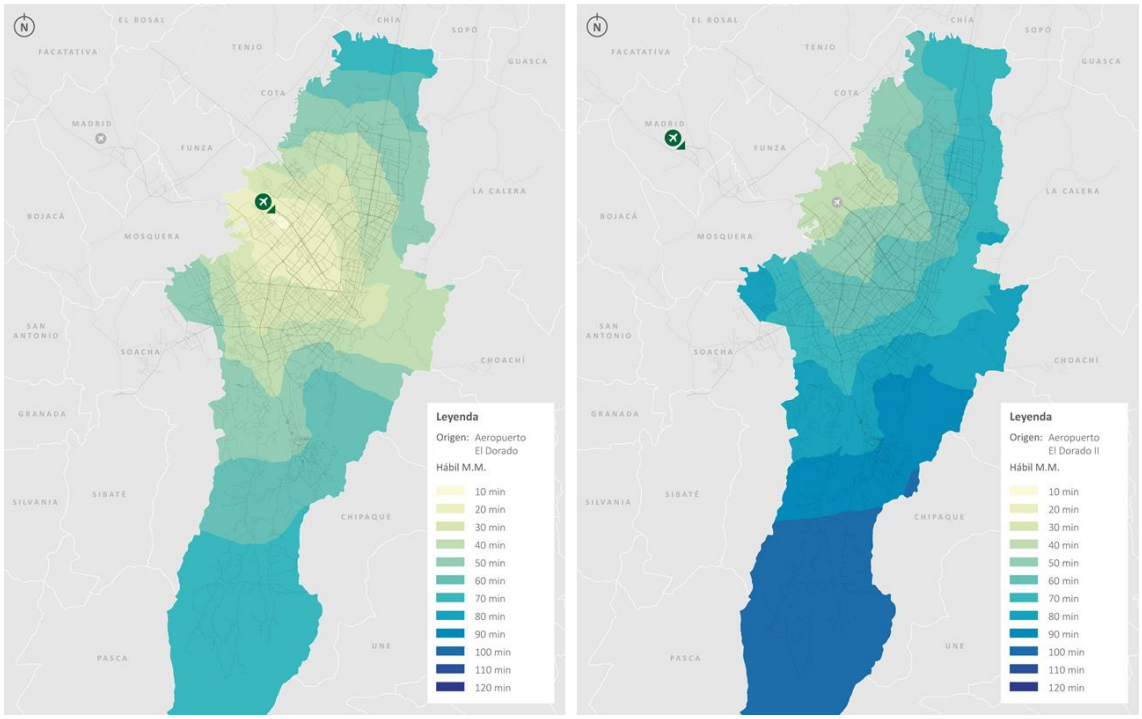
GRÁFICA 2.4. CONECTIVIDAD GENERAL DE BOGOTÁ



Fuente: Steer (2020).

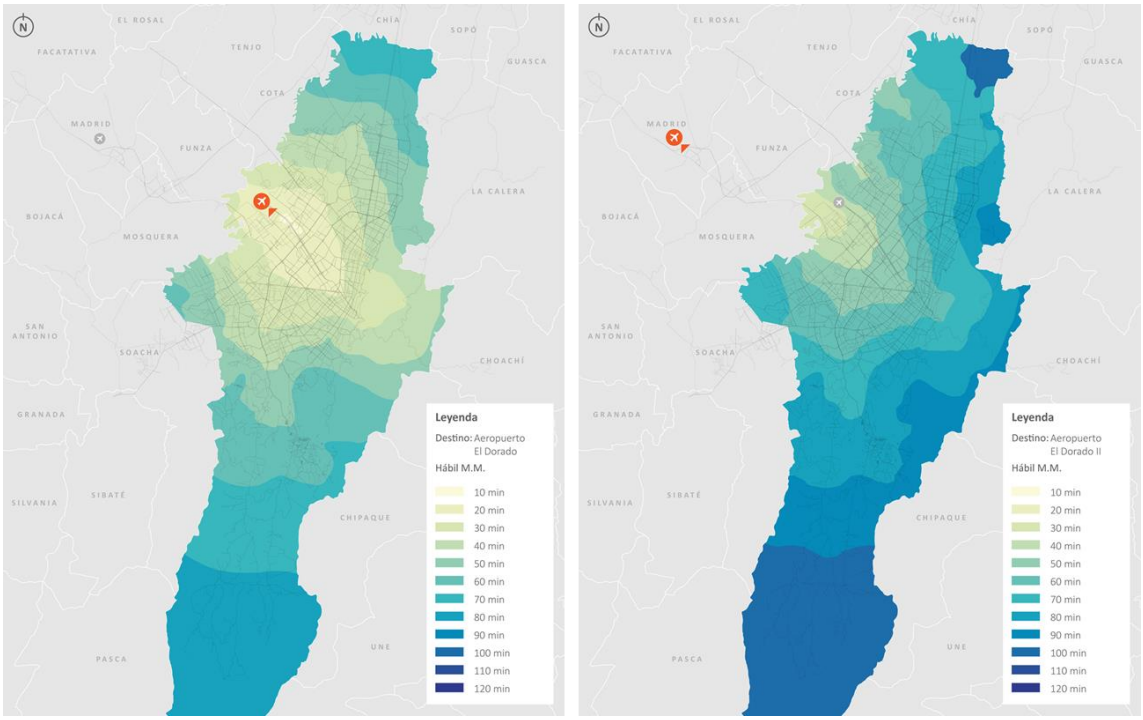
Las Gráficas 2.5 y 2.6 comparan los tiempos de viaje para origen y destino para EDI y EDII, y las Gráficas 2.7 y 2.8 muestran las distribuciones de probabilidad de tiempo para origen y destino de EDI y EDII en un día hábil al mediodía. Con una confianza del 90%, una persona cuyo viaje tenga como origen EDI y se dirija a Bogotá, tarda entre 14 y 58 minutos, con un tiempo de viaje promedio de 33 minutos. Este comportamiento es estable cuando el destino de desplazamiento es también la terminal aérea. Para EDII como origen, los desplazamientos a Bogotá varían entre 25 y 110 minutos, con un promedio de 67 minutos. Si el destino es EDII, los usuarios tardarían 63 minutos en promedio y no menos de 42 minutos.

GRÁFICA 2.5. COMPARACIÓN DE TIEMPOS DE VIAJE CON ORIGEN EN EDI (IZQ.) VS. EDII (DER.) DÍA HÁBIL MEDIO DÍA



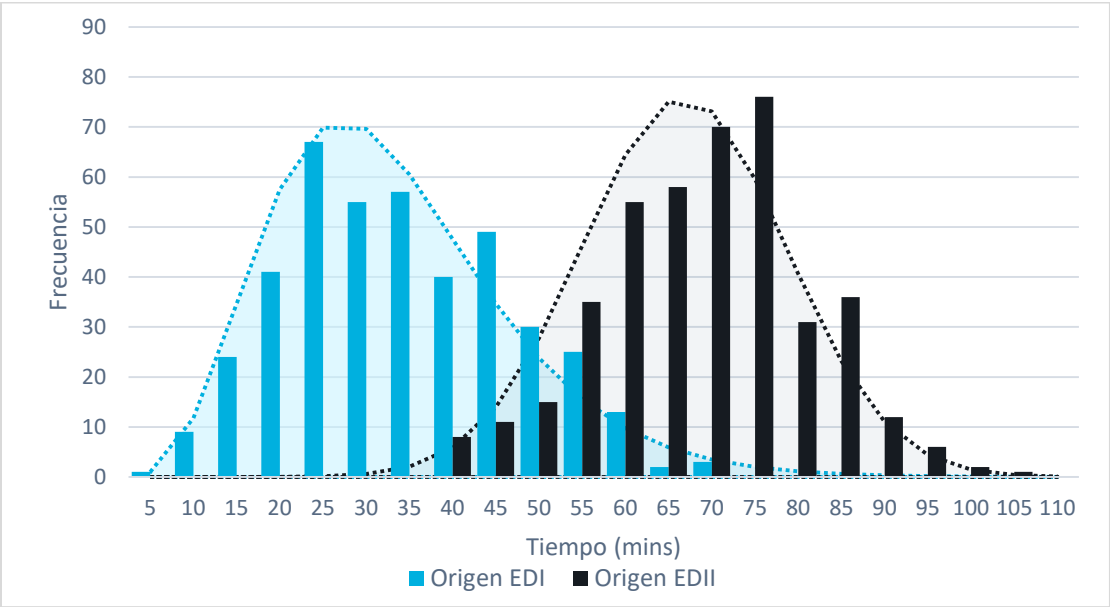
Fuente: Steer (2020).

GRÁFICA 2.6. COMPARACIÓN DE TIEMPOS DE VIAJE CON DESTINO EN EDI (IZQ.) VS. EDII (DER.) DÍA HÁBIL MEDIO DÍA



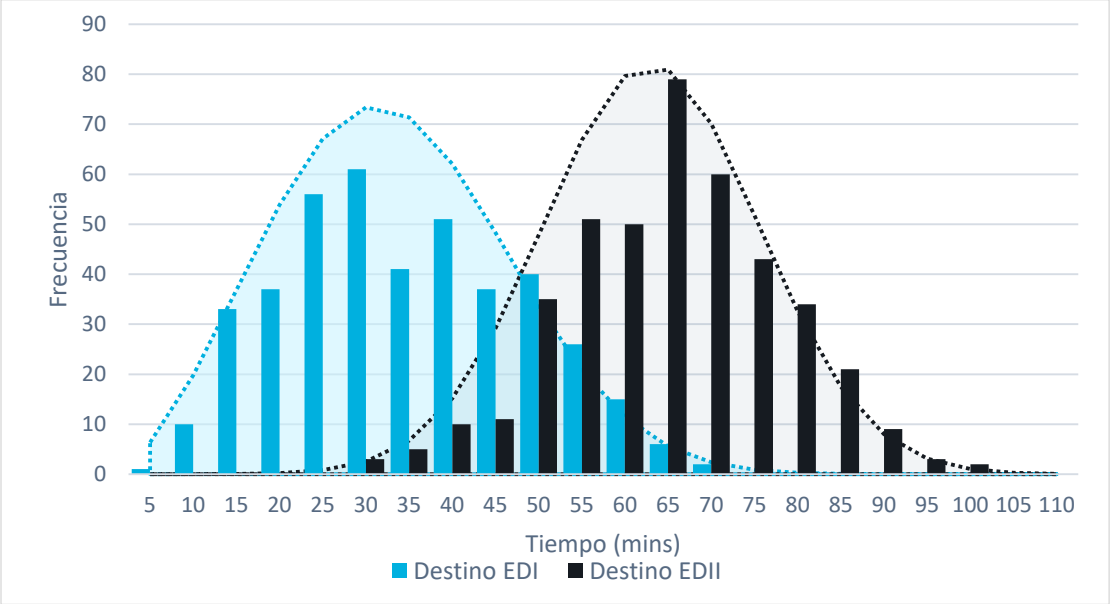
Fuente: Steer (2020).

GRÁFICA 2.7. TIEMPO PROMEDIO ORIGEN EDI VS. EDII



Fuente: Steer (2020).

GRÁFICA 2.8. TIEMPO PROMEDIO DESTINO EDI VS. EDII



Fuente: Steer (2020).

Con una confianza del 90%, una persona cuyo viaje tenga como origen EDI recorrerá 16 km en promedio y no más de 30 km para llegar a su destino. Una persona que salga de EDII con destino a Bogotá recorrerá 36 km en promedio y mínimo 26 km para llegar a su destino. Si se dirige a esta misma terminal, recorrerá 34 km en promedio y no más de 44 km. Este aumento de distancia genera mayores consumos de

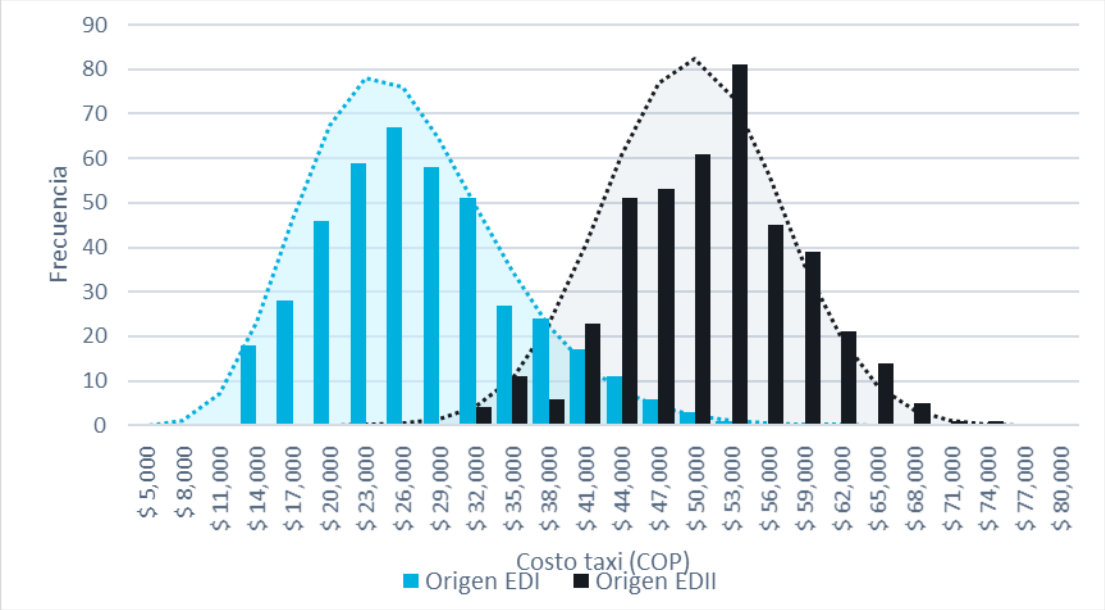
combustibles, costos de operación y emisiones contaminantes para el mismo volumen de viajes entre las dos terminales.

Las Gráficas 2.9 y 2.10 muestran las distribuciones de probabilidad de costo de taxi para origen y destino de EDI y EDII. Un usuario de taxi con origen en EDI y destino Bogotá tendrá que pagar $26,000 en promedio. Con una confianza del 90%, ninguna carrera estará por fuera de un rango de costos entre $15,000 y $41,000, tanto para los que salen como para los que llegan al aeropuerto. Una persona que salga en taxi de EDII y se desplace a Bogotá pagará $50,000 en promedio para llegar a su destino. En sentido contrario, pagará un mínimo de $35,000 y un máximo $59,000.

La comparación del desempeño de los accesos terrestres entre EDI y EDII se resume así:

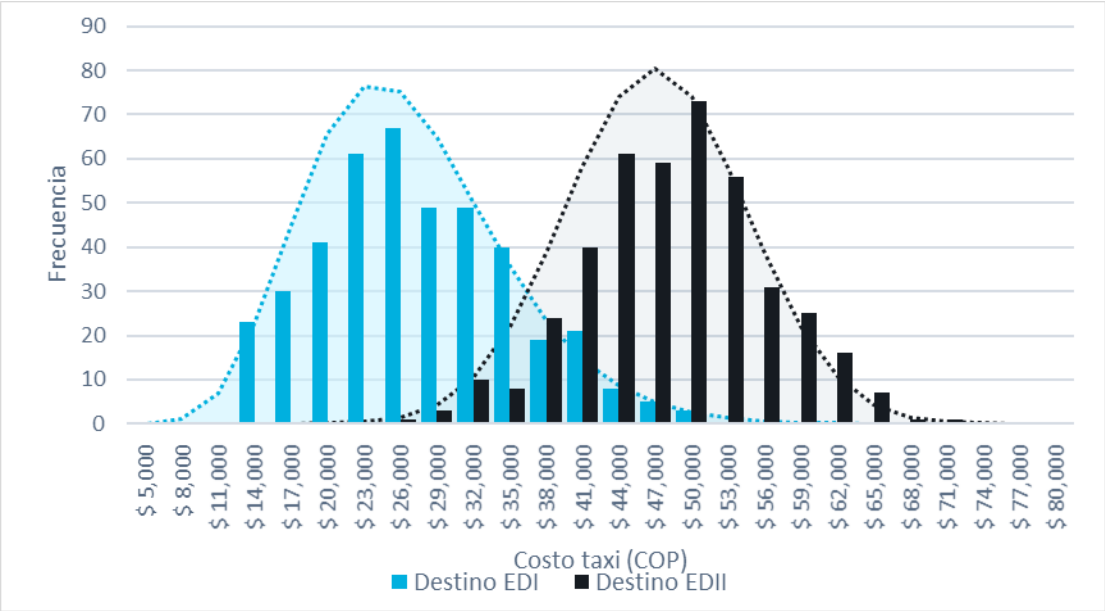
- En 2019, el costo de llegada en términos de tiempo, distancia y dinero para EDII es aproximadamente 2.5 veces mayor que para la terminal existente. Este resultado es consistente para ubicaciones aleatorias en la ciudad, así como para viajeros y trabajadores del aeropuerto.
- La accesibilidad y conectividad de EDII respecto a los principales generadores y atractores de viajes es muy baja actualmente, y presenta pocas alternativas para evitar congestión o tráfico pesado.
- La implementación de proyectos futuros como el Regiotram, la Calle 63 y el mejoramiento de la Calle 13, mejoraría las condiciones de accesibilidad y costos de acceso de EDII. Aun así, estos proyectos no implican reducciones drásticas en tiempos de viaje, accesibilidad o costos frente a los valores estimados para la situación actual.
- A pesar de presentar mayores costos generalizados de acceso, no se espera que el número de usuarios que se estima sean atraídos a EDII cambie significativamente. La apertura de EDII, proyectada según ODINSA a 2039, se dará en un horizonte de largo plazo en el cual las condiciones de transporte en Bogotá y municipios aledaños seguramente presentarán reajustes frente a las evaluadas en 2019.
- El número de pasajeros proyectados para EDII corresponde a un 10% del potencial de viajeros interesados en hacer uso del sistema de aeropuertos de Bogotá, por lo que demanda de la nueva terminal probablemente dependerá más de la operación aeronáutica que de las propias características de acceso terrestre al aeropuerto.

GRÁFICA 2.9. COSTO EN TAXI PROMEDIO ORIGEN EDI VS. EDII



Fuente: Steer (2020).

GRÁFICA 2.10. COSTO EN TAXI PROMEDIO DESTINO EDI VS. EDII



Fuente: Steer (2020).

CAPACIDAD DEL ESPACIO AÉREO

Se evaluó la interacción de las pistas de EDI entre sí, y con las propuestas para EDII. La evaluación de la operabilidad simultánea de las pistas se basó en los criterios de separación de la Organización de Aviación

Civil Internacional (ICAO), por sus siglas en inglés.[6] El análisis de capacidad de pistas se revisó usando técnicas de alto nivel, con los métodos de evaluación de la Federal Aviation Administration (FAA)[7] y con el software de Airport Capacity Model (ACM).

Se revisaron además los documentos SAB (2050) de Odinsa, Capacity Analysis of the Close by Airspace and Runway Configurations– To70 & ALG (2018) y la Publicación de Información Aeronáutica (AD 2–SKBO 1)– Aerocivil (abril 25 2019):

- SAB (2050) resume el estatus actual del Sistema Aeroportuario de Bogotá y sus opciones de desarrollo. Con respecto a EDII, el documento recomienda un aeropuerto de una sola pista paralela preferiblemente. Para el presente análisis, se consideró el EDII con dichas características. Proporciona una interpretación visual de la tercera pista propuesta para EDI (EDI-13L). Esta alternativa involucra una calle de rodaje corta y paralela, junto con una distancia de back-track (maniobra de retroceso sobre la pista) muy larga, posiblemente resultando en tiempos de back-track extensos, y en consecuencia alta ocupación de la pista.
- El documento Capacity Analysis of the Close by Airspace and Runway Configurations– To70 & ALG (2018) describe la base del análisis geométrico de la interacción entre las trayectorias de aproximación, despegue y aproximación frustrada de cada pista. De su análisis se desprende que los despegues y aproximaciones frustradas de la pista EDII-13 no están bajo control de tránsito aéreo (ATC) y por lo tanto no cumplirán la separación requerida de tres millas náuticas (3 NM) en esa situación. Por esto, las dos pistas EDI-13R y EDII-13 se consideran dependientes entre sí.

Hay cuatro modos de operación para un sistema de pistas y aeropuertos que interactúan:

- Modo 1– Aproximaciones paralelas independientes: Separación mínima de 1,310 m con radares secundarios de vigilancia (SSR) adecuados, 610 m de zona inviolable (NTZ), sistema de aterrizaje por instrumentos (ILS) y una adecuada divergencia de trayectorias de aproximación frustrada.
- Modos 2– Aproximaciones paralelas dependientes: Separación mínima de 915 m con SSR adecuados, ILS y una adecuada divergencia de trayectorias de aproximación frustrada.
- Modos 3– Salidas paralelas independientes: Separación mínima de 760 m con SSR adecuados y una adecuada divergencia de trayectorias de despegue.
- Modos 4– Operaciones paralelas segregadas: Separación mínima de 760 m con SSR adecuados, ILS y una adecuada divergencia de trayectorias de despegue y aproximación frustrada de las pistas de salida y llegada.

La Tabla 2.1 resume los modos de operación factibles en el caso de Bogotá. Este es un análisis simplificado, puesto que los manuales ICAO tienen requerimientos adicionales para cada modo, que coinciden con el análisis de To70.

[6] Documento 9643 de 2004 “Manual sobre operaciones simultáneas en pistas de vuelo por instrumentos paralelas o casi paralelas (SOIR)”.
[7] Documento AC150/5060-5 “Airport Capacity and Delay”.

TABLA 2.1. RESUMEN DE MODOS DISPONIBLES PARA INTERACCIÓN ENTRE PISTAS EDI Y EDII

Pista	EDI-13L	EDI-13C	EDI-13R	EDII-13
EDI-13L		Separación: 1,050 m Si 13L y 13R son usadas para aterrizajes, los Modos 1 y 2 no están disponibles (no hay zona de interrupción). Modo 3 disponible, pero requiere coordinación de despegues y aproximaciones frustradas con 13L.	Separación: 2,450 m Modos 1, 2 y 3 disponibles.	Separación: 5,670 m Modos 1, 2 y 3 disponibles.
EDI-13C	Separación: 1,050 m Si 13L y 13R son usadas para aterrizajes, los Modos 1 y 2 no están disponibles (no hay zona de interrupción). Modo 3 disponible.		Separación: 1,400 m Si 13L y 13R son usadas para aterrizajes, los Modos 1 y 2 no están disponibles (no hay zona de interrupción). Modo 3 disponible.	Separación: 4,620 m Modos 1, 2 y 4 disponibles en EDII. Modo 3 en conflicto por aproximación de EDI-13C, pero la separación puede ser aceptable con un análisis de seguridad.
EDI-13R	Separación: 2,450 m Modos 1, 2 y 3 disponibles.	Separación: 1,400 m Si 13L y 13R son usadas para aterrizajes, los Modos 1 y 2 no están disponibles (no hay zona de interrupción). Modo 3 disponible.		Separación: 3,220 m Modos 1, 2 y 4 disponibles en EDII. Modo 3 en conflicto por aproximación de EDI-13R.
EDII-13	Separación: 5,670 m Modos 1, 2 y 3 disponibles.	Separación: 4,620 m Modos 1, 2 y 4 disponibles en EDII. Modo 3 en conflicto por aproximación de EDI-13C, pero la separación puede ser aceptable con un análisis de seguridad.	Separación: 3,220 m Modos 1, 2 y 4 disponibles en EDII. Modo 3 en conflicto por aproximación de EDI-13R.	

Fuente: Steer (2020).

Con la ayuda del software Airport Capacity Model (ACM) de la Federal Aviation Administration (FAA), Steer analizó la tasa de operaciones para las pistas, teniendo en consideración la separación entre las mismas, su dependencia y ocupación, para 5 alternativas:

- A1: Operación de las dos pistas existentes de EDI.
- A2: Implementación de una tercera pista al Norte de EDI, junto con las pistas EDI-13R y EDI-13L operando con aproximaciones Modo 1 y despegues en Modo 3. La pista EDI-13C funciona únicamente para despegues.

- A3: EDI con dos pistas y EDII con una pista. A3 involucra la implementación de una pista de modo mixto en EDII, sin un desarrollo posterior de las pistas actuales en EDI. Esta alternativa crea un conflicto de separaciones entre la nueva pista en EDII y las aproximaciones a las pistas EDI-13C y EDI-13R, lo que restringe la capacidad de operación.
- A4. Tercera Pista de EDI y EDII con una pista. Esta alternativa combina A2 y A3. Se cuestiona la limitación aplicada a la pista EDI-13L para atender llegadas únicamente, dada la reconfiguración de salidas por instrumentos normalizadas.
- A5: EDI con dos pistas y EDII con dos pistas. Este es un desarrollo adicional de A3 con una segunda pista de vientos cruzados en EDII. A pesar de que esta opción aporta una capacidad adicional, resulta en la operación segregada en EDII. Esta situación se considera compleja e ineficiente, por lo que la alternativa 5 es descartada.

El análisis de Steer (2020) de las alternativas anteriores concluye que:

- El documento de To70 examina aproximaciones, despegues, aproximaciones frustradas e interrupciones únicamente en el espacio aéreo próximo. Asumir que el área de control terminal (TMA) más amplio "absorberá las complejidades del espacio aéreo", requiere trabajo adicional para confirmar que no haya presencia de conflictos y que se puedan implementarse Procedimientos de Aproximación por Instrumentos en EDI y EDII.
- El estudio de To70 acerca del espacio aéreo y el uso simultaneo de pistas es adecuado y suficiente, usando los estándares adecuados para el propósito de este estudio destinado a evaluar el impacto económico del proyecto.
- Los resultados del análisis de capacidad de pistas realizados por Steer son similares en la mayoría de los casos a los obtenidos por To70. Se exceptúa A3, cuya diferencia puede atribuirse a factores de restricciones operacionales desconocidas. Los resultados obtenidos indican que el mayor incremento de capacidad operativa se da por A4. Aun así, se requiere una inversión considerable para implementar EDII, por lo que A2 (tercera pista de EDI) puede representar la mejor opción en el corto y mediano plazo.
- Dados los altos costos de EDII (pista, terminales, accesos) en comparación con la tercera pista de EDI (a menos que sea especificado en el Contrato de Concesión), el escenario más viable en términos aeronáuticos es comenzar con A2 y luego pasar a A4. Es evidente que EDII restringe algunas operaciones de EDI.
- La tercera pista de EDI es atractiva, pero en vez de estructurarse como una pista de llegadas únicamente, podría considerarse como una pista de Modo mixto con una calle de rodaje paralela de longitud típica y calles de rodaje de salida rápida.

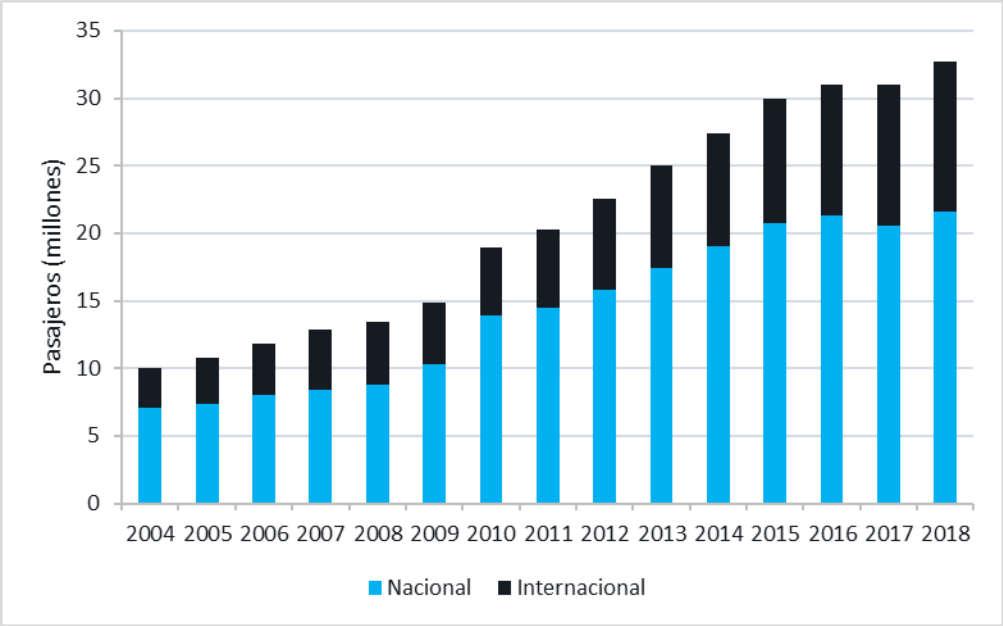
PROYECCIONES DE DEMANDA AEROPORTUARIA

Steer analizó los resultados de un estudio de demanda realizado por ALG para Odinsa para tres escenarios: i) mejoramiento de la terminal actual (EDI), ii) mejoramiento de la terminal actual y construcción de un segundo aeropuerto (un terminal y una pista más para la ciudad; EDII); y iii) la propuesta de Asociación Público-Privada (APP) de Iniciativa Privada (IP) denominada con el nombre de Sistema de Aeropuertos de Bogotá (SAB), que propone mejoras a la terminal actual y su ampliación, la construcción de una tercera pista y el desarrollo de EDII. Steer también evaluó los supuestos de las proyecciones y la metodología desarrollada.

El estudio de ALG analiza la situación global y regional con relación al crecimiento anual medio del tráfico aéreo en un periodo superior a diez años con corte a 2016. Evalúa las conexiones internacionales del aeropuerto de Bogotá y lo compara con otras terminales aéreas representativas de la región, teniendo en cuenta la presencia de las aerolíneas y los diferentes tipos de servicio que prestan. Esto permite categorizar al aeropuerto como uno de los tres más importantes de América Latina para el movimiento de pasajeros y el primero en carga movilizada.

El estudio de ALG presenta las series históricas de tráfico de pasajeros, número de operaciones aéreas, la distribución de viajes domésticos e internacionales y una síntesis de las principales aerolíneas con presencia en Bogotá. Steer efectuó una validación general de estos datos con base en la información reportada por la Aerocivil. La Gráfica 2.11 presenta la serie del tráfico de pasajeros, construida a partir de consultas propias en las bases de datos oficiales, que incluyen los datos para 2018 que no estaban incluidos en la información del estudio de ALG.

GRÁFICA 2.11. SERIE HISTÓRICA DE TRÁFICO DE PASAJEROS 2004-2018



Fuente: Steer (2020) con base en información de Aerocivil. Incluye pasajeros nacionales e internacionales en tránsito.

La Tabla 2.2 resume las consideraciones de los cinco puntos más importantes de la revisión realizada al trabajo de ALG.

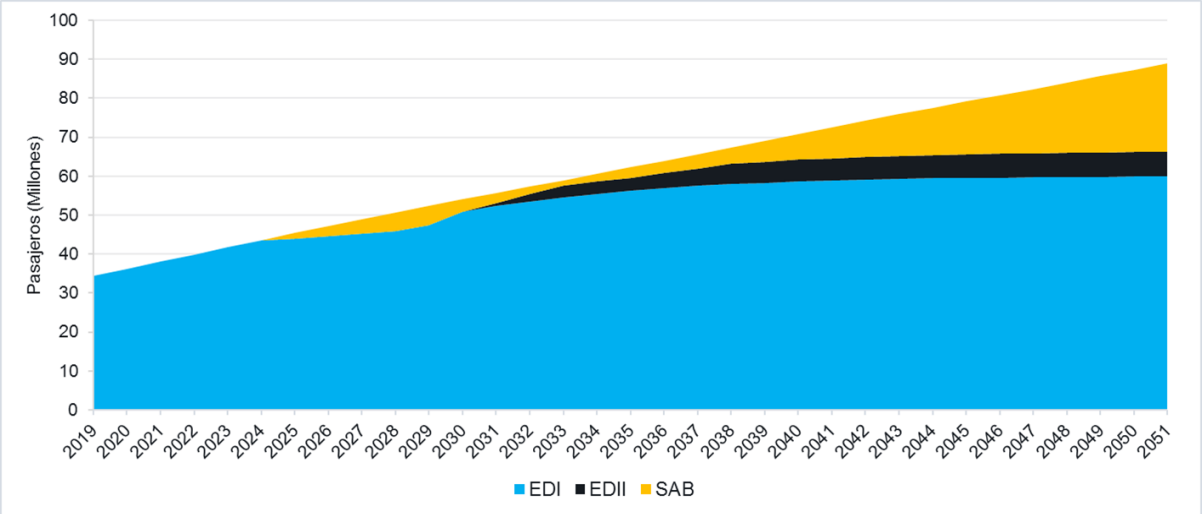
TABLA 2.2. TABLA COMPARATIVA DE LOS SUPUESTOS DE PROYECCIONES DE DEMANDA

Supuesto	ALG	Steer	Consideración
PIB Nacional	Se mantuvo constante en el tiempo en 3.2%	PIB varía a lo largo del tiempo	Mediana incertidumbre
Crecimiento económico internacional	Genera un PIB compuesto entre Colombia y ciertos países con los que existe mayor conectividad aérea	Se utiliza una combinación entre el POS y el PIB de los países con mayor conectividad aérea con el país, prioritariamente	Mediana incertidumbre
Avianca	En su momento, se proyectaba que Avianca crecería a buen ritmo	Las proyecciones tenderán a la baja en el corto plazo, mientras la aerolínea resuelve su situación financiera	Baja incertidumbre
LCC	Se consideraba un crecimiento significativo	El crecimiento ha sido estable. Aún aparecen nuevos competidores en el mercado	Baja incertidumbre
Distribución de destinos	Se mantiene la distribución de destinos		Estable

Fuente: Steer (2020).

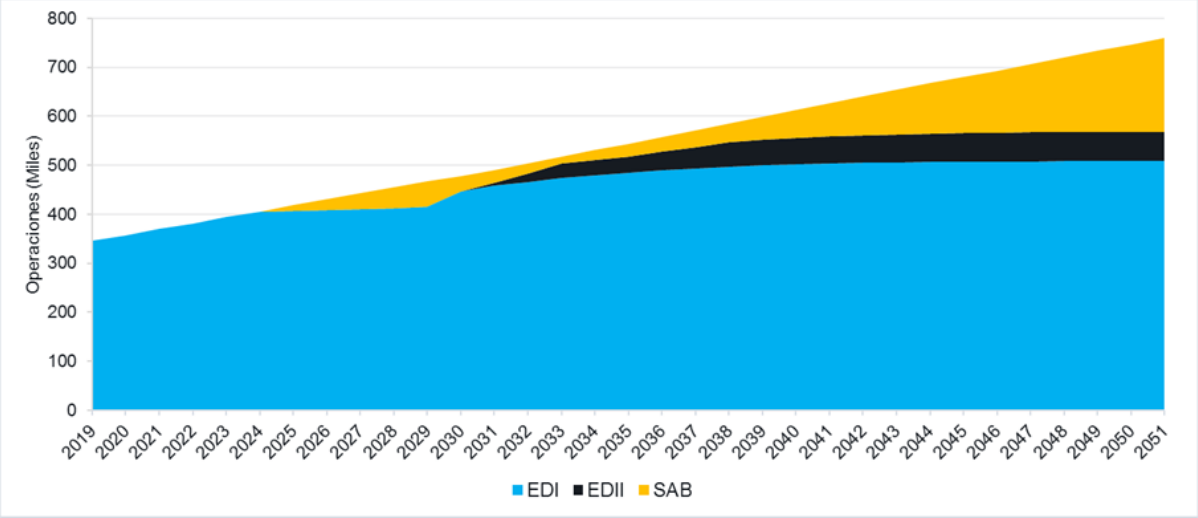
Las Gráficas 2.12 y 2.13 presentan la proyección de tráfico desarrolladas por ALG para los tres escenarios en pasajeros y operaciones por año mencionados al comienzo de la sección.

GRÁFICA 2.12. PROYECCIÓN DE PASAJEROS 2019-2051



Fuente: Steer (2020) con base en información ALG (2018).

GRÁFICA 2.13. PROYECCIÓN DE OPERACIONES 2019-2051

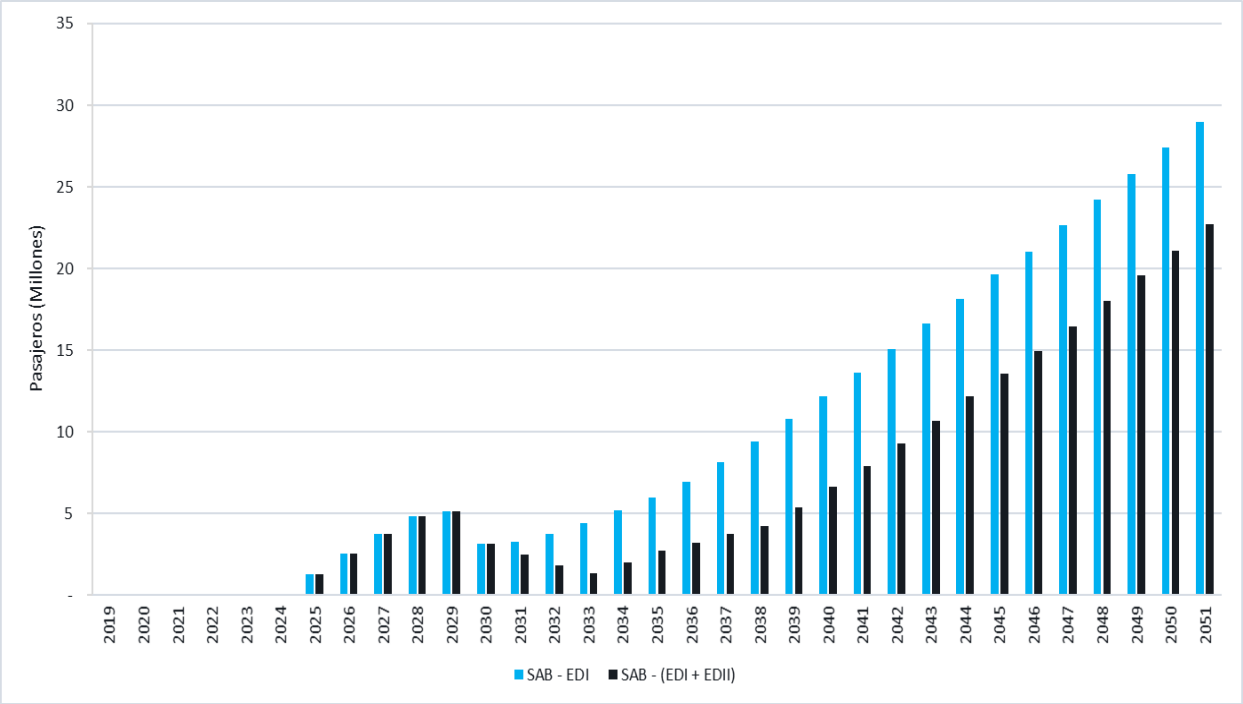


Fuente: : Steer (2020) con base en información ALG (2018).

Los resultados de las proyecciones de Steer no tuvieron cambios significativos con respecto a la estimación de tráfico y demanda de SAB realizadas por ALG, por lo que no se modifican y se utilizan como insumo para la estimación de impacto económico.

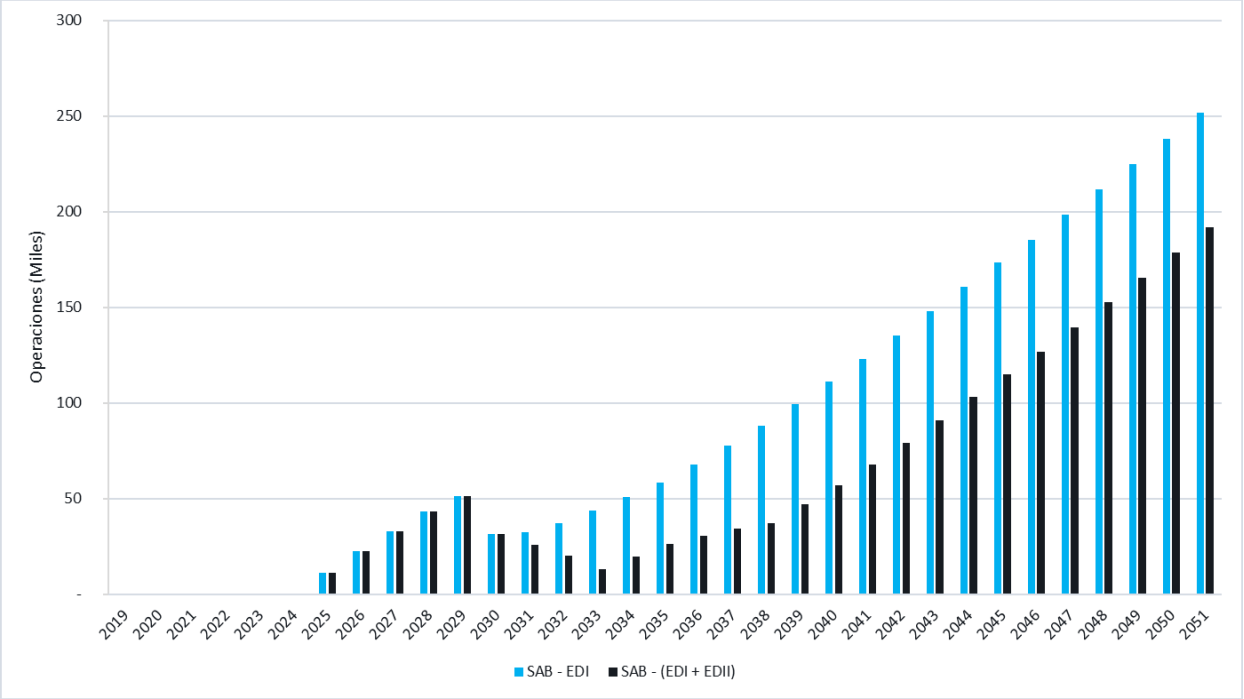
Las Gráficas 2.14 y 2.15 muestran la potencial pérdida de pasajeros y operaciones aéreas para cada escenario.

GRÁFICA 2.14. PROYECCIONES DE LAS DIFERENCIAS DE PASAJEROS ENTRE ESCENARIOS



Fuente: Análisis de Steer (2020) con base en información de ALG (2018).

GRÁFICA 2.15. PROYECCIONES DE LAS DIFERENCIAS DE OPERACIONES AÉREAS ENTRE ESCENARIOS



Fuente: Análisis de Steer (2020) con base en información de ALG (2018).

Las diferencias acumuladas en pasajeros y transacciones durante el periodo de análisis se presentan en la Tabla 2.3.

TABLA 2.3. DIFERENCIAS ACUMULADAS EN PASAJEROS Y TRANSACCIONES (2025-2051)

	SAB - EDI	SAB - (EDI + EDII)
Pasajeros	324.03 millones	220.71 millones
ATM	2.91 millones	1.91 millones

Fuente: Análisis de Steer (2020) con base en información de ALG (2018).

Para propósitos de la estimación de impacto, se usaron las siguientes estadísticas de composición de los pasajeros aéreos de Bogotá: i) las entradas al y salidas del aeropuerto están balanceadas; ii) el 34% de los viajeros en 2018 fueron internacionales; iii) 40% de los pasajeros registrados en vuelos nacionales efectivamente llegan a la ciudad, los demás realizan conexiones con otros destinos. La misma proporción se repite para el caso de vuelos internacionales. La suma de ese valor resulta en unas 35,000 personas al día que desembarcan en Bogotá (2017, 2018); iv) el número de no residentes que desembarcaron en Bogotá en 2017 fueron 2 millones de nacionales y 1.41 millones de extranjeros.

3. CÁLCULO DE MULTIPLICADORES DE IMPACTO MACROECONÓMICO DE LA OPERACIÓN AEROPORTUARIA

PROTOCOLO

Los impactos directos, indirectos e inducidos por la pérdida de viajes y operaciones en el sistema aeroportuario de Bogotá se estimarán con ayuda de los multiplicadores de una Matriz de Contabilidad Social (SAM) construida para este estudio. Los multiplicadores de PIB, salarios e impuestos se calculan con la SAM de 2015, cuyos datos se extrapolan a 2018. Para elaborar esta SAM, se utilizaron la matriz de oferta (MO), la matriz de utilización (MU) y las cuentas económicas integradas (CEI) publicadas por el DANE.

La matriz de oferta representa la formación de la oferta de cada bien en la economía y la matriz de utilización representa el uso de insumos por parte de los diferentes sectores económicos. Las cuentas económicas integradas ofrecen información acerca de la destinación de las remuneraciones factoriales entre el gobierno, los hogares, las empresas y el resto del mundo, así como información sobre los impuestos directos que pagan y las transferencias directas que se dan entre ellos.

La Tabla 3.1 muestra la estructura de la SAM en formato de actividad-producto, que contiene información sobre consumo intermedio (C1, F2), factores de producción (C1, F3), exportaciones (C7, F2) y otros impuestos indirectos (C1, F5) que provienen de la matriz de utilización. Mientras que la producción (C2, F1), los impuestos directos a la producción, el IVA y los aranceles (C2, F5) y las importaciones (C2, F7) se toman de la matriz de oferta. Finalmente, las transferencias del gobierno a los hogares (C4, F5) y la remuneración de los factores (C3, F4) entre otros, se encuentran en la matriz de cuentas económicas integradas.

TABLA 3.1. ESTRUCTURA DE LA SAM EN FORMATO DE ACTIVIDAD-PRODUCTO

SAM		Actividades C1	Mercancías C2	Factores C3	Hogares C4	Gobierno C5	Ahorro Inversión C6	Resto del Mundo C7
Actividades	F1		MO					
Mercancías	F2	MU	MO		MU	MU	MU	MU
Factores	F3	MU						
Hogares	F4			CEI				
Gobierno	F5	MU	MO		CEI			
Ahorro Inversión	F6				CEI	CEI		CEI
Resto del Mundo	F7		MO					

Fuente: elaboración propia, con base en Hernández, Ramírez y Zuur (2016).

Las matrices de oferta y utilización del DANE contemplan 61 actividades productivas. Para obtener la SAM se agrega la información en 48 actividades o sectores productivos. De estas, 5 corresponden a sectores

agropecuarios, 3 a sectores mineros, 23 al sector industrial, 3 al sector de servicios públicos domiciliarios, 2 al sector constructor, 1 al sector de comercio y los restantes 11 al sector de servicios. Esta SAM se transformó, para los fines de este trabajo, en una matriz producto-producto que permite unos cálculos más fáciles de los multiplicadores requeridos.

Los multiplicadores *por sector* se calculan de la siguiente manera.[8] Sea *E* el vector de demanda, M la matriz de coeficientes de la SAM y Z el vector de producto total. Asumiendo proporcionalidad entre entradas y salidas, el producto total se distribuye entre insumos intermedios y producción para satisfacer la demanda final:

$$Z = MZ + E$$

Si la matriz $I - M$ es invertible (donde I es la matriz identidad), un incremento ΔE de demanda final se traducirá en un aumento del producto total ΔZ de la siguiente manera:

$$\Delta Z = C\Delta E$$

$$\text{donde} \quad C = (I - M)^{-1}$$

El *multiplicador total PIB* del sector j (PM_j) se calcula, sumando por filas, el producto de C_{ij} y el cociente γ_i entre PIB y producto total:

$$PM_j = \sum_i \gamma_i C_{ij}$$

donde $\gamma_i = \frac{PIB_i}{Z_i}$ y PIB_i es el PIB del sector i.

De manera similar, los *multiplicadores de empleo total* EM_j y *de impuestos totales* TM_jdel sector j se calculan de la siguiente manera:

$$EM_j = \sum_i \eta_i C_{ij}$$

donde $\eta_i = \frac{E_i}{Z_i}$, y E_i es el empleo del sector i.

[8] El multiplicador de PIB para un sector *j* se define como el valor agregado de la producción en todos los sectores de la economía que es necesario para satisfacer el valor de 1 peso de demanda final del producto del sector *j*. El multiplicador de impuestos captura el mayor recaudo generado por el incremento de la actividad del sector *j*, y el multiplicador de salarios captura el incremento en la remuneración a los trabajadores por el incremento de actividad en el sector *j*.

$$TM_j = \sum_i \eta_i C_{ij}$$

donde $\eta_i = \frac{T_i}{Z_i}$ y T_i son los impuestos pagados por el sector i.

Durante la fase de construcción, la inversión se distribuye entre los sectores de construcción, maquinaria y equipos, servicios y otras actividades. Solamente las inversiones producidas domésticamente crean efectos multiplicadores. En este estudio NO se calculan estos multiplicadores para evitar confusiones (están del lado de los costos y no de los beneficios en la comparación de alternativas).

Los impactos básicos de la operación aeroportuaria se calculan de la siguiente manera:

$$\Delta PIB = IA \cdot PM_k$$

$$\Delta EMPLEO = IA \cdot EM_k$$

$$\Delta IMPUESTOS = IA \cdot TM_k$$

Donde IA es el valor de los ingresos aeroportuarios, calculado de la siguiente manera:

$$IA = EX \cdot FC_{ex} + IM \cdot FC_{im} + D \cdot FC_d + PI \cdot FP_{pi} + PD \cdot FP_{do}$$

Y donde FC son las tarifas equivalentes por tonelada métrica de uso de las instalaciones aeroportuarios, permitiendo la posibilidad de discriminación por origen o destino, y PI y PD son las tasas aeroportuarias internacionales y nacionales por pasajero, respectivamente.

Los impactos por incremento en las exportaciones se estiman así:

$$\Delta PIB = \sum_i \Delta EXPORT_i \cdot PM_i$$

$$\Delta EMPLEO = \sum_i \Delta EXPORT_i \cdot EM_i$$

$$\Delta IMPUESTOS = \sum_i \Delta EXPORT_i \cdot TM_i$$

Donde $\Delta EXPORT$ es el cambio en el vector de demanda final de las exportaciones. Análogamente, los impactos por incremento en las importaciones se estiman así:

$$\Delta PIB = \sum_i \Delta IMPORT_i \cdot \frac{PIB_i}{IMP_i}$$

$$\Delta EMPLEO = \sum_i \Delta IMPORT_i \cdot \frac{E_i}{IMP_i}$$

$$\Delta IMPUESTOS = \sum_i \Delta IMPORT_i \cdot \frac{T_i}{IMP_i}$$

donde IMP_i son las importaciones actuales del sector i.

El impacto del movimiento adicional de carga por vía aérea se trata con el mismo protocolo de estimación usado para los incrementos de las exportaciones (choque exógeno de demanda final).

Combinando información estadística de turismo y de tráfico aeroportuario, se estimarán dos canastas de gasto/viajero de productos domésticos en El Dorado: (i) GTRÁNSITO (vector de gasto por pasajero en tránsito dentro de las instalaciones del aeropuerto; equivale a los ingresos no-aeroportuarios); y (ii) GNORESID (vector de gasto por pasajero no-residente, incluyendo viajeros extranjeros y domésticos, que llegan por El Dorado por motivo de turismo o trabajo). Estos vectores resultan de multiplicar el número de noches promedio de pernoctación y el gasto promedio de los visitantes durante la noche.

El vector de demanda final asociado a estos dos tipos de viajeros se calcula multiplicando el vector de gastos por viajero por el número de viajeros en cada caso. El impacto por aumento de viajeros se trata con el mismo protocolo de estimación usado de las exportaciones (choque de demanda final).

MULTIPLICADORES OBTENIDOS

A continuación, se presentan los resultados de los cálculos aplicando el protocolo enunciado. La Tabla 3.2 muestra que, en exportaciones aéreas, el sector que tiene un mayor multiplicador de PIB es el de productos agrícolas (2,43), seguido del sector de prendas de vestir y textiles (2.37). Por el lado de los multiplicadores de salarios, el sector de prendas de vestir y textiles es el que tiene el mayor multiplicador de salarios (0.42), posiblemente debido a que es un sector intensivo en mano de obra.

TABLA 3.2. MULTIPLICADORES DE SECTORES EXPORTADORES POR VÍA AÉREA

Sectores SAM	PIB	Salarios	Impuestos
Otros productos agrícolas	2.4344	0.3754	0.1077
Productos de la pesca, la acuicultura y servicios relacionados	2.2014	0.2366	0.0893
Prendas de vestir y de textiles	2.3723	0.4216	0.1392
Sustancias y productos químicos	2.1758	0.3027	0.1067
Otras exportaciones	2.5473	0.3833	0.1362

Fuente: elaboración propia con base en la SAM (2015) DANE.

Los multiplicadores de los sectores importadores se estiman con la metodología de Gosh, que captura los encadenamientos hacia adelante (a diferencia de los multiplicadores hacia atrás que se usan en el resto del trabajo). Estos encadenamientos miden la capacidad de un sector para estimular a otros, por su capacidad de oferta u otra forma de servir como insumo dentro de los otros sectores (Tabla 3.3). El multiplicador de mayor impacto es el de sustancias y productos químicos.

TABLA 3.3. MULTIPLICADORES DE SECTORES IMPORTADORES POR VÍA AÉREA

Sectores SAM	PIB	Salarios	Impuestos
Maquinaria y equipo	1.7547	0.2655	0.0755
Productos de caucho y de plástico	1.6449	0.1652	0.0885
Sustancias y productos químicos	3.5807	0.3739	0.1353
Otros Importaciones	2.4321	0.3346	0.0901

Fuente: elaboración propia con base en la SAM (2015) DANE.

Los multiplicadores correspondientes a las actividades impulsadas por el *gasto de los turistas* (Tabla 3.3) muestran que el sector que tiene un mayor multiplicador del producto es el sector de servicio de trasporte terrestre (2.65), seguido por servicios de asociaciones y esparcimiento (2.64) y los servicios de alojamiento, suministro de comidas y bebidas (2.52). Por el lado de los multiplicadores de salarios, el sector de servicios de esparcimiento, culturales, deportivos (0.56) presenta el multiplicador más alto, seguido por el alojamiento y suministro de comidas y bebidas (0.32), esto se explica por ser sectores intensivos en mano de obra. Por último, los servicios de transporte terrestre presentan el mayor multiplicador de impuestos (0,22).

TABLA 3.3. MULTIPLICADORES DE LOS SECTORES DE GASTO DE LOS TURISTAS

Sectores SAM	PIB	Salarios	Impuestos
Servicios de alojamiento, suministro de comidas y bebidas	2.5260	0.3251	0.1580
Servicios de transporte terrestre	2.6505	0.1978	0.2169
Comercio	2.3544	0.2434	0.1437
Servicios de asociaciones y esparcimiento, culturales, deportivos y otros servicios de mercado	2.6433	0.5608	0.1472
Productos de caucho y de plástico	2.1040	0.2737	0.1008
Otros gastos	2.5473	0.3833	0.1362

Fuente: elaboración propia con base en la SAM (2015) DANE.

La Tabla 3.4 presenta los multiplicadores del sector de servicios de transporte aéreo, el único sector con efectos centrales durante la operación aeroportuaria.

TABLA 3.4. MULTIPLICADORES DE SECTORES CON EFECTOS CENTRALES

Sectores SAM	Fase	PIB	Salarios	Impuestos
Servicios de transporte aéreo	Operación	2.5710	0.2805	0.1961

Fuente: elaboración propia con base en la SAM (2015) DANE.

Con la información de las Tablas 3.2 a 3.4 y las proporciones de gasto por sector, se calculan los multiplicadores de las canastas asociadas a la operación aeroportuaria y turismo internacional y nacional.[9]

- Los multiplicadores por incremento en 1 unidad monetaria de gasto en *operación aeroportuaria* son:

$$\Delta PIB(operación) = \$1 \cdot 2.571 = 2.57$$

$$\Delta EMPLEO(operación) = \$1 \cdot 0.281 = 0.28$$

$$\Delta IMPUESTOS(operación) = \$1 \cdot 0.196 = 0.20$$

- Los multiplicadores por incremento en 1 unidad monetaria de gasto de los *turistas internacionales* son:

$$\Delta PIB(tur.in.) = (49\% \cdot 2.53 + 18\% \cdot 2.65 + 12\% \cdot 2.35 + 10\% \cdot 2.64 + 9\% \cdot 2.10 + 3\% \cdot 2.55) * \$1 = 2.52$$

$$\Delta EMP(tur.in.) = (49\% \cdot 0.32 + 18\% \cdot 0.20 + 12\% \cdot 0.24 + 10\% \cdot 0.56 + 9\% \cdot 0.27 + 3\% \cdot 0.38) * \$1 = 0.31$$

$$\Delta IMP(tur.in.) = (49\% \cdot 0.16 + 18\% \cdot 0.22 + 12\% \cdot 0.14 + 10\% \cdot 0.15 + 9\% \cdot 0.10 + 3\% \cdot 0.14) * \$1 = 0.12$$

- Finalmente, los multiplicadores por incremento en 1 unidad monetaria de gasto de los *turistas nacionales* son:

$$\Delta PIB(tur.na.) = (37\% \cdot 2.53 + 24\% \cdot 2.65 + 14\% \cdot 2.35 + 8\% \cdot 2.64 + 12\% \cdot 2.10 + 7\% \cdot 2.55) * \$1 = \$2.54$$

$$\Delta EMP(tur.na.) = (37\% \cdot 0.32 + 24\% \cdot 0.20 + 14\% \cdot 0.24 + 8\% \cdot 0.56 + 12\% \cdot 0.27 + 7\% \cdot 0.38) * \$1 = \$0.30$$

$$\Delta IMP(tur.na.) = (37\% \cdot 0.16 + 24\% \cdot 0.22 + 14\% \cdot 0.14 + 8\% \cdot 0.15 + 12\% \cdot 0.10 + 7\% \cdot 0.14) * \$1 = \$0.17$$

[9] El análisis de impacto económico se simplifica porque no se consideran los efectos centrales durante construcción y porque el transporte de carga de exportaciones, importaciones y carga doméstica es igual no es sensible a los escenarios.

4. ESTIMACIÓN DE IMPACTO MACROECONÓMICO Y CONCLUSIONES

ESTRATEGIA EMPÍRICA

En este capítulo se calculan las pérdidas macroeconómicas causadas por la reducción de tráfico y operaciones, que se calcula como la diferencia entre la inversión y gestión como sistema (SAB) y el resultado de mejorar independientemente el aeropuerto actual (ED1) y construir un nuevo aeropuerto con una pista (ED2). Esta diferencia corresponde al escenario diferencial denominado SAB – (EDI + EDII) en el capítulo 2.

En el caso específico del sistema aeroportuario de Bogotá, los efectos centrales considerados se originan en la reducción de los pagos por las naves y de tasas aeroportuarios al concesionario, y los efectos de segundo orden se originan por la reducción de las erogaciones en las canastas de gasto de los pasajeros de diferentes categorías.

Las principales consideraciones empíricas para la estimación de impacto son las siguientes:

- El horizonte de evaluación empieza en 2025 y finaliza en 2051.
- Las participaciones de los diferentes tipos de pasajeros para 2018 (punto de partida de las proyecciones) se presentan en la Tabla 4.1 y estas proporciones se mantienen constantes hasta el año 2051.

TABLA 4.1. PARTICIPACIONES DE PASAJEROS EL DORADO POR CATEGORÍA (2018)

	Pasajeros	Participación en el total (%)
Nacionales	**21,580,000**	**66.0**
• Tránsito	12,960,000	39.6
• Desembarcan	8,620,000	26.3
o Turistas	2,115,296	6.5
o Residentes y negocios	6,504,704	19.9
Internacionales	**11,140,000**	**34.0**
• Tránsito	6,630,000	20.3
• Desembarcan	4,510,000	13.8
o Turistas	1,378,045	4.2
o Negocios y otros	3,131,955	9.6
TOTAL	32,720,000	100.0

Fuente: Steer (2020).

- Los turistas nacionales que desembarcan en Bogotá gastan USD 42/día y pernoctan 4 noches en promedio. Los turistas internacionales que desembarcan en Bogotá gastan USD 100/día y pernoctan 5 noches en promedio (Encuesta de viajeros en Bogotá, 2018. Instituto Distrital de Turismo). Ver Tabla 4.2.

TABLA 4.2. DISTRIBUCIÓN DEL GASTO TURISTAS INTERNACIONALES Y NACIONALES

Concepto	Internacional		Nacional	
	Gasto (US)	Participación	Gasto (US)	Participación
Alojamiento	26.3	26.3%	4.704	11.2%
Alimentación	22.2	22.2%	10.668	25.4%
Transporte interno	18.2	18.2%	10.038	23.9%
Compras	11.5	11.5%	5.712	13.6%
Servicios culturales y recreacionales	9.8	9.8%	3.276	7.8%
Bienes de uso personal	8.7	8.7%	4.872	11.6%
Otros	3.3	3.3%	2.73	6.5%
Total	100	100.0%	42	100.0%

Fuente: Encuesta de viajeros de Bogotá, 2018.

- Los pasajeros nacionales e internacionales en tránsito gastan un 10% del total de gasto de los turistas nacionales e internacionales, respectivamente.
- Los residentes y pasajeros nacionales de negocios gastan un 20% del total del gasto de los turistas nacionales.
- Los pasajeros internacionales de negocios gastan un 50% del total del gasto de los turistas internacionales.
- Los multiplicadores de las canastas de gasto de los turistas internacionales y nacionales son el promedio ponderado de los multiplicadores por sector de gasto en cada caso, con los pesos de la Tabla 4.2.
- El ingreso promedio del concesionario por pasajero en 2018 fue de USD 10.87/pasajero. Este es el cociente de los ingresos totales de Opaín en 2018 (COP$ 1.03 billones,[10] que equivale a USD 355.68 millones a una tasa de cambio promedio de COP$/ USD 2,896.93 durante 2018). Este indicador se usa en todo el horizonte de cálculo.
- Los flujos monetarios se traen a valor presente (acervo de pérdidas de PIB) con una tasa de descuento del 7.76%, que corresponde al WACC real del concesionario. Por simplicidad se aplica esta tasa a todos los flujos monetarios.
- Las pérdidas se calculan para el área metropolitana de Bogotá. Esto implica dividir por 2 en los viajes totales de pasajeros que desembarcan en Bogotá (para no contabilizar doble).

PÉRDIDAS MACROECONÓMICOS DE BOGOTÁ EN EL ESCENARIO SAB – (EDI + EDII) 2025-2051

[10] Incluye ingresos regulados (tasas nacional e internacional, derechos de parqueo nacional e internacional, puentes de abordaje nacional e internacional, bomberos carnés y mostradores) e ingresos no regulados (carga, catering, combustibles, duty free, estacionamiento, F&D, financieros, hangares, línea aérea, locales comerciales, otras áreas, publicidad, servicio de plataforma, tecnología, TPA, transporte, explotación comercial, GPU).

En 2018, el área metropolitana de Bogotá tenía una población de 11 millones (22.04% del país) y un PIB de USD 104,000 millones (31.58% del país). En ese contexto, las Tabla 4.3 presenta los resultados de la evaluación de pérdidas de PIB, empleos e impuestos entre 2025 y 2051.

TABLA 4.3. PÉRDIDAS PARA EL ÁREA METROPOLITANA DE BOGOTÁ PARA EL ESCENARIO SAB – (EDI + EDII) 2025-2051

	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
Pérdidas PIB pasajeros	109,3	215,6	312,4	405,9	427,4	264,4	208,9	152,5	112,8	169,4	229,4	268,3	313,7	355,5
Pérdidas PIB operacionales	36,5	72,0	104,3	135,5	142,7	88,3	69,7	50,9	37,6	56,6	76,6	89,6	104,7	118,6
Total pérdida de PIB	145,7	287,6	416,7	541,4	570,0	352,7	278,6	203,4	150,4	226,0	306,0	357,9	418,4	474,1
Pérdida como % PIB de Bogotá	0,11%	0,20%	0,29%	0,36%	0,36%	0,22%	0,17%	0,12%	0,08%	0,12%	0,16%	0,18%	0,20%	0,22%
Pérdidas empleo	13,4	26,4	38,2	49,6	52,2	32,3	25,5	18,6	13,8	20,7	28,0	32,8	38,3	43,4
Pérdidas impuestos	5,8	11,4	16,5	21,5	22,6	14,0	11,1	8,1	6,0	9,0	12,1	14,2	16,6	18,8

	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051
Pérdidas PIB pasajeros	451,1	553,5	662,2	776,3	894,8	1017,3	1135,6	1248,8	1377,3	1506,6	1636,9	1767,2	1900,8
Pérdidas PIB operacionales	150,6	184,7	221,0	259,1	298,7	339,6	379,0	416,8	459,7	502,9	546,4	589,8	634,4
Total pérdida de PIB	601,6	738,2	883,2	1035,5	1193,5	1356,9	1514,7	1665,6	1837,0	2009,5	2183,3	2357,0	2535,2
Pérdida como % PIB de Bogotá	0,27%	0,32%	0,37%	0,42%	0,46%	0,51%	0,55%	0,58%	0,62%	0,65%	0,69%	0,71%	0,74%
Pérdidas empleo	55,1	67,6	80,9	94,9	109,4	124,3	138,8	152,6	168,3	184,1	200,1	216,0	232,3
Pérdidas impuestos	23,9	29,3	35,1	41,1	47,4	53,9	60,1	66,1	72,9	79,8	86,7	93,6	100,7

Fuente: elaboración propia.

Las Tablas 4.4, y 4.5 presentan los acervos de PIB que pierde Bogotá, de empleo que pierde Bogotá, y de impuestos que se dejan de recaudar en Bogotá, respectivamente, y un análisis sencillo de sensibilidad (que captura de manera gruesa un aumento de atractividad turística de la ciudad y del gasto de los viajeros).

TABLA 4.4. ACERVO DE PIB QUE PIERDE BOGOTÁ

EN EL ESCENARIO SAB – (EDI - EDII) ENTRE 2025-2051

	US$ millones	Sensibilidad: 20% de mayores ingresos (US$ millones)
Valor presente de las pérdidas de PIB por reducción del gasto de los pasajeros *nacionales*	832	999
Valor presente de las pérdidas de PIB por reducción del gasto de los pasajeros *internacionales*	2,348	2,818
Valor presente de las pérdidas de PIB por reducción de *ingresos aeronáuticos*	1,062	1,274
Acervo total de PIB que se pierde	**4,243**	**5,091**

Fuente: elaboración propia.

TABLA 4.5. ACERVO DE EMPLEO QUE PIERDE BOGOTÁ Y DE IMPUESTOS QUE SE DEJAN DE RECAUDAR

EN EL ESCENARIO SAB – (EDI - EDII) ENTRE 2025-2051

	US$ millones	Sensibilidad: 20% de mayores ingresos (US$ millones)
Valor presente de las pérdidas de *empleo*	504	605
Valor presente de las pérdidas de *impuestos*	251	301

Fuente: elaboración propia.

Las pérdidas anuales de PIB en Bogotá en 2025 son USD 146.7 millones (0.11% del PIB de la ciudad), crecen muy rápidamente a USD 570 (0.36% del PIB de la ciudad) en 2029, se reducen por una década, y luego crecen muy rápidamente en la última década de evaluación, alcanzando el valor de USD 2,535.2 millones (0.74% del PIB de Bogotá en 2051).

El efecto de la tasa de descuento no alcanza a reflejar la magnitud de las pérdidas después de 2040. Como se acaba de mencionar, solamente en el año 2051, las pérdidas de PIB de Bogotá ascenderían a USD 2,535 millones (0.74% del PIB de Bogotá en ese año). El valor presente de las pérdidas para Bogotá sería de USD 8,672 millones entre 2047 y 2051, y de USD 11,186 millones entre 2040 y 2051.

Estos montos no incluyen el costo de la pérdida de competitividad de Bogotá frente a Ciudad de México, Panamá, Quito y Lima, ni la pérdida de competitividad del país por la congestión del *hub* aeroportuario de

Bogotá, ni el aumento de los costos generalizados de transporte de pasajeros del aeropuerto o de contaminación del aire que vendrían por la entrada prematura de EDII.

CONCLUSIONES

Para capturar el valor económico que surge de atender toda la demanda aeronáutica futura y evitar los perjuicios de congestión del *hub* de Bogotá, se recomienda acelerar la solución socialmente óptima para la ciudad. No es suficiente con construir primero la tercera pista de EDI y luego construir EDII por parte de firmas o consorcios independientes. La alternativa SAB resuelve *tres problemas de coordinación* que no se pueden enfrentar con concesiones separadas:

- Secuencia de las inversiones. La tercera pista de EDI debe entrar primero por sus menores costos de inversión (área disponible para expandir y naturaleza incremental de la inversión), fecha de entrada, capacidad de atención de la demanda y menores costos y tiempo de acceso y salida de pasajeros.

- Inversión como sistema. Bajo una única sombrilla de gestión e incentivos, se invertirá primero en la tercera pista de EDI, luego en EDII y, durante todo el período de concesión, en inversiones incrementales y selectivas que remueven los cuellos de botella *del sistema de aeropuertos*. Las decisiones independientes se realizarían en un contexto de competencia, con el riesgo profundizar la interferencia aeronáutica y duplicar inversiones innecesarias.

- Gestión como sistema. Si los dos aeropuertos se gestionan comercialmente de manera independiente, las aerolíneas comerciales no aceptarán voluntariamente su traslado a EDII ni la segregación de sus operaciones. La promoción simultánea e independiente de las inversiones en la tercera pista y EDII aumenta los riesgos y costos de estructuración financiera de ambas inversiones, que entrarían en competencia. La gestión integrada puede aumentar el valor de EDII, con operaciones *complementarias* (no sustitutivas) a EDI en tres atributos: *slots*, ofertas diferenciadas y tamaño de aviones. Sin gestión integrada, aparece el riesgo regulatorio de forzar la competitividad de EDII, se aumentan los tiempos y costos de las conexiones y por tanto se deteriora la calidad de Bogotá como *hub* aeronáutico del país.

*

Apéndice. Análisis del sistema aeroportuario de Bogotá (Steer)

Archivo separado.

REFERENCIAS

Agénor, P. R. 2013. *Public Capital, Growth and Welfare*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Breisinger, C., M. Thomas y J. Thurlow. 2010. *Social Accounting Matrices and Multiplier Analysis: An Introduction with Exercises*. International Food Policy Research Institute (IFPRI). Disponible en: https://core.ac.uk/download/pdf/6237658.pdf

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

Cohen, J. P. y C. C. Coughlin. 2003. "Congestion at Airports: The Economics of Airport Expansion." The Federal Reserve Bank of St. Louis. May-June. Disponible en:

http://www.aerohabitat.eu/uploads/media/21-05-2009_-_Congestion_at_Airports_-_Cohen_Coughlin.pdf

Florida, R. C. 2018. How airports drive economic growth. Disponiible en:

https://www.thestar.com/opinion/contributors/2018/04/20/how-airports-drive-economic-growth.html

Florida, R., C. Mellander, C. y T. Holgersson. 2015. "Up in the air: The role of airports for regional economic development." *The annals of regional science* 54: 197-214. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1007/s00168-014-0651-z

Hernández, G., J. M. Ramírez y A. Zuur. 2016. Una Matriz de Contabilidad Social para el sector rural colombiano. Disponible en:

https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/3322

IFC. 2017. *Reviewed Manual of Impact Evaluation for Transport Infrastructure and Electricity Projects Financed by the IFC*. Washington, D.C.

Kasarda, J. K. y G. Linsday. 2012. *Aerotropolis: The Way We'll Live Next*. New York, NY: Farrar, Straus and Giroux.

Steer. 2020. Análisis del Sistema aeroportuaria de Bogotá. Apéndice.



Fedesarrollo
Calle 78 # 9 - 91, Bogotá, Colombia.
Teléfono: (571) 3259777
@Fedesarrollo