

## PROPUESTA DE UN MODELO FINANCIERO PARA LA EVALUACIÓN DE LA INVERSIÓN EN UN AEROPUERTO BAJO ASOCIACIÓN PÚBLICO-PRIVADA

### PROPOSAL OF A FINANCIAL MODEL FOR THE EVALUATION OF INVESTMENT IN AN AIRPORT ON PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP

**Juan David González-Ruiz,**  
**Ph.D(c).**

*Institución Universitaria Esumer  
Medellín, Colombia  
jdgonzalez@esumer.edu.co*

**Sebastián Echeverri-  
Gaviria, Ing.**

*Universidad Nacional de Colombia  
Medellín, Colombia  
seecheverriga@unal.edu.co*

**Diego Alejandro Ospina-  
Rendón, Ing.**

*Universidad Nacional de Colombia  
Medellín, Colombia  
diaospinare@unal.edu.co*

(Recibido el 01-11-2013. Aprobado el 20-12-2013)

**Resumen.** La administración de un aeropuerto implica cierto nivel de complejidad, para lo cual los Estados hacen uso de alianzas público-privadas para delegar esta responsabilidad a entidades concesionarias especializadas. En este trabajo se propone, desde la academia, un modelo financiero para evaluar la inversión en un proyecto aeroportuario concesionado. Con la información de entrada se calcula el Estado de Resultados y el Flujo de Caja Libre utilizando simulaciones determinísticas y estocásticas; se elabora también un análisis de sensibilidad y finalmente se presentan los criterios de evaluación de proyectos: valor presente neto y tasa interna de retorno, para apoyar la decisión de inversión por parte del analista.

**Palabras clave:** Concesión Aeroportuaria, Asociación Público-Privada, Simulación Financiera, Criterios de Evaluación de Proyectos.

**Abstract.** Managing an airport involves a certain level of complexity, for this reason, states implement Public Private Partnerships Projects to delegate this responsibility to specialized concession operators. This paper proposes, from the academic area, a financial model to assess the advantage of investing or not in an airport concession project. With the requested input information, the Profit and Loss Statement and Free Cash Flow are calculated in two different ways: deterministic and stochastic; sensitivity analysis is also exercised and finally two project evaluation criteria are presented: net present value and internal rate return with the purpose to support the investment decision by the decision maker.

**Keywords:** Airport Concession, Public-Private Partnership, Financial Simulation, Project Evaluation Criteria.

## 1. INTRODUCCIÓN

El sector aeroportuario constituye un eje de desarrollo para las naciones, por medio de este se realiza intercambio de mercancías favoreciendo el comercio, también genera tráfico de pasajeros y, por tanto, progreso para las áreas y ciudades donde están ubicados. Un país debe satisfacer la implementación de proyectos de infraestructura básica, pero debido a condiciones estructurales del Estado, no puede especializarse en optimizar el funcionamiento de algunos sectores específicos y delega las responsabilidades en inversionistas privados, siendo el caso del sector aeroportuario. Para cumplir con este desafío, los gobiernos han optado por la implementación de asociación entre el sector público y privado, otorgando temporalmente la responsabilidad de la administración y gestión de los aeropuertos al sector privado, en beneficio tanto la entidad pública concesionante como la entidad concesionaria. Con el objetivo de evaluar financieramente los resultados de una concesión aeroportuaria, se desarrolló el presente trabajo académico, para lo cual se elaboró una revisión de literatura relacionada con alianzas público-privadas, concesiones aeroportuarias y su evolución en los últimos años en Colombia, proponiendo así un modelo financiero basado en las siguientes variables de entrada clave (inputs): tasa de crecimiento de aterrizajes y despegues, tasa de crecimiento de ingresos aeroportuarios y no aeroportuarios no comerciales, tasa de crecimiento de tasa de aumento de arrendamiento, ingresos promedio por m<sup>2</sup>, tasa de crecimiento de costos de administración, tasa de crecimiento de los costos de operación y manutención, construcción y adecuación de zonas de comercio. A partir de las variables mencionadas y otros datos de entrada relativos a inversiones iniciales, el modelo propuesto está en capacidad de calcular el Estado de Resultados y el Flujo de Caja Libre del proyecto, considerando además, la posibilidad de tener inversiones en otros momentos diferentes al periodo inicial de evaluación. Con esta información, el modelo puede ejecutarse en dos formas: determinística (parámetros fijos) y estocásticamente (variables con distribuciones de probabilidad) mediante simulación Monte Carlo. Se propone, además, un análisis de sensibilidad para detectar las variables de mayor impacto en los resultados financieros, donde debe procurarse mayor control y vigilancia. Finalmente, se generan dos resultados de evaluación del proyecto de inversión bajo los criterios de Valor Presente Neto (VPN) y Tasa Interna de Retorno del Proyecto (TIR). La idea fundamental es brindar una herramienta de

análisis para apoyar la decisión de inversión en un aeropuerto bajo asociación público-privada.

## 2. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

### 2.1. Asociaciones Público-Privadas y Concesiones

Las Asociaciones Público-Privadas (en adelante: APP) son modalidades de participación de la inversión privada donde se incorpora experiencia, conocimientos, equipos, tecnología y se distribuyen los riesgos a la parte que los controle a menor costo, con el objeto de crear, desarrollar, mejorar, operar o mantener infraestructura pública o proveer servicios públicos [1]. Como lo expone [2], en la Figura 1, se observan las diferentes relaciones entre los participantes en una APP.

Más ampliamente, un contrato de concesión es un acto administrativo por el cual el Estado otorga a personas jurídicas nacionales o extranjeras la ejecución y explotación de determinadas obras públicas de infraestructura o la prestación de determinados servicios públicos por un plazo establecido [3], [4]. Mediante la concesión, el Estado logra prestar un servicio eficaz, a la vez que obtiene un beneficio económico, teniendo en cuenta que no tiene la estructura para prestar servicios de toda índole a la población [5], [6], lo cual repercute en beneficios para la comunidad, el Estado y el concesionario.

De acuerdo con [7], existen diferentes modalidades para otorgar concesiones según la forma de financiación: concesión con suficiencia de ingresos, se estiman ingresos suficientes, el concesionario moviliza la banca de inversión eximiendo al Estado del esfuerzo financiero; concesión con insuficiencia de ingresos, se financia con dos fuentes: el concesionario con recursos propios por medio de la emisión de títulos de participación con la asesoría de la banca de inversión y el Estado por medio del presupuesto nacional; y la concesión sin ingresos, el Estado se responsabiliza del total de la inversión y de pagar al concesionario los costos de operación y mantenimiento.

En la Figura 2 se muestra el ranking de los países latinoamericanos según la capacidad para desarrollar e implementar APP en sectores de transporte, agua y electricidad [8].

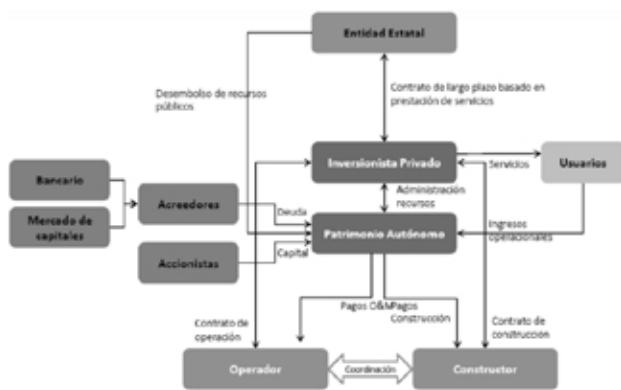


Figura 1. Dinámica de las APP

### 2.1.1. Obligaciones del concesionario

Según la normatividad expuesta en [5], la entidad concesionaria está sujeta a las siguientes obligaciones: administrar, operar y explotar económicamente el área concesionada del aeropuerto por un periodo determinado; realizar todas las gestiones de carácter técnico y operativo, con el fin de garantizar el funcionamiento del área concesionada del aeropuerto; mantener los niveles de seguridad, servicio y calidad estipulados en el contrato; ampliar el área concesionada del aeropuerto; recaudar los ingresos generados; mantener los equipos y maquinaria requerida de acuerdo los niveles de calidad, eficiencia y servicio citados en el contrato; ejecutar un plan de mantenimiento y mejoras, un plan de operación y un plan de manejo ambiental del área concesionada; colaborar con las autoridades nacionales en el control de la seguridad aeroportuaria, sin perjuicio que ellas ejerzan sus funciones; contratar una compañía de seguridad privada para la vigilancia aeroportuaria; velar por el cumplimiento de las normas aduaneras, cambiarias, penales, policivas, tributarias y, en general, de cualquier norma, ley o reglamento que resulte aplicable; entregar a la Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil (en adelante: Aerocivil), la información operativa y de mercadeo requerida en el contrato.

### 2.1.2. Tipos de ingresos para un concesionario aeroportuario

Existen dos tipos de ingresos: regulados y no regulados. Los primeros resultan de la aplicación de la tarifa regulada por la autoridad aeronáutica, por ejemplo, el número o cantidad de operaciones o pasajeros u otras unidades, según sea el caso; se

OVERALL SCORE			
Rank	2012 change	Score	2012 change
1	-	Chile	76,4 (-3,0)
2	-	Brazil	71,3 (-0,6)
3	-	Peru	69,6 (+1,5)
4	-	Mexico	63,8 (+5,7)
5	-	Colombia	59,5 (+4,2)
6	(+2)	Uruguay	49,5 (+14,7)
7	(-1)	Guatemala	43,2 (+2,3)
8	(+1)	Costa Rica	38,8 (+6,2)
9	(+2)	El Salvador	38,2 (+7,5)
10	-	Trin. & Tobago	34,3 (+2,1)
11	(-4)	Panama	34,0 (-2,4)
12	(+3)	Honduras	33,7 (+9,5)
13	-	Jamaica	30,2 (+3,6)
14	-	Paraguay	28,9 (+4,2)
15	(+1)	Dominican Rep	25,7 (+1,7)
16	(+1)	Nicaragua	20,4 (+3,3)
17	(+1)	Ecuador	19,9 (+7,5)
18	(-6)	Argentina	17,5 (-12,8)
19	-	Venezuela	5,1 (-0,2)

Figura 2. Ranking de adopción de APP para el desarrollo de infraestructura [8]

derivan de la tasa aeroportuaria para vuelos con destino nacional e internacional, derechos para el uso de la pista y la rampa, uso de puentes de abordaje nacional e internacional y cargo por parqueo. La tasa aeroportuaria es el tributo que el usuario debe pagar por la utilización del servicio. Los derechos de pista son aquellos que se pagan por el uso del área rectangular definida en un aeródromo terrestre, destinada y preparada para el aterrizaje y el despegue de las aeronaves. Los derechos de rampa, son aquellos que se pagan por el uso del área destinada para embarque o desembarque de pasajeros, correo, carga, abastecimiento de combustible, establecimiento y mantenimiento. Los derechos de puente de abordaje son los que se pagan por el uso de la zona del aeropuerto, donde los pasajeros realizan el trayecto de embarque y desembarque, entre la aeronave y el muelle. Y el cargo por parqueo es aquel que debe pagar el usuario por el tiempo que la aeronave permanezca estacionada en el aeródromo [5], [7].

Por otra parte, los segundos reflejan la explotación de las actividades no reguladas de acuerdo con lo previsto en el contrato; estos pueden ser aeronáuticos y no aeronáuticos. En los aeronáuticos, el concesionario debe ofrecer, directa o indirectamente por

medio de terceros asistencia en plataforma a la aeronave, al equipaje, la carga y los pasajeros. Algunos deben ser prestados de manera obligatoria y otros son facultativos para el concesionario. Los primeros son los destinados a la asistencia administrativa en tierra; asistencia a pasajeros, equipaje, carga y correos; asistencia de operaciones a las aeronaves en tierra; limpieza y servicios de la aeronave; mantenimiento en línea; operaciones de vuelo y servicios de apoyo a la tripulación; ingreso a plataforma para traslado de valores; asistencia a pasajeros en tránsito; suministro de combustibles y lubricantes a aeronaves, hangares, talleres, depósitos, garajes y otros locales de estacionamiento técnico, locales para el estacionamiento y almacenamiento para servicios en plataforma, terrenos arrendados a explotadores de aeronaves para diversos fines; servicio para limpieza de plataforma de derrame de combustibles y lubricantes; servicios de suministro de alimentos y bebidas a las aeronaves y cintas transportadoras de equipajes. Los servicios no aeronáuticos son aquellos que el concesionario deberá ofrecer, directa o indirectamente por medio de terceros, en el terminal de pasajeros y en sus áreas no aeronáuticas aledañas; estos pueden ser no comerciales o comerciales. Los servicios no aeronáuticos que no representan ingresos son los relacionados con áreas destinadas a servicios de migración, aduana, policía y seguridad; áreas destinadas a organismos gubernamentales de impuestos, para el control de sustancias ilícitas y otros servicios esenciales para el funcionamiento del aeropuerto. Así mismo, existen unos servicios no aeronáuticos de tipo comercial, los cuales son clasificados en obligatorios o facultativos, según el caso. Los servicios no aeronáuticos comerciales obligatorios son los servicios de alimentos y bebidas, servicios de telecomunicaciones, estacionamientos públicos para vehículos en general, servicios de transporte de equipaje dentro del terminal, mostradores para documentación de pasajeros, oficinas de apoyo a compañías aéreas, almacenes de venta libres de impuestos, servicios de gestión del terminal de carga, y los servicios de transporte público y sus áreas de estacionamiento. Y los servicios no aeronáuticos comerciales facultativos son los servicios de ámbito financiero, publicidad y comercial, servicios de custodia, sellado y embalaje de equipaje, servicios a pasajeros de primera clase y ejecutivos, estacionamiento para vehículos en arriendo, estacionamiento para custodia de vehículos, oficinas en general y otras áreas comerciales [5], [9], [10], [11].

## **2.2. Antecedentes de las concesiones aeroportuarias**

En el siglo XX en Asia, Europa y Latinoamérica se presentaron varios cambios a la actividad aérea; creando administraciones directas, entidades autónomas, e incluso, realizando privatizaciones [12]; las cuales surgieron como consecuencia de las dificultades para construir y financiar aeropuertos y de que el Estado tiene otros servicios sociales básicos que son prioritarios y dificultan el desarrollo de inversiones necesarias para cubrir los costos de infraestructura aeronáutica [5]. Por otra parte, los aeropuertos son mercados sólidos originados principalmente de monopolios, los cuales generan altos ingresos y poseen alto potencial de desarrollo, por tanto, la privatización logra una administración más eficaz [12]. En Estados Unidos, los aeropuertos son propiedad federal o de las ciudades y su administración se basa en una organización pública especial según acuerdos que regulan todos los aspectos relacionados, razón por la cual la privatización no es el modelo más frecuente [13].

En los países en vía de desarrollo, los gobiernos permiten la ejecución de nuevas inversiones por medio de la participación del sector privado, transfiriéndole las responsabilidades de construcción, explotación, ampliación y mejoras en las instalaciones del aeropuerto, por medio de un contrato de concesión [14].

## **2.3. Marco legal y características de los aeropuertos en Colombia**

Siendo el primer País de la región donde se iniciaron los procesos de privatización aeroportuaria, los 5 aeropuertos principales se encuentran en concesión: Bogotá, Cartagena, Barranquilla, Cali y Medellín. Es el cuarto País de la región en tráfico internacional después de México, Brasil y Argentina. A partir de la Constitución Política de 1991, se facilitó la participación privada en proyectos que normalmente estaban bajo responsabilidad del Estado, donde la prestación de servicios públicos y la construcción de obras de infraestructura pasaron por una etapa de reordenamiento. El gobierno colombiano comenzó el proceso de privatización de aeropuertos por medio de la Aerocivil, como entidad encargada de regular y operar los aeropuertos en Colombia [15]. La Ley 105 de 1993 estableció el proceso de descentralización aeroportuaria según el Decreto 1647 de 1994, autorizando a la Aerocivil para llevar a cabo procesos de financiamiento y participación de la actividad de los aeropuertos [5].

Posteriormente, en 1994 el Consejo Nacional de Política Económica y Social (Conpes), expidió el documento 2727 para reordenar la estructura aeroportuaria a la demanda creciente, con la eliminación de restricciones en las rutas y frecuencias de vuelo, condiciones que favorecieron la competencia y la entrada de nuevas aerolíneas al País.

La Ley 1508 de 2012 establece el marco de referencia para el desarrollo de infraestructura por medio de APP, indicando los requisitos y condiciones para la presentación de propuestas de iniciativas públicas o privadas, en busca de distribuir los riesgos e incentivar la participación del sector privado en proyectos de infraestructura; además, establece que el Estado no pagará anticipos, estos estarán condicionados al cumplimiento del servicio y limita las adiciones de recursos públicos al 20% del contrato, así como el plazo máximo de una APP en 30 años, solo con excepción de conceptos favorables según Conpes [2], [16].

El Estado se reservó la prestación de los servicios de protección de vuelo, la supervisión y cumplimiento de los contratos respectivos y además el derecho de fijar las tasas y derechos aeroportuarios. De acuerdo con [17] el proyecto de privatización colombiano se realizó bajo un proceso paulatino, en tres etapas, reservándose para la cuarta etapa la concesión de los aeropuertos de Cali, Medellín, San Andrés y Bucaramanga [18].

En Colombia, según la legislación [19], [20], los aeropuertos pueden clasificarse de acuerdo con tres criterios:

Comercial, regional o el volumen de tráfico:

- Aeropuertos comerciales: operan aerolíneas comerciales y se clasifican en: Nivel A (más de 300 mil pasajeros por año), B (entre 50 mil y 300 mil pasajeros por año) y C (menos de 50 mil pasajeros por año).
- Aeropuertos regionales: proporcionan acceso a zonas remotas, con baja frecuencia de operaciones comerciales
- Aeropuertos de aviación general y otros: dedicados a la aviación general y otros usos privados.

**Tabla 1. Clasificación de los principales aeropuertos de Colombia según el tráfico y destinos**

Nombre del aeropuerto	Ciudad	Tipo	Concesionario
El Dorado*	Santa Fe de Bogotá	A	OPAIN S.A.
Alfonso Bonilla Aragón*	Cali	A	AEROCALI S.A.
José María Córdova*	Rionegro	A	AIRPLAN
Rafael Núñez*	Cartagena	A	SACSA S.A.
Gustavo Rojas *	San Andrés	A	CASYP S.A.
Ernesto Cortissoz*	Barranquilla	A	ACSA S.A.
Palonegro*	Bucaramanga	B	KAC
Simón Bolívar*	Santa Marta	B	KAC
Enrique Olaya Herrera	Medellín		AIRPLAN
Camilo Daza*	Cúcuta	B	KAC
El Yopal	El Yopal	B	
Los Garzones	Montería	B	AIRPLAN
Vanguardia	Villavicencio	B	
Antonio Nariño	Pasto	B	
Benito Salas	Neiva	B	
La Morela	Puerto Berrio	B	
El Edén	Armenia	B	
El Caraño	Quibdó	B	AIRPLAN
Antonio Roldán	Carepa		AIRPLAN
Las Brujas	Corozal		AIRPLAN
Alfonso López	Valledupar	C	KAC
Yariguíez	Barrancabermeja	C	KAC
El Embrujo	Providencia	C	CASYP S.A.
Almirante Padilla	Riohacha	C	KAC

\* Aeropuerto internacional

Según las operaciones de vuelos:

- Aeropuerto nacional: destinado para el tráfico aéreo nacional.
- Aeropuerto internacional: destinado para el tráfico aéreo internacional; además, se llevan a cabo trámites de aduana, inmigración o emigración, sanidad pública, reglamentación veterinaria y fitosanitario y procesamientos similares.

Según el tipo de servicio prestado:

- Aeródromo militar y aeródromo civil, los cuales pueden ser públicos o privados.

En la Tabla 1 se muestra la clasificación de los principales aeropuertos de Colombia.

A pesar de los beneficios expuestos anteriormente asociados a las APP para la administración de los aeropuertos, para algunos críticos [21] los esfuerzos de expansión y modernización en los aeropuertos pueden no ser suficientes. A pesar que la incorporación del sector privado al desarrollo y gestión son positivos, aún faltan retos por superar; en varios aeropuertos latinoamericanos la capacidad de la infraestructura de servicios para pasajeros y aeronaves está sobrepasada. Por otra parte, los cobros y tarifas aeroportuarias restan competitividad a las aerolíneas.

#### **2.4. Paralelo concesionario entre países latinoamericanos**

Ciudades capitales de Latinoamérica como Bogotá, Brasilia, Santiago, Quito, entre otras, fueron las primeras en adjudicar aeropuertos en concesión al sector privado. Este modelo de negocio permite mejorar la infraestructura, incrementar el tráfico de pasajeros y ofrecer mejores servicios a los usuarios. Un factor determinante en la evolución aeroportuaria es el crecimiento acelerado de la demanda de transporte aéreo, tendencia que se pronostica, continuaría con aumentos anuales del 7% hasta el año 2030 [21]. A continuación se mencionan algunos países en particular.

##### *2.4.1. Perú*

Parte de la administración aeroportuaria se encuentra a cargo de la Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial (CORPAC); actualmente es responsable de 4 aeropuertos internacionales, 8 nacionales y 23 aeródromos. Otros aeródromos y helipuertos son administrados por otras entidades como gobiernos regionales, municipios y comunidades campesinas y/o nativas, empresas mineras, petroleras y agroindustriales [18]. Todo lo relacionado con concesiones está regulado en Perú por el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones y por OSITRAN [22].

##### *2.4.2. México*

En 1998, la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT) otorgó a las subsidiarias que integraban el Grupo Aeroportuario del Centro Norte las concesiones para operar 13 aeropuertos de las regiones del centro y norte del País. Según lo permitido por la Ley de Aeropuertos, cada concesión tendrá un periodo de vigencia inicial de 50 años a partir de 1998 [23].

##### *2.4.3. Chile*

Chile comenzó su política de desarrollo de infraestructura aeroportuaria por medio del Ministerio de Obras Públicas, logrando concesionar los principales aeropuertos de la red nacional [24]. La Ley de Concesiones faculta la construcción o expansión de la infraestructura aeroportuaria, permitiendo al gobierno no privatizar los aeropuertos en su conjunto, sino algunos servicios que eran prestados directamente por el Estado [18]. La inversión en aeropuertos concesionados permitió triplicar la superficie de las terminales, de 40.500 m<sup>2</sup> a 160.000 m<sup>2</sup> [25].

##### *2.4.4. Brasil*

En la actualidad, el sector privado administra el 51% de los aeropuertos. Hasta inicios del año 2012, la estatal Infraero tenía el monopolio de la administración de aeropuertos. Sin embargo, dada la ineficiencia y lentitud para realizar las inversiones necesarias para la creciente demanda, el Gobierno decidió otorgar al sector privado los cinco aeropuertos principales [25].

##### *2.4.5. Costa Rica*

El aeropuerto internacional Juan Santamaría ubicado en la capital, está concesionado desde el año 2009 al consorcio Aeris Holding Costa Rica. La modernización incluye la construcción de una nueva área de migración, reparación de la calle de rodaje, reparación de la pista, construcción de salas de espera, puentes de embarque, área de comida, tiendas, duty free y estacionamientos para aviones [25].

### **3. METODOLOGÍA**

Se elaboró un modelo generalizado que considera variables de entrada (inputs), las cuales son per-

sonalizables para el caso particular de cada aeropuerto, considerando que, aunque está basado en un modelo de negocio aeroportuario, no todos los ingresos de los aeropuertos son iguales; similitudes funcionales enmascaran profundas variaciones operativas y financieras [26].

Es importante tener en cuenta, que si bien el ritmo normal de un aeropuerto genera ingresos y egresos, el presente trabajo considera adicionalmente inversiones en cualquier momento del ciclo de vida del proyecto (en este contexto, puede verse análogamente como la duración del proyecto definida por el analista usuario del modelo), constituyéndose como las inversiones con fines de ampliación, remodelación y/o construcción de nuevos espacios.

Como se mencionó anteriormente, entre las obligaciones asumidas por el concesionario, existen planes de ampliación y adecuación de espacios para satisfacer la demanda de pasajeros. Para ilustrar el modelo se utilizará el caso del aeropuerto internacional José María Córdova, el cual fue entregado en el año 2008 al concesionario colombo-chino Air Plan, antes llamado Consorcio de Aeropuertos Centro Norte. El plazo de la concesión es 25 años, período en el cual se pactó invertir durante los primeros cinco años COP 137 mil millones en obras de modernización y expansión; los datos iniciales del modelo fueron obtenidos de [27].

Algunas obras realizadas por el concesionario [5]: en el año 2009 se realizaron adecuaciones a 23.150 m<sup>2</sup> del terminal de pasajeros, así como la construcción y reforzamiento estructural en un área de 25.923 m<sup>2</sup> y obras de drenajes en un área de 1.650 metros lineales. Se realizó la dotación de diversos equipos como señales y balizas de superficie, mobiliario general, dos vehículos, tres equipos y dotación para el SAR (Servicio de Búsqueda y Rescate), un equipo para el SEI (Servicio de Extinción de Incendios), dotación del servicio de sanidad aeroportuaria, subestación eléctrica y servidor de comunicaciones y red. En el año 2010 se intervinieron 8.100 m<sup>2</sup> de las zonas de seguridad de extremo de la pista y 1.800 m<sup>2</sup> del extremo de seguridad de la misma.

En la revisión de la literatura académica se encontraron análisis financieros, criterios de evaluación financiera, así como simulaciones estocásticas y determinísticas para el sector aeroportuario; sin embargo, no es muy común el uso de estas herramientas en las concesiones aeroportuarias de Colombia, ade-

más no se evidencia el uso de estas metodologías para el análisis de la inversión durante el tiempo de concesión, teniendo en cuenta variables como capacidad instalada, cobertura en el servicio, ingresos por ampliaciones en el área comercial, y análisis de las variables a las cuales el modelo presenta mayor sensibilidad. Dado el tipo de contrato y las necesidades intensivas de capital del sector, se pretende analizar la rentabilidad del mismo, extrapolando las técnicas de análisis financiero más comunes y ampliamente aceptadas por el sector financiero. Por tanto, el trabajo presentado constituye una propuesta original para las concesiones aeroportuarias en el País.

El modelo permite al analista realizar una proyección de los flujos del aeropuerto, generados por los ingresos Aeronáuticos y No Aeronáuticos, los cuales deberán ser ingresados manualmente en el primer año (año base) y proyectados a partir de variables de crecimiento estimadas por el analista. Se podrán proyectar los años que se deseen, puesto que el modelo se ajusta automáticamente al valor ingresado en los campos de entrada de información; teniendo como partida el año cero. Se dispone de una tabla de inversión inicial, como se observa en la Figura 4, la cual permitirá realizar inversión en adecuaciones generales, construcción de puentes de abordaje, construcción y adecuación de zonas de comercio, ampliación terminal de carga y ampliación terminal de pasajeros, de manera que se estimen los efectos financieros de las diferentes ampliaciones que se puedan dar. Estas variables de inversión dependerán directamente de la demanda que se genere en el aeropuerto, dado que tendrá como finalidad evitar la sobre ocupación del aeropuerto, y por tanto, no causará directamente un ingreso a excepción de la construcción de zonas de comercio, puesto que producirá un ingreso no aeronáutico de carácter comercial. El modelo permite, además, realizar un máximo de tres inversiones adicionales durante el periodo de proyección.

Al ingresar la información anterior, se obtiene automáticamente el Estado de Resultados, y a partir de este el Flujo de Caja Libre. Finalmente, se calcula el Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Retorno del proyecto aeroportuario. Para los cálculos, existen varias tablas de datos que proporcionan soporte a todos los resultados, entre las cuales están: puentes de abordaje actualmente en uso, área de la terminal de pasajeros y de la terminal de carga, ocupación de los puentes y costos de inversión relacionados con construcción, ampliación, remodelación e instalación

de nuevos sistemas, pronosticados con indexación a la inflación para los periodos que durará el proyecto de inversión.

Es importante resaltar que durante la parametrización del modelo, se puede generar una alerta cuando la demanda de capacidad (tanto de pasajeros como de carga) esté agotando la oferta actual instalada, alerta generada al alcanzar el 80% de la capacidad [28], indicando si es necesario realizar una inversión adicional para evitar problemas de cobertura y servicio, dado que se considera que el negocio aeroportuario es muy intensivo en capital y se necesitan realizar inversiones considerables para adaptarse al crecimiento del tráfico, lo que tendría como consecuencia un efecto inmediato en la rentabilidad y el Flujo de Caja Libre disponible para su distribución a los accionistas [26].

En la Figura 3 se resume la metodología propuesta para desarrollar el modelo.

El resultado final del modelo permite decidir si se justifica o no realizar el proyecto, dependiendo de las condiciones iniciales (valores de entrada ingresados por el usuario) a partir de los criterios VPN y TIR, con todos los supuestos que ambos conllevan para su cálculo, considerando que no hay unanimidad de conceptos sobre las suposiciones [29]. Aun así, la literatura académica los presentan como los criterios de evaluación más empleados según [30]. Finalmente, el analista usuario del modelo tendrá bases para plantear juicios si las inversiones iniciales establecidas justifican la ejecución del proyecto; puesto que los inversionistas exigen evidencias de que los aeropuertos pueden operar de manera rentable, desarrollando estrategias innovadoras para crear y aprovechar grandes fuentes de ingresos y, en última instancia, añadir valor para los accionistas [26].

#### 4. RESULTADOS

En esta parte se muestran los resultados obtenidos de la aplicación del modelo financiero desarrollado; para este propósito, usando datos del aeropuerto internacional José María Córdoba obtenidos en [27]. Se ingresaron los datos de entrada como se muestra en la Figura 4

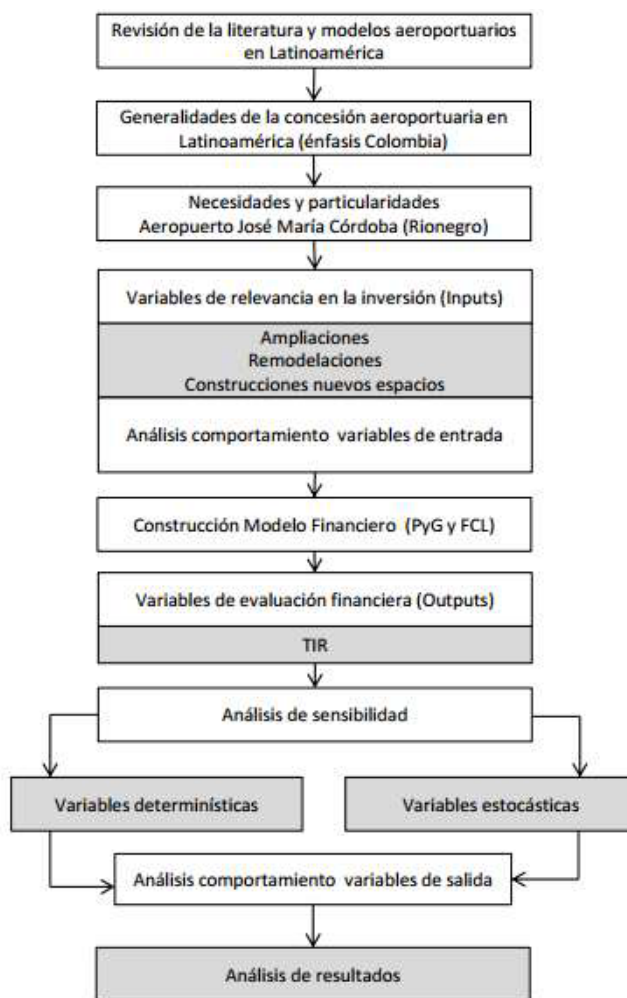


Figura 3. Metodología implementada para el diseño del modelo

La TIR del proyecto calculada en el modelo es 26%, generada por variables determinísticas conocidas como “Case Base”. Una flexibilidad del modelo consiste en permitir ejecutarlo inicialmente con variables determinísticas (parámetros ingresados fijos, no estocásticos) y también con variables estocásticas definidas según una distribución de probabilidad conocida con parámetros estimados e ingresados por el analista. Para el primer caso, se llevó a cabo un análisis de sensibilidad de las variables de entrada, por medio de un gráfico de tornado donde se indica la sensibilidad de las variables de entrada (inputs) respecto al resultado de la variable de salida (output) determinada, para este caso TIR del proyecto.



INVERSIÓN INICIAL		Cantidad	Unidades	Costo de Adecuación
Adecuaciones generales	\$ 72.000,00			
Construcción y adecuación de puentes de abordaje	\$ 4.583,33	11	Cantidad	22
Construcción y adecuación de zonas de comercio	\$ 0,00	0	m2	24988
Ampliación Terminal de Pasajeros	\$ 9.935,21	10000	m2	44000
Ampliación Terminal de Carga	\$ 1.250,00	10000	m2	28412
<b>Total Inversión</b>	<b>\$ 87.768,54</b>	<b>(en Millones de COP)</b>		

Figura 4. Datos de entrada para la ejecución del modelo  
 Cifras en COP Millones

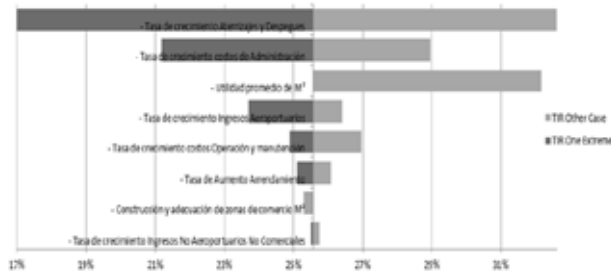


Figura 5. Análisis de sensibilidad y resultados del modelo determinístico

Del análisis de sensibilidad anterior, puede concluirse que las variables de entrada (inputs) más sensibles a los resultados financieros medidos por la TIR del proyecto son: la tasa de aterrizajes y despegues y la tasa de crecimiento de costos de administración. Por tanto, estas constituyen las variables de mayor control y seguimiento por parte de la gerencia, para evitar comportamientos drásticamente diferentes a los esperados. Por otro lado, variables como la construcción de zonas de comercio m<sup>2</sup> y la tasa de crecimiento de ingresos no aeroportuarios son poco sensibles y, por tanto, aun variando estas, no aportan variabilidad significativa a los resultados del proyecto.

Por otra parte, para el análisis estocástico, se consideraron las variables de entrada (inputs) independientes, es decir, no existe correlación entre estas; una vez ingresadas las funciones de distribución de probabilidad con sus respectivos parámetros, se ejecuta una simulación Monte Carlo con la ayuda del software @Risk de Palisade, utilizando el método de muestreo Latino Hipercúbico, considerado por [31] como una nueva técnica para la recolección de muestras, la cual hace que las muestras recolectadas se correspondan más directamente con las distribuciones de entrada y, por lo tanto, las distribuciones convergen más rápidamente con las estadísticas teóricas de la distribución de entrada.

Es importante considerar que el modelo no pretende inferir o determinar sobre el uso de una distribu-

CÁLCULO DE VARIABLES ESTOCÁSTICAS	Distribución	Parámetro 1	Parámetro 2	Parámetro 3	Valor aleatorio
Tasa de crecimiento Aterrizajes y Despegues	PERT	8,00%	13,00%	15,00%	12,41%
Tasa de crecimiento Ingresos Aeroportuarios	Triangular	6,00%	12,50%	16,50%	13,17%
Tasa de crecimiento Ingresos No Aeroportuarios No Comerciales	Uniforme	5,00%	20,00%		16,75%
Tasa de Aumento Arrendamiento	Triangular	2,50%	6,00%	8,00%	4,72%
Ingresos promedio por M <sup>2</sup> comercial	Normal	0,243	0,05		0,3876
Tasa de crecimiento costos de Administración	Lognormal	12,00%	3,50%		12,09%
Tasa de crecimiento costos Operación y manutención	Uniforme	10,00%	20,00%		13,60%
Construcción y adecuación de zonas de comercio M <sup>2</sup>	PERT	0,00	600,00	1000,00	556,49

Figura 6. Distribuciones y parámetros de las variables para el modelo estocástico

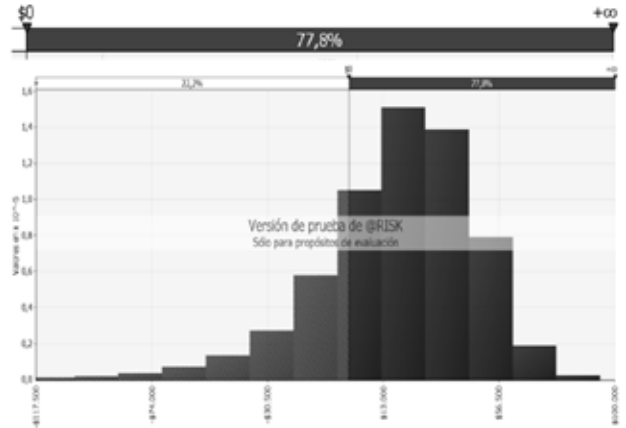


Figura 7. Distribución del VPN generada por la simulación

ción de probabilidad adecuada para cada variable de entrada, para esto se requiere información histórica que permita realizar análisis estadísticos o pruebas de bondad y ajuste, lo anterior se considera como una de las limitaciones de la investigación. Para el caso del ejemplo, se utilizaron las distribuciones de probabilidad que se indican en la Figura 6.

Una vez ejecutada la simulación, se generan la cantidad de corridas necesarias para que los resultados converjan a un resultado (10.000 iteraciones); se encontraron los siguientes resultados.

Para [32] citado por [30], la técnica Monte Carlo consiste en encontrar las distribuciones estadísticas de las variables que sensibilizan el proyecto, con ellas se obtiene el VPN y la TIR reiterativamente con un número alto de iteraciones (1.000, 10.000 o más), permitiendo establecer dicha valoración en términos de una distribución normal y no simplemente en términos de una cifra específica.

De acuerdo con [33], una metodología para determinar cuántas iteraciones realizar consiste en el análisis del resultado que se está simulando, ya que cuando este resultado se estabiliza se puede detener el proceso y, por tanto, no es necesario realizar

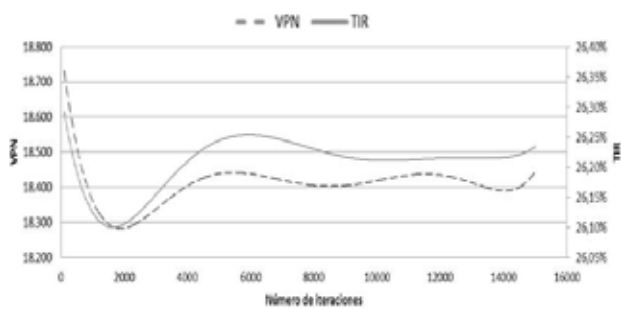


Figura 8. Comportamiento de los outputs según el número de simulaciones

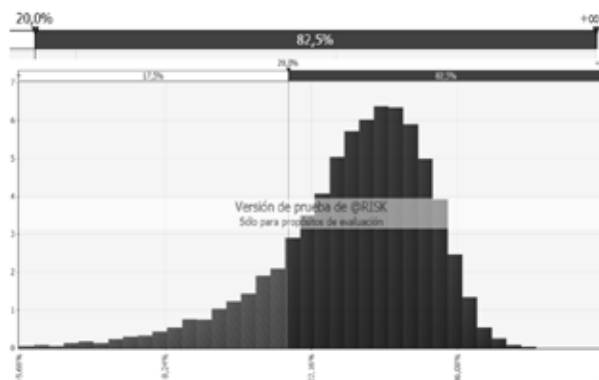


Figura 9. Distribución de la TIR generada por la simulación

más. Se presenta el comportamiento de las variables de salida usadas con diferentes números de iteraciones, encontrando que la cantidad empleada en el modelo puede considerarse adecuada, ya que refleja un comportamiento de estabilización. A partir de estas, las variaciones del VPN y TIR se reducen al orden de 0,05% y 0,1%, respectivamente, haciéndose cada vez menores.

De acuerdo a lo anterior, se realizaron diez mil iteraciones, simulando la realización de la inversión ese mismo número de veces para poder inferir, en general, si resulta conveniente realizar la inversión. En el 77,8% de los casos, se obtuvo un VPN > 0. Basado en [27] se utilizó el 20% para descontar los flujos de caja y calcular el VPN. Para [34], en las metodologías para la medición de riesgos en los proyectos basadas en simulación Monte Carlo, no necesariamente un proyecto con VPN > 0 es viable, puesto que si la probabilidad asociada es baja, el inversionista tiene alto riesgo de obtener un VPN < 0; por lo general, los evaluadores de proyectos consideran un nivel de probabilidad mínimo a partir del cual aceptan los proyectos (90%, 95% es lo más usado).

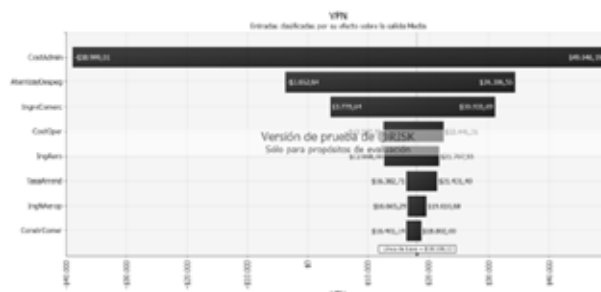


Figura 10. Gráfico de tornado de la variable de salida VPN

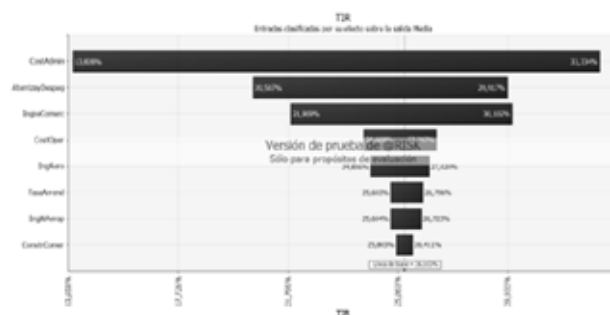


Figura 11. Gráfico de tornado de la variable de salida TIR

Tabla. 2. Resultados estadísticos de VPN y TIR de la simulación Monte Carlo. Cifras COP Millones

	Media	Máximo	Mínimo	Desv. Estánd.
VPN	18.419	91.875	-293.608	30.106
TIR	26%	43%	-13%	8%
P(VPN <= 0)	22%			

A continuación, en la Figura 9 se presentan los resultados para la TIR.

Puede observarse que la TIR alcanza una gran densidad de valores alrededor del 30%, lo cual comparándolo con el WACC establecido del proyecto del 20%, significa que es atractivo efectuar la inversión con muy poca probabilidad de alcanzar valores por debajo de este. Finalmente, se realizó el análisis de sensibilidad de las variables de entrada del modelo con los resultados de la simulación Monte Carlo, con los resultados mostrados en las Figuras 10 y 11:

Puede concluirse que la variable que representa mayor sensibilidad en el modelo estocástico es costos de administración, seguido de despegues y aterrizajes, comprobando lo indicado en el modelo determinístico; sin embargo, los resultados dependerán en gran medida de los valores de entrada determinís-

ticos y las distribuciones, así como los parámetros ingresados por el analista.

Por último, la Tabla 2. Presenta un resumen estadístico de los resultados de la simulación.

De acuerdo con [35], mediante la simulación Monte Carlo, los analistas pueden ver exactamente los valores que tiene cada variable cuando se producen ciertos resultados; considerándose muy valioso para profundizar en el estudio, y por consiguiente, facilita el análisis de escenarios. Sin embargo, en los modelos deterministas resulta muy difícil modelar diferentes combinaciones de valores de entrada, con el fin de observar los efectos de situaciones verdaderamente diferentes. Teniendo en cuenta lo anterior, en la Figura 6 se muestra una aproximación al modelado de variables determinísticas, el cual fue realizado bajo el supuesto de *Ceteris Paribus*, donde cada variable de entrada es sensibilizada respecto a la variable de salida, manteniendo las demás constantes.

Para [36] las herramientas de simulación permiten simular los flujos de caja y evaluar el proyecto ante multitud de escenarios diferentes, y obtener así una distribución completa de los resultados del proyecto que permitiría determinar el valor medio esperado de su rendimiento, y una medida de su riesgo, además, permite calcular la probabilidad que el rendimiento del proyecto sea superior y/o inferior a un determinado valor, y/o se encuentre dentro de cierto intervalo; por tanto, permite enfrentar al analista de inversiones con las diferentes probabilidades de obtener distintos valores del rendimiento de una inversión.

Por último, es importante considerar que usando técnicas de simulación estocástica se corre el riesgo de asumir medidas erróneas basadas en la toma de conclusiones falsas obtenidas mediante un modelo que no representa adecuadamente la realidad, y adicionalmente, existe un riesgo derivado de utilizar el modelo por fuera de los límites para los que fue elaborado, realizando ensayos dentro de un modelo que no es válido para la situación empleada [37].

## 5. TRABAJOS FUTUROS

El modelo puede ser perfeccionado desagregando las diferentes variables de entradas para mejorar la precisión en los resultados y la rigurosidad. Así mismo, es posible generar un modelo de optimización, que determine el valor de la mejor inversión para

cada concepto en cada periodo de tiempo, maximizando los indicadores financieros VPN y TIR; donde además el modelo indique para cada variable la distribución de probabilidad de acuerdo al análisis estadístico de la serie de datos histórica. Se sugiere, además, modelar las correlaciones entre las diferentes variables, lo cual brindará al modelo mayor detalle, omitir variables que midan lo mismo, y sus resultados serán más exactos. Finalmente, teniendo en cuenta que el modelo fue diseñado de una manera general y aplicado a un caso puntual, existe la posibilidad de realizar algunas adecuaciones pertinentes para acoplarlo a la realidad específica de cualquier aeropuerto. Por otra parte, para el cálculo del VPN puede ser usado el Rolling WACC, el cual tiene en cuenta las variaciones periodo a periodo de la estructura de capital, lo que permitirá tener un resultado más preciso.

## 6. CONCLUSIONES

Las concesiones en Colombia tienen como propósito asegurar el desarrollo y eficiencia de los aeropuertos. Las variables más relevantes para el flujo de caja simulado de manera determinística son la tasa de crecimiento de aterrizajes y despegues, y crecimiento en los costos de administración, mientras que para la simulación estocástica corresponden a los costos de administración y al crecimiento de aterrizajes y despegues. Los ingresos no aeronáuticos pueden ser usados para rentabilizar las concesiones, aprovechando las áreas que se tienen disponibles y el tiempo de espera de los pasajeros. En el sector aeronáutico se hace necesario realizar constantemente grandes inversiones en infraestructura para asumir el aumento de la demanda en el servicio; por esta razón, es conveniente incentivar la inversión privada debido a la eficiencia en la construcción y operación. Las inversiones en el sector aeronáutico se realizan en su mayoría para aumentar la capacidad y la calidad del servicio, por lo tanto, no son una fuente directa de ingresos; las ampliaciones de zonas comerciales por su parte generan un ingreso no despreciable, lo cual puede en un momento determinado mejorar la eficiencia financiera. El uso de la simulación Monte Carlo brinda al modelo mayor flexibilidad en la estimación de variables, las cuales en un modelo determinístico pueden afectar significativamente los resultados. La herramienta diseñada permite efectuar un análisis general a futuro de las inversiones a realizar, de forma que pueden ser

planeadas con anticipación con vista en la generación de valor. Adicionalmente, posibilita realizar un análisis de las variables de entrada, permitiendo al analista la toma de decisiones, considerando que los resultados del modelo dependen en gran medida de la precisión de los datos ingresados y la evaluación de las variables más importantes.

## REFERENCIAS

- [1] Congreso de la República de Perú. Decreto Legislativo N° 1012 que aprueba la ley marco de asociaciones público - privadas para la generación de empleo productivo y dicta normas para la agilización de los procesos de promoción de la inversión privada. 2008.
- [2] J. P. Pening Gaviria, "Asociaciones público-privadas –APP– Herramienta para el desarrollo regional". Departamento Nacional de Planeación. República de Colombia. 2012.
- [3] Corte Constitucional de Colombia, Sentencia C-126 de 1998. República de Colombia. 1998.
- [4] H. Marín and M. Risco, "Concesiones en el Perú". [Online]. Disponible en: <http://www.ilustrados.com/tema/8462/Ensayo-caudillismo-disfrazado-Peru.html>
- [5] M. Botero and R. Fernández, "Contrato de concesión de aeropuertos en Colombia". Trabajo de grado para optar por el título de abogado, Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2002.
- [6] J. Villarreal Navarro, "El costo de capital en proyectos de infraestructura civil básica (IB). Un ejemplo práctico: el WACC para una concesión aeroportuaria". *Revista de ingeniería. Facultad de ingeniería de la Universidad de los Andes*, N° 21, pp. 19-29, 2005.
- [7] P. Dempsey, Airport Finance, Canada: Institute of Air & Space Law. McGill University. 2008.
- [8] Fondo Multilateral de inversiones, "Infrascopio. Evaluando el entorno para las asociaciones público-privadas en América Latina y el Caribe". The Economist. 2013.
- [9] D. Schaar, "Introduction to Airport Finance". Booz Inc.. 2002.
- [10] M. Rodríguez, "Evaluación de modelos de gestión y financiación aeroportuaria". Trabajo de grado para optar por el título de especialista. Universidad Politécnica de Cataluña, 2011.
- [11] A. Mendiola, G. Arévalo, P. Maratuech, J. Pérez and J. C. Valencia, "Concesión del aeropuerto Jorge Chávez: evaluación del valor generado". Lima. Universidad ESAN, pp. 123-139, 2011.
- [12] Organización de Aviación Civil Internacional OACI. Circular 284 AT/120 Privatización en el suministro de aeropuertos y servicios de navegación aérea. 2002.
- [13] B. Marín and L. Rodríguez, "Evaluación de la política de concesión aeroportuaria en Colombia". Facultad de Economía, Universidad de los Andes, Bogotá. 1999.
- [14] World Market Research Center, "Resumen empresarial de aviación civil y desarrollo aeroportuario en Latinoamérica". Londres. 1998.
- [15] Asociación Internacional de Transporte Aéreo Latino AITAL. Boletín Informativo, n° 35, pp. 4 y 5. Marzo-abril, 1997.
- [16] Congreso de la República de Colombia. Ley 1508 de 2012: Asociaciones Público-Privadas. Bogotá. 2012.
- [17] R. Hernández, "La Privatización de Aeropuertos y la Experiencia Dominicana". Exposición efectuada en las XXIII Jornadas Latinoamericanas de Derecho Aeronáutico y Espacial. República Dominicana. 1999.
- [18] M. Mena, "Los sistemas aeroportuarios como elemento de la política aerocomercial. Regímenes jurídicos". *Revista Latino Americana de Derecho Aeronáutico* , N° 9, 2012, Disponible en: <http://www.rlada.com/articulos.php?idarticulo=63226>
- [19] República de Colombia, Decreto 1647 de 1994. Bogotá. 1994.
- [20] República de Colombia, Decreto 410 de 1971: Código de Comercio. Bogotá. 1971.
- [21] E. Coronado, "Aeropuertos sudamericanos: modelo de concesiones bajo presión". *Infrastructure Intelligence Series*, Sussiness News Americas 2002. Disponible en: [http://member.bnamericas.com/store/view\\_item.jsp?sku=71E1505337&idioma=E](http://member.bnamericas.com/store/view_item.jsp?sku=71E1505337&idioma=E)

- [22] P. Benavente, "Concesión de aeropuertos en el Perú: algunas lecciones aprendidas". Ministerio de Economía y Finanzas. República de Perú, 2010.
- [23] Grupo Aeroportuario Centro Norte OMA, "Marco regulatorio de las concesiones en México". [Online]. Disponible en: <http://www.oma.aero/es/somos/marco-regulatorio.htm>
- [24] Programa para el Impulso de Asociaciones Público-Privadas, "Experiencia chilena en concesiones y asociaciones público-privadas para el desarrollo de infraestructura y la provisión de servicios públicos". Santiago de Chile. 2009.
- [25] D. Rodríguez, "La concesión aeroportuaria gana pista". 2013. [Online]. Disponible en: [http://www.elcomercio.com/negocios/America-Latina-aeropuertos-concesion-aeroportuaria-aeropuerto-aviacion\\_0\\_986901345.html](http://www.elcomercio.com/negocios/America-Latina-aeropuertos-concesion-aeroportuaria-aeropuerto-aviacion_0_986901345.html)
- [26] H. Vogel, "Do privatized airports add financial value?". *Research in Transportation Business & Management Journal*, pp. 15-24. 2011.
- [27] G. F. Castro Martínez, "Diseño y elaboración de un modelo para evaluar riesgos en proyectos de inversión aplicado al sector de la administración aeroportuaria". Trabajo de grado para optar por el título de magíster en finanzas y gestión del riesgo. Quito. 2011.
- [28] J. F. Loaiza Bran, "El José María ya recibe volumen de pasajeros de 2032". Entrevista realizada a Sara Ramírez, gerente de Airplan. Septiembre de 2013.
- [29] J. Sarmiento. "Los criterios de decisión financiera, ¿está dicha la última palabra?". Cuadernos de Administración, vol. 16, núm. 26, pp. 175-184. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 2003.
- [30] C. Núñez, G. Gallego and G. Buenaventura. "Diseño metodológico de la evaluación de proyectos energéticos bajo incertidumbre en precios: caso de cogeneración de energía en una empresa en Cali". *Revista Estudios Gerenciales*, no. 39, pp. 58-71. 2013.
- [31] Palisade. Manual @Risk. Versión 6.2.1 Decision Tools. [Software]. (2014)
- [32] R. Caflisch, "Monte Carlo and Quasi-Monte Carlo Methods". *Acta Numérica*, pp. 1-49. 1998.
- [33] I. Vélez Pareja, "Decisiones empresariales bajo riesgo e incertidumbre". Ed. Norma. Bogotá. 2003.
- [34] J. D. González Ruiz and S. Medina, "Principios de Modelamiento Financiero en Excel". Medellín: Centro de Publicaciones Universidad Nacional de Colombia. 2007.
- [35] A. Betzuen and A. Barañano, "Simulación estocástica en la determinación del valor en riesgo de los activos financieros". *Revista Análisis Financiero*, Madrid, N° 117, pp. 50-59. 2011.
- [36] L. Caro, F. García, A. Collado and J. del Sol. "Análisis de riesgos en proyectos de inversión utilizando el método de la simulación". *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, N° 99, 2008. Disponible en: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cu/2008/cgcs.htm>
- [37] C. Tapias. "Sistemas, modelos y simulación". FIUBA, Facultad de ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires.