

**Viabilidad financiera de un proyecto de inversión a través del método de valoración de opciones reales. Caso de un agente de carga internacional**

**Anyela Acevedo Hernández**

**Joana Rodríguez Carvajal**

**UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN  
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA – MAF  
Medellín  
2019**

**Viabilidad financiera de un proyecto de inversión a través del método de valoración de opciones reales. Caso de un agente de carga internacional**

**Anyela Acevedo Hernández**

**Joana Rodríguez Carvajal**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGÍSTER EN  
ADMINISTRACIÓN FINANCIERA**

Asesor: Julián Pareja Vasseur, Ph. D. (c)

**UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN  
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA – MAF  
Medellín  
2019**

## **Viabilidad financiera de un proyecto de inversión a través del método de valoración de opciones reales. Caso de un agente de carga internacional**

**Anyela Acevedo Hernández**  
avacevedoh@eafit.edu.co

**Joana Rodríguez Carvajal**  
jrodriguec@eafit.edu.co

### *Resumen*

El objetivo de nuestra investigación era evaluar la viabilidad financiera para la puesta en marcha del agente de carga internacional en la compañía objeto de estudio, mediante el método de valoración de opciones reales. Se propuso una metodología de estudio cuantitativo con un enfoque exploratorio y descriptivo, y se construyeron árboles binomiales para las opciones de abandono, expansión y escogencia. Los resultados indican que el uso de la metodología de opciones reales permitió reconocer e incorporar en la valoración la flexibilidad, la volatilidad de las variables y el riesgo, generando una valoración más precisa comparada con los resultados obtenidos al utilizar la metodología tradicional de descuento de flujos de caja. La valoración con opciones reales permitió visualizar impactos, resultados y el mejor escenario para la toma de decisiones.

*Palabras clave:* opciones reales, incertidumbre, valoración de proyectos de inversión, valor presente neto (VPN), árboles binomiales

### *Abstract*

The objective of our research was to evaluate the financial viability for the startup of the international freight forwarding agent in the company under study, through the valuation method of real options. A quantitative study methodology was proposed with an exploratory and descriptive approach, and binomial trees were constructed for the options of abandonment, expansion and choice. The results indicate that the use of the real options methodology allowed to recognize and incorporate in the valuation the flexibility, the volatility of the variables and the risk, generating a more precise valuation compared with the results obtained by using the traditional methodology of discounting flows of box. The valuation with real options allowed to visualize impacts, results and the best scenario for making decisions.

*Keywords:* real options approach (ROA), uncertainty, valuation of investment projects, net present value (NVP), binomial trees

## **1 Introducción**

Usualmente en Colombia la evaluación de proyectos de inversión se desarrolla a través de métodos tradicionales, utilizando la metodología de descuento de flujos de caja (DCF) junto con el criterio de valor presente neto (NPV). De reciente aplicación aparece el enfoque de valoración mediante opciones reales (ROA), la cual tiene su origen en las opciones financieras. Si bien este último método de valoración se ha venido estudiando y aplicando a proyectos de inversión en algunos sectores económicos y en trabajos de investigación de algunas universidades, su aplicación se ha dado con mayor frecuencia en sectores con alto grado de incertidumbre. Dicha metodología permite evaluar proyectos de inversión considerando variables cambiantes del mercado que pueden influir en las decisiones estratégicas y operativas de una empresa, y que no son tenidas en cuenta en los métodos tradicionales, porque estos se centran en la parte financiera de los proyectos sin tener en cuenta la parte estratégica y la flexibilidad administrativa para hacer modificaciones que les generen mayor valor a las empresas.

De acuerdo con lo anterior, los cambios constantes en el mercado, en aspectos tales como tecnología, logística, competencia, volatilidad en los precios, fusiones, alianzas estratégicas, tendencias políticas, económicas y sociales del país y del mundo, etc., pueden ocasionar variaciones en las decisiones que se toman sobre proyectos de inversión que, de acuerdo con Manotas y Manyoma (2001), generan alto nivel de incertidumbre en la determinación de los resultados financieros y en los montos de los flujos de caja futuros. Según Mascareñas (2010), al evaluar la viabilidad de un proyecto de inversión mediante la técnica DCF se pueden presentar algunas limitaciones al no considerar componentes como el riesgo y la flexibilidad, que posibilitan un pensamiento estratégico y un análisis dinámico. Lamothe y Méndez (2013), por su parte, consideran que la valoración a través de opciones reales vincula el proyecto con un horizonte económico más acorde con la realidad del proyecto, teniendo en cuenta que este método incorpora en la valoración la incertidumbre, la flexibilidad gerencial y la volatilidad.

Es importante valorar la viabilidad financiera del proyecto de inversión del caso de estudio a través del método de opciones reales, por cuanto tiene la flexibilidad para modificar el proyecto en marcha en función de las condiciones cambiantes del mercado ajustándolo a la

realidad, lo que genera un valor agregado en la toma de decisiones durante el tiempo en que se lleve a cabo el proyecto.

De acuerdo con lo anterior, el objetivo general del presente trabajo fue evaluar la viabilidad financiera de la puesta en marcha del agente de carga internacional para la empresa en estudio, mediante el método de valoración de sus opciones reales. Para dar cumplimiento a este objetivo se evaluó el proyecto a través del método tradicional (DCF) como procedimiento previo a la valoración por ROA, se estableció el valor agregado que genera la inclusión de opciones reales en el proyecto con respecto a la valoración tradicional y se analizaron los resultados y los impactos de la aplicación de opciones reales (abandonar, expandir y escogencia) para la toma de decisiones.

El presente trabajo consta de seis partes: en la primera, se realiza la introducción a la problemática y se presentan los objetivos que motivan el desarrollo de esta investigación; en la segunda, se detalla un marco conceptual general que describe los conceptos y la teoría básica para comprender la valoración de proyectos de inversión a través de ROA; en la tercera, se presenta una contextualización general de la empresa y del proyecto; en la cuarta, la quinta y última parte, se expone la valoración del proyecto por ROA, el análisis de resultados y las conclusiones respectivamente.

## **2 Marco conceptual**

Las opciones reales tienen como base conceptual las opciones financieras, pero aplicadas a activos reales; por ello antes de desarrollar el tema de opciones reales es importante conocer y entender algunos conceptos de las opciones financieras.

### **2.1 Opciones financieras**

Una opción financiera es un contrato que le da al comprador el derecho, pero no la obligación, de vender o comprar un activo a un precio predeterminado en una fecha futura. Según Lamothe (1993), los contratos de opciones tienen un precio; este precio se denomina *prima*, que es la comisión que paga el comprador de la opción para compensar al vendedor por el riesgo asumido. Manotas y Manyoma (2001) señalan que las opciones se clasifican en opciones de compra (*call*) y opciones de venta (*put*), donde las *opciones de compra* son las que otorgan el derecho pero no la obligación de comprar un activo subyacente a un precio

determinado y con fecha de vencimiento definida en el futuro, y *las opciones de venta* son las que conceden el derecho pero no la obligación de vender un activo subyacente a un precio determinado en un momento establecido en el futuro. Lamothe (1993) precisa que otra clasificación de las opciones financieras se establece según el momento en que se ejerce la opción. Estas opciones pueden ser: *opciones americanas*, que son aquellas que pueden ejercerse en cualquier fecha desde la firma del contrato hasta la fecha de ejercicio, y *las opciones europeas*, que solo pueden ejercerse en la fecha de expiración de la opción.

Contreras y Muñoz (2013) sugieren que el valor de una opción está definido por las siguientes seis variables que se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Variables de una opción financiera

Opción financiera	Variable	Detalle
1. Valor actual del activo subyacente	S	Precio <i>spot</i> o el valor de mercado corriente del activo subyacente.
2. Precio de ejercicio - <i>Strike</i>	K	“Precio sobre el cual el comprador puede ejercer su derecho a comprar o vender el activo subyacente” (p. 38).
3. Volatilidad o varianza del subyacente	$\sigma^2$	Corresponde a una medida de la dispersión o de las variaciones de los precios futuros del activo subyacente. Este concepto es muy importante porque refleja la incertidumbre económica de la opción o del proyecto.
4. Tasa de interés libre de riesgo	r	Representa el valor del dinero en el tiempo.
5. Dividendos	D	Cuando una acción paga dividendo, el precio de la acción se reduce en una cuantía equivalente al dividendo pagado, y el precio del subyacente se reduce.
6. Fecha de expiración	t	Es el tiempo durante el cual el poseedor de la opción podrá ejercerla.

*Fuente:* Contreras y Muñoz (2013).

## 2.2 Opciones reales

Algunos autores definen las opciones reales como una prolongación de las opciones financieras pero aplicadas a los activos reales. Myers (1977), citado por Mascareñas (2010), introduce por primera vez en 1977 el término ‘opciones reales’: “Aquéllas cuyo activo subyacente es un activo real” (p. 3).

Kodukula y Papudesu (2006), por su parte, definen así las opciones reales:

Una opción real es un derecho, no una obligación, de tomar una acción sobre un activo subyacente no financiero. La acción puede implicar, por ejemplo, abandonar, expandir o contratar un proyecto o incluso diferir la decisión hasta un momento posterior. (p. 10)

De acuerdo con lo expuesto anteriormente sobre las variables que determinan el valor de una opción financiera, a continuación se comparan y se asocian esos conceptos de manera análoga a las opciones reales. Las opciones reales, al igual que las opciones financieras, aumentan con el tiempo de expiración o maduración y con la volatilidad subyacente. Por lo tanto, la flexibilidad de tomar nuevas alternativas o decisiones en el futuro tiene un mayor valor cuando el tiempo de planeación aumenta o cuando los resultados esperados están afectados por altos niveles de incertidumbre.

La tabla 2 muestra el comparativo entre las variables de las opciones financieras y un proyecto de inversión (opciones reales).

Tabla 2. Variables de las opciones financieras versus las opciones reales

Opción financiera	Variable	Opción real - proyecto de inversión
Valor actual del activo subyacente	S	Valor presente de los flujos de caja operativos del proyecto
Precio de ejercicio - <i>Strike</i>	K	Valor presente de la inversión requerida para desarrollar la inversión
Volatilidad o varianza del subyacente	$\sigma^2$	Riesgo del activo real subyacente
Tasa de interés libre de riesgo	r	Tasa libre de riesgo - valor temporal del dinero
Dividendos	D	Pagos o pérdida de valor en los ingresos durante la vida del proyecto
Fecha de expiración	t	Tiempo que se puede demorar la decisión de inversión

*Fuente:* Contreras y Muñoz (2013).

### 2.3 Metodología tradicional de valoración financieras de proyectos – Flujo de caja descontado (DCF)

La valoración por DCF consiste en determinar el valor actual de un activo a partir del valor presente de los flujos de caja que se espera se generen en el futuro, descontados a una tasa de descuento. Uno de los indicadores más utilizado para determinar la viabilidad

financiera de un proyecto de inversión con la metodología tradicional es el NPV. De acuerdo con Contreras y Muñoz (2013), este indicador: “Considera únicamente los flujos de caja esperados, descontados a una tasa constante, porque se asume que el riesgo se mantendrá igual a lo largo de la vida del proyecto” (p. 73).

De acuerdo con lo mencionado por Arias (2010), el NPV (denominado por dicha autora valor actual neto – VAN) permite generar tres criterios de decisión: primero, si el  $NPV > 0$ , significa que la tasa de descuento elegida generará beneficios, por lo que el proyecto es atractivo financieramente; segundo, si el  $NPV = 0$ , el proyecto de inversión no generará beneficios ni pérdidas, por lo que su ejecución resultará indiferente, y tercero, si el  $NPV < 0$ , el proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado (pp. 11-12).

Esta metodología posee múltiples limitaciones; entre ellas, su incapacidad de capturar la flexibilidad y los cambios constantes del mercado que afectan las decisiones estratégicas de la ejecución del proyecto.

#### **2.4 Método de valoración a través de opciones reales**

De acuerdo con los conceptos anteriores, la valoración mediante el método ROA incluye el riesgo, y se utiliza para su medición la volatilidad, y como *proxy* se utiliza la desviación estándar. Para Contreras y Muñoz (2013), lo anterior se debe a que las variaciones de fuentes externas pueden afectar o determinar los resultados económicos y financieros en la evaluación de un proyecto, la exposición a la incertidumbre puede deteriorar los flujos de caja, ingresos y egresos de una empresa. Rogers (2002) indica que ante condiciones de elevada incertidumbre la gerencia tiene la flexibilidad para revisar y evaluar las decisiones estratégicas que se toman en secuencia, con el beneficio de una mejor información. Esto por cuanto la flexibilidad posibilita pensar, evaluar y estructurar las decisiones en función de las opciones, de manera que se generen nuevas alternativas para el proyecto o para la empresa, creando así valor para los accionistas.

El método de opciones reales es un complemento del método tradicional de flujos de caja descontados con enfoque a través del NVP. Según Mascareñas (2007), para una valoración adecuada de un proyecto de inversión se deben combinar el método tradicional NVP y el método de opciones reales. Según lo anterior, el valor total del NVP debe contener el NVP básico más el PV de las opciones reales.



Mun (2002) define este método como:

Enfoque sistemático y una solución integrada que utiliza teoría financiera, análisis económico, ciencias de la gestión, ciencias de decisión, estadísticas y modelos econométricos al aplicar la teoría de opciones para valorar activos físicos reales, en lugar de activos financieros, de forma dinámica y bajo un entorno empresarial incierto donde las decisiones comerciales son flexibles en el contexto de la toma de decisiones estratégicas de inversión de capital, la valoración de las oportunidades de inversión y los gastos de capital del proyecto. (p. 53)

Los tipos de opciones reales, que son seis, se explican brevemente a continuación:

(a) *Opción de diferir*: para Contreras y Muñoz (2013), es la posibilidad y la flexibilidad que tienen los inversionistas de postergar la inversión inicial hasta un determinado plazo de tiempo mientras las condiciones mejoran, lo que permite disminuir la incertidumbre asociada al proyecto.

(b) *Opción de expansión*: para Lamothe y Méndez (2013), consiste en adquirir una inversión adicional si las condiciones que se generan en el mercado son favorables e inducen a evaluar la posibilidad de crecer o ampliar. Para Contreras y Muñoz (2013), en términos de opciones financieras este tipo de opción: “Es equivalente a tener una opción de compra (*call*) sobre una parte adicional del proyecto, con un precio de ejercicio” (p. 32).

(c) *Opción de contraer*: para Lamothe y Méndez (2013), es la flexibilidad que tienen los inversionistas de reducir el tamaño de la inversión bajo ciertas condiciones de manera que se reduzcan las pérdidas. Para Contreras y Muñoz (2013), por su parte, la reducción de las pérdidas es equivalente a una opción *put* con un precio de ejercicio igual a los potenciales costos ahorrados.

(d) *Opción de cierre temporal*: para Calle y Tamayo (2009) y para Contreras y Muñoz (2013), esta opción es la flexibilidad que puede tener una empresa para detener temporalmente sus procesos productivos cuando los ingresos obtenidos no son suficientes para cubrir los costos variables de la operación y retomar posteriormente la operación cuando la situación sea favorable.

(e) *Opción de abandono*: según Calle y Tamayo (2009):

Una vez que el proyecto ya no es rentable, la empresa recortará sus pérdidas y ejercerá esta opción de abandonar el proyecto. Esta opción real de liquidación proporciona un seguro parcial contra fallos y es formalmente equivalente a una

opción de venta americana con un precio de ejercicio igual al valor de venta del proyecto. (p. 117)

(f) *Opción de aprendizaje*: para Contreras y Muñoz (2013): “Corresponde a una opción tipo *put*, de venta de un activo, que ocurre cuando lo conveniente es ir resolviendo la incertidumbre de un negocio por medio de la compra de información” (p. 34).

(g) *Opción de escogencia (choose)*: para Contreras y Muñoz (2013), es una secuencia de opciones, donde existe la alternativa de ampliar, diferir o abandonar proyectos al final de cada etapa.

## 2.5. Métodos numéricos de valoración de opciones

Lamothe y Méndez (2013) y Contreras y Muñoz (2013), entre otros autores, han identificado tres métodos para la aplicación de opciones: método de árboles binomiales multiplicativos, método de Simulación Montecarlo y Black & Scholes. Para opciones reales se utiliza generalmente el primero de estos métodos, el modelo binomial, conocido también como árbol binomial. El presente caso objeto de estudio se enfoca precisamente en dicho método, es el más popular y utilizado para la valoración de opciones reales debido a que logra alcanzar muy buenas aproximaciones por medio de operaciones matemáticas relativamente simples.

Cox, Ross y Rubinstein (1979) desarrollan en 1974 un modelo discreto que muestra, a partir de un proceso binomial multiplicativo, el precio del activo subyacente con variaciones al alza (*up*) y a la baja (*down*) en un determinado período, con probabilidades asociadas de  $p$  y  $1-p$  respectivamente. Lo anterior se puede representar en el siguiente gráfico (figura 1).

Figura 1. Árbol binomial con un nodo



Fuente: Cox, Ross y Rubinstein (1979).

Los supuestos básicos de este modelo de acuerdo con lo mencionado por Contreras y Muñoz (2013) son los siguientes:

- El precio de mercado del subyacente sigue un proceso, al alza y a la baja, del tipo binomial multiplicativo.
- Mercado financiero perfecto (competitivo y eficiente).
- No hay costos de transacción, de información o de impuestos.
- No hay impuestos a las ganancias o pérdidas, ni a las transacciones a que da lugar la operación con la opción.
- La varianza de los rendimientos es la misma en todos los períodos.
- La tasa libre de riesgo se considera constante.
- No considera pago de dividendos durante el período.

La evolución del valor inicial del activo subyacente ( $S_0$ ) a través de árbol binomial se genera por la volatilidad o la incertidumbre que afecta al proyecto, lo que aumenta o disminuye el valor de la opción. Para la construcción del árbol binomial y el cálculo del valor de la opción se requiere, además de la volatilidad ( $\sigma$ ), de otros parámetros tales como: el valor inicial del activo ( $S$ ), la tasa libre de riesgo ( $r_f$ ), el tiempo hasta el vencimiento ( $t$ ), el precio de ejercicio ( $X$ ), el valor de salvamento para el caso de opción de abandono y el factor de expansión y el valor marginal de la inversión para la opción de expansión.

Varios autores han considerado tanto en el análisis de sus proyectos como en trabajos de investigación las opciones reales. A continuación, en la tabla 3 se detallan de manera general algunas conclusiones sobre las opciones de abandono y expansión.

Tabla 3. Consideraciones de opciones reales por parte de algunos autores

Tipo de opciones	Descripción	Aplicabilidad	Referencias
Opción de expansión	Un proyecto por el tipo expansión debe realizarse cuando el costo de implementarlo es inferior al valor esperado.	Concesiones petrolíferas y mineras	<i>Valoración de opciones reales: dificultades, problemas y errores</i> (Fernández, 2008).
Opción de abandonar	La importancia de la opción de abandonar si la existencia de un mercado secundario concede una mayor ganancia.	Industrias intensivas en capital y servicios financieros	<i>Determinants of corporate borrowing</i> (Myers, 1977)
Opción de abandonar	El valor residual al momento de abandonar un proyecto puede ser el valor de salvamento o de liquidación de la empresa.	Sector inmobiliario y de construcción	<i>Opciones reales: enfoque para las decisiones de inversión bajo alta incertidumbre</i> (Contreras y Muñoz, 2013).
Opción de invertir, contraer, expandir o abandonar	Considerar no invertir en un proyecto si el valor esperado de la expansión es menor que el monto del ejercicio, por lo que es importante para la toma de decisiones de un proyecto en marcha, elegir entre varias opciones.	Sector de energía, gas, petróleo y farmacéuticas	<i>Project Valuation Using Real Options: A Practitioner's Guide</i> (Kodukula & Papudesu, 2006)
Opción de abandonar y(o) expandir	Para la toma de decisiones en proyectos de inversión se deben tener en cuenta elementos de flexibilidad operativa y administrativa, lo que le permite a la compañía tomar vías alternas según la situación; es decir, abandonar o aplazar el proyecto cuando el resultado sea inferior a lo esperado, y expandir cuando se identifiquen condiciones favorables en el mercado.	Extracción de petróleo	<i>Real Options. Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation</i> (Trigeorgis, 1996).
Opción de abandono	La valuación mediante opciones reales le permite a la gerencia tener diferentes alternativas. Es conveniente la opción de abandono ante resultados desfavorables.	Distribución de combustibles	<i>Evaluación mediante opciones reales de proyectos de inversión en el sector de distribución de combustibles</i> (Pareja, Mejía y Gallego, 2016).

Fuente: elaboración propia.

### **3 Contextualización general de la empresa y del proyecto**

La empresa objeto de estudio es un operador logístico que integra todas sus operaciones de exportación e importación para reducir al máximo los costos y optimizar los tiempos del proceso. Ante cambios constantes en materia de logística a nivel mundial, ha identificado oportunidades y amenazas que generan la necesidad de optimizar su operación.

Actualmente la empresa planea poner en marcha un plan de negocios que integre todos los servicios que se requieren en la cadena de suministro, con infraestructura propia que garantice calidad y eficiencia en el proceso. Con este propósito la empresa constituyó el 21 de agosto de 2018 una sociedad cuyo objeto social consiste en actuar como agente de carga internacional, que ofrezca el servicio de intermediación en el transporte (multimodal) internacional de mercancías. El agente de carga permitiría integrar las unidades de negocios de la empresa: Comercialización, Agenciamiento Aduanero y Operación Logística, en una cadena integral de servicios logísticos destinada a exportar e importar diferentes productos, desde Colombia hacia cualquier parte del mundo, y a potenciar además el crecimiento de las líneas de azúcares blancos, sulfatados, refinados o crudos, de mieles o melazas de caña de azúcar, de alcoholes y, en general, de productos derivados de la caña de azúcar y de mieles. De acuerdo con lo anterior, es importante definir la viabilidad financiera para la puesta en marcha del agente de carga internacional en la empresa.

Para el desarrollo del objeto social, la empresa cuenta con cuatro unidades de negocios: (1) Comercialización, (2) Agrícola, (3) Operador Logístico y (4) Agenciamiento Aduanero. Así mismo, realizó un estudio para conocer las necesidades de las compañías importadoras y exportadoras, en cuanto a los servicios logísticos, aduaneros y demás requeridos, con el ánimo de optimizar la operación de sus unidades de negocios, aprovechar las oportunidades del mercado logístico a nivel mundial y ofrecer un servicio integral en la cadena de suministro que garantice la calidad, eficiencia y oportunidad del servicio. Para el presente estudio se utilizaron encuestas presenciales a directores de logística y de comercio exterior y empresas de su interés, concertadas mediante citas previas. Los resultados de este estudio le permitieron a la empresa proponer y desarrollar un modelo de negocio enfocado en constituir un agente de carga internacional, en la modalidad de transporte multimodal. Para la constitución del agente de carga la empresa realizó un diagnóstico y un estudio de factibilidad. Esta etapa consideró el estudio del mercado, la recolección de información y el

estudio técnico, en el que se identificaron las necesidades de infraestructura, equipos, personal idóneo y los recursos logísticos y tecnológicos para llevar a cabo el proyecto. Lo anterior fue de vital importancia para constituir legalmente el agente de carga internacional, el cual realiza transacciones comerciales, coordinación logística e intermediación de transporte; sin embargo, la etapa de implementación y puesta en marcha del proyecto está pendiente de ejecución.

Este nuevo modelo de negocio busca ofrecer soluciones logísticas integrales que potencien y dinamicen las unidades de negocios de la empresa en conjunto con el servicio de transporte internacional.

El gráfico que se presenta a continuación (figura 2) muestra un esquema general de la empresa y de cómo interviene el agente de carga en el servicio de operador logístico integral.



Figura 2. Esquema general de la empresa  
Fuente: elaboración propia.

#### 4 Valoración del proyecto por ROA

Antes de valorar el proyecto con opciones de abandono, expansión y escogencia se recopilaron datos e información (puesta en marcha del agente de carga internacional) para el desarrollo de la metodología de flujos de caja descontados. A estos datos se les hicieron algunas modificaciones y se les incluyeron supuestos, con el fin de mantener la confidencialidad de la información suministrada por la compañía. La proyección para la valoración se hizo a 5 años; es decir, del 2019 al 2023. Se parte del estado de resultados, en donde el margen bruto está en función de variables importantes tales como el margen de intermediación mínima de fletes (Ruta Norte y Ruta Sur), el volumen de ventas representado a través de la cantidad de contenedores según el porcentaje de participación en operaciones de importación y exportación, el margen de intermediación por servicios de agenciamiento aduanero y servicios logísticos y el margen generado por las sinergias con las líneas de negocios ya constituidas en la compañía. Adicionalmente, los gastos variables se estimaron en función del margen de ventas, y los demás costos y gastos se proyectaron teniendo en cuenta el IPC y otras variables según fuentes micro y macroeconómicas.

Para la valoración del proyecto se requiere la tasa de descuento de los flujos de caja, por lo que fue necesario hallar el costo promedio ponderado de capital (CAPM, o WACC por sus siglas en inglés *Weighted Average Cost of Capital*). Para calcularlo se tuvo en cuenta la tasa libre de riesgo como rendimiento de los TES a 10 años, el beta del sector de acuerdo con datos del mercado emergente, la prima riesgo país tomados de Damodaran (2019a), la prima de mercado, el costos de deuda antes de impuestos, el porcentaje de deuda, la rentabilidad exigida por los inversionistas y el porcentaje de patrimonio (ecuación a).

$$WACC_t = Kd_t (1 - Tx_t) * D_t\% + Ke_t * P_t\% \quad (a)$$

De acuerdo con lo anterior se elabora la valoración del proyecto base utilizando el criterio de NPV, mediante la aplicación de tres metodologías: WACC tradicional DCF, WACC *Adjusted* y Ku (FCC) (ver anexo 1). Con estas metodologías se obtiene el valor presente de las operaciones por \$222,91 MM y la inversión inicial de \$231,95 MM, que generan que el cálculo del NPV sea negativo en \$9,04 MM, lo que implica la no viabilidad del proyecto.

Dadas las perspectivas del mercado logístico a nivel mundial, es necesario evaluar la viabilidad del proyecto de la empresa a través de opciones reales.

Para el desarrollo de la valoración por opciones reales es necesario evaluar el proyecto teniendo en cuenta un crecimiento en participación de mercado estimado en 20%, lo que requiere de una inversión adicional de \$58,92 MM para generar la expansión; por lo tanto, se valora nuevamente el proyecto bajo esta perspectiva, por medio de las tres metodologías mencionadas. Con estas metodologías se obtiene un valor presente de las operaciones de \$879,26 MM y una inversión inicial de \$290,87 MM, que arroja un cálculo del NPV de \$588,39 MM, lo que demuestra la viabilidad del proyecto (ver anexo 2).

Adicionalmente, se requiere determinar otros parámetros para aplicar la valoración por opciones reales, tales como:

*Precio del activo inicial (S<sub>0</sub>):* es equivalente al valor presente de las operaciones en el momento inicial. Para el caso en estudio, es de \$222,91 MM.

*Volatilidad:* para el proyecto de estudio se utilizó como *proxy* la volatilidad desapalancada estimada por Damodaran (2019b) para el sector de transporte, equivalente a un 25,99% anual.

*Costo de expansión o inversión marginal:* se genera después de considerar los costos, los gastos y la inversión en *capex* necesarios para la expansión. En esta evaluación la inversión marginal es de \$58,92 MM.

*Tasa libre de riesgo:* como rendimiento de los TES a 10 años tomada del Banco de la República (2019), equivalente a 7,06%.

*Factor de expansión:* corresponde a la expansión que puede obtener la empresa. Su cálculo se estima a través del cociente entre el valor presente de las operaciones con expansión sobre el valor presente de las operación sin expansión. En este caso el factor de expansión es de 3,94 veces el valor presente de las operaciones.

*Factor de alza (up) y baja (down):* estos factores son los que determinan, dependiendo de la volatilidad y de la incertidumbre, los movimientos al alza (*u*) o a la baja (*d*) del valor del activo dentro del árbol binomial (ecuación b). El factor *u* es de 1,3 y el factor *d* es de 0,77 para el caso objeto de este estudio (tabla 4).

$$e^{\sigma\sqrt{1}} = e^{25.99\%\sqrt{1}} = 1.30 \quad (b)$$



Tabla 4. Valores para cálculo del árbol de eventos del VP

Tiempo al vencimiento (años)	Precios del activo			Precio de ejercicio	Tasa de interés	Tasa de pérdida
	Inicial	Factor alza (u)	Factor baja (d)			
5	223	1,30	0,77	232	7%	0%
<b>Volatilidad</b>		<b>25,99%</b>	<b>Factor de expansión</b>	<b>3,944</b>	<b>Porcentaje crecimiento inversión</b>	<b>0%</b>

Fuente: elaboración propia.

La metodología de árboles binomiales permite observar, durante cada año futuro, distintos valores de la empresa teniendo en cuenta la volatilidad. A continuación, en la tabla 5 se presenta el árbol binomial base.

Tabla 5. Árbol base, valor presente de las operaciones de la empresa

t (años)	0	1	2	3	4	5
						817,5
					630,4	
				486,1		486,1
			374,9		374,9	
		289,1		289,1		289,1
	<b>222,9</b>		222,9		222,9	
		171,9		171,9		171,9
			132,6		132,6	
				102,2		102,21
					78,8	
						60,8

Fuente: elaboración propia.

Para darle flexibilidad al proyecto se construyeron árboles de eventos independientes para las opciones de abandono y expansión, y posteriormente se consolidan estas dos opciones con el ánimo de generar la opción de escogencia (*choose*).

### Opción de abandono

La construcción del árbol binomial para el evento de analizar la opción de abandono, parte de la posibilidad de que la empresa ponga en marcha el funcionamiento del proyecto del agente de carga internacional o tome la decisión de no iniciar el proyecto por no ser rentable.

El valor de abandono se calcula con base en la proyección del valor presente de las operaciones del proyecto en cada uno de los períodos. Como supuesto de la opción de abandonar se toma el valor de salvamento del proyecto como un valor constante durante los 5 años, por \$289,68 MM. La fórmula utilizada para calcular el valor del proyecto en los nodos terminales se obtiene a través de la maximización del valor de salvamento comparada con el valor presente del proyecto si se continúa (ecuación c).

$$C_t = \text{Max}(VP_t; \text{Valor de salvamento}) \quad (c)$$

Con los valores generados en los nodos terminales se realiza el cálculo de los nodos intermedios mediante un análisis de inducción regresiva, es decir, hacia atrás hasta llegar al nodo inicial. La fórmula es la siguiente para cada nodo (ecuación d).

$$C_{t-1} = \text{Max} \left[ \text{valor salvamento}; \frac{(C_{ut} * p + C_{dt} * (1-p))}{e^{rf * \Delta t}} \right] \quad (d)$$

El árbol de eventos para la opción de abandono se presenta a continuación en la tabla 6.

Tabla 6. Árbol de eventos con opción de abandono

t (años)	0	1	2	3	4	5
						817,51
					630,41	no abandonar
				486,22	no abandonar	486,13
			385,47	no abandonar	375,11	no abandonar
		321,22	no abandonar	315,67	no abandonar	289,68
	<b>289,68</b>	no abandonar	289,68	no abandonar	289,68	abandonar
	abandonar	289,68	abandonar	289,68	abandonar	289,68
		abandonar	289,68	abandonar	289,68	abandonar
			abandonar	289,68	abandonar	289,68
				abandonar	289,68	abandonar
					abandonar	289,68
						abandonar

Fuente: elaboración propia.

### Opción de expansión

Para aplicar esta opción se incluyó el factor de expansión (FE), que es el número de veces que se espera aumentar la operación; en el caso de estudio, es de 3,94. Adicionalmente, se debe tener en cuenta el costo de implementación, o margen de inversión (Marg Inv<sub>t</sub>), necesario para la expansión, que es de \$58,92 MM. La fórmula utilizada para calcular el valor del proyecto en los nodos terminales se obtiene a través de la maximización del valor de expansión comparada con el valor del proyecto si se continúa como estaba (ecuación e).

$$C_t = \text{Max} [VP_t * FE - \text{Marg Inv}_t - Inv_0; VP_t - Inv_0] \quad (e)$$

Con los valores generados en los nodos terminales se realiza el cálculo de los nodos intermedios mediante un análisis de inducción regresiva. La fórmula es la siguiente para cada nodo (ecuación f).

$$C_{t-1} = \text{Max} \left[ VP_t * FE - \text{Marg Inv}_t - Inv_0; \frac{C_{ut} * p + C_{dt} * (1-p)}{e^{rf * \Delta t}} \right] \quad (f)$$

El árbol de eventos para la opción de expansión se presenta a continuación en la tabla 7.

Tabla 7. Árbol de eventos con opción de expansión

t (años)	0	1	2	3	4	5
						2.934
					2.215,6	expandir
				1.664,9	expandir	1.627
			1.243,3	expandir	1.207,6	expandir
		920,9	expandir	887,6	expandir	849
	<b>674,9</b>	mantener	643,9	expandir	608,2	expandir
	mantener	458,7	expandir	425,4	expandir	387
		mantener	287,5	expandir	251,8	expandir
			expandir	150,6	expandir	112
				expandir	39,9	expandir
					expandir	-51
						no expandir

Fuente: elaboración propia.

### Opción de escogencia (choose)

Con este tipo de opción la empresa tendría la posibilidad de elegir entre dos estrategias: expandir sus operaciones o abandonar el proyecto en cualquier momento dentro de los próximos 5 años. La fórmula utilizada para el nodo terminal es la siguiente (ecuación g).

$$C_t = \text{Max} [C_t \text{ expansion}; C_t \text{ Abandono}] \quad (g)$$

Con los valores generados en los nodos terminales se realiza el cálculo de los nodos intermedios mediante un análisis de inducción regresiva. La fórmula para cada nodo es la siguiente (ecuación h).

$$C_{t-1} = \text{Max} \left[ C_{t-1} \text{ expansion}; C_{t-1} \text{ Abandono}; \frac{(C_{ut} * p + C_{dt} * (1-p))}{e^{rf * \Delta t}} \right] \quad (h)$$

Tabla 8. Árbol de eventos con opción de escogencia

t (años)	0	1	2	3	4	5
						2.934
					2.216	expandir
				1.665	expandir	1.627
			1.243	expandir	1.208	expandir
		925	expandir	888	expandir	849
	691	mantener	655	expandir	608	expandir
	mantener	492	mantener	453	expandir	387
		mantener	358	mantener	322	expandir
			mantener	290	mantener	290
				abandonar	290	abandonar
					abandonar	290
						abandonar

expandir
  abandonar
  mantener

Fuente: elaboración propia.

El árbol anterior (tabla 8) muestra diferentes eventos en los que la compañía puede decidir sobre el proyecto. Al cabo de 5 años tiene la opción de escoger el curso de sus operaciones mediante las anteriores opciones. En la parte superior del árbol la empresa puede elegir expandir (nodos de color verde), en la parte inferior del árbol puede decir vender el proyecto

(nodos de color naranja) o mantener las operaciones actuales de la empresa (nodos de color blanco).

## 5 Análisis de los resultados

En el caso de estudio, la puesta en marcha del agente de carga internacional valorado por el método DCF genera un NPV negativo de \$9,04 MM, lo que indica que el proyecto no es viable y que, por ende, no debería llevarse a cabo; sin embargo, al analizar el proyecto a través de opciones reales se considera que la empresa con la opción de escogencia debe expandir sus operaciones a partir del segundo año, donde su valor es de \$1.243 MM; pero si su decisión es mantener la puesta en marcha del proyecto, debe considerar su venta a partir del tercer año, donde el valor de las operaciones equivalen al valor de salvamento \$290 MM.

Para calcular el valor que la opción le agrega al proyecto se debe hallar la diferencia entre ambas decisiones; es decir, NPV estratégico menos NPV estático (ecuación i).

$$\text{Valor de la opción de escogencia} = 691 - (9,04) = 699,62 \quad (i)$$

De acuerdo con este análisis de resultados se deduce que la opción le agrega valor al proyecto.

## 6 Conclusiones

Entre las metodologías utilizadas para valorar proyectos de inversión se encuentra la de flujos de caja descontados (DCF) a través del criterio de NPV. Esta metodología presenta algunas limitaciones que son subsanadas en parte con la valoración de opciones reales; sin embargo, es importante tener en cuenta que si bien el análisis de opciones reales es un complemento, no sustituye el método tradicional. La valoración a través de opciones reales para aquellos proyectos de inversión que presentan alta incertidumbre puede generar mejores resultados porque incorpora la flexibilidad operativa y estratégica en la evaluación.

La valoración mediante la metodología de opciones reales de la puesta en marcha del proyecto de agente de carga internacional da la posibilidad de modificar el curso del proyecto a lo largo de la vida de este. Adicionalmente, permite considerar el realizar o llevar a cabo el

proyecto que, por criterio de NPV, es inviable; es decir, con opciones reales se le agrega un componente importante a la toma de decisiones de inversión.

Las opciones utilizadas en el caso objeto de estudio fueron las de abandonar, expandir y escogencia. El análisis de estas opciones permitió determinar que la empresa debe tener en cuenta la posibilidad de invertir para expandir sus operaciones y poner en funcionamiento este nuevo proyecto, que ofrece soluciones logísticas integrales y dinamiza las unidades de negocios de la empresa, en conjunto con el servicio de transporte internacional. Lo anterior posibilita la idea de que los gerentes tomen decisiones financieras sólidas y eficientes frente a los constantes cambios de la economía.

## 7 Referencias bibliográficas

- Arias, X. (2010). *Las opciones reales como herramienta de valoración de proyectos* [tesis de Maestría]. Universidad Andina Simón Bolívar, Quito. Disponible en <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/2726>
- Banco de la República (2019). *TES*. Recuperado de <http://www.banrep.gov.co/es/tes>
- Calle, A., y Tamayo, V. (2009). Decisiones de inversión a través de opciones reales. *Estudios Gerenciales*, 25(111), 107-126. Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-59232009000200006](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-59232009000200006)
- Contreras, H., y Muñoz, G. (2013). *Opciones reales, enfoque para las decisiones de inversión bajo alta incertidumbre*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Cox, J., Ross, S., & Rubinstein, M. (1979). Option pricing: A simplified approach. *Journal of Financial Economics*, 7(3), 229-263. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(79\)90015-1](https://doi.org/10.1016/0304-405X(79)90015-1)
- Damodaran (2019a). *Country default spreads and risk premiums*. Recuperado de [http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/ctryprem.html](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html)
- Damodaran. (2019b). *Standard deviations by sector (US)*. Recuperado de [http://people.stern.nyu.edu/adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/optvar.html](http://people.stern.nyu.edu/adamodar/New_Home_Page/datafile/optvar.html)

- Fernández, P. (agosto, 2008). *Valoración de opciones reales: dificultades, problemas y errores, DI-760*. IESE Business School, Universidad de Navarra. Doc. Recuperado de <https://media.iese.edu/research/pdfs/DI-0760.pdf>
- Kodukula, P., & Papudesu, C. (2006). *Project Valuation Using Real Options: A Practitioner's Guide*. Fort Lauderdale: Ross Publishing.
- Lamothe, P. (1993). *Opciones financieras: un enfoque fundamental*. Madrid: McGraw-Hill.
- Lamothe, P., y Méndez, M. (2013). *Opciones reales: Métodos de simulación y valoración*. Madrid: Ecobook.
- Manotas, D., y Manyoma, P. (2001). La evaluación de proyectos de inversión mediante opciones reales: aspectos conceptuales. Casos de estudio. *Ingeniería y competitividad*, 3(1), 7-18. <https://doi.org/10.25100/iyc.v3i1.2332>
- Mascareñas, J. (2010 [2003]). *Opciones Reales: Introducción* [monografía]. Universidad Complutense de Madrid, Madrid. <https://webs.ucm.es/info/jmas/mon/30.pdf>
- Mascareñas, J. (2007 [1999]). *Opciones reales en la valoración de proyectos de inversión* (monografía). Universidad Complutense de Madrid, Madrid. Disponible en <https://webs.ucm.es/info/jmas/mon/14.pdf>
- Mun, J. (2002). *Real Options Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investments and Decisions*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Myers, S. (1977). Determinants of corporate borrowing. *Journal of Financial Economics* 5(2), 147-175. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(77\)90015-0](https://doi.org/10.1016/0304-405X(77)90015-0)
- Pareja, J., Mejía, M., y Gallego, M. (2016). Evaluación mediante opciones reales de proyectos de inversión en el sector de distribución de combustibles. *Estocástica: Finanzas y Riesgo*, 6(2), 219-246. Recuperado de <http://estocastica.azc.uam.mx/index.php/re/article/view/18/17>
- Rogers, J. (2002). *Strategy, Value and Risk: The Real Options Approach*. Nueva York: Palgrave Macmillan.
- Trigeorgis, L. (1996). *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*. Londres: The MIT Press.

## 8 Anexos

### Anexo 1. Valoración del proyecto base a través de las tres metodologías

AÑO	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Flujo de caja operativo	0,00	-612,52	-405,22	-90,28	205,36	577,45
Flujo de caja de inversión	-231,95	173,76	-20,97	-40,63	-37,62	1.187,67
Flujo de caja del proyecto sin VT	-231,95	-438,77	-426,19	-130,91	167,74	577,45
Flujo de caja del proyecto con VT	-231,95	-438,77	-426,19	-130,91	167,74	1.765,11
Valor terminal (VT)						1.187,67
TIR	-13,83%	EA				
Flujo de caja de deuda	92,78	-25,20	-25,20	-25,20	-25,20	-25,20
Beneficio tributario	0,00	3,41	2,78	2,12	1,44	0,76
Flujo de caja de financiación	92,78	-21,78	-22,42	-23,07	-23,76	-24,44
Flujo de caja del accionista	-139,17	-460,55	-448,60	-153,99	143,99	1.740,68
Flujo de caja de capital	-231,95	-435,35	-423,41	-128,79	169,18	1.765,87
Flujo de caja de capital	-231,95	-435,35	-423,41	-128,79	169,18	1.765,87

### METODOLOGÍA WACC TRADICIONAL DCF

AÑO	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ku	14,12%	14,34%	14,12%	14,01%	13,90%	13,90%
Flujo de caja del proyecto sin VT	-231,95	-438,77	-426,19	-130,91	167,74	577,45
Valor terminal - VT						1.187,67
Valor presente (VP) de las operaciones	222,91	690,24	1.211,14	1.509,64	1.550,34	1.187,67
Wacc tradicional		12,8%	13,7%	13,8%	13,8%	13,9%
Kd (1-t%)		7,47%	7,58%	7,69%	7,80%	7,80%
D%		41,62%	11,29%	5,07%	2,85%	1,46%
Ke		16,62%	14,50%	14,17%	13,98%	13,94%
P%		58,38%	88,71%	94,93%	97,15%	98,54%
Saldo deuda	93	78	61	43	23	0
Saldo patrimonial	130,13	612,31	1.149,72	1.466,58	1.527,67	1.187,67
<b>VPN</b>	<b>-9,04</b>					



**METODOLOGÍA WACC AJUSTADO (wacc adjusted)**

<b>AÑO</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
Ku	14,12%	14,34%	14,12%	14,01%	13,90%	13,90%
Flujo de caja del proyecto sin VT	-231,95	-438,77	-426,19	-130,91	167,74	577,45
VT						1.187,67
Valor presente (VP) de las operaciones	222,91	690,24	1.211,14	1.509,64	1.550,34	1.187,67
Wacc ajustado		12,81%	13,72%	13,84%	13,81%	13,85%
<b>VPN</b>	<b>-9,04</b>					

**METODOLOGÍA Ku (FCC)**

<b>AÑO</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
Ku	14,12%	14,34%	14,12%	14,01%	13,90%	13,90%
Flujo de caja de capital sin VT	-231,95	-435,35	-423,41	-128,79	169,18	578,21
VT						1.187,67
Valor presente (VP) de las operaciones	222,91	690,24	1.211,14	1.509,64	1.550,34	1.187,67
Wacc ajustado		14,34%	14,12%	14,01%	13,90%	13,90%
<b>VPN</b>	<b>-9,04</b>					

## Anexo 2. Valoración del proyecto con expansión a través de las tres metodologías

AÑO	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Flujo de caja operativo	0,00	-588,21	-367,50	-7,41	320,11	728,61
Flujo de caja de inversión	-290,87	174,27	-18,59	-45,80	-41,67	0,00
Flujo de caja del proyecto sin VT	-290,87	-413,94	-386,09	-53,21	278,44	728,61
Flujo de caja del proyecto con VT	-290,87	-413,94	-386,09	-53,21	278,44	2.700,08
Valor terminal (VT)						1.971,47
TIR	-3,54% EA					
Flujo de caja de deuda	116,35	-31,60	-31,60	-31,60	-31,60	-31,60
Beneficio tributario	0,00	4,28	3,49	2,66	1,81	0,95
Flujo de caja de financiación	116,35	-27,32	-28,11	-28,94	-29,79	-30,65
Flujo de caja del accionista	-174,52	-441,25	-414,20	-82,15	248,65	2.669,43
Flujo de caja de capital	-290,87	-409,66	-382,60	-50,55	280,25	2.701,03
Flujo de caja de capital	-290,87	-409,66	-382,60	-50,55	280,25	2.701,03

### METODOLOGÍA WACC TRADICIONAL DCF

AÑO	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ku	14,12%	14,34%	14,12%	14,01%	13,90%	13,90%
Flujo de caja del proyecto sin VT	-290,87	-413,94	-386,09	-53,21	278,44	728,61
Valor terminal - VT						1.971,47
Valor presente (VP) de las operaciones	879,26	1.415,04	1.997,50	2.327,96	2.371,35	1.971,47
Wacc tradicional		13,9%	13,9%	13,9%	13,8%	13,9%
Kd (1-t%)		7,47%	7,58%	7,69%	7,80%	7,80%
D%		13,23%	6,91%	3,86%	2,32%	1,20%
Ke		14,83%	14,34%	14,13%	13,97%	13,94%
P%		86,77%	93,09%	96,14%	97,68%	98,80%
Saldo deuda	116	98	77	54	28	0
Saldo patrimonial	762,91	1.317,32	1.920,48	2.273,95	2.342,93	1.971,47
<b>VPN</b>	<b>588,39</b>					

### METODOLOGÍA WACC AJUSTADO (wacc adjusted)

AÑO	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ku	14,12%	14,34%	14,12%	14,01%	13,90%	13,90%
Flujo de caja del proyecto sin VT	-290,87	-413,94	-386,09	-53,21	278,44	728,61
VT						1.971,47
Valor presente (VP) de las operaciones	879,26	1.415,04	1.997,50	2.327,96	2.371,35	1.971,47
Wacc ajustado		13,86%	13,88%	13,88%	13,82%	13,86%
<b>VPN</b>	<b>588,39</b>					

**METODOLOGÍA Ku (FCC)**

<b>AÑO</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
Ku	14,12%	14,34%	14,12%	14,01%	13,90%	13,90%
Flujo de caja de capital sin VT	-290,87	-409,66	-382,60	-50,55	280,25	729,56
VT						1.971,47
Valor presente (VP) de las operaciones	879,26	1.415,04	1.997,50	2.327,96	2.371,35	1.971,47
Wacc ajustado		14,34%	14,12%	14,01%	13,90%	13,90%
<b>VPN</b>	<b>588,39</b>					