

# Aplicación de opciones reales en las telecomunicaciones: el caso de una red de banda ancha\*

Revista Soluciones de Postgrado EIA, Número 1. p.45-60. Medellín, enero de 2008

Diana María Cardona Londoño\*\* / Rafael Alberto Herrera Restrepo\*\*\*

\* Artículo basado en el trabajo de grado exigido como requisito para obtener el título de Especialista en Finanzas Corporativas, Escuela de Ingeniería de Antioquia, 2006. Director del proyecto: Santiago Giraldo Escobar.

\*\* Economista. Magíster en Economía, Especialista en Finanzas Corporativas, EIA. [dmcardona@isa.com.co](mailto:dmcardona@isa.com.co)

\*\*\* Ingeniero Electrónico, Especialista en Finanzas Corporativas, EIA. [raherrera@orbitel.com.co](mailto:raherrera@orbitel.com.co).

## APLICACIÓN DE OPCIONES REALES EN LAS TELECOMUNICACIONES: EL CASO DE UNA RED DE BANDA ANCHA

Diana María Cardona Londoño / Rafael Alberto Herrera Restrepo

### **Resumen**

Determinar la viabilidad financiera de construcción de una red de banda ancha en una ciudad intermedia en Colombia como Armenia implica elaborar un modelo financiero que estime los flujos de caja libre esperados del proyecto. Sin embargo, el cálculo del valor presente neto de estos flujos no es herramienta suficiente para determinar la viabilidad de tal proyecto. Aparece entonces la metodología de opciones reales como una alternativa que ofrece una mayor flexibilidad en la valoración y que toma en cuenta la incertidumbre inherente a este tipo de decisiones, en donde las estrategias inicialmente planteadas pueden abandonarse, reorientarse o cambiar completamente.

**Palabras Clave:** incertidumbre, riesgo, valor presente neto, opción real, valoración.

### **Abstract**

Determining the financial viability to build a broadband network in a medium size Colombian city such as Armenia requires a financial model that can estimate the free cash flow for this project. However, calculating the net present value with such a model is not enough to determine the project viability. Therefore, the methodology of real options appears as an alternative that offers more flexibility in the valuation and takes into consideration the uncertainty that comes with these types of decisions where the strategies initially planned can be abandoned, reoriented or completely changed.

**Key Words:** uncertainty, risk, net present value, real option, valuation.

# Aplicación de opciones reales en las telecomunicaciones: el caso de una red de banda ancha

Diana María Cardona Londoño / Rafael Alberto Herrera Restrepo

Revista Soluciones de Postgrado EIA, Número 1. p.45-60. Medellín, enero de 2008

## Introducción

Dada la importancia que el sector de las telecomunicaciones tiene para el crecimiento económico de un país y los grandes cambios tecnológicos sucedidos en los últimos años, el desarrollo de la banda ancha se ha convertido en un objetivo de la mayoría de los gobiernos de los países en desarrollo Colombia no es la excepción.

La experiencia indica que la implementación y uso masivo de esta tecnología requiere esfuerzos no solo desde el punto de vista de la demanda, sino también desde la oferta; los objetivos de este trabajo apuntan al desarrollo de esta última, ya que parte del rezago en que se encuentra Colombia en la penetración de internet y banda ancha respecto a países similares tiene que ver con el hecho de que las inversiones en este tipo de servicios, además de requerir altos montos de capital, están sujetas a un alto grado de incertidumbre y de riesgo que lleva a que los potenciales inversionistas posterguen o no lleven a cabo grandes proyectos en este sector.

El objetivo de este trabajo es determinar la viabilidad de implementar una red de banda ancha en la ciudad de Armenia, teniendo en la cuenta los retornos no solo de los servicios que inicialmente se prestan por medio de esta tecnología, sino también las posibilidades que representa la opción de poder prestar otro tipo de servicios como televisión por demanda, en el futuro.

Para el desarrollo de este objetivo se comenzará describiendo las generalidades de la banda ancha, los servicios que puede prestar y su estado actual de desarrollo en el país. Después se construirá el modelo financiero y se evaluará por la metodología tradicional de Flujo de Caja Libre Descontado (FCLD).

Por último y después de desarrollar teóricamente el concepto de opciones reales, se valorará la alternativa de prestar en el futuro el servicio de televisión por demanda, con lo cual se podrá establecer si es viable, desde el punto de vista financiero, la construcción de una red de banda ancha en una ciudad intermedia colombiana como Armenia.

## Antecedentes

Los servicios prestados con la banda ancha pueden considerarse novedosos en Colombia, pues su penetración es aún incipiente e incluso todavía no se tiene conciencia del potencial de servicios que ofrece y ofrecerá esta tecnología en el futuro. Esta incertidumbre lleva a que los inversionistas sean muy cautos a la hora de considerar la posibilidad de colocar su capital en este tipo de proyectos, porque involucra un componente de alto riesgo.

Valorar proyectos como éstos exige estar atentos a las posibilidades de generar ingresos con la oferta de nuevos servicios para el usuario final, debido a que las posibilidades de explotación no se limitan solo a los servicios que inicialmente se ofrezcan.

Sin embargo, la posibilidad de tener éxito ofreciendo nuevos servicios es incierta y por ello existe la posibilidad de hacer la inversión por etapas, esperando el momento indicado para entrar en nuevos mercados. De esta forma, las pérdidas serán limitadas, pues el inversionista no tiene que realizar una gran apuesta desde el principio (Courtney, 2001).

La metodología tradicional de valoración de proyectos por medio del Flujo de Caja Libre Descontado no parece ser suficiente, pues la tecnología en telecomunicaciones, al ser tan dinámica y cambiante,

requiere contar con herramientas que permitan tomar decisiones empresariales, plantear estrategias en el tiempo, anticiparse al futuro y conocer con alguna certeza el momento oportuno para entrar, salir o ampliar un proyecto.

El reto que se le presenta a una compañía que esté considerando la posibilidad de invertir en una red de banda ancha en una ciudad en donde aún no existe esta tecnología es elaborar una estrategia de entrada a un mercado altamente incierto y riesgoso, en el que la importancia de ser el primero es vital, pero a su vez si se comete un error en esta estrategia, significará pérdidas cuantiosas de todo tipo de recursos para el inversionista. "Las opciones reales dan a las compañías la flexibilidad y las posiciones preferenciales necesarias para volver a optimizar sus estrategias a medida que evoluciona el ambiente de negocios. Permiten construir sobre las inversiones existentes (reinvertir), reorientar la estrategia (desinvertir) o lanzar estrategias totalmente nuevas (invertir). Al proceder de esta manera, crean el perfil asimétrico de utilidades, característico de las opciones financieras" (Courtney, 2001).

Al final de este trabajo se podrá concluir si la inversión en una red de banda ancha en una ciudad intermedia en Colombia<sup>1</sup> es viable financieramente. Es probable que la evaluación inicial con Flujo de

1 Las ciudades principales en Colombia ya cuentan con redes de este tipo instaladas, lo cual hace que sea económicamente ineficiente la instalación de una red adicional.

Caja Descontado arroje un valor negativo o muy bajo, pues el monto de la inversión es considerable. Pero los resultados pueden cambiar cuando el análisis cuantifique los beneficios de poseer una opción de expansión, ya que ésta “confiere el derecho, mas no la obligación de ampliar las operaciones actuales para unos nuevos productos en el mercado, esto le permite a la compañía desarrollar destrezas, disminuir costos y aprender más sobre la rentabilidad del mercado, antes de lanzarse a ejercer la opción” (Courtney, 2001). De esta forma es probable que el proyecto cumpla con las expectativas de las empresas que ofrecen servicios de telecomunicaciones en la actualidad y aún no se arriesgan a invertir.

Por otro lado, el uso de esta metodología para evaluar proyectos de infraestructura en Colombia, concretamente en la industria de telecomunicaciones, puede llevar a que los inversionistas vean más atractivo invertir en este sector, pues el alto nivel de riesgo que implica debe ser premiado con una mayor rentabilidad y el análisis tradicional puede subvalorar el proyecto al no considerar el valor futuro de las diferentes opciones, generando así señales equivocadas respecto a su verdadera viabilidad.

Desde el punto de vista académico, el trabajo también presenta un análisis interesante, ya que explora un campo de las finanzas que apenas se empieza a trabajar en Colombia, pero que se constituye en una opción para que las empresas

comiencen a valorar sus proyectos y sus compañías de una manera mas completa e integral, sobre todo proyectos en los cuales existe una alta incertidumbre y, por tanto, un nivel alto de riesgo.

## Generalidades de una red de banda ancha

No existe una única definición en cuanto al significado de una red de banda ancha, pues ella depende en gran parte del grado de desarrollo de las tecnologías en los diferentes países. Dada esta situación, se adoptará la definición que desarrolló el Ministerio de Comunicaciones de Colombia.

“Banda ancha: Técnica de transmisión que mediante el uso de tecnologías digitales permite la telecomunicación, entre otras, de voz, sonidos, datos, imágenes y video por un mismo canal, con velocidades que garanticen la calidad del servicio y que proporcionen la integración de facilidades de telecomunicación y el acceso a la información. Esta definición no desconoce que el objetivo inmediato debe procurar conexiones superiores a 128 kbps”. (Ministerio de Comunicaciones de Colombia, 2005).

El grado de desarrollo de la banda ancha en un país está directamente relacionado con la penetración de internet. Según datos de la Comisión de Regulación de Telecomunicaciones de Colombia (CRT) a junio de 2004, la penetración de internet en Colombia era del 7,9%, con 818.853

suscriptores y 3.585.686 usuarios, de los cuales 547.133 son usuarios de banda ancha, que equivale a una penetración del 1,2%, lo cual está muy alejado de países como Brasil, Argentina y Chile.

La tecnología DSL (Línea del Subscriptor Digital), que es la analizada en este trabajo, es prestada por un número limitado de operadores en el país; además se concentra en unas pocas ciudades, lo que profundiza la brecha digital existente en algunas zonas. Este problema se agrava si se tiene en cuenta que no hay desarrollo en las tecnologías de información, porque no existe la infraestructura, pero no existe infraestructura porque no hay desarrollo de internet y banda ancha, lo cual hace necesario que se rompa este círculo vicioso para lograr igualar las tasas de penetración por lo menos a la de otros países de la región.

Según algunos estudios (Pyramid Research, 2003), la zona oriental del país presenta la mayor deficiencia en infraestructura, debido a la baja demanda de servicios de telecomunicaciones, prestando únicamente las telecomunicaciones básicas. Sin embargo, hay que considerar que en el país existe una infraestructura de red troncal suficiente que permite la prestación de servicios de banda ancha y que la capacidad instalada llega a un 70%; por tanto, el desarrollo de este mercado en el país puede ser cuestión de tiempo.

En la actualidad los costos de los equipos involucrados en el sistema son muy altos,

lo que hace aún inviable su implementación, pero hay una alta probabilidad de que estos equipos bajen su precio en el futuro y, por consiguiente, se pueda ofrecer el servicio por los operadores de telecomunicaciones agregándoles valor a sus portafolios.

## Metodología

### Valoración por Flujo de Caja Libre Descontado

Consiste en valorar un proyecto de inversión descontando sus flujos de caja futuros a una tasa de inversión requerida, menos la inversión inicial. La regla es que un proyecto se acepta cuando arroja un valor presente de estos flujos de caja positivo, pues significa que estaría rentando a una tasa mayor de la requerida. El VPN (Valor Presente Neto) se calcula de la siguiente forma:

$$VPN = \sum_{j=1}^n \frac{FCL_j}{(1+k)^j}$$

Donde:

FCL= Flujo de Caja Libre. Puede llegarse a él de varias maneras, una de las más utilizadas parte de la utilidad operativa, así:

- Utilidad operativa
- Impuestos aplicados
- = Utilidad operativa después de impuestos
- + Depreciaciones y amortizaciones
- = Flujo de caja bruto
- Incremento en capital de trabajo
- Inversión en activos fijos
- = Flujo de caja libre.

K= Costo de Capital, es la rentabilidad mínima que deben producir los activos de una empresa. Se calcula como el costo promedio ponderado de la deuda financiera y el patrimonio.

En el lenguaje financiero, esta tasa es conocida como WACC (*Weighted Average Cost of Capital*) y es el promedio del costo de la deuda después de impuestos y del costo del patrimonio ponderado con base en la estructura de capital de la empresa. Para efectos de este trabajo supondremos que el proyecto se financia todo con recursos propios sin recurrir al endeudamiento, por tanto, el WACC en este caso corresponderá solo al costo del patrimonio.

El método más utilizado para calcular el costo del patrimonio es el del CAPM (*Capital Asset Pricing Model*), el cual se puede expresar de la siguiente forma:

$$R_e = R_f + \beta * (R_M - R_f)$$

↑ **Prima Riesgo de Mercado**  
↓  
↓ **Beta que mide el riesgo relativo**  
↓ **Retorno esperado del patrimonio**

Aplicándolo al proyecto objeto de este análisis, se tiene que:

$$Rf_{Colombia} = Rf_{USA} + Riesgo_{Colombia}$$

Rf<sub>USA</sub> = Bonos del Tesoro a 10 años

Riesgo<sub>Colombia</sub> = EMBI plus

β es la medida de cómo el retorno de un activo se espera que cambie en relación con el mercado en general. En este caso se tomó la beta promedio de empresas norteamericanas que prestan servicios de telecomunicaciones.

Prima de riesgo de mercado es la diferencia entre el retorno del mercado y la tasa libre de riesgo. En este caso se utilizó el dato que Damodarán publica en su página web ([www.damodaran.com](http://www.damodaran.com), marzo de 2005).

De otro lado, al CAPM se le adicionó una variación que consistió en agregar una prima por tamaño de la empresa, ya que se considera que las empresas con tamaño pequeño como la de este análisis presentan un riesgo adicional; Ibbotson publica una lista de primas según el tamaño de la empresa. Los cálculos se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1.** Lista de primas Ibbotson

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Riesgo país (Colombia)	2.71%	2.71%	2.71%	2.71%	2.71%	2.71%	2.71%	2.71%	2.71%	2.71%
Tasa libre de riesgo EE. UU.	4.50%	4.50%	4.50%	4.50%	4.50%	4.50%	4.50%	4.50%	4.50%	4.50%
Premio del mercado en EE. UU.	4.08%	4.08%	4.08%	4.08%	4.08%	4.08%	4.08%	4.08%	4.08%	4.08%
Beta desapalancada	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24
Prima por tamaño de la empresa	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%
Costo del patrimonio sin deuda (desapalancado) (US\$)	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%
Costo del patrimonio sin deuda (desapalancado) (COP\$)	16.96%	16.84%	16.84%	16.62%	16.28%	16.28%	16.28%	16.28%	16.28%	16.28%

Para hallar el valor presente del proyecto es necesario descontar los flujos de caja a la tasa ya encontrada. Para ello se supuso que en Armenia se prestará el servicio en el segmento corporativo y en el segmento hogares desde el estrato 3 hacia adelante, ya que al no ser la banda ancha un bien básico, es poco probable que sea incluido dentro de las compras de un hogar de estrato 1 ó 2. Se supuso que los servicios que se prestarán con la banda ancha serán telefonía local e internet a una velocidad de 128 kbps; existe la opción real de contar en el futuro con el servicio de televisión por demanda si el mercado así lo requiere.

También, se supuso que para el tercer año se capta el total de clientes objetivo, los cuales fueron estimados partiendo de la información del DANE para el total de empresas y de hogares en cada estrato. Luego se determinó por medio de estudios<sup>2</sup> la intención de compra de cada segmento y la participación esperada de la empresa en este mercado en Armenia. Lo anterior se ilustra en la tabla 2.

Para proyectar el número de clientes a partir del tercer año se supuso que cada año se presenta un crecimiento vegetativo del 3% en el número de clientes. En cuanto a las tarifas, se establecieron con base en precios de mercado de las empresas de telecomunicaciones que prestan los servicios de internet y telefonía en forma empaquetada en algunas ciudades. Para la proyección se tuvo en cuenta una erosión anual del 5%, la cual es consistente con el comportamiento histórico del mercado de telecomunicaciones.

También, con base en conocimientos técnicos y financieros del negocio, se proyectaron los siguientes costos y gastos: administrativos, de mercadeo, impuestos, depreciaciones de las inversiones en activos, costos de operación y mantenimiento de las redes. De igual manera se estimó el costo de las inversiones necesarias para llevar a cabo el proyecto. La información anterior se construyó con el apoyo de estudios y de charlas sostenidas con expertos en el tema de la empresa Orbitel.

**Tabla 2.** Proyección de la demanda de banda ancha

	Corporativo	Hogares (4, 5 y 6)	Hogares (3)
Universo total (DANE)	6.697	24.283	30.120
Intención de compra	50%	49%	40%
Mercado potencial	3.349	11.989	12.048
Participación esperada	30%	40%	30%
Número de clientes esperados año 3	1.005	4.796	3.614
Local (consumo minutos promedio mes)	3.000	1.200	1.000

2 Estudio interno de penetración de tecnologías de banda ancha realizado por la empresa Orbitel, 2005.

El Flujo de Caja Libre del proyecto y su valor, que se obtiene descontando los flujos al costo de patrimonio, se presentan en la tabla 3.

**Tabla 3.** Flujo de Caja Libre del proyecto

Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	
Estado de flujo de Efectivo												
Ingresos (Millones COP)		2.034	6.198	10.132	11.710	11.928	12.266	12.614	12.972	13.339	13.718	
Costos variables (Millones COP)		498	1.491	2.504	2.959	3.030	3.106	3.183	3.263	3.346	3.431	
% de los ingresos		24%	24%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	
Gastos fijos (Millones COP)		2.265	3.093	3.504	3.266	3.345	3.446	3.558	3.677	3.802	3.939	
% de los ingresos		111%	50%	35%	28%	28%	28%	28%	28%	28%	29%	
EBIT		-1.594	401	2.582	3.695	3.485	3.431	3.335	3.709	4.205	4.451	
Depreciaciones		866	1.213	1.543	1.790	2.068	2.283	2.538	2.322	1.986	1.906	
EBITDA		-728	1.614	4.124	5.485	5.553	5.714	5.873	6.031	6.192	6.357	
Flujo de caja libre		-6.211	-4.052	-472	1.948	2.703	3.161	3.447	3.960	4.397	4.256	4.663
Flujo de caja libre descontado a año 0		-3.465	-345	1.221	1.461	1.487	1.394	1.378	1.315	1.095	1.032	
Valor del proyecto en el año 0		6.573										

El resultado de la valoración del proyecto, tal como muestra la tabla 3, es de 6.573 millones de pesos. Al restarle la inversión inicial se tiene el siguiente resultado:

$$\text{VPN} = \text{VP flujos de caja} - \text{inversión inicial} = 6.573 - 6.211 = 362$$

En esta primera aproximación en la valoración de este proyecto las variables de entrada precio, participación de mercado y costo de algunas inversiones (variables que por su naturaleza estocástica incrementan el riesgo del proyecto) se supusieron fijas, es decir, no se consideró la aleatoriedad a la que están sujetas y que puede cambiar sustancialmente los resultados de la evaluación financiera. El VPN no admite flexibilidad, pues existen muchos caminos que puede seguir el Flujo de Caja Libre, pero sólo uno de ellos se toma en cuenta al trabajar con esta metodología.

## Opciones sobre activos reales

Una opción financiera es un derecho y no una obligación que tiene su tenedor para comprar o vender un activo (activo subyacente) a un precio preestablecido (precio de ejercicio), antes o en el momento de vencimiento de la opción.

En un contrato de opciones debe especificarse: el activo o bien subyacente, el precio del subyacente, el precio de ejercicio al que se puede ejercer la opción y el tiempo de vencimiento.

Existen opciones americanas y opciones europeas, la diferencia radica en que las primeras pueden ser ejercidas en cualquier momento antes de su vencimiento, mientras las segundas sólo pueden ser ejercidas en la fecha de vencimiento. Las opciones americanas por ser más flexibles son más costosas y más difíciles de valorar.

Las opciones reales son una extensión de las opciones financieras a las opciones sobre activos reales, éstas son como un medio para valorar proyectos que están sujetos a un componente alto de incertidumbre. El método de opciones reales es mucho más que una herramienta, pues es un enfoque estratégico que ayuda a los directivos a tomar decisiones en un entorno incierto.

En general, existen tres tipos de opciones reales: las opciones de crecimiento otorgan el derecho de ampliar el proyecto actual incrementando el tamaño de la producción existente o incursionando en nuevos mercados; las opciones de protección o abandono otorgan el derecho a reducir o cerrar operaciones en el futuro. Por último están las opciones de aprendizaje que le permiten a la compañía aplazar la decisión de entrar a un mercado para el momento en que cuente con mayor información o mayor conocimiento de él.

La presencia de opciones reales en una inversión debe generar ventajas competitivas a su poseedor y debe conservar la flexibilidad al permitir tomar en la marcha. Un mismo proyecto puede tener más de un tipo de opción real; para efectos de este artículo, se desarrollará la opción de crecimiento, pues la idea es que la construcción de una red de banda ancha otorgue la posibilidad futura de ofrecer productos diferentes a los inicialmente prestados (Courtney, 2001).

En la tabla 4 se presentan las variables que deben especificarse en un contrato sobre opciones financieras, con su correspondiente equivalencia en el caso de las opciones reales.

**Tabla 4.** Adaptación de variables de opciones financieras a opciones reales

OPCIONES FINANCIERAS	OPCIONES REALES
Precio de la acción	Valor de los activos
Precio de ejercicio	Inversión necesaria para adquirir el activo
Tiempo de vencimiento	Tiempo transcurrido para ejercer la opción
Valor del dinero en el tiempo	Tasa libre de riesgo
Varianza de los rendimientos	Riesgo del activo subyacente

## Valoración de la opción: árboles binomiales

Existen varias metodologías para valorar opciones financieras, una de ellas es el modelo de Black Scholes, el cual se fundamenta en el supuesto de que el precio de las acciones sigue un curso aleatorio, es decir, que para un período corto de tiempo sigue una distribución normal. En la práctica este método no es muy utilizado para valorar opciones reales, principalmente por dos razones: en primer lugar, la fortaleza del método radica en la valoración de opciones de tipo europeo y las opciones reales son de tipo americano y en segundo lugar existe el método binomial que es más

sencillo, no sólo porque se puede generar de forma numérica con ayuda de un computador, sino también porque es más accesible para el tipo de público que no cuenta con un conocimiento financiero muy especializado.

Considerando estas premisas, en este trabajo se valorará la opción real con el método de árboles binomiales, creado por Cox, Ross y Rubinstein y el más utilizado para valorar opciones reales ya que además de utilizar matemáticas muy sencillas, es muy intuitivo (Copeland, 2003).

## Determinación de la volatilidad de los flujos: simulación de Monte Carlo

La prueba de Samuelson (Copeland, 2003) demostró que, aunque los flujos de caja de un proyecto estén afectados por un conjunto complejo de variables inciertas, éstas pueden reducirse a una sola incertidumbre, la variabilidad en el valor del proyecto que sigue un comportamiento estadístico normal. Esto implica que la simulación de Monte Carlo es un instrumento útil para calcular la volatilidad del proyecto.

Para estimar la volatilidad del proyecto se usó el modelo ya presentado en la evaluación por VPN, adicionándole una distribución de probabilidad a las variables de entrada más importantes, con la ayuda del programa *Crystal Ball* y con el objetivo de encontrar la distribución de

probabilidad para la variable de salida, que en este caso es el valor del proyecto. Siguiendo a Copeland, se determinó la volatilidad del proyecto como la desviación estándar de la tasa de crecimiento del valor presente del proyecto entre el momento cero y el momento uno. Esta volatilidad será usada más adelante para construir el árbol de eventos.

Se escogieron las variables que mayor variación han presentado en el mercado de telecomunicaciones en los últimos años y que a su vez determinan de manera importante los resultados del modelo. Estas variables fueron precios, participación de mercado, inversión en equipos para el usuario final y costos del bucle de abonado. Estos últimos se refieren al valor mensual que podría cobrar un operador de telefonía local en la ciudad de Armenia al operador de banda ancha para utilizar su infraestructura de cobre, posibilitando la prestación del servicio al usuario final.

Para realizar la simulación de Monte Carlo con estas variables fue necesario definir una distribución de probabilidad para cada una de ellas, tomando en cuenta la opinión de expertos en el tema sobre la desviación que pueden presentar, respecto al valor que se determinó inicialmente. Después de correr 1.000 simulaciones, la volatilidad de la tasa de crecimiento del valor presente del proyecto entre el año 0 y el año 1 fue de 15,83%, dato que se utilizará en la construcción del árbol de eventos.

Con la información calculada hasta el momento se puede iniciar la construcción del árbol de eventos para lo que es necesario definir algunos parámetros que se utilizan en el procedimiento, como los que se indican enseguida.

*Tasa libre de riesgo (rf).* Se debe utilizar la tasa libre de riesgo de mercado del país donde se hace el análisis del proyecto; para este caso se utilizó un promedio aritmético de las tasas de referencia de los TES a un año desde el 12 de abril de 2005 hasta el 10 de marzo de 2006 en Colombia.

*Intervalos de tiempo ( $\delta t$ ).* Se acepta que en 2 años el mercado debe estar desarrollado para ejercer o no la opción de ampliación, esto significa que son dos periodos cada uno de un año para la

evaluación de la opción, pero para tener más exactitud en los resultados de la valoración se decidió tomar 8 subperiodos cada uno de un trimestre, esto es,  $\delta t = \frac{1}{4}$ .

Para determinar los movimientos del árbol hacia arriba y hacia abajo se deben calcular  $u$  y  $d$ , respectivamente. Su forma de cálculo proviene de Cox, Ross y Rubinstein (1974).

$$u = e^{\delta t \sigma} \quad \sigma = 0,0824$$

$$d = e^{-\delta t \sigma} \quad \sigma = 0,92$$

Con estos valores y tomando en cuenta la metodología desarrollada por Copeland para construir árboles de eventos en MS Excel, se obtuvo el árbol de la tabla 5.

**Tabla 5.** Arbol de valoración

Período	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	6,573	7,114	7,700	8,335	9,021	9,765	10,569	11,439	12,382
1		6,373	6,573	7,114	7,700	8,335	9,021	9,765	10,569
2			5,611	6,073	6,573	7,114	7,700	8,335	9,021
3				5,184	5,611	6,073	6,573	7,114	7,700
4					4,789	5,184	5,611	6,073	6,573
5						4,425	4,789	5,184	5,611
6							4,088	4,425	4,789
7								3,777	4,088
8									3,489

Para continuar con el proceso de valoración de la opción real es necesario definir cuál va a ser el monto de la inversión incremental que se debe realizar en caso de que se quiera ejercer la opción real en un periodo menor o igual a dos años, que es el tiempo en el que se ha estimado puede tener valor dicha opción.

Para definir esta inversión se recurrió a datos de proveedores que actualmente poseen la tecnología de televisión por demanda, pero que aún tienen precios muy elevados. Para hacer una proyección a dos años de dicha inversión se estimó el valor de los activos como el valor actual suministrado por los proveedores erosionándolo a una tasa del 25% anual<sup>3</sup>. El valor resultante de la inversión fue de \$1.200 millones corrientes.

Adicionalmente se hizo el siguiente supuesto: si al proyecto se le adiciona un servicio como el de televisión por demanda, es posible aumentar el ARPU (*Average Revenue Per User*) en un 25%. Este dato está sustentado en el hecho de que la participación de los ingresos de televisión por demanda dentro del total de ingresos de los operadores de telecomunicaciones en Colombia, que prestan servicios integrados de telefonía, televisión e *internet* con otras tecnologías diferentes a la tecnología analizada en este trabajo, supera el 25%.

Dado este supuesto y teniendo en cuenta que este servicio mantiene el mismo margen de utilidad del proyecto original, se supuso que el valor presente del proyecto al ejercer la opción se incrementaría también en un 25%, dato que es necesario al igual que la inversión incremental para la valoración de la opción.

El procedimiento que se utilizó en este trabajo se basa en el método presentado por Copeland (2003) en su libro *Real Options*, en donde se comienza por analizar el árbol desde los nodos finales, en este caso en el octavo periodo, para tomar la decisión óptima en cada nodo.

El árbol que se presentó tiene en cada nodo el valor del proyecto en el caso de no ejercer la opción. El método toma la cantidad mayor entre el valor del proyecto y el valor del proyecto multiplicado por un 25% menos la inversión incremental (\$1.200 millones) en cada uno de los nodos del octavo periodo.

Para devolverse en el árbol es necesario utilizar el método del portafolio replicante, lo cual hizo necesario encontrar la probabilidad  $p$  y  $q$  de que los flujos asciendan o desciendan en el tiempo, las cuales arrojan el siguiente resultado:

$$p = ((1 + Rc) - d) / (u - d) = 0,888$$

$$d = 1 - p = 0,112$$

3 Dato típico de la infraestructura en la industria de Telecomunicaciones.

Utilizando las probabilidades y la tasa libre de riesgo es posible encontrar el valor ubicado en el nodo antepuesto, lo que permite evaluar en dicho nodo de nuevo la cantidad mayor entre el valor del proyecto y el valor del proyecto multiplicado por 25% menos \$1.200 millones. De esa manera se recorre todo el árbol hasta llegar al nodo inicial en el momento cero. El árbol de valoración se muestra en la tabla 6:

**Tabla 6.** Árbol de valoración

Período	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	899	988	1.085	1.192	1.309	1.437	1.576	1.729	1.895
1		731	807	890	981	1.081	1.191	1.311	1.442
2			569	632	702	778	862	954	1.055
3				412	463	519	581	650	725
4					260	298	341	390	443
5						116	139	168	203
6							0	0	0
7								0	0
8									0

En los nodos donde el valor sea igual a cero, significa que no se ejerce la opción y, por lo tanto, su valor es cero.

Al comienzo del árbol se obtiene el valor de la opción, que para este caso fue de \$899 millones.

Por tanto, reuniendo los resultados de la primera parte se tiene que:

Evaluación sin tomar en cuenta la opción real:

$$VPN = VP \text{ flujos de caja} - \text{inversión inicial} = 6.573 - 6.211 = 362$$

Evaluación tomando en cuenta la opción real:

$VPN = VP \text{ flujos de caja} + \text{Valor de la opción} - \text{Inversión inicial}$

$$VPN = 6.573 + 899 - 6.211 = 1.261$$

Puede apreciarse como, en el segundo caso, el VPN es positivo pero muy cercano a cero, lo que desde el punto de vista financiero se puede considerar como indiferente. Sin embargo, al adicionar a la evaluación la opción real, se observa como el valor del proyecto cambia radicalmente convirtiéndose en un proyecto más atractivo para el inversionista. Es por esto por lo que si la evaluación financiera se quedara en el primer paso, el proyecto estaría subvalorado al no captar los beneficios que otorgan las opciones que ofrece el mundo real.

## Conclusiones y recomendaciones

- El método de opciones reales no es solo una técnica financiera, lo interesante en ella es que puede ser una guía para el direccionamiento estratégico de la empresa, pues permite esperar el momento en que se cuente con mayor información en el mercado para tomar las decisiones, sin realizar desde el principio grandes inversiones que implican un mayor grado de riesgo de pérdidas.
- El método de las opciones reales es una herramienta que puede cambiar de manera importante los resultados de un proyecto, ya que toma en cuenta las posibilidades futuras que un inversionista puede tomar para modificar su inversión. Este trabajo muestra un ejemplo de un proyecto que pasa de la indiferencia a la viabilidad financiera solo por evaluar la opción real que posee.
- El grado de competencia que se observa en la actualidad en algunos sectores económicos incrementa los grados de riesgo de las inversiones; una empresa puede ser más competitiva en el mercado en el que opera si utiliza las herramientas financieras adecuadas para cuantificar los niveles de incertidumbre.
- A lo largo del desarrollo de este trabajo, se han identificado situaciones que se dan en la práctica y que, aunque no fueron objeto de estudio aquí, son evidencias de utilidad de las opciones reales. Ejemplo de ello son:
  - La decisión del momento en el cual se debe entrar a operar en un mercado en el que previamente se adquirió una licencia.
  - La compra por parte de grandes compañías de empresas más pequeñas, en lugar de operar en mercados de alta incertidumbre. En este caso las grandes compañías al comprar las empresas están pagando la opción de ampliación futura en el caso de que tales mercados se vuelvan más atractivos.
  - Invertir en infraestructura por un valor mayor a su costo económico (precio en condiciones normales + prima), para poder contar con la posibilidad futura de devolver esta infraestructura en el caso en que las condiciones del mercado no sean las óptimas para realizar la inversión.
- A mayor riesgo implícito en un proyecto, es decir, mayor desviación estándar, mayor es el valor de las opciones reales, ya que existe la expectativa de obtener grandes ganancias. Esto puede cambiar los patrones tradicionales en las deci-

siones de inversión, puesto que las empresas pueden interesarse en negocios más riesgosos, que son los que arrojan un mayor valor.

- En coyunturas de inestabilidad macroeconómica es importante

contar con la herramienta de las opciones reales, porque en esos momentos cobra valor la opción de esperar a que las condiciones estén más claras para que el inversionista decida llevar a cabo su proyecto.

## Bibliografía

- Comisión de Regulación de Telecomunicaciones en Colombia. Promoción y masificación de la banda ancha en Colombia, versión II. 2005. [www.crt.gov.co](http://www.crt.gov.co) [octubre 2005].
- Comisión de Regulación de telecomunicaciones en Colombia. Propuesta de atribución, asignación y valoración de la banda de 3.5 GHz. 2005. [www.crt.gov.co](http://www.crt.gov.co) [octubre, 2005].
- COPELAND, Tom; Antikarov, Vladimir. Real options: a practitioner's guide. Nueva York: Texere, 2003. 315 p.
- COURTNEY, Hugh. Previsión 20/20: estrategias para el manejo de la incertidumbre en la administración de negocios. Bogotá: Norma, 2002. 339 p.
- COX, John, Ross, Stephen and Rubinstein, Mark. (1974). Options pricing: A simplified approach. En: *Journal of Financial Economics*, 7, 1974.
- HULL, John. Introducción a los mercados de futuros y opciones. México: Pearson, 2002. 576 p.
- MASCAREÑAS, Juan. El método binomial de valoración de opciones. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, versión de enero de 1994. <http://www.ucm.es/info/jmas/temas/binomial.pdf>
- MUN, Johnathan. Modeling risk: Applying Monte Carlo simulation, real options analysis, forecasting, and optimization techniques. New York: Wiley, 2006. 605 p.