

# Valoración por medio de opciones reales del proyecto Hidrosogamoso de la compañía ISAGÉN

Revista Soluciones de Postgrado EIA, Número 6, pp. 159-174. Medellín, diciembre de 2010

Rafael Ignacio Correa Gutiérrez\* y Felipe Santiago Martínez Correa\*\*

\* Ingeniero Administrador y Especialista en Finanzas de la Escuela de Ingeniería de Antioquia. Trader de Renta Variable de Productos Especiales. Valores Bancolombia S.A. Comisionista de Bolsa. rafcorre@valoresbancolombia.com

\*\* Administrador de Negocios de la Universidad Eafit y Especialista en Finanzas de la Escuela de Ingeniería de Antioquia. Contratista de Adquisiciones Patrimonio Natural Fondo Para la Biodiversidad y Áreas Protegidas. fmartinez@patrimonionatural.org.co

## VALORACIÓN POR MEDIO DE OPCIONES REALES DEL PROYECTO HIDROSOGAMOSO DE LA COMPAÑÍA ISAGÉN

Rafael Ignacio Correa Gutiérrez y Felipe Santiago Martínez Correa

### **Resumen**

La teoría de las Opciones Reales trata de aplicar la metodología de las Opciones financieras a la valoración de inversiones productivas o empresariales y, aunque todavía el desarrollo de este método es incipiente, se le puede catalogar como una gran herramienta para la toma de decisiones gerenciales.

Para valorar y seleccionar inversiones, el método universalmente más aceptado es el del Flujo de Caja Libre Descontado o Valor Actualizado Neto (VAN). Sin embargo, todo proyecto de inversión empresarial entraña algún grado de incertidumbre y cierto margen de flexibilidad, y precisamente las Opciones Reales se emplean para evaluar la viabilidad financiera de planes estratégicos para la compañía, tales como: abandonar o vender el proyecto de inversión antes de concluirlo, cambiar su uso o su tecnología o prolongar su vida; la opción de elegir una u otra capacidad de una inversión en planta; la flexibilidad de toda inversión en Investigación y Desarrollo; la elevada incertidumbre que generalizando afecta a este tipo de inversiones; las múltiples opciones de crecimiento que en determinados momentos se le presentan a una empresa, entre otros (Copeland, 2004).

A partir de la teoría de Opciones Reales lo que se hace con este trabajo, es valorar el proyecto Hidrosogamoso de la compañía Isagén S.A. E.S.P., ya que dicho proyecto se configura como una inversión, en teoría, susceptible de ser abandonada en alguna de las cinco fases anuales examinadas de manera simultánea (años 2009 a 2014).

**Palabras clave:** Activos reales, Activos financieros, Opciones Reales, VAN, Opciones por fases o simultáneas.

### **Abstract**

The theory of real options applies the methodology of financial options to the valuation of productive and business investments, and although the development of this method is incipient, it can be classed as a great tool for making management decisions.

To assess and select investments, the most universally accepted method is the Discounted Free Cash Flow or Net Present Value (NPV), however all business investment projects involves some degree of uncertainty and some flexibility margin, and precisely the Real Options are used to assess the financial viability of strategic plans for the company such as abandoning or selling the investment project before finalizing it, change its use or its technology or prolong their life, the option of choosing one or the other capacity of an investment in plant ; the flexibility of any investment in research and development, the widespread high uncertainty affecting this kind of investment, the multiple growth options in certain moments are presented to a company, and so on.

Based on the theory of Real Options this paper evaluates the Isagen's hydroelectric power station project as it is configured as an investment, in theory, capable of being abandoned in one of five annual project phases

**Key words:** Real assets, Financial assets, Real Options, Net Present Value (NPV), Options staged or simultaneous.

# Valoración por medio de opciones reales del proyecto Hidrosogamoso de la Compañía ISAGÉN

Rafael Ignacio Correa Gutiérrez y Felipe Santiago Martínez Correa

Revista Soluciones de Postgrado EIA, Número 6, pp. 159-174. Medellín, diciembre 2010

## 1. Introducción

Con el Proyecto Hidroeléctrico Hidrosogamoso, la Compañía Isagen S.A., gestora de esta empresa, busca posicionarse como una de las principales generadoras de energía eléctrica en Colombia y Latinoamérica.

Es de resaltar que el valor de este Proyecto Hidroeléctrico representa alrededor del 50% del costo de la compañía misma, de ahí la trascendencia de ahondar en la valoración del macroproyecto a través del método de valoración por Opciones Reales. Con este método se realizará la evaluación de la flexibilidad para abandonar o no, además de un análisis de sensibilidad bajo tres escenarios antagónicos, con lo cual se construirán herramientas para la toma de decisiones, mucho más consistentes que aquellas generadas exclusivamen-

te a partir del modelo de valoración del Flujo de Caja Libre Descontado.

El modelo utilizado en el marco de la valoración por el método de Opciones Reales es el del árbol de decisiones o binomial, en vista de que éste se adapta al tipo de valoración necesario para el Proyecto Hidroeléctrico Hidrosogamoso, es decir, el de una Opción de tipo Americana por fases o simultánea.

A partir de la demanda de energía proyectada por la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética) se configuran, como ya se mencionó, tres escenarios: uno alto u optimista, otro medio o moderado y, el último, bajo o pesimista.

Se configuran los árboles de decisión para cada uno de los tres escenarios, y para los cinco años iniciales de inversión, partiendo de los flujos de caja proyectados hasta el año 2030, pues se toma

como activo subyacente el VPN descontado a la tasa promedio ponderada del costo de capital (WACC), en el año 2009, de los mismos flujos para el lapso comprendido entre el 2015 y el 2030, dado que, como se analiza una Opción por fases o simultánea, los cinco (5) flujos de inversión (2009 a 2014) son tomados como referentes, año tras año, para decidir si se abandona o no el proyecto.

Con la metodología utilizada se realiza también la valoración por medio del Flujo de Caja Libre Descontado, lo cual permite al lector hacer una comparación con el método de valoración de Opciones Reales en el cual se agrega el análisis de la flexibilidad a la construcción y puesta en marcha de la Hidroeléctrica.

Aspectos relevantes en el desarrollo de la valoración efectuada son:

- Los precios promedio de los GWh se ajustan a la inflación esperada para cada año.
- Se proyectan los crecimientos de las transacciones en la bolsa de energía.
- El incremento en ventas por contratos nacionales de GWh se proyecta de acuerdo a la demanda de energía estimada por la Unidad de Planeación Minero Energética, UPME, para cada escenario en cada año.

- Se toma como margen el EBITDA<sup>1</sup>, el 50% sobre las ventas pronosticadas.
- Se considera un porcentaje de inversión (CAPEX) del 2% sobre las ventas, después de terminar las etapas importantes de inversión en el año 2014.

## 2. Metodología y desarrollo del estudio

Una vez se calcularon y determinaron todos los supuestos del flujo de caja se procedió a construir los modelos para tres escenarios de crecimiento de energía. A continuación se presenta el análisis para el escenario medio:

Bajo este supuesto, y con unos precios de la energía incrementándose al ritmo de la inflación proyectada por el Banco de la República, las ventas de Hidrosogamoso crecerían en promedio a una tasa del 7% anual, para terminar en el año 2030 con ventas por valor de \$1,74 billones de pesos.

En 2008 las ventas de Isagen fueron de \$1,23 billones de pesos, y para 2014 se proyectan unas ventas del proyecto por \$591.306 millones de pesos.

En 2014 la generación de energía de Hidrosogamoso será de 4620GWh que se distribuirán de la siguiente manera:

---

1 En Inglés, **Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation, and Amortization**: Ganancias antes de intereses, Impuestos, depreciación y amortización

- 3840,69GWh serán para ventas de Contratos Nacionales a un precio promedio de \$132,16
- 779,73GWh serán vendidos a través de transacciones en Bolsa a un precio promedio de \$107,38

En el año 2030 la generación de energía se espera que sea de 7554,42 GWh distribuidos en la proporción descrita en el anterior numeral.

El Ebitda para ese año será de \$295.653 millones de pesos que representan un margen del 50% tal y como lo tiene calculado la empresa. Para finales del pronóstico, esta cifra ascenderá a \$869.027 millones de pesos.

La inversión de Capital de Trabajo Neto Operativo, KTNO, para el primer año será de \$106.435 millones, cifra que con el paso de los años bajará dramáticamente.

En total el capex invertido desde 2009 a 2014 será de \$4,18 billones de pesos.

Al no presentar utilidades en 2014, no habrá impuestos, pero para 2030 estos sumarán \$255.497 millones de pesos.

En Hidrosogamoso el total de deducciones por inversión en activos productivos e implementación de un plan de manejo ambiental representan \$2,22 billones de pesos.

En los seis primeros años del proyecto, como era de esperarse, se presentan flujos de caja negativos debido a las altas inversiones y a que no se tienen ingresos, pero a partir del año 2015

se tiene un flujo de caja positivo de \$246.714 millones de pesos. Posteriormente, estos empiezan a crecer a una tasa promedio anual del 5,6%, teniendo como flujo de caja para el año 2030 un valor de \$558.737 millones de pesos.

El valor de continuidad de la hidroeléctrica, asumiendo un crecimiento de largo plazo del 6,23%, daría un valor de \$19,1 billones de pesos.

Finalmente, y luego de descontar todos los flujos del proyecto a una tasa del 9,3250% (WACC), se encuentra que el Valor Presente Neto, VPN, del proyecto es \$1.431.626 millones de pesos (\$1,43 billones).

Lo anterior indica que valorando el proyecto por medio de Flujo de Caja, éste sería aprobado al tener un VPN mayor a cero.

## 2.1 Árboles binomiales

Para la valoración del presente proyecto se decidió aplicar la opción de inversión por fases, etapas o simultáneas, debido a que éstas se usan generalmente para proyectos que requieren la inversión de grandes cantidades de dinero en diversos instantes de tiempo y que pueden ser descompuestos en una serie de fases o etapas, de manera que, tras ejecutar una de éstas, se puede elegir entre seguir con las siguientes o abandonar. Por tanto, cada fase puede ser concebida como una opción cuyo subyacente es la fase siguiente.

Es por esto que las Opciones por fases o simultáneas, como ya se ha mencionado, se constituyen en la evaluación de Opciones sobre Opciones.

Para la valoración del proyecto Hidrosogamoso con el método de Opciones Reales - hay que recalcar-, se entra a detallar una secuencia de Opciones Reales por Fases, dado que se analiza la construcción y puesta en operación de un embalse, teniendo presente que cada etapa de ese proceso es dependiente de aquellas que la preceden.

Lo anterior significa que, para la construcción e instalación de Hidrosogamoso, es necesario completar una serie de pasos a lo largo de un tiempo que, para el caso de Isagén, puede durar unos 5 años. Cada una de estas fases del proyecto implicará un desembolso económico y tiene una probabilidad de éxito o fracaso. Durante estos 5 años de desarrollo se puede abandonar la inversión en cualquier momento y no recuperar ningún valor residual, o éste sería mínimo. Sin embargo, dada la naturaleza secuencial del proyecto, se evitaría incurrir en pérdidas mayores en el caso de que la información que se vaya obteniendo no sea la que se había anticipado.

La particularidad de este tipo de proyectos es que tiene dos clases de opciones implícitas (Castro, 1994):

- Opción de abandonar. Existe la posibilidad de abandonar el proyecto en cualquier momento antes de su

lanzamiento, lo que en términos financieros se conoce como una opción americana de venta. Esta opción tiene valor ya que permite evitar pérdidas mayores en el caso de que la previsión de los estados de mercado resulte desfavorable.

- Opción de compra secuencial. Según se van concluyendo etapas, se tiene la opción de decidir si se desea o no invertir en la próxima, lo que en términos financieros se denomina una opción europea de compra.

La construcción del árbol binomial requiere la definición y cálculo de algunas variables como son: el activo subyacente, la volatilidad, precio de ejercicio (K), tasa libre de riesgo (r), tiempo y el dt. A continuación se detallará cada una de ellas.

## 2.2 Cálculo del activo subyacente

Como se mencionó anteriormente, en la Valoración por Opciones Reales de un proyecto del estilo de Hidrosogamoso se busca encontrar si vale la pena realizar inversiones de capital en la construcción de ésta hasta que empiece a operar o si se abandona en alguna de las fases.

El activo subyacente de la opción a evaluar, entonces, no será otro que el valor actual de los flujos de caja que se espera genere el proyecto, los cuales empezarán a verse a partir del año 2015 cuando la

Empresa venta energía a través del sistema interconectado eléctrico. Para lograr dicho fin, la Firma tendrá que haber superado una a una las fases de inversión propuestas que impliquen la construcción e instalación de la central hidroeléctrica para, de esta manera, comenzar su operación y posterior venta de energía.

Lo anterior significa que para determinar la viabilidad del proyecto o su posibilidad de abandono se debe tomar el valor del activo subyacente de la última opción, que son los flujos del proyecto estimado para el año 5; es decir, cuando finaliza la construcción de Hidrosogamoso, debido a que sólo si se termina esta etapa se podrán obtener flujos positivos por parte de la hidroeléctrica y compararlo con el precio de ejercicio.

### 2.3 Cálculo del precio de ejercicio k

Así como el activo subyacente son los flujos de caja del proyecto, el precio de ejercicio no será otra cosa que la inversión en la construcción del mismo desde el año 2009 hasta 2014, lo que quiere decir que en cada año se evalúa si los flujos estimados son suficientes para aguantar la inversión o si éste se debe abandonar.

En este proyecto las fases de inversión o precios de ejercicios se pueden describir de la siguiente manera:

- Actividades de pre construcción de la hidroeléctrica: 2008-2009.
- Adquisición de predios y servidumbres: 2008-2013.

- Actualización de los diseños para licitación: 2009.
- Obras de infraestructura: 2009-2013.
- Construcción: 2009-2014.
- Actividades de manejo ambiental: 2009-2014.
- Entrada en operación comercial: finales del 2014.

Lo anterior equivale a los precios de ejercicio, que se muestran en la tabla 1, a continuación:

**Tabla 1.** Precios de Ejercicio

0	1	2
(630,500.00)	(767,440.00)	(926,500.00)
3	4	5
(827,420.00)	(641,100.00)	(155,103.58)

Es decir que, si la empresa consigue terminar en el primer año de inversión, por ejemplo: la excavación para el vertedero en el caso de las obras de infraestructura y las vías de acceso, compra de predios y asentamientos en el caso de las actividades de pre construcción de la hidroeléctrica, evalúa con base a la información que tiene si vale la pena hacer otra inversión en infraestructura que puede ser los túneles de desvío o, más adelante, el rebosadero, o simplemente abandonar el proyecto.

### 2.4 Volatilidad

Para el cálculo de la volatilidad del proyecto se empezó, en primer lugar, tomando la serie de precios mensuales de la energía desde el 31 de julio de 1995

hasta enero de 2010. Se decidió tomar estos como referencia porque, a pesar que la mayoría de las ventas de Isagén provienen de los Contratos Nacionales, los cuales son negociaciones por fuera del mercado electrónico de energía de los que no se tiene forma de determinar, a ciencia exacta, el precio al cual se han hecho o se harán, debido a que éste parte de una negociación bilateral entre Isagén y la contraparte, pero a través de la historia se ha podido determinar que, en promedio entre 2002 y 2008, el precio de los Contratos Nacionales ha tenido una prima sobre el valor promedio anual de la energía de 1,23 veces. Es así como, una vez se determine el comportamiento en bolsa del precio de la energía con todas las implicaciones de carácter económico, climático, productivo, entre otros que afectan su cotización y, teniendo como referencia el historial de negociación de Isagén, se podrá tener un primer paso en la medición de la volatilidad necesaria para la construcción del árbol binomial.

Una vez se sustrajo la información de la UPME se procedió a subtotalizarla por año y se encontró que, en promedio, el precio en esos 15 años es de \$60,85 pesos con una desviación estándar de \$31,74 pesos.

Al calcular estos datos se usó la herramienta *Crystal Ball*, la cual sirve para encontrar la volatilidad que puede tener el proyecto a través de la generación de miles de escenarios o iteraciones.

Para hacer esto fue necesario definir que cada uno de los precios de energía proyectados desde 2014 en adelante tenían una distribución normal con media 60,85 y desviación 31,74.

Cada flujo de caja de Hidrosogamoso, desde el año 2015 en adelante, se trajo al 2014 con el WACC, hallando así el Valor Presente del activo Subyacente en el año 5; luego se llevó este valor al año 2009 y se sacó una relación entre los dos, que fue el crecimiento nominal en esos 5 años. Esta relación fue la que se definió en *Crystal Ball* y se procedió a las iteraciones.

Finalmente, se encontró que el proyecto tenía una volatilidad de 58,46% en cinco años, que anualizada equivalía a 23,87%.

## 2.5 Determinación de dt y T

Los pasos del tiempo, dt, se definieron como anuales y el Tiempo de evaluación 5 años.

## 2.6 Cálculo de la tasa libre de riesgo (r)

La tasa libre de riesgo se definió a partir de dos cosas: la Tasa de los Bonos Americanos, *Treasury*, a 10 años, y el EMBI de Colombia.

En el primer caso se tomó la serie a un año de lo que es considerado una inversión en dólares completamente libre de riesgo, y a un plazo que se ajustaba a lo necesitado; el valor encontrado fue

de 3,67% En el segundo, casi se buscó como se mencionó, el EMBI para Colombia y se halló el valor de 2,30%. Por tanto, la tasa de Riesgo será de 5,97%.

En la figura 1 se puede apreciar que el valor de la opción de realizar el proyecto, por fases de inversión es de \$1,23 billones de pesos, cifra que es menor al VPN del proyecto de \$1,43 billones. Lo anterior quiere decir que probablemente la volatilidad implícita del proyecto es mayor a la que se calculó del 24% o se podría pensar que al ser un proyecto con un VPN positivo alto, la opción se encuentra muy **IN THE MONEY**.

### 3. Resultados

Para el desarrollo de este proyecto se realizaron árboles binomiales para tres escenarios de crecimiento de energía. A continuación se presentan los resultados.

#### Árbol binomial para escenario medio

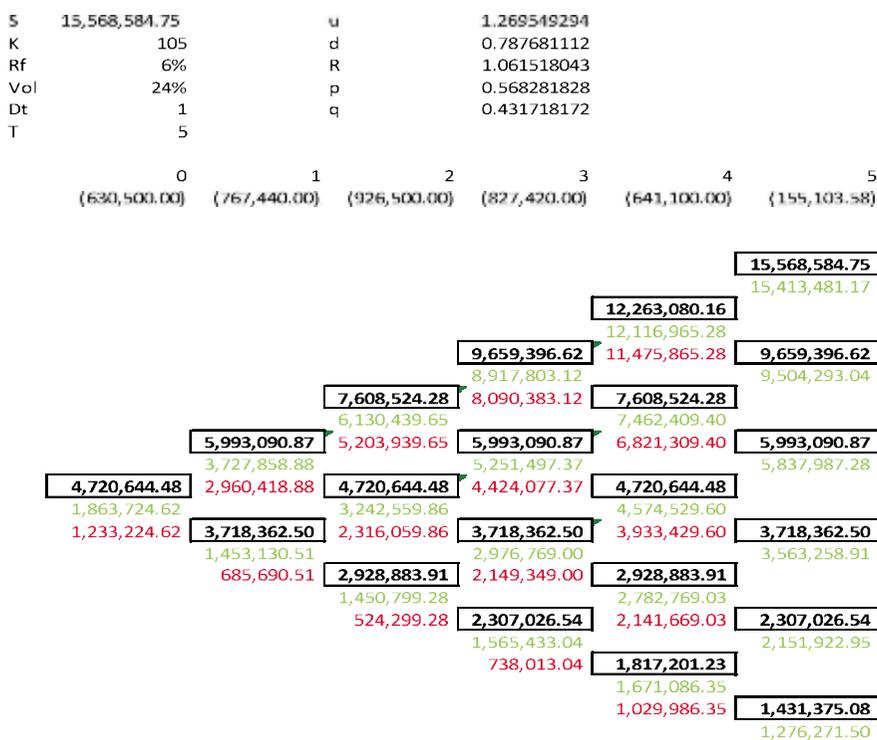


Figura 1. Árbol para escenario medio de crecimiento de energía

En la tabla 2 se muestra la sensibilización que se hizo del VPN del proyecto a cambios en el WACC y en el precio de la energía.

**Tabla 2.** Sensibilidad del VPN del escenario medio

1,431,626.18	7.325%	7.825%	8.325%	8.825%	9.325%	9.825%	10.325%	10.825%	11.325%	11.825%
70.45	4,596,211	2,393,961	1,124,472	304,749	(263,969)	(678,472)	(991,538)	(1,234,391)	(1,426,685)	(1,581,405)
78.28	5,877,219	3,205,505	1,704,036	748,589	91,720	(384,239)	(742,393)	(1,019,622)	(1,238,920)	(1,415,370)
86.98	7,363,447	4,129,088	2,357,643	1,246,660	489,688	(55,654)	(464,512)	(780,294)	(1,029,819)	(1,230,553)
96.64	9,084,309	5,178,246	3,093,713	1,804,994	934,601	311,066	(154,734)	(513,702)	(797,028)	(1,024,883)
107.38	11,072,596	6,367,872	3,921,522	2,430,255	1,431,626	720,113	190,452	(216,844)	(537,934)	(796,056)
118.11	13,131,901	7,578,659	4,757,912	3,059,662	1,930,894	1,130,473	536,455	80,544	(278,483)	(566,982)
129.93	15,469,518	8,931,057	5,686,058	3,755,870	2,482,155	1,583,072	917,800	408,151	7,235	(314,777)
142.92	18,117,965	10,439,545	6,715,065	4,525,471	3,090,543	2,082,085	1,337,989	768,977	321,831	(37,140)
157.21	21,112,763	12,119,920	7,854,906	5,375,701	3,761,697	2,632,104	1,800,872	1,166,318	668,176	268,460
172.93	24,492,656	13,989,430	9,116,511	6,314,504	4,501,815	3,238,179	2,310,686	1,603,805	1,049,429	604,806

En la tabla 3 se muestran los resultados de la misma sensibilización para el Valor de la Opción.

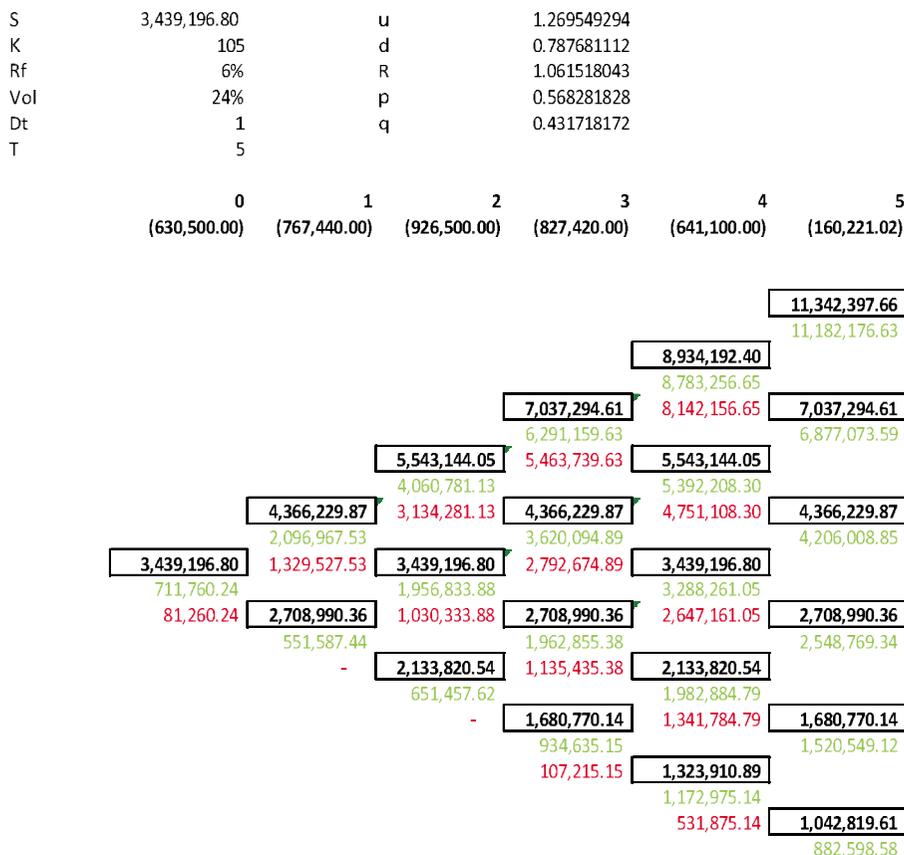
**Tabla 3.** Sensibilidad del Valor de la Opción

1,233,224.62	7.325%	7.825%	8.325%	8.825%	9.325%	9.825%	10.325%	10.825%	11.325%	11.825%
70.45	2,111,912	958,464	313,103	13,687	-	-	-	-	-	-
78.28	2,998,078	1,578,739	772,893	290,512	44,024	-	-	-	-	-
86.98	4,025,381	2,284,295	1,321,961	711,391	314,402	104,428	-	-	-	-
96.64	5,213,989	3,085,419	1,940,149	1,224,669	735,269	380,882	191,033	46,646	-	-
107.38	6,586,385	3,993,434	2,635,232	1,799,419	1,233,225	824,307	515,126	301,845	169,637	61,038
118.11	8,006,974	4,917,282	3,337,391	2,377,935	1,733,424	1,270,648	922,239	650,464	432,543	288,008
129.93	9,618,740	5,948,876	4,116,457	3,017,808	2,285,709	1,762,946	1,370,962	1,066,139	822,314	622,843
142.92	11,443,980	7,099,229	4,980,064	3,725,095	2,895,224	2,305,744	1,865,416	1,523,990	1,251,509	1,029,004
157.21	13,507,053	8,380,358	5,936,574	4,506,442	3,567,617	2,904,038	2,410,134	2,028,204	1,724,047	1,476,102
172.93	15,834,533	9,805,383	6,995,148	5,369,148	4,309,099	3,563,321	3,010,100	2,583,386	2,244,238	1,968,211

Como se puede apreciar, a medida que el VPN va disminuyendo a causa de un mayor WACC o un precio de la energía esperado para 2014, el valor de la opción va en aumento, lo cual es comprensible desde el punto de vista que,

si se empiezan a presentar dificultades toma mayor valor la opción de poder abandonar el proyecto. Incluso en condiciones de un VPN muy negativo se recomienda no empezarlo.

## Árbol binomial para escenario bajo



**Figura 2.** Árbol para escenario bajo de crecimiento de energía

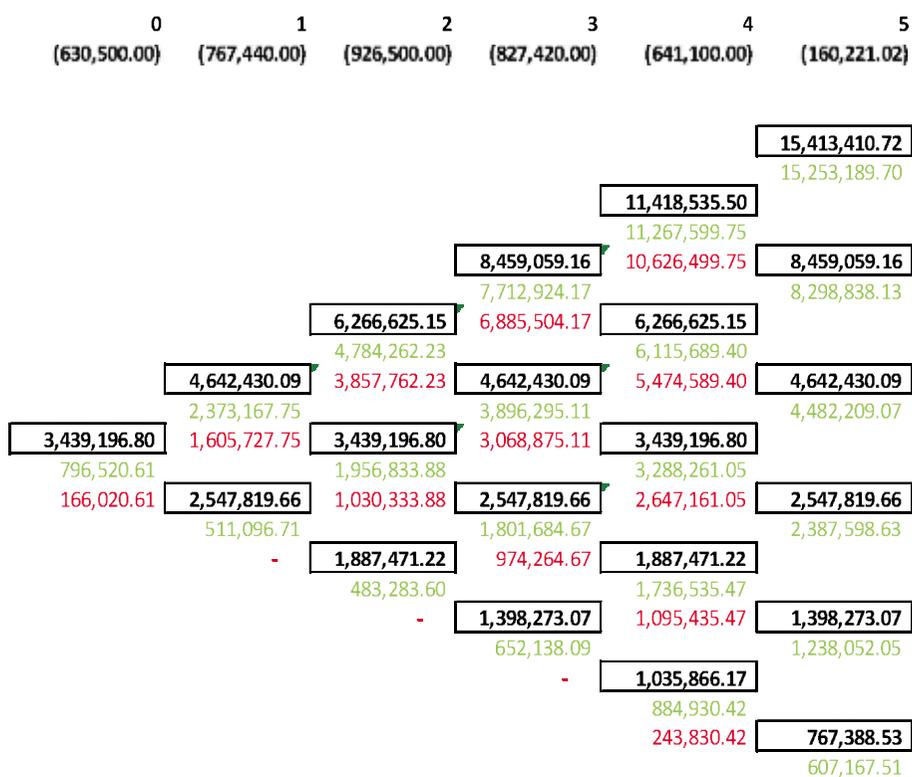
De acuerdo a la figura 2 se puede observar que para el escenario bajo no hay mayor valor en la opcionalidad, lo cual a su vez puede ser un indicador de que la volatilidad implícita es mayor en el proyecto; sin embargo, se observa como hecho relevante que, bajo el esquema de decisiones contingentes y con las circunstancias supuestas, el proyecto

no se ejecutaría a partir del inicio del segundo año de operaciones.

Aunque en el escenario Bajo se ve que, ante un VPN de \$146.902 millones de pesos, el valor de la opción es considerablemente menor (\$81.260 millones de pesos). Se puede contemplar la idea de que, ante un leve aumento de la volatilidad del 24% al

30%, la opcionalidad toma una mayor relevancia al pasar el valor de ésta a \$166.020 millones de pesos, cifra mucho mayor a los montos mencionados al inicio. Esto quiere decir que, bajo condiciones macroeconómicas no muy favorables para el proyecto, la opción

de realizarlo por fases de inversión tiene mayor valor, debido a que existirá una más alta incertidumbre sobre el futuro del proyecto y la posibilidad de abandonarlo será superior. Lo descrito en este párrafo se ilustra en el árbol de decisión de la figura 3.



**Figura 3.** Árbol para escenario bajo de crecimiento de energía con volatilidad del 30%

## Árbol binomial para escenario alto

A continuación, en la figura 4, se muestra el árbol con el valor de la opción en un escenario alto de demanda de energía, pero éste no reviste mucho análisis porque, si en el escenario medio la opción estaba muy *IN THE MONEY*, bajo un escenario positivo lo estará aún más.

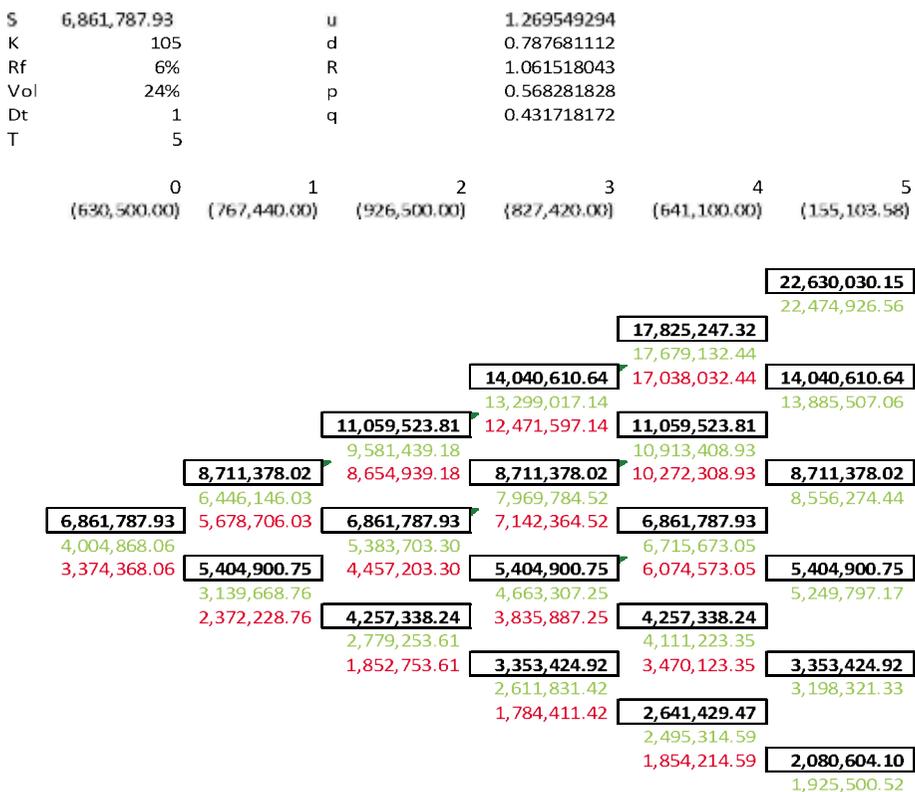


Figura 4. Árbol para escenario alto de crecimiento de energía

## 4. Conclusiones

- El método de valoración por medio de Opciones Reales nace, en parte, debido a la inflexibilidad del modelo de valoración por flujos de caja descontados por no admitir fuente de valor alguna diferente de los flujos de tesorería.
- Con las Opciones Reales lo que se intenta hacer es aplicar la metodología de las Opciones Financieras, en la gestión de activos reales, es decir, inversiones productivas o empresariales.
- Los proyectos de inversión empresarial se hacen asumiendo

- que habrá cierta incertidumbre y que se tendrá que contar con un margen de flexibilidad. Ejemplos de esa flexibilidad son:
- Abandono o venta del proyecto antes de su finalización.
  - Cambio de tecnología en medio de la ejecución.
  - Los cambios que implica realizar inversiones en Investigación y Desarrollo.
  - Las diversas opciones de crecimiento que enfrenta una empresa en momentos determinados.
- Bajo un escenario de crecimiento de la demanda de energía moderado, los resultados de Hidrosogamoso serían:
    - Las ventas de Hidrosogamoso crecerían en promedio a una tasa del 7% anual, para terminar en el año 2030 con ventas por valor de \$1,74 billones de pesos.
    - En 2008 las ventas de Isagén fueron de \$1,23 billones de pesos y para 2014 se proyectan unas ventas del proyecto por \$591.306 millones de pesos.
    - En 2014 la generación de energía de Hidrosogamoso será de 4620GWh que se distribuirán de la siguiente manera: 3840,69GWh serán para ventas de Contratos Nacionales a un precio promedio de \$132,16 y 779,73GWh serán vendidos a través de transacciones en Bolsa a un precio promedio de \$107,38.
    - En el año 2030 la generación de energía se espera que sea de 7554,42GWh distribuidos en la proporción descrita en el anterior numeral.
    - El Ebitda para ese año será de \$295.653 millones de pesos que representa un margen del 50% tal y como lo tiene calculado la empresa; para finales del pronóstico esta cifra ascenderá a \$869.027 millones de pesos.
    - La inversión de KTNO operativo para el primer año será de \$106.435 millones, cifra que con el paso de los años bajará dramáticamente.
    - Los seis primeros años del proyecto, como era de esperarse, se presentan flujos de caja negativos debido a las altas inversiones y a que no se tienen ingresos; pero a partir del año 2015 se tiene un flujo de caja positivo de \$246.714 millones de pesos. Posteriormente, estos empiezan a crecer a una tasa promedio anual del 5,6%, teniendo como flujo de caja para el año 2030 un valor de \$558.737 millones de pesos.
    - El valor de continuidad de la hidroeléctrica, asumiendo un crecimiento de largo plazo del 6,23%, daría un valor de \$19,1 billones de pesos.
    - Luego de descontar todos los flujos del proyecto a una tasa del 9,3250% (WACC) se encuentra que el VPN del proyecto es \$1.431.626 millones de pesos (\$1,43 billones).

- Lo anterior indica que valorando el proyecto por medio de Flujo de Caja, éste sería aprobado al tener un VPN mayor a cero.
- El VPN del proyecto es muy sensible a un aumento en la tasa de descuento WACC, ya que un aumento de ésta en 150 Pbs. hace que el VPN sea de -\$216.844 millones de pesos.
- Si el precio de la energía para el año 2014 está un 30% más de lo esperado, el VPN del proyecto aumentaría 1,73 veces a \$2,48 billones. Si, por el contrario, el precio a esa fecha es un 30% inferior, el VPN del proyecto caería a -\$263.969 millones.
- Si se tiene en cuenta el valor máximo de transacción en la Bolsa de Energía para 2009 que fue cercano a los \$142 y asumiendo el WACC de 9,325%, el VPN del proyecto aumentaría a \$3,1 billones de pesos.
- En un escenario de crecimiento bajo de la demanda de energía cabe destacar:
  - No hay mayor valor en la opcionalidad, lo cual a su vez puede ser un indicador de que la volatilidad implícita es mayor en el proyecto.
  - El proyecto, bajo la valoración por medio de Opciones Reales, no se ejecutaría a partir del inicio del segundo año de operaciones.
  - Ante un VPN de \$146.902 millones de pesos, y siendo el valor de la opción considerablemente menor (\$81.260 millones de pesos), un leve aumento de la volatilidad del 24% al 30% haría que la opcionalidad tome una mayor relevancia al pasar el valor de ésta a \$166.020 millones de pesos.
- Bajo condiciones macroeconómicas no muy favorables para el proyecto, la opción de realizarlo por fases de inversión tiene mayor valor, debido a que existirá mayor incertidumbre sobre el futuro del proyecto y la posibilidad de abandonarlo será mayor.
- Para la volatilidad del proyecto hidroeléctrico, bajo los escenarios medio y alto de demanda de energía, en los que se generan unos VPN positivos muy grandes, el valor de la Opción no es relevante, ya que como se observa, ésta es inferior e igual, respectivamente para cada caso, a los VPN obtenidos. Es decir, que ante situaciones económicas de optimismo y teniendo en cuenta la evolución de los precios en Bolsa de la energía (la cual nos arroja la volatilidad), la opción de abandonar el proyecto Hidrosogamoso es muy poco probable.

## 5. Recomendaciones

Para futuros estudios se recomienda que se haga un análisis más detallado sobre la volatilidad del proyecto teniendo en cuenta otro tipo de riesgos asociados al mismo, tales como ingresos, costos, moneda del endeudamiento, entre otras.

## Referencias

- Copeland, T., Koller, T., & Murrin, J. (2004). *Valoración, Medición y Gestión del Valor*. Barcelona, España: Ediciones Deusto.
- Díaz Tinoco, J., & Hernández Trillo, F. (2003). *Futuros y Opciones Financieras. Una introducción* (Tercera ed.). (G. N. Editores, Ed.) México D.F., México: Limusa S.A.
- Díez de Castro, L., & Mascareñas, J. (1994). *Ingeniería Financiera. La gestión en los mercados financieros internacionales* (Segunda ed.). Madrid, España: McGraw-Hill.
- Hull, J. C. (1997). *Introduction to Futures and Options Markets* (Third ed.). Upper Saddle River, New Jersey, Estados Unidos: Prentice Hall.
- Sarmiento S., J. A. (s.f.). *Valoración de empresas. Métodos contables para la valoración*. Recuperado en marzo de 2010, de [www.javeriana.edu.co/decisiones/Julio/presentaciones/valoracion.pdf](http://www.javeriana.edu.co/decisiones/Julio/presentaciones/valoracion.pdf)
- Vélez Pareja, I. (24 de mayo de 2004). *Valoración de empresas*. Recuperado en marzo de 2010, de <http://sigma.poligram.edu.co/politecnico/apoyo/Decisiones/curso/Valoracionpnt.pdf>
- Portal Valores Bancolombia. *Investigaciones Económicas. Reporte y Flash de compañías*, Isagén. Consultado octubre de 2009 <http://investigaciones.bancolombia.com/InvEconomicas/home/homeinfo.aspx>
- Portal de Interbolsa, Comisionista de Bolsa: *Investigación Económica. Cobertura de compañías*, Isagen. Consultado octubre de 2009. <http://www.interbolsa.com/adminContenidos/web/interbolsa/isagen>
- Portal Bolsa y Renta. *Investigaciones Económicas*. Isagén. Consultado octubre de 2009. [http://www.bolsayrenta.com/secciones/BYR/HOME/AEST/documento\\_HTML.jsp?idDocumento=143&cambio=NO](http://www.bolsayrenta.com/secciones/BYR/HOME/AEST/documento_HTML.jsp?idDocumento=143&cambio=NO)
- COPELAND, Tom. ANTIKAROV, Vladimir. *Real Options: a practioner's guide*. Editorial Texere, Nueva York, Estados Unidos. 2001. 372 p. ISBN 978-1-58799-028-1.
- SMIT, Han T.J. *Investment Analysis of Offshore Concessions in the Netherlands*. Financial Management. Vol. 26, Número 2 Summer 1997.
- RODRÍGUEZ OCHOA, Mónica. ARANGO BOTERO, Carlos Andrés. *Valoración de Cementos Argos en un contexto internacional. Anteproyecto de grado Especialización en Finanzas Corporativas*. Escuela de Ingeniería de Antioquia. Envigado. Septiembre de 2008. 29 p.
- RENDÓN VARGAS, Yelsyn. ESTRADA RUÍZ, Ángela María. *Introducción a la Valoración de Proyectos de Inversión Utilizando Opciones Reales con Aplicabilidad a Empresas Colombianas – Caso ISA*. Proyecto de grado Especialización en Finanzas Corporativas. Escuela de Ingeniería de Antioquia. Envigado. Julio de 2006. 164 p.
- LÓPEZ MERA, Germán Eduardo. MONTOYA LÓPEZ, Arles Fredy. *Evaluación de Planes de Negocios Utilizando las Metodologías de Simulación de Montecarlo, Árboles Binomiales y Opciones Reales*. Proyecto de grado Especialización en Finanzas Corporativas. Escuela de Ingeniería de Antioquia. Envigado. 2005. 169 p.
- SALAZAR GONZÁLEZ, Lina María. *Valoración de un Proyecto de Inversión a través de Opciones Reales para una Empresa del Sector Telecomunicaciones Colombiana*. Proyecto de grado Especialización en Finanzas Corporativas. Escuela de Ingeniería de Antioquia. Envigado. 2007. 68 p.