

**Universidad Andina Simón Bolívar**

**Área de Gestión**

**Programa de Maestría en Finanzas y Gestión de Riesgos**

**Las Opciones Reales como Herramienta de Valoración de Proyectos**

**Xiomara Elizabeth Arias Narváez**

**2010**

*Al presentar esta tesis como uno de los requisitos previos para la obtención del grado de magíster de la Universidad Andina Simón Bolívar, autorizo al centro de información o a la biblioteca de la universidad para que haga de esta tesis un documento disponible para su lectura según las normas de la universidad.*

*Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de esta tesis dentro de las regulaciones de la universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.*

*Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Andina Simón Bolívar la publicación de esta tesis, o de parte de ella, por una sola vez dentro de los treinta meses después de su aprobación.*

.....  
Xiomara Arias Narváez  
22 de Septiembre 2010

Universidad Andina Simón Bolívar

Área de Gestión

Programa de Maestría en Finanzas y Gestión de Riesgos

Las Opciones Reales como Herramienta de Valoración de Proyectos

Xiomara Arias

2010

Tutor: Ing. Mario Jaramillo

Quito, Ecuador

## **ABSTRACT**

La presente tesis tiene como propósito dar a conocer una forma de valoración de proyectos dinámica, lejos de lo que se utiliza en la actualidad que es el flujo de fondos descontados, el cual no permite que el proyecto se adapte a las posibles realidades que se presenten en la marcha.

El documento consta de 4 capítulos. El capítulo uno, da a conocer que es un proyecto de inversión y explica la valoración tradicional, con los conceptos de Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno. Se plantea tanto un análisis determinístico realizado con la ayuda de hojas electrónicas Excel y dinámico de la mano del programa de simulación Crystal Ball, finalmente se revisan las ventajas que ofrece esta metodología de valoración. El capítulo dos se refiere a los derivados financieros, centrando la atención en las opciones, concepto, tipos, variables que influyen en su precio y estrategias, posteriormente se introduce el tema de las opciones reales y la relación que tienen con las financieras. El capítulo tres refleja el objetivo de la tesis, porque presenta las formas de valoración mediante opciones reales, primero se desarrolla el modelo binomial y luego el de Black and Scholes, también se presenta las ventajas frente al modelo de flujos descontados y los problemas que la metodología de opciones reales presenta. Finalmente en el capítulo cuatro se desarrolla un caso práctico de valoración con el método de flujos descontados determinístico y estocástico y con los dos modelos antes mencionados de opciones reales.

## TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCION.....	5
 CAPITULO I: VALORACION DE LOS PROYECTOS DE INVERSION .....	 7
1.1 PROYECTOS DE INVERSIÓN.....	7
1.2 EL VAN Y EL TIR DE LOS PROYECTOS .....	10
1.2.1 El Valor Actual Neto .....	10
1.2.2 Tasa Interna de Retorno.....	16
1.3 VENTAJAS DE LA METODOLOGIA DE FLUJOS DESCONTADOS.....	21
 CAPITULO II: LOS DERIVADOS FINANCIEROS, LAS OPCIONES .....	 22
2.1 CONCEPTO .....	22
2.2 TIPOS DE OPCIONES .....	23
2.3 VARIABLES QUE DEFINEN UNA OPCION.....	24
2.4 ESTRATEGIAS UTILIZADAS CON OPCIONES .....	24
2.5 LAS OPCIONES REALES .....	28
 CAPITULO III: VALORACION DE PROYECTOS MEDIANTE OPCIONES REALES.....	 30
3.1 METODOLOGIAS DE VALORACION.....	31
3.1.1 El Modelo Binomial .....	31
3.1.2 Modelo de Black and Scholes .....	39
3.2 VENTAJAS DE SU APLICACIÓN VERSUS ANÁLISIS VAN Y TIR.....	44
3.3 PRINCIPALES PROBLEMAS AL APLICAR LA METODOLOGÍA DE OPCIONES A PROYECTOS DE INVERSIÓN. ....	46
 CAPITULO IV: CASO PRÁCTICO DE VALORACIÓN DE PROYECTOS UTILIZANDO LA METODOLOGIA DE FLUJO DE FONDOS VERSUS EL MODELO DE OPCIONES REALES .....	  48
4.1 VALORACION MEDIANTE FLUJOS DE FONDOS DESCONTADOS .....	49
4.2 VALORACIÓN MEDIANTE EL MODELO BINOMIAL:.....	53
4.3 VALORACIÓN MEDIANTE EL MODELO DE BLACK-SCHOLES:.....	58
 CAPITULO V: CONCLUSIONES.....	 62
 BIBLIOGRAFIA.....	 <b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## INTRODUCCION

En la actualidad, el análisis para la implementación de proyectos de inversión se basa en la determinación de variables económicas e indicadores de rentabilidad como el Valor Actual Neto (VAN) o la tasa interna de retorno (TIR); sin embargo, estos conceptos son considerados hoy en día como estáticos, ya que exploran solamente la parte financiera de los proyectos, dejando de lado la parte estratégica; además, estos conceptos no proporcionan la flexibilidad para realizar modificaciones o revisiones cuando el proyecto ya se encuentra en marcha, debido al costo de volver a realizar todos los cálculos.

Estos problemas se presentan por la falta o el desconocimiento de nuevas metodologías que permitan valorar los proyectos en forma dinámica e integral, y además porque si se conocen otras técnicas para hacerlo, se opta por las más sencillas y que en la práctica ya han sido comprobadas suficientemente.

En respuesta, surgen las opciones financieras, que son instrumentos que otorgan derechos a comprar o vender un activo subyacente en un plazo y por un monto determinado. Actualmente se las relaciona con la valoración de proyectos de inversión debido a la similitud que varios autores han encontrado entre los riesgos que implica invertir en una opción y emprender un proyecto de inversión.

Por lo tanto lo que se pretende llegar a conocer con la presente investigación es ¿Cuáles son los beneficios que ofrece la valoración de proyectos mediante opciones reales frente a las alternativas tradicionales y puntualmente frente al valor presente neto de los flujos en una la inversión?

Los objetivos propuestos para resolver la pregunta de investigación son los siguientes:

- Conocer las similitudes y diferencias entre las opciones reales y los proyectos de inversión.
- Determinar los mecanismos existentes para la valoración de proyectos de inversión.
- Conocer la valoración mediante opciones reales y cuáles son sus aplicaciones.
- Comparar las ventajas y desventajas de cada una de las metodologías.
- Desarrollar un caso práctico utilizando los dos tipos de valoración para analizar la trascendencia de realizar la valoración mediante opciones reales.
- Desarrollar hojas de cálculo que permitan una aplicación académica de los conceptos desarrollados en este estudio.

A nivel internacional, la metodología de valoración de proyectos mediante opciones reales se ha desarrollado de una manera importante por su gran aporte a las herramientas tradicionales y por la ayuda que proporcionan al analizar de manera global todos los riesgos y ventajas que se presentan en la implementación de proyectos. Este aporte es muy importante si pensamos que contar con un análisis no sesgado a un solo aspecto nos puede conducir a tomar mejores decisiones de inversión, por tal razón se pretende profundizar este tema que no es utilizado en nuestro país, justamente para mejorar la toma de decisiones y fomentar un estudio pormenorizado y con un mayor valor agregado que pueda ser utilizado ampliamente en distintos sectores de la economía.

# **LAS OPCIONES REALES COMO HERRAMIENTA DE VALORACIÓN DE PROYECTOS**

## **CAPITULO I: VALORACION DE LOS PROYECTOS DE INVERSION**

### ***1.1 PROYECTOS DE INVERSIÓN***

Cuando hablamos de proyectos nos referimos a un grupo de actividades planificadas, ejecutadas y supervisadas, que con recursos finitos, tiene por objetivo crear un producto o servicio. Sin embargo, si focalizamos más la idea de lo que significa un proyecto de inversión, debemos agregar que tiene como objetivos: la creación de empleo, el desarrollo regional, mejora de una industria, etc.

La inversión como tal se ha definido de algunas maneras: “la aplicación de recursos financieros, a la creación, renovación, ampliación o mejora de la capacidad operativa de la empresa”<sup>1</sup>. “La inversión es todo desembolso de recursos financieros para adquirir bienes concretos durables o instrumentos de producción, denominados bienes de equipo, y que la empresa utilizará durante varios años para cumplir su objeto social”<sup>2</sup>.

Existen varios tipos de proyectos de inversión, que cabe mencionarlos para luego ver la importancia de sus diferentes formas de valoración.

Los proyectos de inversión pueden clasificarse según los siguientes criterios:

---

<sup>1</sup> Fundamentos de Economía de la Empresa, F.Tárrago Sabaté, Propio Autor, 1986, Pg. 308

<sup>2</sup> Valoración de Proyectos de Inversión, H. Peumans, Deusto, 1967, Pg. 21

*Por el tipo de inversión:* Los proyectos pueden ser clasificados como proyectos de negocios nuevos o proyectos de negocios en marcha:

a) Proyectos de negocios nuevos: Estos están dirigidos a implementar un negocio nuevo dentro de una empresa o a iniciar una empresa.

b) Proyectos de negocios en marcha: Que tienen como objetivo ampliaciones de planta, ampliación de líneas de productos o sustitución de activos dentro de una empresa que se encuentra operando.

*Por la actividad económica:* Es decir el sector al que está dirigido el proyecto, pudiendo ser este agrícola, pesquero, minero, energético, etc.

*Por el tamaño:* Los proyectos pueden ser considerados como pequeños, medianos o grandes, dependiendo del monto de inversión que impliquen. Se debe tener en cuenta que el monto de referencia depende del tipo de actividad en la cual se desarrolla el proyecto. Los montos de inversión son distintos dependiendo del giro del negocio, por lo tanto el monto para un proyecto grande dentro de un sector puede resultar ínfimo dentro de otro sector.

*Por la interdependencia o relación entre proyectos:* Dos o más proyectos, en un momento determinado, pueden clasificarse como independientes, mutuamente excluyentes o complementarios:

a) Proyectos independientes: Estos proyectos no tienen ninguna relación entre sí, sus ingresos y costos deben ser llevados por separado y se deberán sumar para obtener el total.

b) Proyectos mutuamente excluyentes: Estos proyectos deben ser sometidos a elección, es decir se debe optar únicamente por uno de ellos para ponerlo en práctica, ya que empezar uno significa necesariamente dejar de lado el otro proyecto.

c) Proyectos complementarios: Se refiere a que la puesta en marcha de uno necesariamente mejora la implementación del otro o su funcionamiento normal si ya se encuentra funcionando. Por lo general, esto se da cuando los costos de realizar los dos proyectos es menor que si se lo realizara por separado, o si el beneficio de ambos es mayor que implementarlos uno por uno.

En la actualidad es muy frecuente recurrir a varias metodologías para observar la factibilidad de implementar un proyecto y, además, medir los flujos futuros. Esto con el fin de determinar en qué grado los proyectos agregan valor económico al capital que se está invirtiendo. Evaluar o valorar un proyecto significa medir tanto los ingresos como los egresos que va a ocasionar su puesta en práctica.

La principal herramienta que se utiliza para valorar proyectos de inversión son los flujos de caja descontados, además existen métodos más recientes como son los árboles de decisión, el método del beneficio económico y los que son objeto de la presente tesis, las opciones reales.

## **1.2 EL VAN Y EL TIR DE LOS PROYECTOS**

En todo proyecto, sea o no de inversión, existen indicadores de rentabilidad que son básicos para el análisis y la subsecuente toma de decisiones. Estos indicadores son: el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y el plazo de recuperación de la inversión (PR).

### 1.2.1 El Valor Actual Neto

Es un valor o un monto que se obtiene descontando los flujos que se esperan lograr en una inversión, a una tasa que se estima conveniente, que también se la llama tasa de descuento, es decir, obtener el valor presente de los flujos del proyecto.

$$VAN = \sum_{i=1}^n \frac{BN}{(1 + TIR)^i}$$

Siendo BN los flujos anuales del proyecto, y TIR la tasa de descuento que se aplica para traer estos a valor presente.

Este indicador es importante porque relaciona los flujos positivos (ingresos) con el tiempo en el que efectivamente se los tendrá y los compara con la inversión (egreso) que siempre se la realiza en el presente y en base a estos dos parámetros se calcula el resultado.

Algo sumamente importante en el cálculo del VAN es la determinación de la tasa de descuento o tasa de retorno requerida, la tasa de descuento, por lo general, está dada por lo que nos podría rendir un proyecto alternativo, o lo que rendiría una inversión con cero riesgo más una prima adicional. De todas maneras existen métodos más apropiados para que este valor sea lo más preciso posible y arroje resultados más confiables. Uno

de los métodos que se puede utilizar para este efecto, es el modelo de capitalización de flujos futuros. La fórmula para su cálculo es:

$$P = \frac{D_1}{(1+K_0)} + \frac{D_2}{(1+K_0)^2} + \dots + \frac{D_n}{(1+K_0)^n} + \frac{P_n}{(1+K_0)^n}$$

Donde P es el valor de mercado de la acción de la empresa, D es el dividendo por acción esperado para cada año de vida de la empresa, Pn es el valor de mercado por cada acción en el año n, el objetivo es calcular K que es el costo de capital.

Si suponemos que la relación precio/beneficio por acción en el año terminal (n) será la misma que el momento de la adquisición de la acción, que las utilidades por acción crecerán a una tasa constante (g), y que los dividendos continuarán siendo una proporción constante de las utilidades, entonces la ecuación anterior se puede reducir a:

$$K_0 = \frac{\text{Dividendos} \times \text{Acción}}{\text{Precio} \times \text{Acción}} + g$$

Dependiendo del proyecto y de su gestor, existen varios criterios de decisión con respecto a la cuantía que debe arrojar el VAN, sin embargo generalizando podemos observar lo siguiente:

- Si el VAN es mayor a cero, se recomienda realizar la inversión, ya que esto implica que se obtendría una ganancia en comparación con la inversión en un proyecto alternativo.
- Si el VAN es igual a cero, es indiferente invertir o no, ya que la rentabilidad que proporciona tanto el proyecto analizado como el alterno es la misma.

- Si el VAN es menor a cero, no se debería realizar el proyecto porque nuestra inversión en el proyecto no generaría ganancias, por el contrario, en valor presente generaría pérdidas.

Como se mencionó anteriormente, estos criterios pueden cambiar dependiendo de muchos factores, es decir puede existir un monto de VAN frente al cual sea o no apetecido por el gestor llevar a cabo la inversión.

Además de los criterios de decisión, el VAN tiene perfiles de acuerdo a la tasa de descuento que se maneje. Si los flujos son menores mientras se aleja el horizonte temporal, la curva del VAN es más plana, en cambio, si los flujos se incrementan con el pasar del tiempo, la curva posee una pendiente mayor. Es importante conocer esto porque la pendiente nos dirá que tan sensible es el valor presente neto a la tasa de descuento.

A continuación tenemos un ejemplo del cálculo del VAN, asumiendo los siguientes flujos de dos proyectos. Cabe recalcar, que esta forma de cálculo de los indicadores en los proyectos de inversión, es determinística, es decir existe un solo valor posible, no hay escenarios; sin embargo, en la realidad los proyectos y los valores tanto de ingreso, egresos, tasas, etc. son probabilísticos, y es justamente este proceso el que se analizará posteriormente con la aplicación del programa Crystal Ball<sup>3</sup> a los mismos datos.

---

<sup>3</sup> Crystal Ball es un programa para realizar simulaciones mediante el Método Monte Carlo, éste utiliza hojas electrónicas de Excel. Crystal Ball calcula automáticamente miles de casos del tipo ¿Qué pasaría si...? grabando las entradas y los resultados obtenidos de cada hoja de cálculo como escenarios individuales. El análisis de estos resultados revela el rango de posibles resultados, la probabilidad de ocurrencia y la entrada que ha tenido más efecto en el modelo (Análisis de sensibilidad).

**Proyecto A**

(En dólares)

Años	0	1	2	3	4
flujo efectivo neto	(1.000,00)	500,00	400,00	300,00	100,00

**Proyecto B**

(En dólares)

Años	0	1	2	3	4
flujo efectivo neto	(1.000,00)	100,00	300,00	400,00	600,00

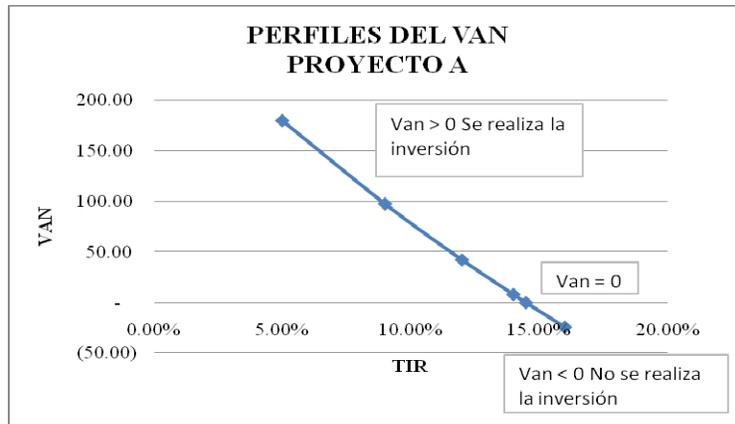
Calculamos la tasa interna de retorno, que es el valor frente al cual los ingresos y egresos del proyecto son iguales, es decir el VAN es cero. Los resultados para ambos proyectos son los siguientes:

<b>TIR A</b>	<b>14,49%</b>
<b>TIR B</b>	<b>11,79%</b>

Si cambiamos las tasas de retorno requeridas para ver los perfiles, tenemos:

**Proyecto A**

<b>TIR</b>	<b>VAN</b>
5,00%	180,42
9,00%	97,89
12,00%	42,39
14,00%	8,08
14,49%	-
16,00%	(24,27)

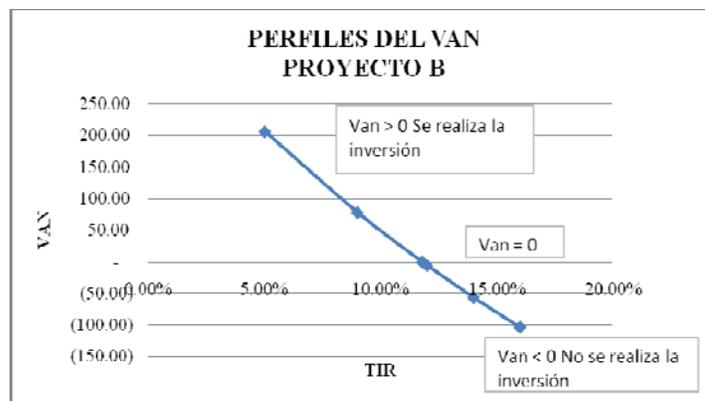


Se puede observar que el proyecto A es menos sensible a cambios en la tasa de interés ya que los pagos que se realizan son menores mientras avanza el tiempo, además podemos comprobarlo matemáticamente con el cálculo de las pendientes de los dos proyectos. Las pendientes del proyecto A son:

Pendiente Proyecto A
-20,63
-18,50
-17,16
-16,49
-16,07

### Proyecto B

<i>TIR</i>	<i>VAN</i>
5,00%	206,50
9,00%	78,18
11,79%	0,00
12,00%	(5,53)
14,00%	(56,20)
16,00%	(103,21)



En el caso del proyecto B la curva es más inclinada porque sus pagos se incrementan con el tiempo, por lo tanto es muy sensible a las variaciones en la tasa de retorno. Para comprobarlo hacemos el mismo cálculo de las pendientes que en el caso anterior:

Pendiente Proyecto B
-32,08
-28,02
-26,33
-25,34
-23,51

Como observamos las pendientes del Proyecto B son mayores a las del proyecto A, lo que implica una mayor incidencia de cambios en la tasa de interés (mayor sensibilidad).

### Ejemplo de cálculo del Valor Actual Neto:

Un proyecto que requiere una inversión de \$12.000 y una tasa de descuento (TD) de 14%:

(En dólares)

Años	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Flujo de caja neto	4.000,00	4.000,00	4.000,00	4.000,00	5.000,00

El beneficio neto nominal sería de \$21.000 si sumamos los flujos (\$4.000 + \$4.000 + \$4.000 + \$4.000 + \$5.000), y la utilidad sería \$9.000 al descontar el valor a invertir (\$21.000 – \$12.000), pero este beneficio o ganancia no sería real (sólo nominal) porque no se está considerando el valor del dinero en el tiempo, por lo que cada periodo debemos actualizarlo a través de una tasa de descuento (tasa de rentabilidad mínima que esperamos ganar).

$$VAN = 4.000 / (1 + 0,14)^1 + 4.000 / (1 + 0,14)^2 + 4.000 / (1 + 0,14)^3 + 4.000 / (1 + 0,14)^4 + 5.000 / (1 + 0,14)^5 - 12.000$$

$$VAN = 14.251,69 - 12.000$$

$$VAN = 2.251,69$$

El resultado del VAN, mayor que cero, significa que el proyecto debería llevarse a cabo, ya que el proyecto nos rendiría un valor positivo de \$2.251.

### ***1.2.2 Tasa Interna de Retorno***

Es un indicador que se analiza conjuntamente con el valor actual neto. Está expresado como una tasa porcentual, que nos muestra la rentabilidad promedio periódica que genera la inversión. Visto desde otra óptica, es la tasa a la cual tanto los ingresos como los egresos descontados o expresados a valor presente son iguales, es decir cuando el valor actual neto es igual a cero.

La fórmula para calcular la tasa interna de retorno es la siguiente:

$$VAN = 0 = \sum_{i=1}^n BN / (1 + TIR)^i$$

Al igual que para el VAN existen criterios de decisión, ésta al ser una tasa se recomienda compararla con el costo de oportunidad del capital, este costo se refiere a la mejor alternativa en la que podríamos invertir en lugar de hacer este proyecto. Por lo tanto:

- Si la TIR es mayor que el costo de oportunidad del capital, se podría realizar la inversión ya que la rentabilidad que nos va a aportar es mayor que el de una inversión alternativa.
- Si la TIR es igual sería indiferente invertir o no en el proyecto.
- Si la TIR es menor, el proyecto debe rechazarse. Porque nuestro proyecto alternativo nos rendiría una tasa de rentabilidad mayor.

### **Ejemplo de cálculo de la Tasa interna de retorno:**

Un proyecto de una inversión de \$12.000 (similar al ejemplo del VAN) con los flujos que se muestran a continuación:

*(En dólares)*

Años	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Flujo de caja neto	4.000,00	4.000,00	4.000,00	4.000,00	5.000,00

Para hallar la TIR hacemos uso de la fórmula del VAN, reemplazando este último con cero (explicar por que ponemos cero) y calculamos:

$$VAN = 0 = \sum_{i=1}^n BN / (1 + TIR)^i$$

$$0 = 4.000 / (1 + i)^1 + 4.000 / (1 + i)^2 + 4.000 / (1 + i)^3 + 4.000 / (1 + i)^4 + 5.000 / (1 + i)^5 - 12.000$$

$$i = 21\%$$

$$\text{TIR} = 21\%$$

La TIR del 21% por sí sola no significa nada, siempre debe ser comparada con otra, como la tasa de retorno de inversiones alternativas, en ese caso si la TIR que obtenemos es mayor sería una buena decisión invertir en el proyecto.

Una vez calculados los indicadores del proyecto, vamos a volver a resolver el ejercicio con la ayuda del programa Crystal Ball. Dado que los flujos de los proyectos no tienen un solo valor posible en la realidad, el Crystal Ball trabaja con simulaciones Monte Carlo<sup>4</sup>, la simulación da a todas las variables inciertas ya no un único valor sino un rango de valores, cada uno con su probabilidad de ocurrencia (distribución). El análisis de estos escenarios, arroja además la variable o variables que ha tenido mayor efecto en el modelo y la posibilidad de revisar los estadísticos asociados a los resultados. A continuación se plantea el ejemplo:

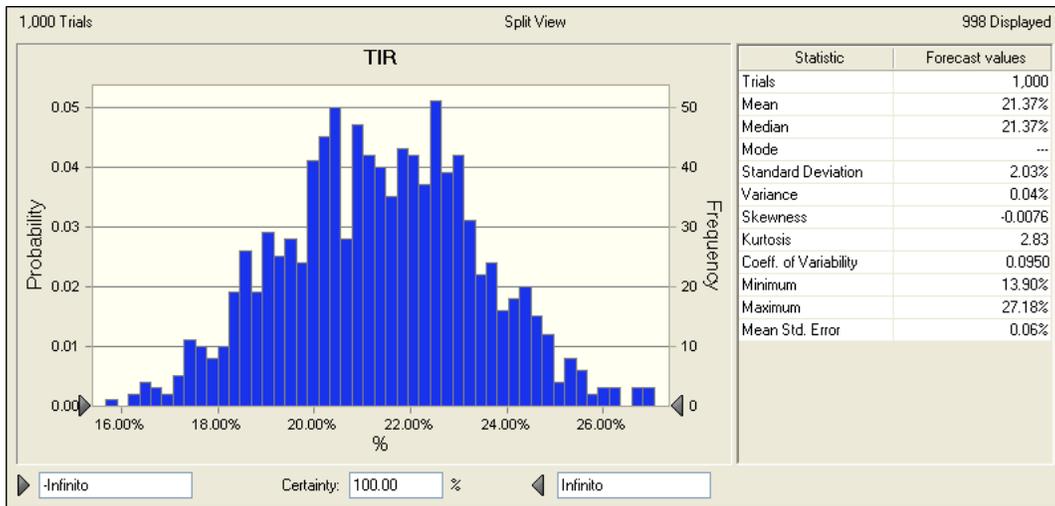
---

<sup>4</sup> La simulación Monte Carlo es una técnica que combina conceptos estadísticos (muestreo aleatorio) con la capacidad de los computadores para generar números pseudo-aleatorios y automatizar cálculos. El método Montecarlo es aplicable a cualquier tipo de problema, ya sea estocástico o determinístico. A diferencia de métodos numéricos que se basan en evaluaciones de N puntos en un espacio M-dimensional para producir una solución aproximada, este método tiene un error absoluto de la estimación que decrece como  $1/\sqrt{N}$  en virtud del teorema del límite central.

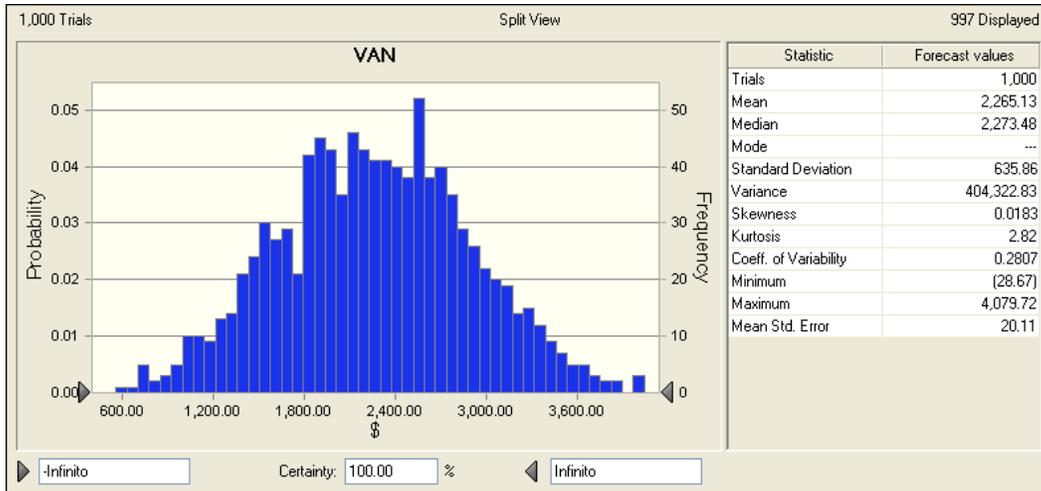
(En Dólares)



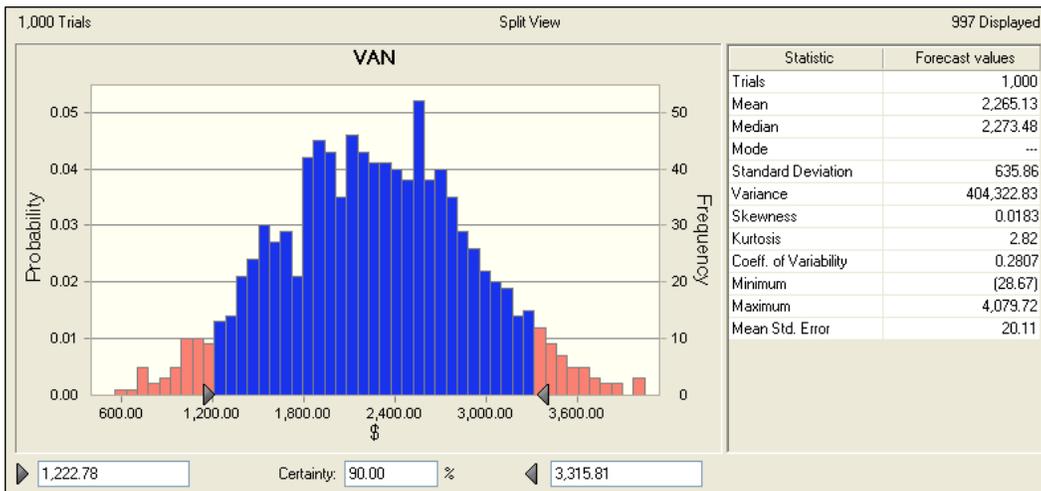
Simulamos 10.000 escenarios, designando como variables de entrada los flujos de caja y como variables de salida el VAN y el TIR, y obtenemos los siguientes resultados:



En cuanto a la TIR observamos que la media es 21,37% y que los escenarios pesimista y optimista se ubican en 13,90% y 27,18% respectivamente. Por el lado del VAN en cambio tenemos:



Esto quiere decir que con el 100% de confianza podemos esperar que el proyecto en las peores condiciones de cómo resultado un valor actual neto de \$-28,67 mientras que en el mejor escenario el resultado sería un valor de proyecto de \$4.079,72.



Si queremos analizar el VAN con menores variaciones en sus límites, se podría reducir el nivel de confianza al 90%, con lo cual obtendremos que nuestro valor actual neto del proyecto puede variar entre \$1.200 y \$3.300.

La utilización del Crystal Ball en la valoración de proyectos de inversión nos permite ver resultados estocásticos, es decir, rangos de valores con su correspondiente probabilidad de ocurrencia y no determinísticos como se calculó al inicio del ejercicio.

### ***1.3 VENTAJAS DE LA METODOLOGIA DE FLUJOS DESCONTADOS***

- Una de las ventajas que presenta el uso de indicadores financieros como el VAN y el TIR, es que incorporan el valor del dinero en el tiempo, ya que los flujos que se descuentan, si bien se hacen a una misma tasa, varía la importancia que tiene conforme pasan los períodos.
- Además el VAN incorpora el costo de oportunidad que tiene el inversionista, debido a que se toma en cuenta una inversión alternativa para los análisis y por lo tanto abre dos o más posibilidades en las cuales podrían canalizar sus recursos de una forma menos riesgosa y que le proporcione mayores beneficios.
- El VAN cumple con uno de los principios de optimización que es maximizar la ganancia de los inversionistas porque muestra el valor sobre el cual su dinero rendiría más que lo que aportó en un inicio para el proyecto. Este análisis debería ser sin embargo probabilístico y no determinístico como se mostró en los ejemplos del capítulo.
- En cuanto a la tasa interna de retorno, su ventaja es que es fácil de interpretar al contrastarla con el costo de capital y además nos permite conocer sin mayor problema la tasa de rendimiento de nuestra inversión, el inconveniente es que presupone una misma tasa de descuento para todos los flujos.

## CAPITULO II: LOS DERIVADOS FINANCIEROS, LAS OPCIONES

### ***2.1 CONCEPTO***

Las opciones son instrumentos que nacen con el propósito de cobertura de riesgos al igual que el resto de derivados financieros. Sin embargo también sirven para especulación. La cobertura se refiere a que un inversionista toma una posición para protegerse de movimientos adversos en los precios, como es el caso de un agricultor que necesita fijar un precio seguro para sus productos, en cambio, un especulador toma posiciones en el mercado a manera de apuesta y observan si el precio va al alza o a la baja. Una opción da a su comprador el derecho, más no la obligación de adquirir un activo subyacente, sea este una acción o un producto agrícola, industrial, etc. Además el contrato de opción estipula el tiempo en el que se deberá ejercer y el precio acordado para el efecto.

Se debe recalcar que los contratos de opciones son estandarizados, es decir si alguien quiere comprar acciones, el mercado vende cada opción por un monto de 100 acciones y si hablamos de activos del sector real como petróleo o trigo tendremos el número de barriles o toneladas que corresponden a un contrato de opción. Esto es muy importante en el mundo financiero ya que ofrece la capacidad de apalancamiento. Para tener una mejor idea de cómo pueden apalancarnos estos documentos podemos ver que, si queremos comprar una acción de cualquier empresa, eso nos representa un costo que se refiere al valor de la acción, sin embargo con productos derivados podemos adquirir opciones, futuros, etc, por un conjunto de acciones, sin la necesidad de contar con el dinero para cada una de estas acciones, sino únicamente pagando una prima que representa un costo mucho menor. Sin embargo, cuando esta opción o futuro llegue a

ejecutarse, entonces podremos ganar el valor total al negociar estas acciones en el mercado. El apalancamiento se refiere a la posibilidad de lograr grandes ganancias invirtiendo la menor cantidad de capital.

El primer mercado de opciones formal nació en el Chicago Board of Trade, denominado Chicago Board Options Exchange en 1973. Y nace con el fin de negociar únicamente opciones de acciones de empresas que cotizaban en bolsa, luego aparece el American Stock Exchange y el Philadelphia Stock Exchange en 1975. Posteriormente, ya en los años ochenta surgen nuevos mercados sobre opciones en divisas, índices bursátiles e incluso una mezcla de derivados como son las opciones sobre contratos de futuros.

## ***2.2 TIPOS DE OPCIONES***

Existen 2 tipos de opciones financieras: las opciones de compra, denominadas CALL y las opciones de venta, PUT. Cabe mencionar que para el caso de las opciones de compra, los adquirientes tienen el derecho a comprar el activo si ellos lo decidieran, sin embargo quienes han vendido las opciones ya sea de compra o de venta están obligados a honrar estos contratos en la fecha y con el precio estipulados.

Se debe observar además que en el mercado de opciones se trabaja tanto con opciones europeas, como opciones americanas. Y se diferencian porque las opciones europeas, se pueden ejercer únicamente al vencimiento, mientras que las americanas pueden ser ejecutadas en cualquier momento.

### ***2.3 VARIABLES QUE DEFINEN UNA OPCION***

Antes de entrar en la valoración de opciones, se debe conocer los términos comúnmente utilizados y sus significados:

- Precio del subyacente: es el precio de mercado del bien para el que se realiza la opción (oro, petróleo, acciones, índices, etc.)
- Precio de ejercicio: Es el precio que se fija para la compra o la venta de las opciones.
- Tiempo de expiración: es la fecha en que la opción puede ser ejercida.
- Prima: Es el precio que paga el comprador de las opciones de compra o de venta para adquirirlas y que el vendedor gana en el caso que la opción no se llegue a ejercer.

### ***2.4 ESTRATEGIAS UTILIZADAS CON OPCIONES***

Existen cuatro estrategias básicas que se utilizan con opciones:

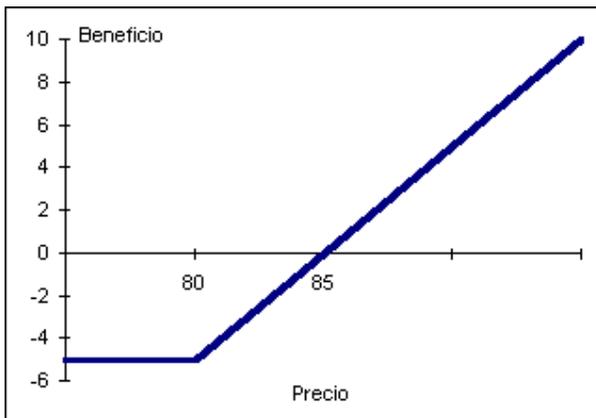
- La primera consiste en analizar la tendencia del bien subyacente, si este tiende al alza, lo pertinente sería adquirir una opción CALL, ya que si se espera que dicho activo se incremente podríamos comprar una opción a un precio menor hoy y luego podemos adquirirlo al precio pactado mientras que en el mercado el precio sería mayor y por lo tanto ganaríamos ese diferencial, la utilidad viene dada por:

$$\text{UTILIDAD} = \text{Precio del subyacente} - \text{Precio de ejercicio} - \text{Prima}$$

Si al llegar la fecha en que se debe ejecutar la opción, el precio del subyacente es mayor al precio de ejercicio, la opción se ejerce y la utilidad máxima que se tendría es:

$$\text{UTILIDAD} = \text{Máximo} (0, \text{precio del subyacente en el mercado} - \text{precio de ejercicio}) - \text{prima}$$

Gráficamente la estrategia sería la siguiente:



Compra de un call sobre acciones de la empresa XYZ a un precio de ejercicio de \$80 y con una prima de \$5. El gráfico representa los beneficios del comprador del call en función del precio de las acciones, en la fecha de vencimiento.

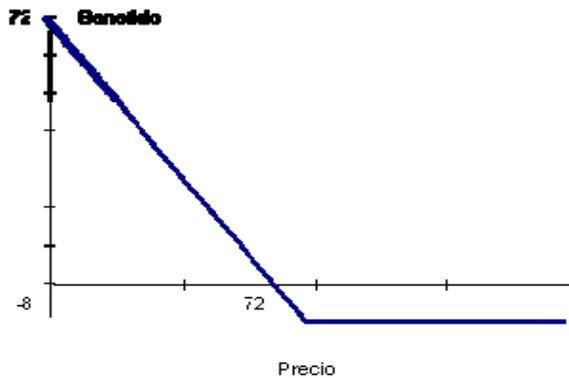
- La segunda estrategia consiste en comprar un PUT esto se debe hacer si observamos que el mercado del bien subyacente y por lo tanto de la opción tiende a la baja. En este caso, nosotros tendremos la opción de vender algo a un precio pactado que sería superior al precio que se encuentra en el mercado y de igual forma obtenemos esa diferencia como beneficio.

$$\text{UTILIDAD} = \text{Precio de ejercicio} - \text{Precio del subyacente} - \text{Prima}$$

La utilidad máxima se obtendría de la siguiente forma:

UTILIDAD = Máximo (0, precio de ejercicio – precio del subyacente en el mercado) – prima

La forma que tendría esta estrategia es:

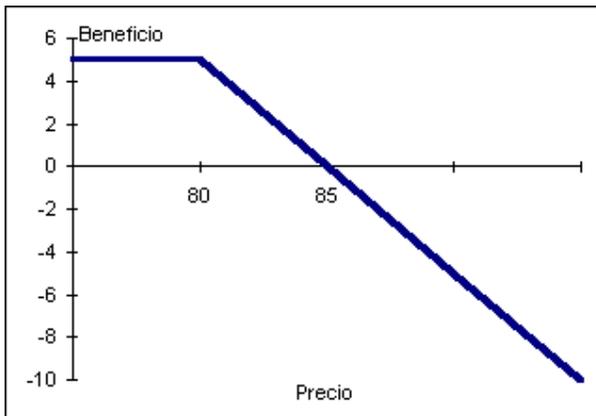


Compra de un put sobre acciones de la empresa XYZ a un precio de ejercicio de \$80 y con una prima de \$8. El gráfico representa los beneficios del comprador del put en función del precio de las acciones, en la fecha de vencimiento.

- La tercera estrategia es vender un CALL, como hemos visto siempre debe haber dos partes cuando se trata de las opciones por lo tanto el vendedor de un call, está obligado a comprar el activo subyacente en la fecha pactada al precio de ejercicio. Si en esta fecha el precio en el mercado es mayor al precio de ejercicio el dueño o comprador de la opción va a hacer uso de su derecho y comprará el subyacente ya que le conviene aprovechar el precio, en este caso el vendedor de la opción pierde ese valor; en cambio, si el precio de mercado es menor que el precio de ejercicio el comprador del call no hará uso de la opción y el vendedor habrá ganado el valor de la prima. Por lo tanto la utilidad para el vendedor del call es el siguiente:

UTILIDAD = Prima – Máximo (0, Precio acción en el mercado – Precio de ejercicio)

El gráfico de esta estrategia lo podemos ver en la parte inferior:

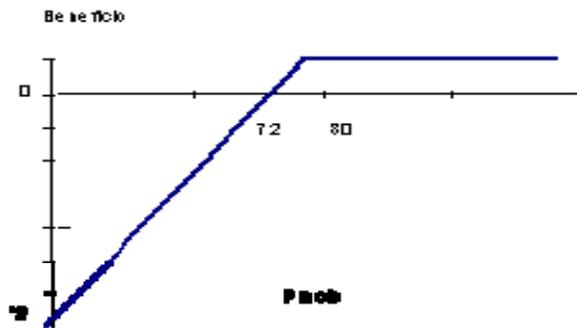


Venta de un call sobre acciones de la empresa XYZ a un precio de ejercicio de \$80 y con una prima de \$5. El gráfico representa los beneficios del vendedor del call en función del precio de las acciones, en la fecha de vencimiento (observe que el vendedor de un call tiene una posición de pérdidas y ganancias simétrica a la descrita para el comprador de un call).

- Finalmente, la última estrategia es la venta de un put. Esta estrategia se da cuando el vendedor espera que el precio de ejercicio sea menor al precio de mercado, en este caso el comprador del put no querrá ejercer la opción porque puede vender el subyacente a un precio mayor en el mercado y de esta forma el vendedor del put ganaría la prima. La utilidad para el vendedor es la siguiente:

UTILIDAD = Prima – Máximo (0, precio de ejercicio – precio del subyacente en el mercado)

El gráfico de la estrategia venta de un put es:



Venta de un put sobre acciones de la empresa XYZ a un precio de ejercicio de \$80 y con una prima de \$8. El gráfico representa los beneficios del vendedor del put en función del precio de las acciones, en la fecha de vencimiento (observe que el vendedor de un put tiene una posición de pérdidas y ganancias simétrica a la descrita para el comprador de un put).

## 2.5 LAS OPCIONES REALES

Debido a que las opciones nacen como un instrumento que permite mitigar o eliminar de cierta forma los riesgos financieros, se ha tomado este útil concepto para utilizarlo en el mundo de los proyectos, en la economía real. Por tal razón en el año 1987 Myers acuña la palabra opción-real para definir una herramienta que da el derecho a ingresar o participar, o no, en un proyecto dependiendo del análisis que se pueda observar en el camino. Esto da a los gestores de proyectos la flexibilidad con la que no cuentan cuando se trata de evaluar un estudio con los elementos tradicionales como son los flujos de caja descontados, el valor actual neto y la tasa interna de retorno.

Existe evidencia empírica respecto a que la valoración de proyectos mediante opciones reales es más efectiva si el proyecto posee una elevada volatilidad<sup>5</sup> en los flujos anuales, es decir está expuesto a cambios en la marcha y por lo tanto necesita flexibilidad. Caso contrario, técnicas como las expuestas en el capítulo primero de Valor actual neto y tasa interna de retorno serían apropiados y menos complejos de aplicar.

<sup>5</sup> La volatilidad mide el riesgo del activo subyacente y se calcula mediante la desviación típica o desviación estándar de los rendimientos de precios o de los flujos que genere el activo. Se expresa como porcentaje. Y se debe observar tanto datos históricos, como del sector, para determinar si es una volatilidad alta o baja.

Para el caso de las opciones reales también tenemos una clasificación que difiere un poco de la que se mencionó para las opciones financieras.

- Opciones de invertir/crecer:
  - ✓ Opción de Ampliar
  - ✓ Opción de Intercambio
  - ✓ Opción de ampliación del alcance
  
- Opciones de aplazar/aprender
  - ✓ Opción de diferir
  - ✓ Opción de aprender
  
- Opciones de desinvertir/salir
  - ✓ Opción de decrecimiento
  - ✓ Opción de intercambio
  - ✓ Opción de reducción del alcance

### CAPITULO III: VALORACION DE PROYECTOS MEDIANTE OPCIONES REALES

Cuando alguien adquiere una acción de compra o de venta está recibiendo un derecho a comprar o vender un activo subyacente a un precio pactado y en una fecha estipulada en el contrato. Existe una estructura básica que se debe analizar en las opciones para valorarlas y es la paridad put-call. El valor de la opción call es la diferencia entre el valor actual de los pagos esperados futuros y el costo de ejercer la opción al vencimiento. Mientras que el valor de la opción put viene dado por el costo de adquirir el activo y el precio al que puede ser vendido el subyacente a la fecha de vencimiento.

$$C = \text{Max} (0, S-K)$$

$$P = \text{Max} (0, K-S)$$

La compra simultánea de una opción call y la venta de una put, nos da el mismo perfil que obtenemos del precio de una acción y su utilidad, por lo tanto se puede establecer una ecuación que relacione las dos situaciones:

$$A = O - P$$

Donde A es el precio de la acción, P es el precio de venta de una opción Put y O es la compra de una call.

Si a esto lo vemos en la fecha en la que debe ejercerse la opción y fijamos el precio de ejercicio como E, ya podemos observar la paridad put-call:

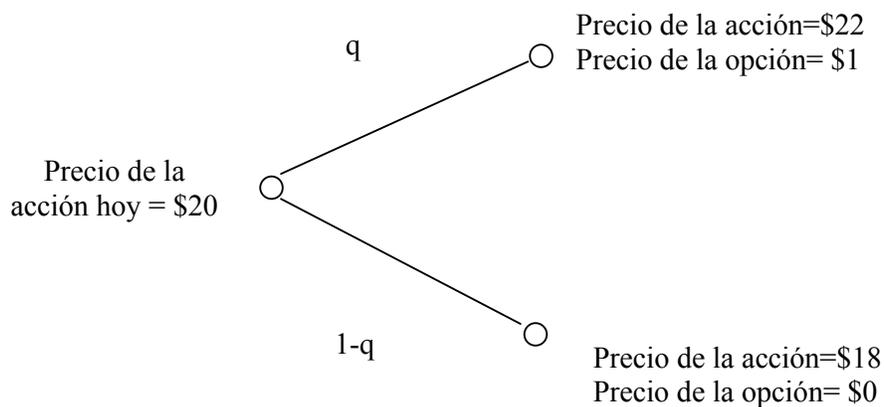
$$A - E = O - P$$

### 3.1 METODOLOGIAS DE VALORACION

#### 3.1.1 El Modelo Binomial

El Modelo Binomial o más conocido como árbol binomial fue realizado por William Sharpe en 1978 pero se conoció en mayor grado en el año 79 con autores como Stephen Ross, John Cox y Mark Rubistein. Este modelo también conocido como árboles binomiales consiste en ver el valor de la opción y de las acciones a través del tiempo mediante probabilidades de incremento y decremento en los precios. Lo que relaciona es el valor actual con la fecha de expiración de las opciones. En este modelo se trabaja con nodos de los cuales solo uno refleja el tiempo actual en el cual se está realizando la valoración y el resto de nodos representan las fechas de expiración de las opciones. Las probabilidades para el incremento o decremento de los precios son iguales a  $q$  y  $1-q$  respectivamente, siendo  $q$  menor a 1.

Aquí se puede observar uno de los ejemplos de árboles binomiales de un período.



El precio de las acciones hoy es de \$20 y existe la probabilidad que en tres meses las acciones suban a \$22 o bajen a \$18. En este ejemplo se asume que al cabo de tres meses el verdadero precio de la acción es \$21 por lo cual en el primer caso, el precio de la opción sería de \$1, ( $\$22 - \$21 = \$1$ ), en el segundo caso el precio de la opción sería cero porque el precio de mercado es mayor al precio de la opción por lo tanto no se ejercería, ( $\$18 - \$21 = \$-3$ ) ya que podríamos vender en el mercado la acción a \$21 en lugar de comprar una opción para venderla en \$18.

Para conocer el valor de la cartera libre de riesgo (una cartera libre de riesgo expresa que, tanto si el precio de una acción sube o baja en el siguiente período, el valor de esta cartera seguirá siendo el mismo) trabajamos con su forma matemática general:

Esta fórmula considera que la cartera está larga en  $\delta$  acciones y corta en 1 derivado.

$$\begin{array}{l} \nearrow \text{ } DA_{ALTA} \delta - O_{ALTA} \\ \searrow \text{ } DA_{BAJA} \delta - O_{BAJA} \end{array}$$

Donde:

$DA_{ALTA}$  = precio alto de la acción

$DA_{BAJA}$  = precio bajo de la acción

$O_{ALTA}$  = precio alto de la opción

$O_{BAJA}$  = precio bajo de la opción

$\delta$  = número de acciones que se debe adquirir

La cartera estará libre de riesgo cuando:

$$DA_{ALTA} \delta - O_{ALTA} = DA_{BAJA} \delta - O_{BAJA}$$

Despejando  $\delta$  que es número de acciones que debemos tener:

$$\delta = \frac{O_{ALTA} - O_{BAJA}}{DA_{ALTA} - DA_{BAJA}}$$

En el caso que la acción suba a \$22 tendremos una cartera que equivale a  $22\delta - 1$  (22 delta, menos \$1 que es el valor de la opción si el precio sube) y si la acción bajara, el valor de la cartera sería  $18\delta - 0$  (18 delta menos cero, cero es el valor de la opción si el precio baja). Reemplazando en la ecuación tenemos:

$$22\delta - 1 = 18\delta - 0$$

$$\delta = 0,25$$

Con esto podemos definir una cartera libre de riesgo que estaría compuesta por 0,25 acciones a largo (una posición larga significa que vamos a comprar las acciones) y una opción a corto (la posición corta se refiere a que tenemos que vender una opción).

$$\text{cuando el precio sube a } \$22 = 22 \times 0,25 - 1 = 4,5$$

$$\text{cuando el precio baja a } \$18 = 18 \times 0,25 = 4,5$$

Este es el valor de la cartera a la fecha de expiración de las opciones, 3 meses o 0,25 (para el cálculo se toma siempre como referencia un año, y en este caso 3 meses representan  $\frac{1}{4}$  de año, o 0,25 años) sin embargo se puede observar que en un escenario sin posibilidades de arbitraje, esta cartera ganaría el tipo de interés libre de riesgo o tasa

libre de riesgo<sup>6</sup> y se la podría traer a valor actual. Por lo tanto vamos a asumir que el tipo libre de riesgo es el 12%, con esto el valor actual de la cartera sería:

$$\begin{aligned}VP &= 4,5^{-0,12 \times 0,25} \\ &= 4,367\end{aligned}$$

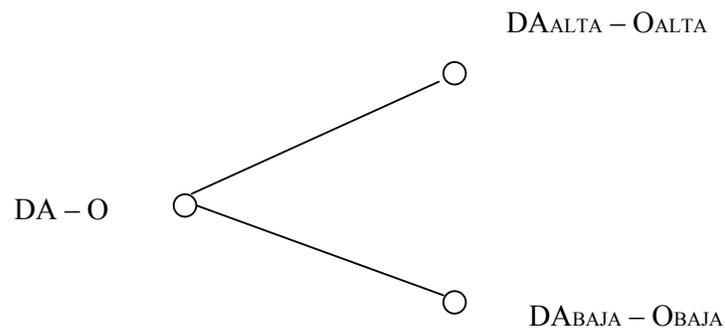
Además del valor presente de la cartera podemos conocer el precio actual de la opción, si sabemos que la acción hoy cuesta \$20 y se deben comprar 0,25 acciones y si el precio de la opción es  $f$ , entonces:

$$20 \times 0,25 - f = 4,367$$

$$f = 0,633$$

Por lo tanto el día de hoy la opción se debería vender en \$0,633.

Haciendo una generalización de este procedimiento tendríamos lo siguiente:



---

<sup>6</sup> La tasa cero riesgo o tasa libre de riesgo es un concepto teórico que asume que en la economía existe una alternativa de inversión que no tiene riesgo para el inversionista. Este ofrece un rendimiento seguro en una unidad monetaria y en un plazo determinado, donde no existe riesgo crediticio ni riesgo de reinversión ya que, vencido el período, se dispondrá del efectivo. En la práctica, se toma el rendimiento de los Bonos del Tesoro de Estados Unidos como la tasa libre de riesgo, ya que se considera que la probabilidad de no pago de un bono emitido por Estados Unidos es muy cercana a cero.

Donde:

D = es el ratio de cobertura

DAALTA = precio alto de la acción

DABAJA = precio bajo de la acción

OALTA = precio alto de la opción

OBAJA = precio bajo de la opción

Para analizar el sistema de cobertura se observan algunos parámetros:

$r_f^*$  = tasa libre de riesgo + 1

A = precio de la acción en el momento inicial

a = multiplicador utilizado para obtener el valor superior de la acción

b = multiplicador utilizado para obtener el valor inferior de la acción

Los árboles binomiales no requieren cálculos de volatilidad, en lugar de eso utilizan distribuciones de probabilidades. Además, utilizan tiempo discreto más que continuo, lo que es importante en la realidad ya que por lo general las decisiones de inversión se toman en un punto específico del tiempo luego de conocer la información necesaria. La base del árbol binomial es que nosotros sabemos que existe un activo idéntico al nuestro en el mercado que captura el riesgo y los pagos futuros del proyecto que nos permite construir una cobertura libre de riesgo. Esto mismo debemos pensar cuando descontamos los flujos de caja futuros a la tasa de descuento que capture el riesgo del proyecto, más conocida como la tasa de premio al riesgo (risk premium). Esta tasa de descuento es escogida para reflejar el retorno del inversor por el cambio al activo idéntico del que se habló anteriormente. Por lo tanto si hacemos una cobertura libre de

riesgo de un portafolio de activos negociables podremos trabajar con la probabilidad neutral al riesgo<sup>7</sup> para determinar los flujos esperados y descontarlos al precio de hoy usando la tasa de descuento libre de riesgo. La fórmula para calcular la probabilidad neutral al riesgo es la siguiente:

$$p = \frac{(r_f * S_{expected}) - S_{min}}{S_{max} - S_{min}}$$

Donde:  $r_f$ : es la tasa libre de riesgo

$S_{expected}$ : es el valor esperado del activo futuro

$S_{min}$ : es el mínimo valor del activo al final del siguiente período

$S_{max}$ : es el máximo valor del activo al final del siguiente período

Una vez que ya hemos obtenido la probabilidad neutral al riesgo se puede conocer la fórmula para calcular una call:

$$C = \frac{p * S_{max} + (1 - p) * S_{min} - K * r_c^t}{1 + r_f}$$

En este caso podemos ver que para el cálculo no solo tomamos el costo de una call  $K$  sino también aplicamos el concepto de costo de oportunidad, para lo cual incluimos la tasa de interés que genera el capital corporativo representada por  $r_c^t$  ya que el inversionista puede tomar la decisión de realizar el proyecto o poner ese dinero en un banco para que rinda un tipo de interés. Para determinar el costo crítico de una call

---

<sup>7</sup> La probabilidad neutral al riesgo es una ponderación aplicada a los valores futuros del activo subyacente. Los valores futuros esperados de los activos, generados por las probabilidades neutrales, cuando son descontados a la tasa libre de riesgo, son iguales al valor actual del activo subyacente.

podemos despejar K. El costo que se debe aceptar es el que conduce a la opción a estar en dinero, si el costo es excesivo la opción estaría a fuera de dinero.

Una vez que ya contamos tanto con el precio de la opción como con su costo, podemos modificar las probabilidades de que ocurra tal o cual circunstancia y también se puede cambiar el valor mínimo y máximo del activo al final del siguiente período, esto hará que también se modifiquen los precios y costos iniciales de la opción. Cuando modificamos la probabilidad de ocurrencia, es decir existe mayor probabilidad, también se incrementan tanto el precio como el valor de la opción. Por otro lado si se incrementan los valores mínimo o máximo del activo también el valor de la opción se incrementa, tiene una relación directa.

En cuanto al riesgo y al retorno de estas opciones podemos ver que si el activo subyacente tiene una trayectoria positiva, y el valor de la opción se incrementa, el rendimiento va a ser un multiplicador del valor actual del activo subyacente. Si por el contrario su activo subyacente se deprecia, el rendimiento será únicamente una fracción del precio del activo. Podemos ver el rendimiento de la siguiente forma:

En el caso que se de un cambio positivo del precio:  $R = \frac{S_1^+}{S_0}$

Si existe un cambio negativo de la trayectoria:  $1/R = \frac{S_1^-}{S_0}$

Por el lado del riesgo, este se lo puede ver expresado como la volatilidad implícita<sup>8</sup>:

---

<sup>8</sup> La volatilidad implícita es una clase de volatilidad que no es calculada estadísticamente (desviación estándar), sino inferida del precio de una opción u opciones que se negocian en el mercado.

$$\sigma_1 = \frac{\ln R_1}{\sqrt{t_1}}$$

Se puede contrastar la volatilidad implícita con el rendimiento, y de la misma forma podemos contrastar la probabilidad neutral al riesgo con el rendimiento. En el primer caso, como se podría esperar mientras se incrementa la volatilidad implícita el rendimiento también se incrementa, a mayor riesgo mayor rendimiento. En el segundo caso, igual se podría intuir, mientras la probabilidad neutral al riesgo se incrementa el rendimiento disminuye ya que se cumple la misma premisa que en el primer caso. Una de las bondades que tiene el modelo binomial es que la volatilidad implícita puede ser calculada en cada fase del proyecto, lo que es muy importante para definir las estrategias que se pueden adoptar sobre la marcha.

Trabajar con la valoración neutral al riesgo es útil ya que podemos asumir que la rentabilidad de todas las acciones es la tasa libre de riesgo y de la misma forma se puede calcular los precios actuales, descontando los flujos futuros a esta misma tasa.

Este modelo tiene algunas ventajas que se detallan a continuación:

- Es un modelo intuitivo más que analítico y por lo tanto no requiere un software ni cálculos complejos.
- Nos permite ver una aproximación simple en tiempo continuo de un problema de valoración complejo y de escenarios para los cuales no existe una solución analítica cercana.

- La opción es valorada sin la subjetividad de las preferencias del riesgo del inversor.
- Además este modelo exige que los supuestos sean fundamentados en información de calidad, para que de esta forma arroje mejores resultados.

A pesar de sus ventajas, la mayor debilidad del modelo binomial es que puede resultar muy complejo si se está trabajando con opciones incrustadas, es decir una combinación de varios tipos de opciones, o si el tiempo para el proyecto es demasiado largo y requiere muchas etapas.

### ***3.1.2 Modelo de Black and Scholes***

Este modelo de valoración de opciones, fue desarrollado por Fisher Black y Myron Scholes a principios de los años setenta y se basa en la volatilidad del activo subyacente, a la vez que considera que los costos son fijos en el tiempo. Para estos autores la distribución que sigue el valor del activo y en nuestro caso un proyecto de inversión es lognormal, es decir no existe valores negativos en ella. Además tenemos otros supuestos como son: el valor de los rendimientos es conocido, la tasa libre de riesgo es constante, el activo no paga dividendos y las opciones son de tipo europeo, es decir se ejecutan solo al vencimiento.

Las fórmulas para el cálculo del precio de opciones, put y call, que utiliza Black-Scholes, son las siguientes:

$$C = Se^{-\delta t} * \{N(d1)\} - Xe^{-rt} * \{N(d2)\}$$

$$P = - S e^{-\delta t} * \{N(-d1)\} + X e^{-rt} * \{N(-d2)\}$$

$$d1 = \{\ln(S/X) + (r - \delta + \sigma^2 / 2)t\} / \sigma * \sqrt{t}$$

$$d2 = d1 - \sigma * \sqrt{t}$$

Donde d1 y d2 representan; (d1) el valor esperado de recibir el activo en caso que se ejerza y (d2) el costo de pagar el precio de ejercicio cuando se ejerce la opción.

Con la misma nomenclatura que usamos para opciones financieras Black-Scholes adaptan su fórmula para opciones reales en la cual S que es el precio de la opción, en este caso sería el valor actual de los flujos futuros que nos daría el proyecto. X que es el precio de ejercicio, se ve ahora como los costos fijos que existirán durante toda la vida del proyecto.  $\sigma$  que es la incertidumbre, refleja la desviación estándar de la tasa de crecimiento de los flujos de efectivo futuros. t el tiempo de expiración de la opción, es el tiempo para el cual la oportunidad de inversión es válida. En el proyecto la ventaja competitiva dependerá de la tecnología y de los contratos.  $\delta$  los dividendos representa en este caso el valor que se pierde por sobre la duración de la opción, esto puede ser visto como el costo en el que se incurre para preservar la opción o los flujos de caja perdidos por los competidores que invirtieron en una oportunidad de inversión. r, que es la tasa de interés libre de riesgo representa el rendimiento de un activo sin riesgo con la misma fecha de expiración y duración de la opción.

Aquí tenemos un ejemplo de una opción de abandono en la que emplearemos el modelo de Black and Scholes:

Una empresa quiere comprar un bote de alta velocidad para utilizarlo en paseos turísticos. Tienen para esto, 2 cotizaciones de botes, el primero es de origen europeo y es de una marca conocida su costo es \$7 millones y el segundo es de un bote oriental y la marca es desconocida que cuesta \$6,5 millones. El barco europeo tiene un valor de reventa al cabo de un año de \$6,1 millones, mientras que el barco oriental no puede ser revendido. Se puede ver a continuación los flujos de efectivo que arrojará el proyecto los siguientes 5 años tanto si la demanda es alta, como si la demanda es baja:

Demanda Alta  
(En miles de dólares)

Años	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujos de Caja	9.500	8.500	7.452	6.352	5.198	3.977

Demanda Baja  
(En miles de dólares)

Años	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujos Netos	5.000	5.450	4.700	3.800	2.900	2.000

Es decir que si el barco trabaja un año, tendremos un negocio que vale \$8,5 millones si la demanda es alta y solo \$5,45 millones si la demanda de turistas es baja. Por datos históricos del sector se estima que hay la probabilidad del 40% de que la demanda sea alta y el 60% baja. Por lo tanto podemos obtener el valor esperado de la siguiente forma:

$$\text{Valor esperado} = 0,40 * 8,5 + 0,60 * 5,45 = \$6.8 \text{ millones}$$

Con este resultado tenemos un valor actual neto negativo de \$200.000 con el barco europeo (\$6,8 millones – \$7 millones) y positivo con el barco oriental de \$300.000

(\$6,8 – \$6,5). Este resultado incentivaría a los inversionistas a comprar el barco oriental, sin embargo su preocupación es que si el negocio no va bien, se podría perder mucho dinero ya que no es factible vender el barco oriental al final del primer año. Con este problema planteado debemos ver cuál es la flexibilidad que ofrece invertir en el barco que presenta el VAN negativo (barco europeo). Como se ve en los datos anteriores, si el negocio va mal se podría vender el barco europeo en un año por \$6,1 millones en lugar de quedarse con un negocio que valdría \$4,5 millones. La compañía posee una acción que vale \$6,8 millones que es el valor medio entre \$5,45 (flujo a un año con demanda baja) y \$8,5 millones (flujo a un año con demanda alta) y una opción de abandono con un precio de ejercicio de \$6,1 millones a un año plazo.

Para calcular cuánto vale realmente el negocio hoy, se debe sumar el valor sin flexibilidad que obtenemos mediante el cálculo de flujos descontados y el valor de la opción de abandono. Aplicando el modelo de Black and Scholes tenemos:

$$Se^{-\delta t} * \{N(d1)\} - Xe^{-rt} * \{N(d2)\}$$

$$d1 = \{\ln(S/X) + (r - \delta + \sigma^2 / 2)t\} / \sigma * \sqrt{t}$$

$$d2 = d1 - \sigma * \sqrt{t}$$

Donde d1 y d2 representan; (d1) el valor esperado de recibir el activo en caso que se ejerza y (d2) el costo de pagar el precio de ejercicio cuando se ejerce la opción.

$$d_1 = \frac{\ln(6,8/6,1) + 0,07 \times 1}{0,2235\sqrt{1}} + 0,5 \times 0,2235 \times \sqrt{1} = 0,9108$$

$$d_2 = 0,9108 - 0,2235\sqrt{1} = 0,6873$$

$$p = 6,1e^{-0,07(1)}N(-0,6873) - 6,5N(-0,9108)$$

$$p = 6,1e^{-0,07(1)}0,245 - 6,8 \times 0,18 = 0,17 = \$170.000$$

Esto quiere decir que el costo de la opción de abandono es de \$170.000, lo que resulta muy bueno para la empresa si comparamos.

Por lo tanto tenemos que el valor del negocio con flexibilidad gracias a la compra de la opción, es el siguiente:

PV con flexibilidad = PV sin flexibilidad + Valor de la opción de abandono

PV con flexibilidad = 6,8 - 0,17 = \$6,63 millones

Este resultado le permite al inversionista correr menos riesgo ya que cuenta con una opción que lo cubre ante problemas en el negocio. Si no existiera esta opción el valor que debería asumir la empresa como pérdida sería de \$6,5 millones que fue el costo del barco que no puede revenderse menos el flujo positivo que arroje el primer año de funcionamiento.

### **3.2 VENTAJAS DE SU APLICACIÓN VERSUS ANÁLISIS VAN Y TIR**

Sin duda la mayor ventaja que existe en la valoración de opciones versus la aplicación de metodologías tradicionales como la de flujos de caja, es la flexibilidad que ofrece cuando los flujos son sumamente volátiles, que es la característica fundamental en el mundo real. Cuando se habla de flexibilidad nos referimos a la posibilidad de posponer un proyecto, de esperar hasta adquirir mayores recursos o mayor experiencia, a desistir de realizarlo si en la marcha no está dando los resultados que se esperaban, etc. Algo muy importante es que las opciones reconocen el valor del aprendizaje y lo pueden aplicar una vez iniciado el proyecto, lo que no hace la metodología de flujos. Al hablar de esto vemos que son ventajas exclusivamente al adquirir una opción pero además podemos potenciar los beneficios para quienes manejan los proyectos en el transcurso de validez de esta.

Algunos de estos beneficios se detallan a continuación:

- Pueden incrementar el valor actual de los ingresos operativos futuros: este incremento se da por subida en el precio o aumento de producción del bien. O por generar nuevas oportunidades de negocio dentro del proyecto inicial.
- Reducir el valor actual de los gastos operativos futuros: para lo cual existen 2 maneras, la primera es generar economías de escala, es decir reducir los costos unitarios mientras mayor es el volumen de producción y la segunda es generar economías de alto alcance, lo que significa utilizar los mismos costos para dos cosas diferentes.

- Incrementa la incertidumbre de los flujos esperados: si bien esto se lo podría ver como un problema, no lo es ya que la metodología de valor actual establece que todos los flujos futuros son iguales, lo que no es real. Con las opciones los flujos dependen de un mayor número de factores y por lo tanto son irregulares.
- Aprovechar la oportunidad de la duración. Mientras exista mayor duración, existirá mayor volatilidad y por lo tanto mayor será el valor de la opción.
- Reduce el valor de esperar. En proyectos en los que haya una importante ventaja de quien es que da el primer paso en invertir, y no tengamos el dinero suficiente, la opción de esperar puede resultar importante ya que una vez comprada tendremos derecho de ser los primeros en fabricar productos o usar espacios, dejando de lado a nuestros competidores.

Finalmente el empleo de opciones reales como herramientas de valoración de proyectos de inversión ayuda a la empresa a desarrollar estrategias como:

- Enfatizar oportunidades, ya que para escoger una opción tendremos que analizar una amplia gama de proyectos pero con la versatilidad y mayor amplitud de criterios que nos ofrecen las opciones reales versus un análisis que nos arroja un resultado que es estático y por lo tanto puede llevar a tomar decisiones erróneas.
- Incrementar el apalancamiento, como es el caso de las opciones financieras, nosotros no tenemos que contar con el total del dinero que exigiría un pago del subyacente, por el contrario debemos pagar solamente un porcentaje (prima). En

el caso de las opciones reales, industrias como la de petróleo requieren grandes inversiones y no siempre tienen buenos resultados, las opciones son importantes en este caso ya que no solo nos permitirán ver la proyección que tendremos en esos proyectos sino que nos permitirá contar con opciones de varios sectores para diversificar el riesgo.

- Minimizar la obligación que tienen los administradores de proyectos si en el momento de ejecutarlo las condiciones son adversas o se ha desistido de realizarlo y se opta por otro.

### ***3.3 PRINCIPALES PROBLEMAS AL APLICAR LA METODOLOGÍA DE OPCIONES A PROYECTOS DE INVERSIÓN.***

Uno de los principales errores que muchas veces se comete con las opciones, es pensar que son replicables, es decir, que si tenemos la capacidad de realizar un proyecto y luego podemos ejecutar otro de la misma índole, se deben valorar similarmente, intervienen muchos factores como para poder hacerlo de la misma forma.

Otro problema muy importante es que la volatilidad de un proyecto es muy complicada de determinar y esta información influye en gran medida en el precio de una opción. Esto podría generar un dato que no refleje la realidad del valor del proyecto. Mientras mayor volatilidad, mayor valor va a tener la opción.

Existen varios tipos de opciones como hemos visto anteriormente, una de ellas es la opción de expandir el negocio, esta opción debe ser medida y analizada dependiendo de los flujos futuros que nos arroje el proyecto, sin embargo en la teoría de opciones reales, específicamente en el Modelo de Black Scholes se supone que la opción es replicable por lo tanto la expectativa de flujos futuros no es una de las variables que influyen en el precio de la opción, lo que es erróneo.

Otro de los errores que se cometen al aplicar opciones reales es poner como tasa de descuento la tasa libre de riesgo. Esto es una falencia sobretodo en los proyectos que deben ejecutarse no en el presente, sino algunos años más tarde porque nosotros conocemos los costos e ingresos actuales pero no conocemos como continuará el negocio en un par de años, las posibles barreras de entrada y varios factores que pueden influir en el precio de la opción, por lo tanto la valoración puede estar equivocada.

## CAPITULO IV: CASO PRÁCTICO DE VALORACIÓN DE PROYECTOS UTILIZANDO LA METODOLOGIA DE FLUJO DE FONDOS VERSUS EL MODELO DE OPCIONES REALES

El caso que se realizará es el proyecto de construcción de una hostería en la ciudad de Tonsupa. Los inversionistas quieren saber si es factible o no realizar el proyecto y quieren analizar si con las condiciones actuales es mejor esperar un tiempo a que el turismo se incremente con la creación del Decameron Mompiche, ya que esto ayudará para la construcción de nuevas carreteras.

La inversión inicial que se requiere es de \$45.000. Los ingresos que se esperan obtener por el uso de la hostería son de \$60.000, \$57.000, \$49.000, \$62.000 y \$71.000. Los costos fijos son \$10.000 dólares anuales, mientras que los gastos variables se estima sean un 45% de los ingresos. La amortización de los activos es \$8.000 anuales. Y la tasa impositiva es del 25%.

La tasa de descuento que se usará para este proyecto es la del sector vivienda ya que los riesgos y costos que se asume deben ser cubiertos mediante una tasa alta. En este caso vamos a trabajar con el 11,35% que es la que puede cubrir los costos del capital y además da una prima de riesgo que en este caso sería el interés que se estaría ganando en un depósito, costo de oportunidad.

A continuación se realizan todos los cálculos de ingresos y egresos para la elaboración del estado de pérdidas y ganancias necesario para calcular indicadores como el valor actual neto y la tasa interna de retorno. Además debido a que este es un análisis

determinístico y en la realidad las decisiones se deben tomar con escenarios estocásticos, realizaremos una simulación en el programa Crystal Ball en el que se presentan 10.000 iteraciones y analizaremos los resultados.

(En dólares)

<b>ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS</b>					
	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
Ingresos	60.000,00	57.000,00	49.000,00	62.000,00	71.000,00
(-)Costos fijos	10.000,00	10.000,00	10.000,00	10.000,00	10.000,00
(-)Costos variables	27.000,00	25.650,00	22.050,00	27.900,00	31.950,00
(-)Amortización activo fijo	8.000,00	8.000,00	8.000,00	8.000,00	8.000,00
<i>Subtotal antes de impuestos</i>	<i>15.000,00</i>	<i>13.350,00</i>	<i>8.950,00</i>	<i>16.100,00</i>	<i>21.050,00</i>
(-)Impuestos	3.750,00	3.337,50	2.237,50	4.025,00	5.262,50
<b>Utilidad Neta</b>	<b>11.250,00</b>	<b>10.012,50</b>	<b>6.712,50</b>	<b>12.075,00</b>	<b>15.787,50</b>

#### ***4.1 VALORACION MEDIANTE FLUJOS DE FONDOS DESCONTADOS***

Obtenemos entonces una utilidad neta de \$11.250 el primer año, \$10.012 el segundo, \$6.712 el tercero, \$12.075 el cuarto y \$15.787 el quinto año. Como podemos observar hay una volatilidad importante en los flujos (se dice que es una volatilidad importante ya que el resultado de aplicar la desviación estándar a la tasa de crecimiento de los flujos es de 46.74%) lo cual es una premisa para utilizar la valoración mediante opciones reales, ya que de lo contrario el análisis tradicional, con VAN y TIR sería una aproximación muy cercana a la realidad. Con estos datos utilizamos primero la tasa de descuento del 11,35% para observar los flujos descontados y poder obtener los indicadores financieros.

(En dólares)

Años	0	1	2	3	4	5
flujo efectivo	(45.000,00)	11.250,00	10.012,50	6.712,50	12.075,00	15.787,50

(En dólares)

Años	0	1	2	3	4	5
flujo efectivo descontados	(45.000,00)	10.105,82	8.079,43	4.865,65	7.862,54	9.234,39

$$VAN = -4.881,95$$

El resultado es un valor actual neto negativo de \$-4.881,95 lo cual no representa un estímulo para invertir en este proyecto.

Ahora vamos a calcular cual es la tasa interna de retorno que arroja el proyecto, con los datos de flujos tenemos:

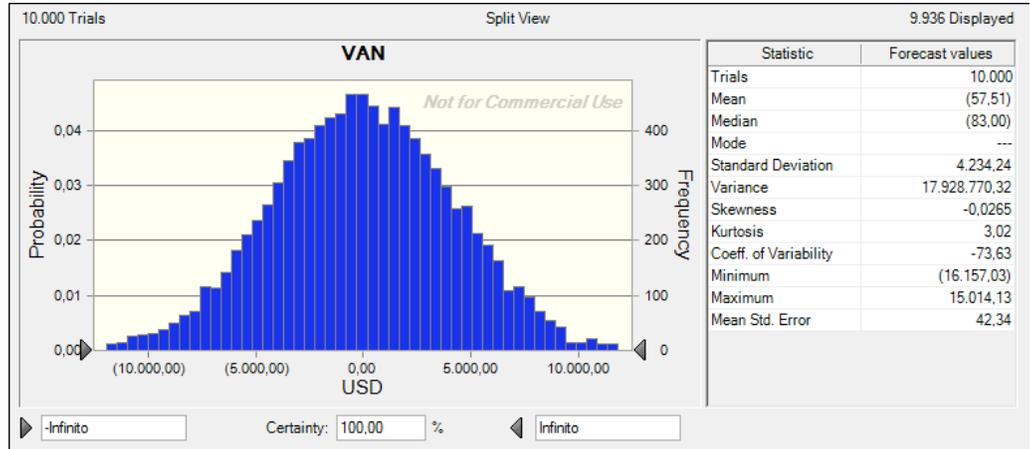
(En dólares)

Años	0	1	2	3	4	5
flujo efectivo	(45.000,00)	11.250,00	10.012,50	6.712,50	12.075,00	15.787,50
<b>TIR</b>	<b>7,16%</b>					

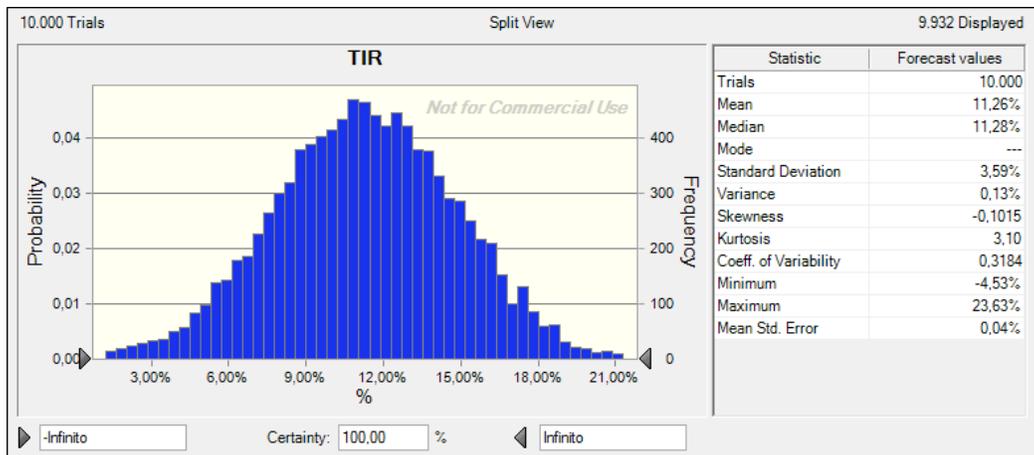
El 7,16% es una tasa un poco baja para lo que deseaban los inversionistas por lo tanto el proyecto mediante un análisis determinístico no es viable de ser ejecutado. Sin embargo tanto los ingresos como los gastos pueden cambiar ya que como se mencionó anteriormente en la realidad los escenarios no son determinísticos sino estocásticos.

Con el programa Crystal Ball vamos a realizar 10.000 escenarios con cambios en los ingresos y en los gastos.

Primero definimos la distribución de ingresos como normal, ya que esta distribución presenta la mayoría de datos en el centro, con poca probabilidad de enormes pérdidas o ganancias.

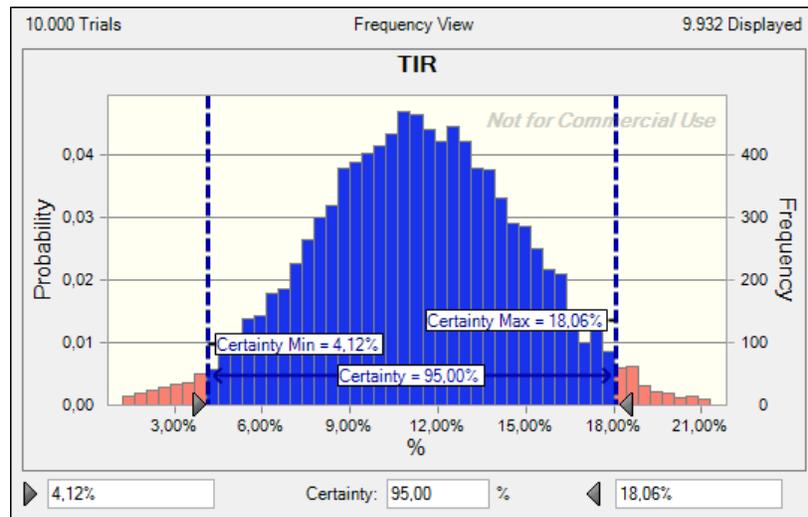


Con 10.000 iteraciones posibles de ingresos y gastos observamos que en un escenario pesimista lo máximo que podrían perder los inversionistas es \$16.157 y lo máximo que ganaría \$15.014 mientras que la media es muy cercana a cero (esto debido a que la tasa de descuento con la que estamos trabajando es 11,35%, muy cercana a la TIR del proyecto). Por el lado de la tasa interna de retorno de la misma forma corremos el programa y nos arroja el siguiente resultado:

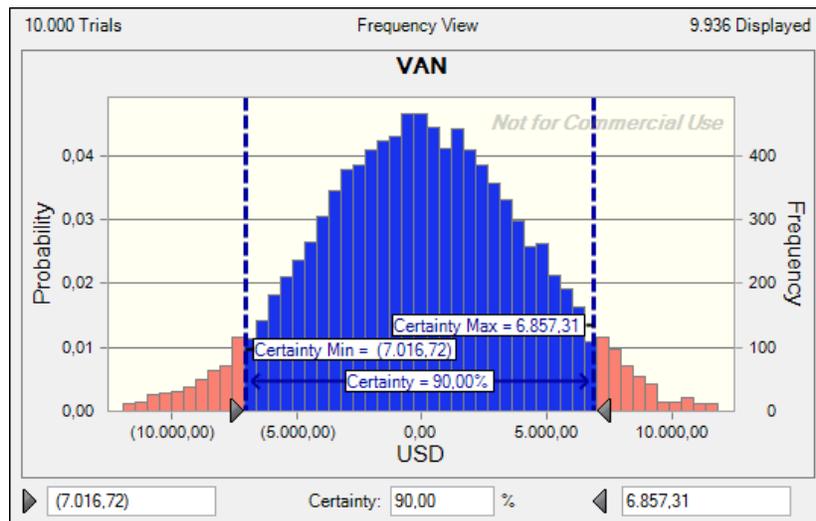


De la misma forma el escenario más probable sería contar con una tasa de descuento del 11,26% y en el peor de los casos la tasa sería -4,53% mientras que el mejor escenario sería tener una tasa interna de retorno del 23,63%. Con un 100% de confianza.

Si observamos con un 95% de confianza tendríamos este gráfico:



De igual forma podemos observar valores menos dispersos si tomamos el 95% o 90% de confianza en el valor actual neto:



Con estos resultados, podemos concluir que mediante el método de flujos descontados el proyecto no es recomendable de ser ejecutado, ya que las pérdidas que podríamos afrontar son importantes. A esta conclusión se llega tanto con un escenario determinístico como con el escenario estocástico, que es el que arroja el programa.

#### **4.2 VALORACIÓN MEDIANTE EL MODELO BINOMIAL:**

Ahora vamos a observar la valoración de este proyecto mediante opciones reales. El primer método a utilizar son los reticulados binomiales o método binomial. El reticulado binomial permite ver el cambio en el valor de un activo o en este caso de un proyecto con el paso del tiempo, dado que este tiene una volatilidad en particular y que esta volatilidad es significativa<sup>9</sup>.

El modelo binomial tiene 4 pasos para realizarse: identificación del activo subyacente, cálculo de su volatilidad, construcción de los reticulados e interpretación del valor de la opción. En primer lugar se definimos todos los elementos que intervienen en la determinación de la opción:

<b>Nomenclatura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
S	Valor actual de los flujos de Caja que genere el activo real	40.118,05
X	Desembolsos requeridos para adquirir el activo real: Costo del proyecto	45.000,00
t	Longitud de tiempo que se puede demorar la decisión de realizar el proyecto de inversión	1,00
$\sigma^2$	Volatilidad del valor actual de los flujos de caja	49,74%
rf	Valor temporal del dinero	11,35%

<sup>9</sup> Para determinar si la volatilidad es significativa o no, se deben analizar datos históricos del sector o industria y si es posible las expectativas. No se puede dar un rango de valores dentro de los cuales la volatilidad sea considerada alta o baja, depende de varios factores.

A continuación debemos determinar los coeficientes de ascenso y descenso del valor medio esperado, para utilizarlos en el modelo binomial:

$$U = e^{\sigma} = e^{0,4974} = 1,6445012$$

$$D = 1/U = 0,608087$$

Calculamos ahora las probabilidades neutrales al riesgo, como sigue:

Probabilidad de ascenso:

$$p = \frac{(1 + r_f) - D}{U - D}$$

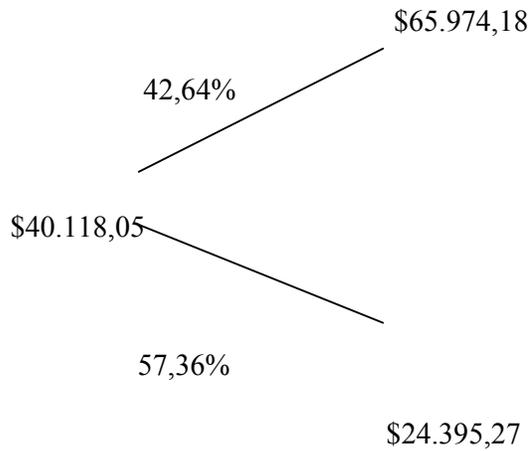
$$p = \frac{(1 + 0,05) - 0,608087}{1,64450 - 0,608087}$$

$$p = 0,42639$$

Probabilidad de descenso:

$$1 - p = 0,57$$

En la figura podemos observar el valor del negocio el próximo año:



Ahora vamos a comprobar que en ausencia de opciones reales el valor actual del proyecto sería el mismo que calculamos al inicio:

$$E_0 = \frac{pE_1^+ + (1-p)E_1^-}{1+r_f}$$

$$E_0 = \frac{42.123,95}{1,05}$$

$$E_0 = 40.118,05$$

Con estos datos ahora vamos a calcular el valor de la opción. Como se vio en la teoría, las opciones reales se clasifican en 3 grandes grupos: Diferir/Aprender, Inversión/Crecimiento y Desinvertir o reducir.

Los inversionistas quieren saber si es mejor esperar hasta que la construcción del Decameron Mompiche ayude a mejorar e incrementar carreteras y vías de acceso al hotel, por esta razón la opción que debemos valorar es la primera: Diferir/Aprender.

La opción de diferir es similar a la opción de compra americana sobre el valor actualizado de los flujos de caja esperados del proyecto y cuyo precio de ejercicio es el valor de la inversión.

$$E_1 = \text{Max}(VA_1 - A_1; 0)$$

$A_1$  es el costo de invertir. Esta inversión se va a realizar en un año por lo tanto la llevamos a valor futuro.

$$A_1 = 45.000 \times 1,05$$

$$A_1 = 47.250$$

Con  $A_1$  ya calculado procedemos a calcular  $E_1$  que es el valor que obtendríamos con la opción de esperar un año, tanto con probabilidad de incremento como de decremento:

Valor cuando hay probabilidad de incremento:

$$E_1^+ = \text{Max}(VA_1^+ - A_1; 0)$$

$$E_1^+ = \text{Max}(65.974,18 - 47.250; 0)$$

$$E_1^+ = 18.724,18$$

Valor cuando hay probabilidad de decremento:

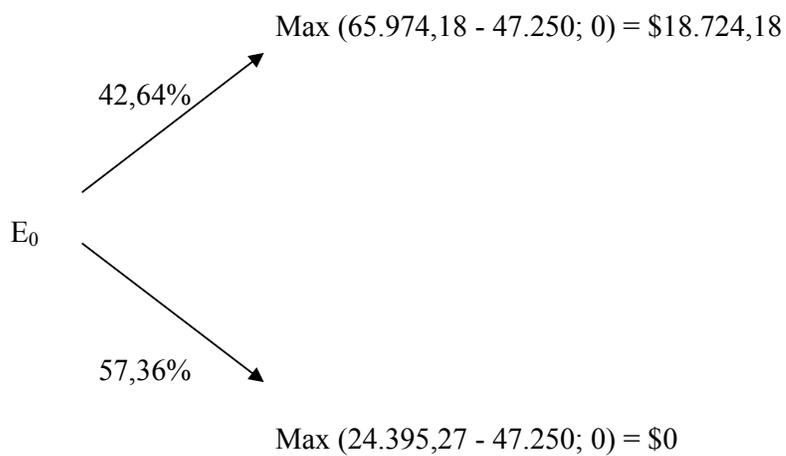
$$E_1^- = \text{Max}(VA_1^- - A_1; 0)$$

$$E_1^- = \text{Max}(24.395,27 - 47.250; 0)$$

$$E_1^- = \text{Max}(-22.854,73;0)$$

Como es el mayor valor entre cero y \$-22.854,73, tomamos el último dato con un valor de cero.

Entonces los valores en un año serían:



Como necesitamos saber cuál es el valor de la opción de abandono hoy, aplicamos la fórmula de las probabilidades neutras al riesgo, siendo:

$$Put = \frac{pE_1^+ + (1-p)E_1^-}{1+r_f}$$

$$Put = \frac{42,64\%(18.724,18) + 57,36\%(0)}{1+5\%}$$

$$Put = 7.603,56$$

Por lo tanto el valor de la opción de abandonar el proyecto si no nos genera los réditos que esperábamos en el primer año es de \$7.603,56. Ahora vamos a revisar el modelo de Black and Scholes y comparar los resultados.

Por lo tanto el valor esperado del proyecto con la flexibilidad que le otorga la opción sería:

$$\text{Valor Esperado con la opción} = 40.118,05 - 7.603,56 = \$32.514,49$$

#### **4.3 VALORACIÓN MEDIANTE EL MODELO DE BLACK-SCHOLES:**

La fórmula de valoración de opciones con Black-Scholes exige que primero se reconozcan las variables implícitas en la fórmula, que son:

##### FORMULA BLACK-SCHOLES

A	Valor de los flujos futuros	40.118,05
E	Valor de la inversión	45.000,00
?	Volatilidad de los flujos	49,74%
t	Tiempo	1
$r = \ln(1+i)$	Tasa de descuento	4,88%

Donde A, es el valor de los flujos futuros lo que en el modelo binomial se denominaba S. El valor de la inversión está representado como E, y en el modelo binomial era X, el resto de la nomenclatura es la utilizada en el anterior modelo. Ahora se debe calcular  $d1$  y  $d2$ . En este caso no vamos a calcular la opción de esperar ya que esa se debe desarrollar en 2 o más períodos que fue lo que se hizo con el método binomial. Con la

fórmula actual vamos a calcular el valor de la opción para ver si nos conviene construir el hotel el primer año y luego calcularemos la opción de abandonar o no el proyecto.

$$d1 = (\ln (A/E) + [ r+(1/2) \sigma^2 ] t / \sigma \sqrt{t} )$$

$$d2 = d1 - \sigma \sqrt{t}$$

Obtenemos los siguientes valores:

d1	11,59%
d2	-38,15%

Para entender mejor lo que significan los parámetros N(d1) y N(d2). Primero separamos lo que representa N. Esto expresa la función de distribución normal estándar acumulada que es aplicada a los parámetros d1 y d2, es decir, a los valores que obtengamos con las fórmulas se los normaliza y obtenemos N(d1) y N(d2). Ahora para interpretar los parámetros, vemos que la fórmula de Black and Scholes dice que el precio de una opción antes de descontarla, iguala el valor esperado de recibir el activo en caso que se ejerza (d1) menos el costo de pagar el precio de ejercicio cuando se ejerce la opción (d2).

	Probabilidad	Valores Normales
d1	11.59%	0.546148911
d2	-38.15%	0.351429998

Una vez obtenidos estos dos valores ya podemos aplicar la fórmula para obtener el valor de una opción put que es la opción de venta que necesitamos:

$$\text{Put} = -AN(-d1) + (E/\varepsilon^T)N(-d2)$$

$$\text{Put} = -40.118,05(-0.5461) + \frac{45.000}{\varepsilon^{4,88\%(1)}}(-0.3514)$$

$$\text{Put} = 6.849,73$$

El valor que obtenemos por la opción de compra para realizar el proyecto y en un año abandonarlo es \$6.849.73.

Al igual que en el caso anterior tenemos que el valor del proyecto con flexibilidad sería:

$$\text{Valor esperado con la opción} = 40.118,05 - 6.849,73 = \$33.268,32$$

Lo cual una vez más difiere de la valoración por el método tradicional que arrojaba un flujo negativo de \$4.881.95. Aquí se muestra un cuadro comparativo:

(En dólares / %)

	METODOS TRADICIONALES		METODOS CON OPCIONES REALES	
	METODO VALOR ACTUAL NETO DETERMINISTICO	METODO VALOR ACTUAL NETO ESTOCASTICO (Al 95% de confianza)	METODO BINOMIAL	METODO BLACK AND SCHOLES
Valor Actual Neto	-4.881,95	Min -7.016,72 Max 6.857,31	32.514,49	33.268,32
Tasa Interna de Retorno	7,16%	Min 4,12% Max 18,06%	-	-
Valor de la Opción	-	-	7.603,56	6.849,73

Podemos concluir que cuando los flujos tienen una volatilidad importante el uso de indicadores como el VAN y el TIR no reflejan la realidad de lo que podría pasar con la implementación de los proyectos.

Con el modelo binomial el resultado del valor de la opción fue de 7.603.56 y con el de Black and Scholes 6.849,73 esta diferencia se explica porque el primero se lo realiza en un solo paso, mientras que el modelo de Black and Scholes trabaja con variables continuas. De tal forma que es como si resolviera el modelo binomial haciendo el número de pasos infinitamente grande y el tamaño de los movimientos de precios hacia arriba y abajo en cada paso infinitamente pequeño. En todo caso, ambos modelos muestran la ventaja de contar con esta opción ya que en el caso de evaluar el proyecto mediante flujo de fondos descontados con un van negativo, el proyecto no se habría desarrollado. Si revisamos los valores actuales, existe una diferencia muy grande entre la valoración tradicional y las opciones. Con el método tradicional tenemos valores negativos de 4.881\$ y 7.016\$ y con el modelo de opciones valores positivos de 32.514\$ que arroja el Método binomial y 33.268\$ con Black and Scholes, esto se explica porque en la valoración de flujos descontados, tanto determinísticos como estocásticos la inversión si se la realiza, en cambio en la valoración con opciones tenemos la ventaja de esperar y de esta forma generar algunas ventajas como, tener inversión pública o privada en carreteras que ayudarán al turismo y por lo tanto a los ingresos futuros del proyecto, y también se podrá en ese año aprender de los competidores que si invirtieron, para no cometer los mismos errores, abaratar costos, etc. En esta espera radica la gran diferencia plasmada en los resultados de la presente tesis.

## CAPITULO V: CONCLUSIONES

- Los proyectos de inversión tienen hoy en día una gran importancia en la economía ya que son generadores de empleo y pueden beneficiar significativamente el modus operandi de un sector o incluso de una población determinada. Por esta razón es sumamente importante que su valoración se realice con el menor número de errores. Como se ha visto en la presente tesis, el método de flujos descontados para un proyecto que tiene mucha volatilidad en sus flujos no refleja la realidad dinámica del proyecto, y es ahí cuando las opciones reales juegan un papel importante.

Las opciones reales permiten capturar la flexibilidad que necesita un proyecto, la capacidad de una valoración dinámica en el tiempo y no estática. Se ha llegado a concluir que por la capacidad de ajuste que poseen las opciones para acoplarse al sector real son uno de los mejores métodos para valorarlos. Esto no solo permitirá obtener mejores resultados, sino también potenciar la capacidad de los inversionistas para tomar mejores decisiones.

- Se han determinado dos mecanismos para el cálculo de opciones reales. El primero es el Modelo Binomial, que consiste en asignar probabilidades a los movimientos que pueda tomar un proyecto, es decir la posibilidad de que el proyecto mejore el siguiente año o empeore; este método nos permite visualizar de una forma sencilla las fluctuaciones durante la vida del proyecto. Es muy útil en la aplicación de proyectos que se conoce por información histórica las

probabilidades que pueda generar al alza o a la baja. Otro modelo desarrollado fue el de Black and Scholes que considera los mismos supuestos que el modelo binomial pero asume que el precio del activo o en nuestro caso el valor presente de los flujos del proyecto se distribuyen de forma lognormal, además que tiene como premisa el cálculo únicamente mediante opciones de tipo europeo.

En cuanto a sus aplicaciones podemos concluir que el método más empleado es el Modelo binomial ya que la mayoría de los proyectos puede finalizarse antes del tiempo que se había estipulado en un inicio, lo cual no es permitido mediante la valoración de Black and Scholes que utiliza opciones europeas, las cuales no se pueden ejercer antes del vencimiento.

- En cuanto a los resultados de la presente investigación se puede corroborar las conclusiones anteriores, ya que un proyecto que tiene alta volatilidad en sus flujos, debido a la demanda no constante de los hoteles, no puede ser valorado mediante el método de flujos descontados porque nos daría una sugerencia equivocada de no realizar el proyecto, debido a que el valor actual neto que presenta es negativo \$-4.881,95; mientras que desarrollando los modelos de valoración de opciones, tanto el modelo binomial como el de Black and Scholes nos muestran que el proyecto es viable si lo realizamos con opción de abandonarlo en el caso que las ganancias que arroja no son buenas el primer año. Esto nos da la tranquilidad de continuar con la inversión y revisar más tarde las decisiones que tomemos en la marcha.

- Finalmente se puede decir que la valoración de proyectos es un campo que ha evolucionado, desde un análisis estático y determinístico a un análisis dinámico y probabilístico. Las decisiones que los inversionistas deben tomar no pueden regirse por un solo valor sino por una distribución de valores cada una de ellas con su probabilidad de ocurrencia. Las opciones reales nos permiten observar este nuevo tipo de valoración.

Si bien en los países desarrollados ya se usa esta metodología en sectores e industrias como: Aeroespacial, automotriz, electrónica, energética, farmacéutica, de transporte y telecomunicación. En nuestro país es más compleja la aplicación de este tipo de valoración de proyectos, ya que no contamos con un mercado de productos derivados.

- A pesar de esto, el análisis y valoración de proyectos que se realizan en nuestro país con los métodos tradicionales, han sido y son muy relevantes, sobretodo si la información con la que cuentan los proyectos es de calidad. Por esta razón una de las cosas más importantes que se debe comprender es que independientemente del método que empleemos para valorar, existe algo fundamental para obtener resultados más confiables, estamos hablando de la valoración permanente. Solo esto nos permitirá ver en la marcha nuevas alternativas que podemos plantear y tomar mejores decisiones con resultados ajustados y actualizados.

## BIBLIOGRAFIA

- Hull, John C., *Introducción a los Mercados de Futuros y Opciones*, Prencite Hall, 1998.
- Thomas E. Copeland y Philip T. Keenan, *Making Real Options Real*, New York, Mc Kinsey's, 1998.
- Keith j. Leslie y Max P. Michaels, *The Real Power of Real Options*, New York, Mc Kinsey's, 1997.
- Fernandez, Pablo, *Valuing Real Options: Frequently Made Error*, Madrid, IESE Business School, 2001.
- Thomas E. Copeland y Philip T. Keenan, *How Much is flexibility worth*, New York, Mc Kinsey's, 1998.
- Mun, Johnathan, *Real Options Analysis*, New Jersey, John Wiley and Sons, 2002.
- Brach, Marion A., *Real Options in Practice*, New Jersey, John Wiley and Sons, 2003