

**CONTRASTE ENTRE TECNICAS TRADICIONALES DE INVERSION Y
VALORACIÓN DE OPCIONES REALES EN AMBIENTES DE
INCERTIDUMBRE, UTILIZANDO EL MODELO DE BLACK & SCHOLES Y EL
METODO BINOMIAL**

Viviana Rozo Náder

**Dpto. Ingeniería Industrial
Universidad del Norte**

Resumen:

Con el presente proyecto se busca contrastar la Valoración de Opciones Reales frente a las técnicas tradicionales de Flujo de Caja descontado, identificando y analizando sus ventajas y desventajas en decisiones de inversión. Para esto, se utilizaron y compararon dos metodologías de valoración de opciones reales: el modelo de Black & Scholes y la de Árboles Binomiales con una y múltiples iteraciones.

Palabras Clave:

Opciones reales, Flujos de caja Descontado, Árboles Binomiales, Black y Scholes.

AGRADECIMIENTOS

A mis profesores y compañeros de trabajo en el departamento de Ingeniería Industrial por el soporte y respaldo que recibí no solo en la realización de este trabajo sino en el transcurso de todo el programa académico de la Maestría.

A mi Director de investigación, quien con sus conocimientos y su metodología me brindó bases sólidas para el desarrollo de este proyecto y me vinculó al mundo de las finanzas y del análisis de inversiones que era poco conocido para mí.

A mis padres quienes se esforzaron tanto como yo en desarrollo de la maestría y cultivaron en mí la fortaleza, disciplina y buena disposición en cada etapa de este proceso.

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO I

1. INFORMACION GENERAL	10
1.1 ANTECEDENTES	10
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.3. JUSTIFICACIÓN	17
1.4. OBJETIVOS.....	18
1.4.1 Objetivo General	18
1.4.2 Objetivos Específicos	18
1.5. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS	19
1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES	20
1.7. DISEÑO METODOLÓGICO	21
1.7.1 Tipo de Estudio y Metodología	21
1.7.2 Fuentes Técnicas	24

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO	26
2.1 VALORACIÓN DE OPCIONES REALES.....	26
2.2 VARIABLES EN LA VALORACION DE OPCIONES.....	28
2.3 METODO DE VALORACION DE OPCIONES REALES.....	29
2.3.1 El Modelo Black- Scholes	30
2.3.2 Modelo Binomial	32
2.3.3 El Método de Simulación de Montecarlo	36
2.4 CATEGORIAS BASICAS DE OPCIONES REALES	37
2.4.1 Opción de Crecimiento	37
2.4.2 Opción de Espera	38
2.4.3 Opción de Abandono	39
2.4.4 La opción de suspensión	39
3. ANALISIS DE LAS VARIABLES QUE AFECTAN EL VALOR DE UNA OPCIÓN	40
3.1 VALOR ACTUAL DEL ACTIVO SUBYACENTE (S).....	40

3.2 PRECIO DEL EJERCICIO (E).....	41
3.3 TIEMPO HASTA EL VENCIMIENTO (T).....	41
3.4 TASA LIBRE DE RIESGO (R).....	42
3.5 VOLATILIDAD DEL VALOR DEL ACTIVO (Σ).....	42
3.6 DIVIDENDOS O FLUJOS DE CAJA RECIBIDOS (D).....	44
CAPITULO IV	46
4. DESARROLLO DEL PROBLEMA	46
4.1 CASO DE ESTUDIO: LABORATORIO DE CÓSMETICOS.....	46
4.1.1 CALCULOS PREVIOS Y METODO TRADICIONAL.....	48
4.1.2 ANALISIS DE OPCIONES REALES EN LABORATORIO DE COSMETICOS.....	52
4.2. SOLUCIÓN DE HIPÓTESIS	67
CAPITULO V	73
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
5.1 CONCLUSIONES.....	73
5.2 RECOMENDACIONES.....	75
6. BIBLIOGRAFÍA	76

LISTADO DE FIGURAS

<i>Figura 1. Valor de activo subyacente para un periodo según el modelo binomial (Lenos Trigeorgis,1995)</i>	33
<i>Figura 2. Pantallazo del software prototipo para la opción Diferir resuelta por Binomial con una iteración</i>	54
<i>Figura 3. Resultados de la Opción Diferir – Método Binomial</i>	55
<i>Figura 4. Gráfica de los resultados obtenidos por Binomial – Opción Diferir</i>	57
<i>Figura 5. Pantallazo de aplicación informática para opción Diferir por modelo de Black & Scholes</i>	58
<i>Figura 6. Pantallazo del software prototipo para la opción Abandono resuelta por Binomial con una iteración</i>	60
<i>Figura 7. Resultados de la Opción Abandono – Método Binomial</i>	60
<i>Figura 8. Pantallazo del software prototipo para la opción Crecimiento resuelta por Binomial con una iteración</i>	66
<i>Figura 9. Valor del proyecto con la opción de ampliar</i>	66

LISTADO DE TABLAS

<i>Tabla 1. Parámetros para el cálculo de una opción de compra “Call” (MASCAREÑA, Opciones reales y valoración de activos, 2004)</i>	45
<i>Tabla 2. Influencia de algunas variables en el valor de una opción de compra y de venta (http://ciberconta.unizar.es/leccion/fin002/630.HTM, enero 22/07 a las 21:50)</i>	45
<i>Tabla 3. Flujo de Caja de los escenarios</i>	47
<i>Tabla 4. Probabilidades de los escenarios⁹</i>	47
<i>Tabla 5. Datos para cálculo de flujos de caja y VP</i>	49
<i>Tabla 6. Flujos de caja para los escenario, Optimista, Moderado y Pesimista</i>	49
<i>Tabla 7. Valores actuales de los flujos caja del año 1 al año 7</i>	49
<i>Tabla 8. Valores actuales de los flujos caja del año 8 en adelante</i>	50
<i>Tabla 9. Valores actuales de los flujos Totales.</i>	50
<i>Tabla 10. VA y Probabilidades por escenarios</i>	50
<i>Tabla 11. Valor esperado del proyecto, Desviación y Volatilidad.</i>	51
<i>Tabla 12. Fórmula del Valor Presente Neto</i>	51
<i>Tabla 13. Valor Presente Neto por Escenarios</i>	51
<i>Tabla 14. Resumen datos diferir a un año</i>	53
<i>Tabla 15. Valor Actual Neto con la Opción de Diferir.</i>	55
<i>Tabla 16. Resultados para 26 iteraciones – Método Binomial.</i>	56
<i>Tabla 17. Variables - Modelo de Black y Scholes</i>	57
<i>Tabla 18. Valor Opción Diferir M. Black & Scholes</i>	58
<i>Tabla 19. Valor Opción Abandono Método Binomial</i>	61
<i>Tabla 19. Flujo de Caja- prueba piloto</i>	62
<i>Tabla 20. Flujo de Caja – cuarto año</i>	62
<i>Tabla 21. Flujo de Caja – año 8 en adelante</i>	62
<i>Tabla 22. Valor actual de los flujos y VPN de prueba piloto.</i>	63
<i>Tabla 23. Probabilidad de Ocurrencia por Escenarios</i>	63

Tabla 24. VA y VPN de flujos de caja de prueba piloto	64
Tabla 25. Flujos de caja inversión adicional	64
Tabla 26. Valor esperado de FC, Valor esperado del VPN y Volatilidad – Inversión Adicional	65
Tabla 26. Valor Opción Crecimiento Método Binomial	67

INTRODUCCIÓN

Existen diversas técnicas de valoración que pueden aplicarse a cualquier tipo de inversión o proyecto. Uno de los métodos matemáticos financieros más conocidos es el del tradicional VPN. El método del Valor Presente Neto es muy utilizado por su fácil aplicación, transforma los ingresos y egresos futuros a pesos de hoy mostrando con claridad si los ingresos son mayores o menores que los egresos. Bajo esta metodología si el VPN es menor que cero se rechaza la inversión; y si por el contrario es mayor que cero se aprueba la realización del proyecto.

Sin embargo, este método tradicional (VPN o FCD) presenta deficiencias en la valoración de muchos proyectos al no tener en cuenta la incertidumbre de los flujos de caja o volatilidad y la capacidad de los directivos de tomar decisiones que puedan cambiar el rumbo de la inversión.

El futuro es incierto, la globalización, la creciente competencia y la nueva tecnología son factores que aceleran el cambio. Hoy en día son muchos los proyectos que se desarrollan en ambientes de incertidumbre y es necesario valorarlos con técnicas diferentes a las tradicionales. Como respuesta a estas nuevas necesidades, surge la valoración de Opciones reales que si tiene en cuenta la flexibilidad operativa y la volatilidad de los flujos de caja de un proyecto.

En las decisiones de inversión es importante realizar un análisis adecuado que se anticipe al futuro para evitar posibles pérdidas en el largo plazo. En el presente trabajo se explorarán las Opciones reales como una metodología de valoración y análisis que permitirá ampliar la visión del inversionista y le brindara herramientas que lo lleven a la realización de proyectos cuya rentabilidad supere el costo de llevarlos a cabo y maximice sus ingresos.

En este trabajo se realizará un contraste entre los resultados de la valoración de Opciones Reales con los resultados del tradicional método de Flujos de Caja descontados en un caso de inversión simulado donde se contemplarán

diferentes alternativas de decisión. A su vez, en la valoración de Opciones Reales se analizarán y compararán dos metodologías de aplicación como son el modelo de Black & Scholes y el método de Árboles Binomiales con una y múltiples iteraciones haciendo énfasis en sus ventajas y desventajas, así como en sus convergencias. La idea es identificar y dar a conocer una metodología sencilla y confiable que facilite el uso de las opciones reales en valoración de proyectos de inversión.

En el capítulo I se encontrará la información general referente al proyecto, es decir Antecedentes, Planteamiento del problema, Justificación, Objetivos, Hipótesis a resolver, alcance y el Diseño metodológico que se utilizara en el desarrollo del presente trabajo.

En el capítulo II se presentarán los conceptos básicos y la teoría necesaria para comprender la valoración de Opciones Reales. Se definirán los tipos de opciones y sus variables, así como las diferentes técnicas de valoración de Opciones Reales.

En el capítulo III se desarrollará un análisis de los efectos que pueden tener el valor del activo subyacente, el precio del ejercicio, el tiempo de vencimiento, la tasa libre de riesgo y la volatilidad sobre las opciones de compra o venta.

En el capítulo IV se presentará el caso de estudio de un laboratorio de cosméticos donde deberán tomarse decisiones de inversión que afectarán el flujo de caja de la compañía. Como primera herramienta de apoyo a la toma de decisiones en el caso simulado se utilizará el método tradicional de Flujo de Caja Descontados y luego se procederá a la Valoración de Opciones reales (Diferir, Abandono y Crecimiento) para lo que se utilizarán el modelo de Black & Scholes y el método Binomial con una y múltiples iteraciones. En este capítulo también se analizarán los resultados y las hipótesis planteadas en el primer capítulo. Por ultimo se consolidarán las conclusiones del trabajo en el capítulo V.

CAPITULO I

1. INFORMACION GENERAL

1.1 ANTECEDENTES

Desde el siglo XII se aplicaba, de manera implícita, el concepto de productos derivados cuando algunos comerciantes firmaban letras de cambio que prometían la entrega de la mercancía al comprador en una fecha futura, con el fin de protegerse de la fluctuación de precios. Los productos derivados pueden comprarse o venderse en mercados organizados, como el Chicago Mercantile Exchange, que a partir de 1973 se especializó en listar contratos futuros y opciones financieras o en el Chicago Board of Options Exchange para operar contratos de opciones sobre acciones e índices de acciones. Los contratos de opciones dan al comprador el derecho más no la obligación de comprar o vender un bien a un precio preestablecido, y han sido utilizados también por comerciantes desde el siglo XVII en Holanda para la compra y venta de Tulipanes. (Webner Ketelhohn, j. Nicolas Marín, Eduardo Luis Montiel)

El primer intento por aplicar matemáticas a la valoración de opciones financieras fue de Louis Bachelier en 1900, pero solo hasta 1973 Fisher Black, Myron Scholes y Robert Merton publicaron en la revista *The Journal of Political Economy* el modelo más conocido para la valuación de opciones financieras, modelo que les mereció el premio Nobel.

En 1987 Myers menciona por primera vez el término Opciones reales, refiriéndose a un enfoque para la valoración de proyectos de inversión. Este nuevo enfoque es una extensión del modelo de Opciones Financieras de Black y Scholes, basándose en la similitud que existe entre comprar una opción financiera e ingresar a un proyecto real. Las Opciones Reales surgieron como respuesta a las inconformidades frente a la técnica convencional de Flujos de Caja Descontados que no valora el riesgo, la rentabilidad y la flexibilidad de un ejecutivo para tomar decisiones que generen valor. Con el enfoque de opciones reales actualmente una empresa puede considerar algunas

alternativas futuras como son: el abandono del negocio si los resultados se alejan de lo proyectado, la expansión si los resultados superan lo esperado, el aplazamiento de la inversión si vale la pena esperar el momento indicado ó la suspensión temporal del proyecto con el fin de evitar flujos de caja negativos. La aplicación oportuna de estas opciones podría incrementar el valor del proyecto y de la empresa.

La valoración de Opciones Reales integró el análisis financiero tradicional con la perspectiva estratégica generando una estructura más amplia para un estudio global que incorpora futuras alternativas durante la ejecución del proyecto. Después del modelo inicial de valoración propuesto por Black y Scholes, han surgido otros métodos .Tres de los más comunes son: Diferencias Finitas, la Simulación de Montecarlo y los Árboles Binomiales.

Los modelos de Diferencias Finitas fueron propuestos por Brennan y Schawartz en 1977, valora una opción resolviendo la ecuación diferencial que esa opción satisface. La ecuación diferencial se transforma en un sistema de ecuaciones en diferencias que se resuelven en varias iteraciones (Wilmott 1998). Este método ha sido utilizado por Geske y Shastri (1985), Majd y Pindyck (1987) Hull (1997).

En 1977 Boyle propuso la aplicación de simulación de Montecarlo a las Opciones. El método de Montecarlo es un procedimiento que consiste en simular diferentes trayectorias de evaluación del activo subyacente asignando probabilidades a los diferentes eventos. Es importante considerar los cambios en las probabilidades y en la tasa de descuento a través del tiempo. Cabe destacar trabajos de Tilley (1993), Barraquand y Matineau (1995) , Grant, Vora y Weeks (1996), Raymar y Zwecher (1997), entre otros.

En 1979, Mark Rubinstein, John Cox y Stephen Ross propusieron el método de Árboles Binomiales como un modelo más intuitivo, alternativo al de Black y Scholes para valuación de opciones financieras, el cual fue posteriormente utilizado en opciones reales. Este método aproxima el proceso estocástico del

activo subyacente apoyándose en la existencia de pequeñas variaciones binomiales en el subyacente. Los Árboles Binomiales se basan en álgebra mientras que Black y Scholes tiene sus fundamentos en el cálculo diferencial, para algunos autores como Tom Copeland y Peter Tufano este hecho es una ventaja, ya que la sencillez del método permite al usuario un mayor entendimiento de la técnica de valoración¹. En la literatura se encuentran varias aplicaciones del método Binomial en la valoración de opciones reales: Titman (1985), para valorar la opción de inversión en terrenos urbanos en un contexto de incertidumbre en los precios², Trigeorgis (1990) y Smit (1997) para valoración de opciones de abandono, además Trigeorgis propone en 1991 una transformación log-binomial del método sugerido por Cox, Rubinstein y Ross³.

A partir de Myers, la valuación de Opciones Reales en proyectos de inversión ha sido tema de un sin número de trabajos y artículos; y en los últimos años ha despertado el interés de las finanzas empresariales, sin embargo las Opciones Reales no están diseñadas para reemplazar las técnicas tradicionales de valuación, sino para complementarlas considerando el valor de la flexibilidad y de la estrategia empresarial.

Algunas tesis doctorales y de maestría, así como algunos artículos se han enfocado en la valoración de opciones reales, entre este tipo de trabajos se encuentran:

“Opciones Reales en la Decisión de Inversión: Propuesta y Aplicación de un modelo de Valoración al caso de una Multinacional Española”, Gabriel de la Fuente Herrero, Facultad de ciencias Económicas y Empresariales de la

¹ A real World Way to Manage Real Options, Tom Copeland y P. Tufano, Harvard Business Review- Vol. 82, Marzo 2004.

² Urban Land prices Under Uncertainty, Sheridan Titman, The American Economic Review ,Vol.75, No.3, pp. 505-514) , Junio 1985.

³ A log-transformed Binomial Numerical Analysis Method for Valuing Complex Multi option Investments, Lenos Trigeorgis, The Journal of financial and Quantitative Analysis, Vol. 26, No. 3, pp. 309-326, Sep. 1991.

Universidad de Valladolid, 1999. En este trabajo se profundiza en las diferencias entre las opciones financieras y las reales y, por tanto en los fundamentos de la extensión de los modelos financieros, mostrando en un caso real, el papel que juegan las opciones reales en el proceso de generación de valor en la empresa.

“Valorando Opciones Reales con múltiples Fuentes de Incertidumbre”, Susana Alonso Bonis, Dpto. de Economía Financiera y Contabilidad, Universidad de Valladolid. En esta tesis se plantea un modelo de valoración que combina simulación de Montecarlo y programación dinámica bajo múltiples fuentes de incertidumbre.

“Valoración de un Proyecto de Edificación mediante Opciones Reales”, Eva G, de Arrilucea, Universidad del País Vasco. Este trabajo es parte de la tesis doctoral “Valoración de Proyectos Empresariales mediante Opciones Reales, en el que se plantea un modelo con dos fuentes de incertidumbre (precio de la vivienda y tipo de interés) utilizando el método de diferencias finitas implícito en la valoración de un proyecto inmobiliario.

“Las Opciones Reales y su influencia en la valoración de empresas”, Manuel Espitia Escuer y Agustín, Departamento de Economía y Dirección de Empresas de la Universidad de Zaragoza. Este trabajo plantea un modelo en el que de Opciones Reales en una empresa afecta el valor de mercado de la empresa, se realizó además un análisis sobre una muestra de empresas españolas que cotizan en el mercado entre 1993 y 1999y para las que existen opciones de call sobre sus acciones.

“Metodología de Opciones Reales aplicada a la Valoración de Proyectos de Producción de ECOPETROL S.A”, Javier Romero, Jimmy Guerrero y Jairo Ángel, Facultad de Administración, Universidad de Los Andes, 2005. En este trabajo se propone una metodología de valoración para los proyectos de exploración y producción en la industria petrolera utilizando simulación de Montecarlo, Árboles Binomiales y cuadrinomiales e introduce el concepto de

Distribución de Relevación como alternativa a los métodos Bayesianos para determinar el valor de la información.

Además, se han escrito un sin número de artículos de valoración de Opciones Reales, se mencionan algunos de ellos:

“Managing Strategic Investment in an Uncertain World”, Deepak Bansal, Finance India. Delhi: Dec 2003. Vol. 17, pg. 1518. Este artículo presenta una revisión de la publicación “Managing Strategic Investment in an Uncertain World, by Martha Amram and Nalin Kulatilaka

“The Valuation of Multidimensional American Real Options using computer based simulation”, Gonzalo Cortazar, Miguel Gravet y Jorge Ursua, Dpto. Ingeniería Industrial y de Sistemas, Pontificia Universidad Católica de Chile. En este trabajo se extendió un modelo originalmente resuelto por diferencias finitas a un procedimiento simulado donde se podían resolver Opciones Reales Americanas en situaciones mas complejas, con múltiples factores estocásticos.

“Uncertainty: The new rules for strategy”, Martha Amram, Nalin Kulatilaka, The Journal of Business Strategy. Boston: May/Jun 1999. Vol. 20, p. 25-29. Este artículo se enfoca en la definición de una serie de reglas para gerenciar una empresa en entornos de alta incertidumbre.

Además de los estudios de doctorados y maestrías se encontró una tesis a nivel de pregrado desarrollada en la universidad por las estudiantes de Ingeniería Industrial Jenise Romero y Karel Villalba titulado: “Estudio de los Métodos de Valoración de la Flexibilidad en las Inversiones en Activos Físicos”, Marzo 2007.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las técnicas convencionales de flujo de caja descontado (FCD), que todavía se mantienen predominantes, asumen que una vez iniciado un proyecto no existe oportunidad alguna para alterar los flujos por medio de la intervención gerencial. El supuesto implícito es que los gerentes deben administrar tan solo para cumplir con los flujos proyectados. Sin embargo, en la realidad los flujos se administran para superar las proyecciones por lo que la flexibilidad gerencial puede marcar una gran diferencia en el atractivo de la inversión. En las técnicas tradicionales, se acepta o rechaza un proyecto dependiendo del valor del VPN, no se contemplan alternativas posteriores que comúnmente se presentan en los proyectos reales debido a posibles cambios del entorno o a estrategias de la dirección. Con las técnicas convencionales, un proyecto con VPN negativo sería rechazado definitivamente sin pensar por ejemplo en la opción de lo beneficioso que podría resultar explorar un nuevo mercado, ampliar el proyecto en un futuro o simplemente posponerlo a espera del momento adecuado para iniciarlo.

La globalización, los cambios tecnológicos, la alta competencia entre otros son factores que afectan fuertemente el entorno de los proyectos de inversión que generan incertidumbre. Estas condiciones propiciaron el surgimiento de una nueva herramienta conocida como Opciones Reales que busca incorporar de manera formal la capacidad de la gerencia de tomar decisiones en el futuro con base en nueva información o a cambios del entorno para limitar las pérdidas o mejorar las ganancias, estas decisiones por lo general consisten en: ampliar, cambiar, diferir o abandonar el proyecto dependiendo de la situación futura. El enfoque de Opciones reales tiene en cuenta la capacidad directiva para cambiar el curso de un proyecto procedente de la flexibilidad de las inversiones convirtiendo así la incertidumbre en una oportunidad.

No existe una única técnica para valorar la flexibilidad de un proyecto de Inversión, entre las técnicas mas conocidas se encuentran: Black y Scholes, Diferencias Finitas, Simulación de Montecarlo y los Árboles Binomiales. En el presente trabajo se presentará el contraste entre dos de las metodologías más

difundidas: Black y Scholes con el método Binomial. Se busca contribuir al desarrollo del enfoque de Opciones Reales verificando, en un caso de inversión real la relevancia e impacto de las Opciones Reales en la generación de valor de la empresa y en la asignación de sus recursos.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La técnica tradicional de Flujo de caja descontado (FCD) es una de las técnicas más utilizadas para analizar proyectos de inversión, sin embargo presenta deficiencias al no incorporar la parte estratégica del proyecto, la incertidumbre y la flexibilidad de un ejecutivo para crear valor y cambiar el rumbo del proyecto mientras se esté ejecutando.

El reconocimiento de la incertidumbre en el futuro, la flexibilidad y la estrategia en la evaluación financiera de proyectos representa uno de los logros recientes en finanzas empresariales. Este nuevo planteamiento conocido como "Opciones Reales" (Myers, 1987) permite valorar proyectos mediante el uso de técnicas para valorar opciones financieras, basándose en la semejanza que existe entre comprar o vender una opción financiera e ingresar o abandonar un proyecto. El enfoque de Opciones Reales es ideal para aquellos proyectos que en entornos de alta volatilidad presentan un VPN positivo pero bajo.

La trascendencia de las opciones reales, le concede importancia a los diferentes métodos que existen para valorarlas. Sin embargo, en la actualidad es poca la aplicación del enfoque de opciones reales en el mundo empresarial a pesar de sus conocidas ventajas, una de las razones argumentadas es la complejidad de las ecuaciones diferenciales y métodos numéricos de valoración. Este trabajo pretende motivar el uso de las Opciones Reales, por lo que se seleccionó como uno de los métodos de valoración una técnica intuitiva, de álgebra sencilla y aplicable a situaciones reales de significativa complejidad como lo es el método Binomial. Además se aplicará el modelo de Black y Scholes, con el fin de comparar resultados, identificar ventajas y desventajas de cada uno de los dos métodos y obtener conclusiones que faciliten la valoración de opciones en proyectos de inversión real.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Identificar y analizar las ventajas de la Valoración de Opciones Reales frente a las técnicas tradicionales de Flujo de Caja descontado en decisiones de inversión, contrastando el método de Black y Scholes con la metodología de Árboles Binomiales.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Reconocer y analizar las ventajas de la Valoración de Opciones Reales en entornos altamente volátiles frente a las técnicas tradicionales del VPN.
- Analizar y Comparar los métodos de valoración de Opciones Reales, Árboles Binomiales y Black y Scholes, para identificar sus convergencias y divergencias en un caso de inversión real con múltiples iteraciones.
- Desarrollar aplicaciones informáticas (prototipo) que facilite la valoración de opciones por el modelo de Árboles Binomiales.
- Mejorar la aplicación informática, de la que se dispone, para la valoración de opciones por el método de Black & Scholes.
- Analizar y aclarar la terminología utilizada en el método Binomial y de Black y Scholes para la Valoración de Opciones Reales
- Diseñar un caso de estudio.
- Analizar las Opciones de Diferir, Abandonar y Crecer mediante el desarrollo del caso de Estudio diseñado

1.5. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

2. Mayor número de nodos en la construcción de Árboles Binomiales conducen a una estabilidad en la serie con resultados aproximados a los de Black y Scholes.
3. El método de Black y Scholes tiende a subestimar el valor de las opciones calculado por Binomial, es decir que la aproximación del método Binomial se da por abajo.
4. El método Binomial es más sencillo de interpretar, y puede manejar situaciones reales más complejas que el modelo de Black y Scholes.
5. El enfoque de Opciones Reales es un complemento del método de Flujos de Caja descontados (FCD)
6. La técnica de FCD en entornos altamente volátiles presenta deficiencias en la toma de decisiones de inversión, infravalorando la realización del proyecto.

1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES

El alcance de esta investigación está limitado a la aplicación de dos herramientas de valoración de opciones: método de Árboles Binomiales y Modelo de Black y Scholes, en el estudio de un caso de inversión simulado, obteniendo resultados que permitan el análisis y contrastación de los métodos utilizados. La revisión de temas afines, la solución del caso, el análisis y entrega de resultados deberán ejecutarse en el plazo de 8 meses.

1.7. DISEÑO METODOLÓGICO

1.7.1 Tipo de Estudio y Metodología

El estudio realizado es Exploratorio y Descriptivo, ya que se basa inicialmente en la ubicación y recolección de información sobre Opciones Reales, sus variables y modelos de valoración correspondientes.

Una vez realizada la revisión Bibliográfica y analizados los efectos de las variables en las opciones de compra y venta, se procederá a la búsqueda, selección y ajuste de un caso de estudio en el que deberán tomarse decisiones de inversión. El caso será analizado utilizando la metodología tradicional de Flujos de Caja Descontados y la valoración de Opciones Reales (Diferir, Abandono y Crecimiento).

En la aplicación de Opciones Reales se utilizarán dos metodologías: la reconocida ecuación de Black & Scholes y el método de Árboles Binomiales con una iteración y múltiples iteraciones.

Por último, se analizarán y compararán los resultados obtenidos que permitirán aclarar las ventajas y desventajas de los diferentes métodos de valoración seleccionados brindando al inversionista nuevas herramientas de soporte en la toma de decisiones, a la vez que se confrontarán las hipótesis inicialmente planteadas en el numeral 5.

El proyecto también podría ser clasificado como de tipo Explicativo, ya que intenta explicar las razones por las que se presenta convergencia en el método de Árboles Binomiales a medida que se aumentan el número de nodos evaluados, a su vez intenta explicar las aproximaciones en los resultados entre en modelo de Black & Scholes y la metodología Binomial.

En el desarrollo del trabajo se empleará una metodología de Deducción-Inducción:

Deducción: Se estudiarán las generalidades de los métodos de valoración y casos de aplicación en diferentes sectores de la industria, para luego estudiar

y analizar un caso concreto.

Inducción: Con los resultados obtenidos en el estudio del caso seleccionado se llegará a conclusiones globales que podrán aplicarse en situaciones similares.

A continuación se presenta un diagrama de flujo que muestra la secuencia de los pasos seguidos en la elaboración del trabajo.

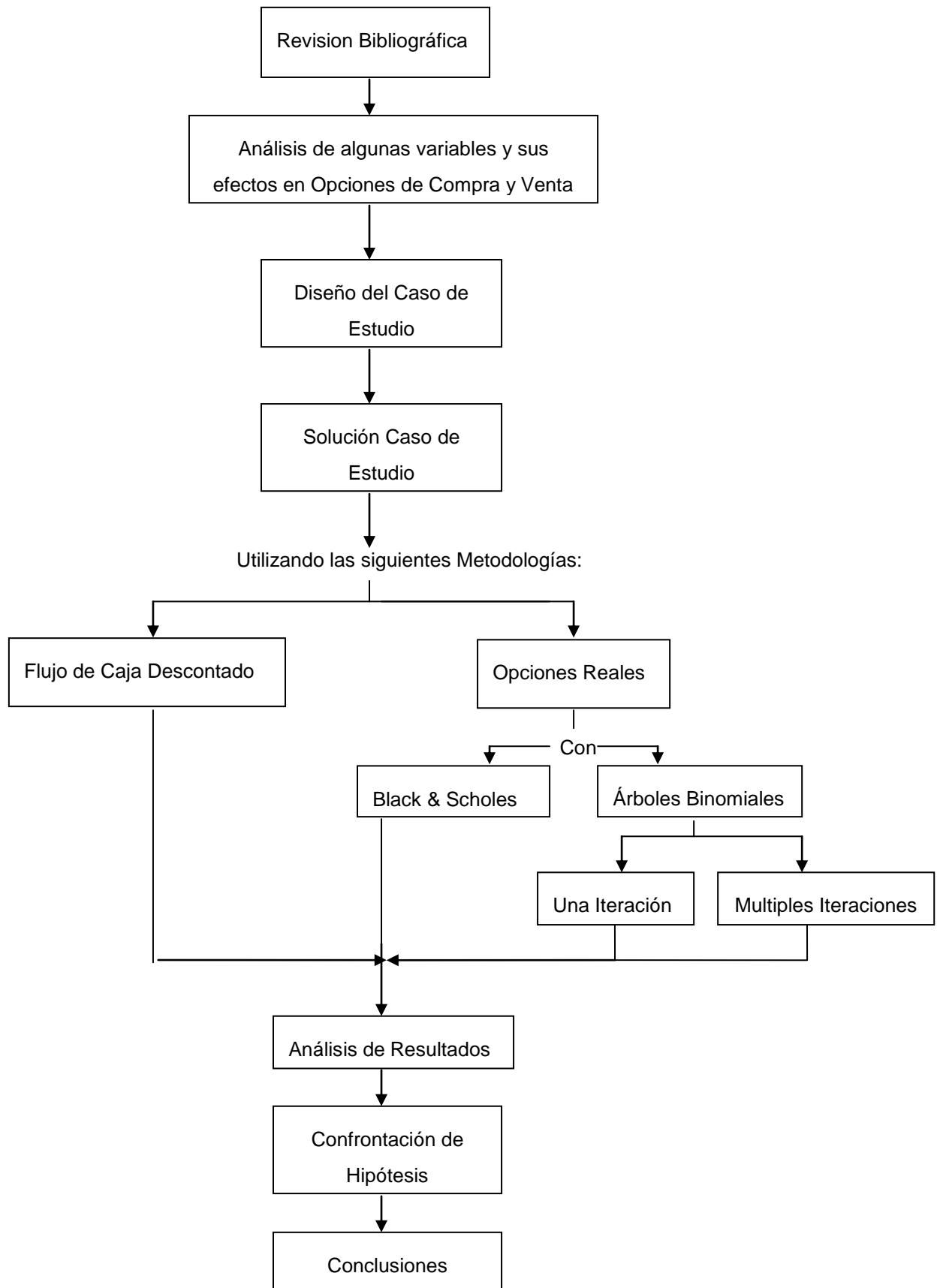


Figura 1. Metodología a seguir durante el desarrollo de la tesis. (fig. propia)

1.7.2 Fuentes Técnicas

Fuentes secundarias:

- Tesis de maestrías y doctorados sobre Valoración de Opciones Reales en Proyectos de Inversión. (ver Pág. 11- Antecedentes)
- Proyectos de I+D :
 - “Estudio de los Métodos de Valoración de la Flexibilidad en las Inversiones en Activos Físicos”, Jenise Romero y Karel Villalba, Universidad del Norte, Marzo 2007
- Artículos de publicaciones escritas, a continuación algunos de ellos:
 - Uncertainty: The new rules for strategy .Martha Amram, Nalin Kulatilaka. The Journal of Business Strategy. Boston:May/Jun 1999. Vol. 20.
 - The options approach to capital investment. Dixit, Avinash K, Pindyck, Robert S. Harvard Business Review. Boston:May 1995. Vol. 73
 - A real World Way to Manage Real Options, Tom Copeland y P. Tufano, Harvard Business Review- Vol. 82, Marzo 2004.
 - Urban Land prices Under Uncertainty, Sheridan Titman, The American Economic Review ,Vol.75, No.3, pp. 505-514) , Junio 1985.
 - A log-transformed Binomial Numerical Analysis Method for Valuing Complex Multi option Investments, Lenos Trigeorgis, The Journal of financial and Quantitative Analysis, Vol. 26, No. 3, pp. 309-326, Sep. 1991.
 - Opciones Reales – Evaluación de Inversiones en un Mundo Incierto. Martha Amram, Nalin Kulatilaka . HBS Press, 2000.
- Textos Financieros, a continuación se citan algunos de ellos:
 - Finanzas Corporativas, Valoración, Política de Financiamiento y Riesgo. J. Sergio Cruz, Julio Villareal y Jorge Rosillo. Thomson, 2002.
 - Administración Financiera Contemporanea. R. Charles Moyer,

James R. Mc Guigan. Thomson, 2000.

- Estadística para Administración y Economía. Anderson, Sweeney, Williams. Tomson, 1999.
- Opciones Reales y Valoración de Activos. Juan Mascareñas y otros. Prentice Hall, 2004.
- Inversiones Estratégicas. Tener Ketelhohm, J. Nicolás Marín, Eduardo Montiel. Norma, 2004.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 VALORACIÓN DE OPCIONES REALES

El termino “opciones reales” se conoció por primera vez en el trabajo de Myers (1977), Dixit y Pyndick (1995), siendo los principales referentes de los trabajos recientes de Trigeorgis, Kulatilaka y Copeland.

La metodología de las opciones reales intenta valorar la flexibilidad de la gerencia y que las técnicas tradicionales no toman en cuenta. Los gerentes siempre tienen la alternativa de cambiar el curso de acción a medida que evalúa como se desarrolla la incertidumbre, o inclusive de esperar antes de comprometer una decisión.

Las opciones son derivados, y otorgan a quien lo posee el derecho, pero no la obligación de tomar una acción como ampliar, posponer, contraer o abandonar cualquier inversión a un costo determinado en un periodo determinado⁴. Se entiende por derivado, un instrumento financiero cuyo valor depende o se “deriva” de un bien denominado subyacente⁵. Estos bienes subyacentes pueden ser contratos de seguridad, acciones, bonos, proyectos de inversión, entre otros.

La técnica de opciones reales rescata valores adicionales en los proyectos, que posiblemente resultan intangibles cuando se utiliza exclusivamente el método tradicional de flujos de caja descontados. Entre mayor sea la incertidumbre o

⁴ WERNER, Ketelhohn, MARIN, Nicolás, MONTIEL Eduardo. Análisis de inversiones estratégicas. Norma, 2004. Página 184

⁵ Inversiones Estratégicas. Tener Ketelhohm, J. Nicolás Marín, Eduardo Montiel. Norma, 2004. Pg 12

volatilidad de los flujos de caja esperados y el tiempo de expiración de la opción, mayor será el valor de la opción. Sin embargo, La valoración de opciones reales no es necesaria en todos los casos. Cuando las técnicas tradicionales de flujo descontado arrojan resultados extremadamente atractivos o muy negativos, la valuación por opciones reales no aportaría ningún beneficio adicional y sí aumentaría los cálculos.

En el análisis de opciones reales se utiliza la metodología de las opciones financieras aplicada a la valoración de inversiones empresariales. Para entender la valoración de opciones reales es necesario familiarizarse con la estructura y terminología de las opciones financieras:

Opción Call

Es una opción de compra que otorga el derecho, más no la obligación, de comprar el activo subyacente durante la vigencia del contrato o en cierta fecha de vencimiento, por un precio que se conoce como prima o precio del ejercicio.

Opción Put

Es una opción de venta que otorga al tenedor el derecho a vender y al emisor de la opción la obligación de comprar una cantidad específica de un activo denominado subyacente a un valor determinado conocido como prima o precio del ejercicio, durante la vigencia del contrato o en la fecha de expiración.

Opciones europeas y americanas

La opción europea sólo puede hacerse efectiva en la fecha de vencimiento, mientras que la opción americana puede hacerse efectiva en cualquier fecha entre la compra y la fecha de vencimiento, inclusive.⁶

⁶ Finanzas Corporativas, Valoración, Política de Financiamiento y Riesgo. J. Sergio Cruz, Julio Villareal y Jorge Rosillo. Thomson, 2002.

Existen algunos casos de proyectos de inversión donde es recomendable el uso de la valoración de opciones reales⁷:

- Cuando hay decisiones de inversión contingentes.
- Cuando la incertidumbre es bastante alta y es prudente la espera de más información.
- Cuando el valor parece estar capturado en posibilidades para futuras opciones de crecimiento en vez de actuales flujos de efectivo.
- Cuando la incertidumbre es bastante extensa para tomar la flexibilidad a consideración. Sólo el enfoque de las opciones reales puede corregir el valor de las inversiones en flexibilidad.
- Cuando haya actualización de proyectos y correcciones de estrategias a medio curso.

2.2 VARIABLES EN LA VALORACION DE OPCIONES

El valor de una opción depende de algunas variables. A continuación se describirán brevemente estas variables:

Valor actual del activo subyacente (S). Es el precio actual que tiene el activo sobre el cual se posee la opción, es observable en el mercado y surge de una cartera de referencia.

Precio del ejercicio (E). Es la cantidad a pagar, cuando se trata de una opción de compra sobre el activo subyacente o la cantidad a recibir, cuando se trata

⁷Un caso de estudio para evaluar alternativas de inversión usando opciones reales, Carlos Andrés Gómez Villa, Recinto Universitario de Mayagüez, Puerto Rico, Diciembre 2004.

de una opción de venta sobre el activo subyacente.

Tiempo de Maduración (t). Es el tiempo durante el cuál el propietario de la opción podrá ejercerla.

Tasa libre de riesgo (r) valor del dinero en el tiempo.

Volatilidad o Varianza del valor del activo (σ). Mide la variabilidad de los precios futuros del activo subyacente y refleja la incertidumbre económica que rodea un proyecto.

Dividendos o flujos de caja recibidos (D). Variable generada por el activo subyacente durante o después del periodo de maduración.

2.3 METODO DE VALORACION DE OPCIONES REALES

Con las variables definidas anteriormente y tomando como base algunos supuestos, se construyen los modelos de valoración de opciones que se tendrán en cuenta a la hora de analizar los proyectos de inversión.

Existen diferentes tipos de modelos para la determinación del valor teórico de una opción:

Modelo de Black,Scholes y Merton: Es un modelo analítico dado a conocer con la Publicación de Fischer Black Y Myron Scholes con la colaboración de Robert Merton en 1973.

Modelo Binomial: Es un modelo basado en un proceso binomial multiplicativo, presentado por Cox, Ross y Rubstain en 1974.

Modelo de Montecarlo: Propuesto por Poyle en 1977, consiste en simular asignando probabilidades a distintos eventos y probando diferentes trayectos de evolución del activo subyacente.

Modelo de Diferencias Finitas: Propuesto por Brennan y Schawartz en 1977, el cual valora una opción resolviendo la ecuación diferencial que esa opción satisfice. La ecuación diferencial se transforma en un sistema de ecuaciones en diferencias que se resuelven en varias iteraciones.

A continuación se describirán con más detalle los tipos de modelo a utilizar en esta investigación:

2.3.1 El Modelo Black- Scholes

Fisher Black y Myron Scholes plantean en 1973 el primer modelo para valuación de opciones financieras sin necesidad de la tasa de interés requerida en el método tradicional (VAN) para descontar los flujos de caja. Hoy día es utilizado también para valorar opciones reales.

A continuación se presentan los supuestos básicos del modelo de *Black – Scholes*⁸

- Mercado financiero perfecto, en el sentido de que los inversores pueden pedir prestados los recursos monetarios que necesiten, sin limitación alguna, a la vez que prestar sus excedentes de liquidez al mismo tipo de interés sin riesgo r que es conocido y considerado constante en el período estimado.
- No hay costos de transacción. Son divisibles y existe información gratuita.
- No hay imperfecciones emitir una opción
- Ausencia de impuestos, y si existen, gravarían por igual a todos los inversores.

⁸ Romero Jenise, Villalba Karen, "Estudio de los Métodos de Valoración de la Flexibilidad en las Inversiones en Activos físicos", Tesis de Pregrado, Uninorte, Enero 2007.

- La acción o activo subyacente no paga dividendos ni cualquier otro tipo de reparto de beneficios durante el período considerado.
- Se consideran opciones europeas.
- Son posibles las “ventas al descubierto” del activo subyacente, es decir, ventas sin poseer el activo.
- La negociación en los mercados es continua.
- El precio del subyacente (S) realiza un recorrido aleatorio con varianza (σ^2) proporcional al cuadrado de dicho precio.
- La varianza de la rentabilidad del subyacente es conocida y constante por unidad de tiempo del período.
- Los precios del subyacente al vencimiento se distribuyen Log-normalmente.⁹

Según Black y Scholes, las formulas para los precios de opciones reales europeas de compra y de venta son las que se muestran a continuación

$$C = S * N(d_1) - E * e^{-rt} * N(d_2)$$

$$P = E * e^{-rt} * N(-d_2) - S * N(-d_1)$$

Donde:

$$d_1 = \frac{\ln(S/E) + (r + \sigma^2 / 2) * t}{\sigma \sqrt{t}}$$

Y:

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{t}$$

⁹ Lecturas sobre derivados:La hipótesis lognormal del modelo de Black y Scholes,Departamento de Capacitación y Desarrollo -Bolsa de Comercio de Rosario, Perotti Estrella

¹⁰ Extraído de la página de Internet <http://www.uv.es/olmos/black-scholes.pdf>, Enero 23/07,11:50

Siendo:

C: Valor de una opción de compra "Call"

P: Valor de una opción de venta "Put"

S: Precio del activo subyacente

E: Precio de ejercicio

r: Tasa de interés en tiempo continuo

σ : Volatilidad del valor del activo subyacente

t: Tiempo hasta el vencimiento de la opción

$N(di)$: Valores de la función de distribución normal estandarizada para (i)

2.3.2 Modelo Binomial

Este método desarrollado por Cox, Ross y Rubinstein se fundamenta en algebra sencilla, por lo que resulta ser más intuitivo. Además, es capaz de resolver situaciones más complejas que las solucionadas por el modelo de Black y Scholes. De hecho a pesar de que construir un modelo Binomial requiere más tiempo que simplemente colocar unos valores en la formula de Black y Scholes, existen muchos empresarios que prefieren crear sus propios modelos binomiales antes de usar la formula genérica.¹¹

Es un modelo de tipo discreto que considera que la evolución del precio del activo subyacente sólo puede tomar dos valores posibles, uno de alza con probabilidad "q" y uno de baja con probabilidad "(1-q)" (Lenos Trigeorgis,1995). En cada intervalo de tiempo el valor del activo aumenta en "u" y disminuye en "d", factores que se presentan que dependen de la variabilidad del precio del activo subyacente y del tiempo de expiración. Además con el método binomial, a diferencia del modelo de Black y Scholes puede ser utilizado para valorar opciones europeas y americanas.

¹¹ A real World Way of Managing Real Options, Tom Copeland y P. Tufano , Harvard Business Review, page 93,marzo 2004.

Finalmente, la metodología requiere traer el valor final al presente a través de los nodos de tiempo. Mientras más periodos de tiempo se evalúen, más se aproximarán los resultados de árboles binomiales a la valuación de Black y Scholes.

A continuación se muestra el valor de activo subyacente para un periodo según el modelo binomial:

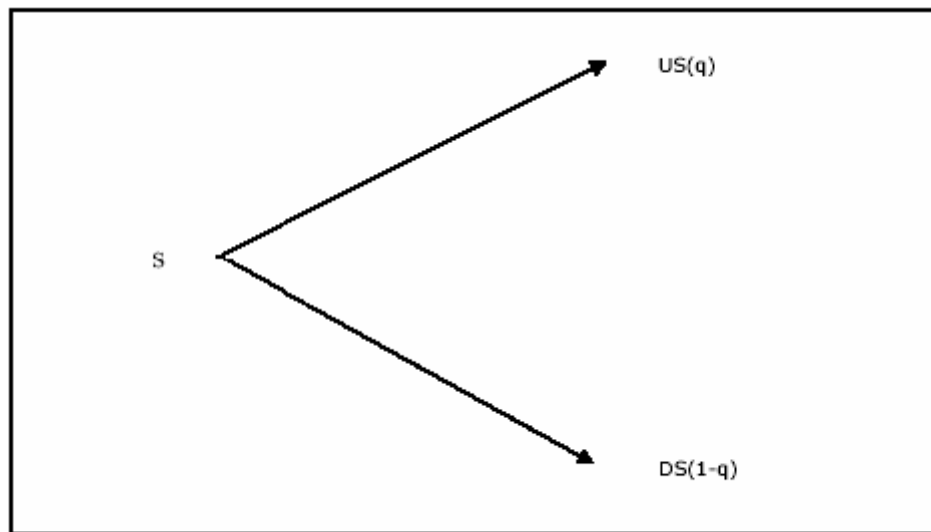


Figura 2. Valor de activo subyacente para un periodo según el modelo binomial (Lenos Trigeorgis, 1995)

Los supuestos a considerar en el modelo Binomial son los siguientes¹²:

- Mercado financiero perfecto, esto es, competitivo y eficiente.
- El cambio del valor del activo con el tiempo es definido por la volatilidad que este adquiere.
- Ausencia de costos de transacción, de información e impuestos
- Posibilidad de comprar o vender en descubierto sin limitación alguna.

¹² Un caso de Estudio para evaluar alternativas de inversión usando opciones reales, Carlos Andrés Gómez Villa, Recinto Universitario de Mayagüez, Puerto Rico, Diciembre 2004.

- Existencia de una tasa de interés sin riesgo a corto plazo (r_f) conocida, positiva y constante para el período considerado. Esto implica la posibilidad de prestar o tomar prestado al mismo tipo de interés (r_f).
- Todas las transacciones se pueden realizar de manera simultánea y los activos son perfectamente divisibles.
- La acción o activo subyacente no paga dividendos, ni cualquier otro tipo de reparto de beneficios, durante el período considerado.
- El precio del activo subyacente evoluciona según un proceso binomial multiplicativo a lo largo de períodos discretos de tiempo.

A continuación se presentan las fórmulas del modelo binomial para la opción de compra "Call" en un solo período:

$$C = \frac{1}{1+r_f} [P * C_u + (1-P) * C_d]$$

$$P = \frac{r - d}{u - d}$$

$$1 - P = \frac{u - r}{u - d}$$

$$C_u = \text{MAX} [uS - E, 0]$$

$$C_d = \text{MAX} [dS - E, 0]$$

Siendo;

C: Valor teórico de una opción de compra

r : $1 + r_f$

u : factor del alza del precio del subyacente en un periodo, con una probabilidad asociada de "q"

d : factor de la baja del precio del subyacente en un periodo, con una probabilidad asociada de (1-q)

C_u : Valor de la opción de compra al vencimiento con un movimiento multiplicativo al alza

C_d : Valor de la opción de compra al vencimiento con un movimiento multiplicativo a la baja

uS : Evolución al alza del precio del subyacente

dS : Evolución a la baja del precio del subyacente

S : Precio de mercado del activo subyacente

E : Precio de ejercicio de la opción

Fórmulas del modelo binomial para la opción de venta "Put" en un solo período:

$$P = 1/r [p * p_u + (1-p) * p_d]$$

Donde:

$$P_u = \text{MAX} [\phi, E - uS]$$

$$P_d = \text{MAX} [\phi, E - dS]$$

Siendo;

P = Valor teórico de una opción de venta

P_u = Valor de la opción de venta al vencimiento con un movimiento multiplicativo al alza

P_d = Valor de la opción de venta al vencimiento con un movimiento multiplicativo a la baja

para la valoración de opciones en más de un periodo, se utilizan las mismas fórmulas pero evaluadas al final de los n periodos, El valor de la opción "put" también se puede calcular a partir del valor "call", aplicando la siguiente fórmula:

:

$$P = C - S + \frac{E}{r^n}$$

2.3.3 El Método de Simulación de Montecarlo

Este método fue creado para manejar opciones europeas y americanas con situaciones y reglas de decisión más complejas que por el método Black - Scholes. Para trabajar con Montecarlo, se requiere asignar probabilidades (representativas de la realidad) a distintos eventos, asumiendo diferentes trayectos de evaluación.

Con esta técnica debe tenerse especial cuidado en el manejo de la tasa libre de riesgo y de las probabilidades en el tiempo, debido a que a medida que pasa el tiempo se disminuye la incertidumbre y el riesgo cambia, de igual forma cambiaran las probabilidades.

Esta metodología fue fué introducida por Boyle en 1977. El método de Montecarlo se utiliza para simular un conjunto muy grande de procesos estocásticos. La valoración de las opciones se realiza en un mundo de riesgo neutral, esto es, se descuenta el valor de la opción a la tas libre de riesgo. La hipótesis de partida del modelo es que el algoritmo natural del activo subyacente sigue un proceso geométrico browniano, de forma que se tiene:

$$S + ds = S * \exp \left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) dt + \sigma dz \right]$$

Donde S es el nivel del activo subyacente, μ es la tasa de retorno esperada del activo subyacente, σ es la volatilidad del activo subyacente y dz es un proceso de Wiener con desviación típica 1 y media 0.

Para simular el proceso, se transforma la ecuación anterior en tiempo discreto, es decir, se divide el tiempo en intervalos Δt , de forma que se obtiene. Para un salto temporal Δt y para un activo que no pague dividendos la ecuación

anterior se transforma en:

$$S_{t+1} = S_t * \exp\left[\left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}\varepsilon_t\right]$$

Donde S_t es el precio del activo subyacente, r es el tipo de interés libre de riesgo, σ es la volatilidad del activo subyacente, ε es un número procedente de una distribución $N(0,1)$ y Δt es el vencimiento de la opción en años partido por el número de períodos.

A continuación se muestran los supuestos considerados por el Modelo de Simulación de Montecarlo:

Pasos para ejecutar el método de simulación de Montecarlo

- Diseño de un modelo Matemático que represente el sistema real
- Identificar variables significativas en función del objetivo de estudio y asociarles una función de distribución de probabilidad.
- Definir el riesgo
- Identificar y definir variables correlacionadas
- Diseñar el experimento de Simulación
- Análisis de resultados

2.4 CATEGORIAS BASICAS DE OPCIONES REALES

A continuación, se presentan varios tipos de opciones reales que comúnmente se pueden encontrar en los proyectos de inversión.

2.4.1 Opción de Crecimiento

Le permite al inversor la posibilidad de incluir dentro de un proyecto de inversión oportunidades de inversión adicionales. Aumentar la capacidad, introducir nuevos productos o adquirir otras empresas e incrementar los presupuestos en publicidad, investigación y programas de desarrollo comercial

son algunos ejemplos de opciones de crecimiento.

La perspectiva de las opciones de crecimiento permite planear estratégicamente el presupuesto de fondos para inversiones a largo plazo.

Las variables claves de este tipo de opción son:

- El valor del activo subyacente es el valor actual de los flujos de caja que era el proyecto adicional
- La variación del valor del activo subyacente proporciona el valor de la varianza.
- El precio del ejercicio es el desembolso inicial en que se incurre para desarrollar el proyecto adicional
- El periodo de tiempo del que se dispone para ejercer la opción es su vida. Este periodo lo puede decidir el equipo directivo y circunstancias del medio como los son la competencia y la situación económica
- El costo de oportunidad que se pierde al esperar ejercer la opción puede ser los flujos de caja o comisiones, permisos o autorizaciones que se generan al momento de la espera

2.4.2 Opción de Espera

En este tipo de opciones, se refleja la flexibilidad que puede tener el gerente en esperar a tomar una decisión de inversión o asignación de recursos hasta que la circunstancia lo haga aconsejable¹³.

Posponer la inversión de un proyecto, puede permitirle a los directivos evaluar información adicional y monitorear la evolución de las variables aleatorias de interés. Sin embargo, esperar puede tener costos potenciales, en términos de que si no aprovecho la oportunidad otro puede hacerlo.

¹³ Un enfoque de opciones reales en procesos de adquisiciones de empresas, José Pablo Dapena, Universidad el CEMA, Agosto 2002

2.4.3 Opción de Abandono

Esta opción proporciona a su propietario el derecho a suspender la aplicación de un proyecto determinado ya sea vendiendo, liquidando o mediante la modificación de su uso reorientándolo hacia otro producto . Este tipo de opciones, aparece en muchos tipos de negocios.

Se debe “abandonar” cuando el proyecto no se justifica económicamente. Una vez que el proyecto ya no es rentable, la empresa busca disminuir sus pérdidas ejerciendo la opción de abandonar el proyecto. Esta opción real de liquidación es equivalente a una opción de venta americana con un precio de ejercicio igual al valor de venta del proyecto.

La decisión de continuar o abandonar en algún momento futuro de la vida del proyecto depende de la situación en que se encuentre en cada período. En aquellos casos donde el valor de abandono excede el valor presente de los flujos de caja futuros resultará más beneficioso la decisión de abandono, aún cuando se está obteniendo un VPN positivo. En general la opción de abandono reduce el riesgo de fracaso de un proyecto y debe considerarse desde su análisis¹⁴.

2.4.4 La opción de suspensión

El manager tiene la opción de suspender temporalmente el proyecto, para impedir flujos de efectivo negativos. Considere el caso de una compañía minera o manufacturera caracterizada por costos variables relativamente altos. Si el precio del producto cae por debajo de los costos variables, esta compañía tendría la opción de interrumpir sus actividades hasta que el precio del producto se recupere y rebase los costos variables. La opción de suspensión también reduce el riesgo de fracaso de un proyecto¹⁷.

¹⁴ Administración Financiera Contemporanea. R. Charles Moyer, James R. Mc Guigan. Thomson, 2000. Pg 364

CAPITULO III

3. ANALISIS DE LAS VARIABLES QUE AFECTAN EL VALOR DE UNA OPCIÓN

El valor de una opción depende de algunas variables que se definieron brevemente en el marco teórico. A continuación se definirán con más profundidad y se analizará la forma como influyen en las opciones de compra y venta:

3.1 VALOR ACTUAL DEL ACTIVO SUBYACENTE (S).

Las opciones son derivados cuyo valor depende del valor de un activo llamado subyacente. El valor actual del activo subyacente (S) es el precio actual que tiene el activo sobre el cual se posee la opción, es observable en el mercado y surge de una cartera de referencia.

En la opción financiera, el valor del activo subyacente indica el precio actual de un activo financiero como acciones, divisas, entre otros; mientras que en la opción real indica el valor actual de un activo real como un inmueble, un proyecto una empresa, una patente, entre otros refiriéndose a los flujos de caja que se espera genere dicho activo.

En la opción financiera lo común es conocer con certeza el valor del activo financiero subyacente, mientras que en el caso de las opciones reales en muchas ocasiones el valor actual del activo real subyacente sólo se conoce de manera aproximada.

Las opciones Call otorgan el derecho de comprar el activo subyacente a un precio determinado con anticipación; un aumento en el precio actual del activo subyacente, aumentará el valor de la opción de compra ya que se incrementa la diferencia entre el valor del activo subyacente y el precio del ejercicio, es decir la ganancia que se obtiene al comprar. Caso contrario sucede en la opción Put donde el precio de venta es fijo, lo que significa que un aumento en

el valor del activo disminuirá el valor de la opción.

3.2 PRECIO DEL EJERCICIO (E).

Cuando se trata de una opción de compra, es la cantidad a pagar por el activo subyacente, es decir por adquirir sus flujos de caja. Cuando se trata de una opción de venta, el precio del ejercicio se entiende como la cantidad que el propietario del activo recibirá por la venta.

Si el precio del ejercicio que el tenedor de la opción de compra tiene que pagar aumenta, el valor de la opción disminuye. La opción de venta se mueve en el mismo sentido que el precio del ejercicio, es decir, si la cantidad a recibir por tenedor de la opción de venta aumenta, la opción aumentará su valor.

3.3 TIEMPO HASTA EL VENCIMIENTO (T).

Es el tiempo durante el cuál el propietario de la opción podrá ejercerla. Si el tiempo aumenta, el titular de la opción tendrá mayor discrecionalidad y flexibilidad sobre cuándo ejercerla, lo que le genera valor a la opción y en caso de que los acontecimientos no sean favorables para el portador de la opción simplemente renunciaría a su derecho de ejercerla evitando una pérdida innecesaria.

Sin embargo, el tiempo no siempre aumenta el valor de la opción debido al valor temporal de los flujos a los que se renuncia y a la amenaza de la competencia. Por otra parte, si se aumenta el tiempo de expiración dejando constante el precio del ejercicio, el valor presente de ese precio del ejercicio habrá perdido valor al finalizar el periodo de maduración, por lo tanto aumentar el periodo de vencimiento hace que una opción de compra valga más y una de venta menos.

3.4 TASA LIBRE DE RIESGO (R)

Es la tasa recibida por una persona al realizar una inversión en entidades con perfecta solvencia, por lo que se considera que no existe riesgo alguno. Se define también como el valor temporal del dinero.

Por otra parte, en las opciones tipo europeo el precio del ejercicio se hace efectivo al final del periodo de vencimiento, por lo tanto este pago que se realiza en el futuro tendrá menos valor si la tasa de interés aumenta¹⁵. Cuando las tasas de interés suben, se reduce el valor presente del precio de ejercicio, por lo tanto las opciones de compra suben y las de venta bajan.

3.5 VOLATILIDAD DEL VALOR DEL ACTIVO (Σ).

Las opciones y la volatilidad están íntimamente relacionadas. Para los operadores de un mercado de opciones es importante la dirección en que aumentan o disminuyen los precios del activo subyacente, pero también es importante la “velocidad” con que lo hacen, esta velocidad es lo que se conoce como volatilidad.

El precio de un activo subyacente que se mueve lento en el mercado tiene pocas posibilidades de sobrepasar los precios de ejercicio de las opciones, lo que representaría poco o ningún atractivo para un inversionista.

Se puede hablar de volatilidad o varianza, si se entiende que el comportamiento del activo subyacente sigue una distribución Normal. Asumiendo que los precios del activo incorporan automáticamente toda la información relevante a él, se puede hablar de un mercado eficiente. Si el mercado es eficiente, la variación del valor del activo será aleatoria ya que

¹⁵Finanzas Corporativas, Valoración, Política de Financiamiento y Riesgo. J. Sergio Cruz, Julio Villareal y Jorge Rosillo. Thomson, 2002, pagina 419

dependerá de los cambios que se den en la información del mercado, que de hecho son también aleatorios. A partir de la aleatoriedad de los precios del activo subyacente se demuestra la aproximación a una distribución Normal y por consiguiente se aclara el uso de la volatilidad en la valoración de opciones. (Lamothe, Perez Somalo (2003) , cap. 5)

La volatilidad mide la variabilidad de los precios futuros del activo subyacente y refleja la incertidumbre económica que rodea un proyecto. La volatilidad es la varianza o desviación típica de los rendimientos del activo subyacente e indica que tan desacertado se puede estar con respecto a la estimación del activo subyacente.

En un mercado de baja volatilidad no tiene ningún sentido trabajar bajo el esquema de valoración de opciones. Cuanto mas alta sea la volatilidad, mas alto será el valor de la opción ya que es mayor el beneficio obtenido de la captación de información, antes de decidir si realizar o no una inversión. Para efectos de este proyecto se entiende volatilidad alta aquella que sobrepase el 30%, valor que se estableció después de revisar los valores de las volatilidades utilizadas en casos resueltos de bibliografía relacionada¹⁶.

La volatilidad se puede calcular con estimados históricos en la industria, pero no siempre se dispone de este tipo de información. Por esta razón en el presente trabajo se hará uso del **coeficiente de variación** calculado como la división de la desviación de los flujos esperados en escenarios optimistas, moderados y pesimistas (opinión de expertos) y la media de estos mismos flujos.

Se utilizará el coeficiente de variación ya que elimina la dimensionalidad de las variables y tiene en cuenta la proporción existente entre una medida de tendencia y la desviación típica o estándar.

¹⁶ Opciones Reales y Valoración de Activos. Juan Mascareñas y otros. Prentice Hall, 2004.

Inversiones Estratégicas. Tener Ketelhohm, J. Nicolás Marín, Eduardo Montiel. Norma, 2004.

A continuación, las características propias del coeficiente de variación:

- Cuando la media está muy próxima al cero afecta mucho al coeficiente, aumentando mucho su valor.
- Mientras menor sea el coeficiente más representativa es la media.
- Es invariante ante cambios de escala
- El Coeficiente de variación no es invariante ante cambios de origen.

3.6 DIVIDENDOS O FLUJOS DE CAJA RECIBIDOS (D).

Dinero generado por el activo subyacente durante o después del periodo de maduración. El valor de un activo depende de los flujos futuros que se puedan recibir de ellos. Si los flujos de caja se producen antes del periodo de maduración, son beneficios que el tenedor de una opción de compra deja de recibir. Si los dividendos se recibieran después del periodo de maduración, el tenedor de la opción de compra si recibiría los beneficios. Por lo tanto un aumento en los dividendos disminuye el valor de la opción de compra. El análisis contrario se puede realizar para una opción de venta, donde al aumentar los dividendos aumenta el valor de la opción.¹⁷

Por otra parte, distribuir dividendos produce una caída de la cotización del activo subyacente, si el precio del activo subyacente disminuye también lo hará la opción de compra, mientras que la opción de venta aumenta.

A continuación se muestra un resumen de la variables que influyen en el valor de una opción de compra "Call":

Proyecto de Inversión	Variable	Opción de Compra
Desembolso requerido para adquirir el activo	E	Precio del

¹⁷ Opciones Reales y Valoración de Activos. Juan Mascareñas, Prosper Lamothe, Francisco López y Walter de Luna. Prentice Hall. 2003. Pg. 420

		Ejercicio
Valor de los activos que se van a adquirir	S	Precio del activo subyacente
Longitud del tiempo que puede demorarse la decisión de inversión	T	Tiempo de Expiración
Riesgo del activo operativo subyacente	σ^2	Varianza de los rendimientos
Valor temporal del dinero	R	Tasa libre de Riesgo
Flujos de caja a los que se renuncia por no ejercer la opción	D	Tasa de dividendos

Tabla 1. Parámetros para el cálculo de una opción de compra "Call" (MASCAREÑA, Opciones reales y valoración de activos, 2004)

La tabla No.2 resume la influencia de algunas variables en las opciones de compra y venta.

	Valor de:	
Aumentos en:	Opción Call	Opción Put
S	Aumenta	Disminuye
E	Disminuye	Aumenta
T	Aumenta	Aumenta
R	Aumenta	Disminuye
Σ	Aumenta	Aumenta
D	Disminuye	Aumenta

Tabla 2. Influencia de algunas variables en el valor de una opción de compra y de venta (<http://ciberconta.unizar.es/leccion/fin002/630.HTM>, enero 22/07 a las 21:50)

CAPITULO IV

4. DESARROLLO DEL PROBLEMA

A continuación se presenta un caso de inversión real en un laboratorio de cosméticos, donde se analizará el impacto de las Opciones de Diferir, Abandonar y Ampliar en la generación de valor de la empresa frente a la técnica tradicional de Flujos Descontados.

Se utilizarán dos de las metodologías para la valoración de opciones: Black & Scholes y el método Binomial con el fin de comparar resultados, identificar ventajas y desventajas de cada uno de los dos métodos y obtener conclusiones que faciliten la valoración de opciones en proyectos de inversión real. En seguida, se presenta el enunciado del caso donde se presenta el entorno y datos necesarios para valorar la inversión.

4.1 CASO DE ESTUDIO: LABORATORIO DE CÓSMETICOS

Un laboratorio de productos cosméticos estudia la posibilidad de lanzar al mercado un nuevo producto. Después de los estudios de mercado y los cálculos financieros el laboratorio llega a la conclusión de que la inversión le supondría un desembolso inicial de 300 millones de pesos y le generarían unos flujos netos de caja al 10% considerando 3 posibles escenarios: Optimista, moderado y pesimista.

Existe bastante incertidumbre con respecto a los precios y a la respuesta del mercado, incluso para el primer año de operación, por esta razón se observa que los flujos varían considerablemente para los diferentes escenarios de un mismo año. Los flujos de caja en el primer año, para cada uno de los escenarios se muestran a continuación:

ESCENARIOS	FLUJOS DE CAJA
OPTIMISTA	\$ 50
MODERADO	\$ 35
PESIMISTA	\$ 20

Tabla 3. Flujo de Caja de los escenarios

Para el cálculo de los flujos de caja de los años 2 al 7 se tuvo en cuenta los siguientes parámetros: Un crecimiento geométrico con gradiente de 5% para el escenario Optimista; flujos de caja constantes en el escenario Moderado y un decrecimiento geométrico con gradiente de 5% para el escenario Pesimista. Del año 8 en adelante se consideran flujos constantes.

El laboratorio de Cosméticos conoce la inestabilidad del sector, por lo que desea estudiar posibles alternativas frente a los cambios en el mercado y estar preparada para reaccionar en cualquiera de los posibles escenarios. El laboratorio decide estudiar las opciones de diferir el proyecto, ampliarlo y abandonarlo, lo que le permitirá adquirir una visión más amplia en la toma de decisiones.

A continuación se presentan las probabilidades de ocurrencia de cada uno de los escenarios, las cuáles fueron arrojadas por el estudio de mercado realizado por la empresa donde consideraron posibles fluctuaciones de los precios y la demanda.

	PROBABILIDAD
OPTIMISTA	25%
MODERADO	40%
PESIMISTA	35%

Tabla 4. Probabilidades de los escenarios

Nota: Los valores trabajados están dados en millones de peso y la tasa libre de riesgo es de 7%

4.1.1 CALCULOS PREVIOS Y METODO TRADICIONAL

Antes de valorar las opciones por los dos métodos antes mencionados, se valorara el proyecto utilizando la técnica del VPN y se hallará el valor actual de los flujos de caja en cada uno de los escenarios para luego calcular su valor esperado y volatilidad. Si la volatilidad se considera alta, valdrá la pena complementar el análisis del VPN con la valoración de la opción de Diferir, abandonar y Ampliar, en caso contrario no tiene ningún sentido el análisis de las opciones reales.

4.1.1.1 Valor Actual de Flujos de Caja (VAFC)

Se determinan los flujos de caja o anualidades a partir del valor recibido el primer año y considerando que las variables del mercado (ventas, costos, leyes favorables, entre otros) actúan haciendo que los flujos de caja aumenten geométricamente año tras año con un gradiente del 5% en el escenario optimista y disminuyan geométricamente con un gradiente del -5% en escenario pesimista, se consideran flujos constantes para el escenario moderado. Para el cálculo las estas anualidades que crecen o decrecen geométricamente, se tiene en cuenta la fórmula descrita a continuación:

$$A_n = A_1 \times (1 + G)^{n-1}$$

Donde :

N : número periodos del proyecto, variando de 1 a n

A_n : Anualidad recibida en el periodo n

G: gradiente de crecimiento

A continuación se presenta la tabla 5, con los datos necesarios para el cálculo de las anualidades o flujos de caja de cada periodo, así como para el cálculo de su valor presente:

n	7
i	10%
G	5%
A	\$ 50

Tabla 5. Datos para cálculo de flujos de caja y VP

Después de aplicar la fórmula de gradiente geométrico creciente, se obtienen los datos correspondientes a los flujos de caja de los siete periodos en estudio, como se muestra en la tabla 6, en la última fila se muestran los flujos esperados a partir del año 8 :

	E. Optimista	E. Moderado	E. Pesimista
1	52	35	20
2	54.60	35.00	19.00
3	57.33	35.00	18.05
4	60.20	35.00	17.15
5	63.21	35.00	16.29
6	66.37	35.00	15.48
7	69.68	35.00	14.70
8 -->	41.81	21.00	8.82

Tabla 6. Flujos de caja para los escenarios, Optimista, Moderado y Pesimista

Después de determinar de los flujos de caja por año, se procede a hallar el valor presente (VP) o valores actuales de los flujos de caja (VAFC), teniendo en cuenta una tasa de interés del 10% como se muestra a continuación.

	E. Optimista	E. Moderado	E. Pesimista
VAFC 1-7	\$ 289.05	\$ 170.39	\$ 85.55

Tabla 7. Valores actuales de los flujos de caja del año 1 al año 7

Por otra parte se toman los flujos a partir del año 8 y se calcula la perpetuidad,

$$P = (A/i)/(1+i)^{(n-1)}$$

Donde i corresponde a la tasa de descuento del 10%, A es el valor del flujo en el año 8 y n el número de años. Los resultados se muestran en la tabla a continuación:

	E. Optimista	E. Moderado	E. Pesimista
VA FC 8-->	\$ 214.56	107.76	45.27

Tabla 8. Valores actuales de los flujos caja del año 8 en adelante

Sumando los valores actuales de los flujos de todo el proyecto se obtiene finalmente el Valor actual Total (VA Total)

	E. Optimista	E. Moderado	E. Pesimista
VA TOTAL	503.61	278.16	130.82

Tabla 9. Valores actuales de los flujos Totales.

4.1.1.2 Valor Esperado, Desviación Y Volatilidad

Una vez se ha calculado los VAFC para cada escenario y teniendo a la mano las probabilidades de ocurrencia de cada escenario, se procede a calcular el valor esperado del proyecto, sumando la multiplicación de cada Valor actual del flujos por la respectiva probabilidad de ocurrencia de su escenario

	E. Optimista	E. Moderado	E. Pesimista
VA TOTAL	\$ 503.61	\$ 278.16	\$ 130.82
Probabilidad	25%	40%	35%

Tabla 10. VA y Probabilidades por escenarios

En la siguiente tabla se muestran los resultados del valor esperado del proyecto, su Desviación y la Volatilidad, la cual se obtuvo como el cociente de

la desviación sobre el Valor esperado.

VAN ESPERADO	282.95
DESVIACIÓN	142.42
VOLATILIDAD	50.33%

Tabla 11. Valor esperado del proyecto, Desviación y Volatilidad.

El valor esperado del proyecto es equivalente al valor del activo subyacente, conocido como S.

4.1.1.3 Valor Presente Neto (VPN)

Para calcular el valor presente Neto se tiene en cuenta la siguiente fórmula, Valor de flujos de caja Total menos la inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto

VPN	VA Total - Inversión Inicial
------------	-------------------------------------

Tabla 12. Fórmula del Valor Presente Neto

Después de aplicar la siguiente fórmula a cada uno de los escenarios, obtenemos el Valor Presente Neto en cada caso.

VPN Esperado	282.95-300 = -17.5
---------------------	---------------------------

Tabla 13. Valor Presente Neto por Escenarios

El valor presente neto arroja un resultado negativo de -17.5 millones, lo que significa bajo el método tradicional que no es conveniente llevar a cabo la inversión del lanzamiento del nuevo producto. Sin embargo se observa una alta volatilidad de 50.33 %, mostrando que existe gran incertidumbre con respecto a los flujos de caja que se obtendrán y que existe una alta posibilidad de cambiar los flujos según la información captada y las decisiones de la gerencia. Cuando el VPN es negativo y la volatilidad es alta vale la pena realizar un análisis de Valoración de Opciones Reales como el realizado en la siguiente

sección.

4.1.2 ANALISIS DE OPCIONES REALES EN LABORATORIO DE COSMETICOS

A continuación se valorarán tres tipos de opciones: Crecimiento, aplazamiento y abandono para el caso del laboratorio de cosméticos descrito anteriormente. Estas opciones se valorarán primero por el modelo de Black y Scholes y luego por el método Binomial.

4.1.2.1 Opción Diferir.

Esta primera opción proporciona su dueño el derecho a aplazar la realización del proyecto durante un lapso de tiempo determinado. La finalidad de la opción Diferir es reducir la incertidumbre sobre los flujos de caja del activo subyacente. Permite comparar dos escenarios, los beneficios de realizar el proyecto ahora contra las pérdidas que se podrían evitar si se espera por información.

Sin embargo, se debe tener en cuenta a la hora de aplazar un proyecto que se puede perder ventajas frente a la competencia que decida realizar la inversión antes que nosotros y además existen unos flujos de caja que dejarán de recibirse por no realizar el proyecto en el periodo inicial.

Enunciado – Opción Diferir¹⁸

El laboratorio quiere estudiar la posibilidad de no lanzar inmediatamente el producto al mercado, sino que quieren estudiar la opción de esperar 1 año mientras recolectan mayor información y estudian con más profundidad el nuevo mercado.

La inversión en maquinarias y capacitaciones le supondría a la empresa un desembolso inicial de los mismos 300 millones de pesos y le generarían unos

¹⁸ Tomado de <http://www.ucm.es/BUCEM/cee/doc/04-004/04004.pdf>, 24 enero 1:56 pm, con modificaciones.

flujos netos de caja durante los próximos años al 10% considerando 3 posibles escenarios: Optimista, moderado y pesimista.

El laboratorio debe tener en cuenta un costo de retraso, que corresponde al porcentaje que se aplica por dejar de recibir los flujos correspondientes al año durante el cual se difiere el proyecto.

Realizar un análisis, que de soporte a los accionistas de la empresa en la decisión de lanzar inmediatamente el producto o esperar un año para iniciar el proyecto.

RESUMEN DIFERIR EN UN AÑO:	
COSTO ESPERAR :	12
FLUJO AÑO1 PROMEDIO:	34
VOLATILIDAD:	50.33%
TASA LIBRE DE RIESGO:	7.24%
VALOR ACTIVO SUBYACENTE (s):	282.95
PRECIO DEL EJERCICIO (E) :	300

Tabla 14. Resumen datos diferir a un año

4.1.2.1.1 Método Binomial:

A continuación se valorará la opción Diferir por el modelo Binomial, y se analizarán y comparará con el método de Black y Scholes. Para valorar las opciones por el método de árboles Binomiales se diseñó un software prototipo que permite el cálculo del valor de la opción, variando el número de iteraciones. El número de iteraciones corresponde al número de subperiodos o nodos en que se subdivide el periodo t de la opción a analizar.

En el software prototipo debe ingresarse como datos de entrada la tasa libre de riesgo (r_f), la tasa libre de descuento (TD), la Volatilidad de los flujos de caja (σ), el número de iteraciones (máximo 30), años a diferir, precio del activo subyacente (S), precio del ejercicio (E) y si desea o no incluir el costo de retraso, que vendría siendo el costo de dejar de recibir ciertos flujos de caja por

aplazar el proyecto, en este caso se ingresan los flujos que se dejan de recibir por diferir el proyecto.

Los valores de la tasa libre de riesgo, tasa de descuento, años a diferir y precio del ejercicio, se toman del enunciado del caso. Los datos de la volatilidad de flujos de caja y valor del activo subyacente fueron calculados en la sección anterior.

A continuación se ingresan los datos para el cálculo de la opción diferir con una iteración utilizando el Método Binomial:

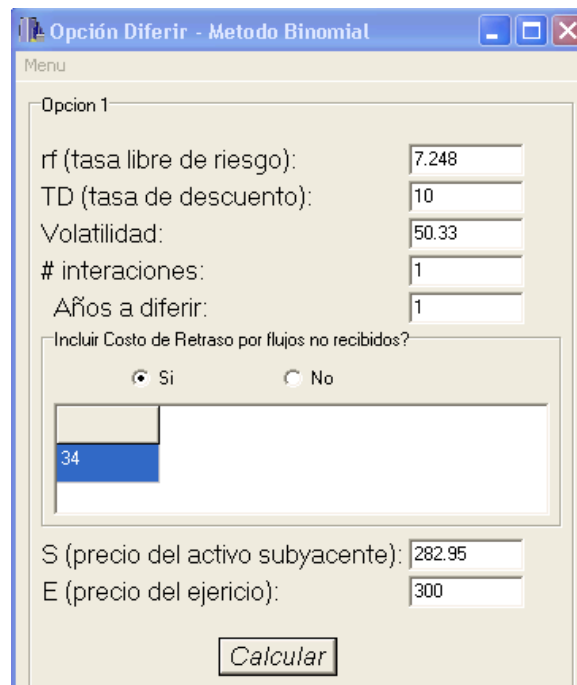


Figura 3. Pantallazo del software prototipo para la opción Diferir resuelta por Binomial con una iteración

En la siguiente figura se muestra el Valor de la Opción Diferir calculado por el método Binomial con una iteración:

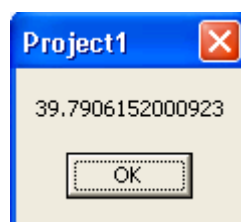


Figura 3. Resultados de la Opción Diferir – Método Binomial

El valor obtenido de 39.79 corresponde al valor actual neto del proyecto con la opción diferirlo a un año utilizando el método Binomial.

Valor actual neto + la Opción Diferir M. Binomial	39.79
--	--------------

Tabla 15. Valor Actual Neto con la Opción de Diferir.

El VAN sin la opción (método tradicional) es negativo, lo que significa que hoy no se realizará el proyecto por lo que no habría pérdidas ni ganancias, mientras que con la opción de diferir el VAN alcanza un valor de 39.79 millones. El valor de esperar es superior al valor de 12 millones que le cobra el dueño de la patente por retrasar la decisión de invertir por lo que resulta atractivo pagar al dueño de la patente y esperar mayor información para decidir si ejerce o no la opción de invertir al cabo de un año.

4.1.2.1.2 Método Binomial - Múltiples Iteraciones:

A medida que se aumenta el número de iteraciones, se tiende a la convergencia de los valores obtenidos por Binomial y se tienen resultados más confiables.

Llevar el método Binomial a múltiples iteraciones implica analizar el caso de diferir en un mayor número de nodos, es decir no se evaluarán las bajas o alzas del activo subyacente cada año sino cada periodo de tiempo más corto, según el número de iteraciones seleccionado, es decir si se habla de 10 iteraciones ya no se analizará el comportamiento del activo subyacente cada 365 días sino cada 36.5 días en el año. De igual forma la volatilidad de los flujos de caja y la tasa libre de riesgo ya no será anual, sino que cambiará de acuerdo al periodo de tiempo analizado. Para el cálculo de la nueva volatilidad se puede utilizar la siguiente fórmula¹⁹:

¹⁹ Opciones Reales y Valoración de Activos. Juan Mascareñas, Prosper Lamothe. Prentice Hall. 2003. Pg.

$$\sigma_{\text{periodo}} = \sigma_{\text{anual}} \times \sqrt{\frac{1}{\text{No.iteraciones}}}$$

Después de obtener el Valor de la opción con una iteración, se procedió a la ejecución de 30 iteraciones obteniéndose los resultados de la tabla 16 graficados en la figura 4. El número de iteraciones se vio limitado por la capacidad computacional del equipo utilizado:

Iteración	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valor										
Diferir	39.7	38.24	32.02	36.98	36.07	35.96	33.81	35.22	34.52	34.65

Iteración	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Valor										
Diferir	34.8	34.2	34.91	33.82	34.92	33.52	34.87	33.58	34.78	33.89

Iteración	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Valor										
Diferir	34.7	34.1	34.6	34.2	34.5	34.38	34.4	34.45	34.49	34.5

Tabla 16. Resultados para 26 iteraciones – Método Binomial.

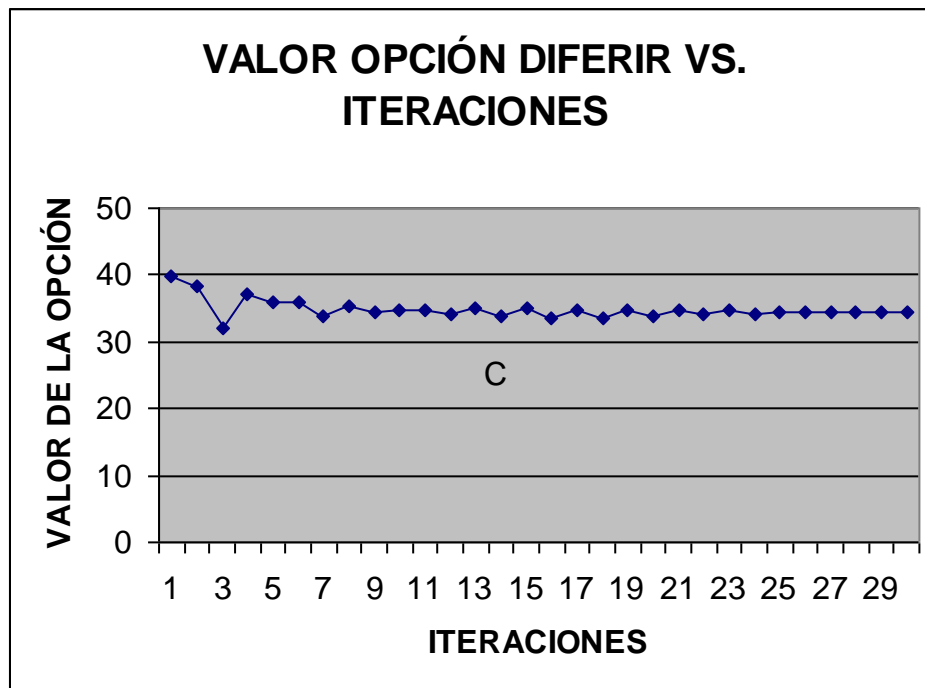


Figura 4. Gráfica de los resultados obtenidos por Binomial – Opción Diferir (Fig. Propia)

En las primeras iteraciones se observa una alta variabilidad en los resultados, pero a medida que se aumentan las iteraciones se estabiliza la serie encontrando la convergencia.

4.1.2.1.3 Método Black Y Scholes

Se utilizará como un segundo método de valoración, el Modelo de Black y Scholes, por lo tanto deben definirse algunas variables necesarias para la aplicación de este modelo. A continuación se presentan las variables a definir:

Variable	Opción de Compra
E	\$ 300
S	\$ 282.95
t	1 año
σ	50.33%
r	7.248%

Tabla 17. Variables - Modelo de Black y Scholes

Utilizando la aplicación informática ya antes mencionada se procede al cálculo

del Valor de la Opción Diferir por el Método de Black y Scholes como se muestra a continuación:

Figura 5. Pantallazo de aplicación informática para opción Diferir por modelo de Black & Scholes

El valor obtenido de 46.23 corresponde al valor de la opción calculado por el modelo de Black y Scholes:.

Valor	Opción
	Diferir M. Black & Acholes
46.23	

Tabla 18. Valor Opción Diferir M. Black & Scholes

Se observa resultados cercanos utilizando ambos métodos, Binomial y Black y Scholes, siendo menores los resultados encontrados por Binomial.

4.1.2.2 Opción Abandono

La opción de abandono es una opción de venta que le da el derecho a su propietario de liquidar un determinado proyecto a cambio de un precio que suele llamarse valor de liquidación.

De hecho la principal razón de llevar a cabo un proyecto por etapas, es el mantener presente la opción de abandono. Las cláusulas de abandono crean flexibilidad para las partes implicadas en el proyecto, esta flexibilidad aunque tiene un costo, puede generar muchos beneficios sobre todo en proyectos de alto riesgo.

Cerrar o liquidar tiene un costo asociado, interesará liquidar en el periodo analizado solo si el valor recibido por la liquidación supera los costos en que se incurre por efectos de la misma.

Es importante analizar esta opción, ya que una valiosa opción de abandono otorga flexibilidad al proyecto y puede aumentar el interés de invertir.

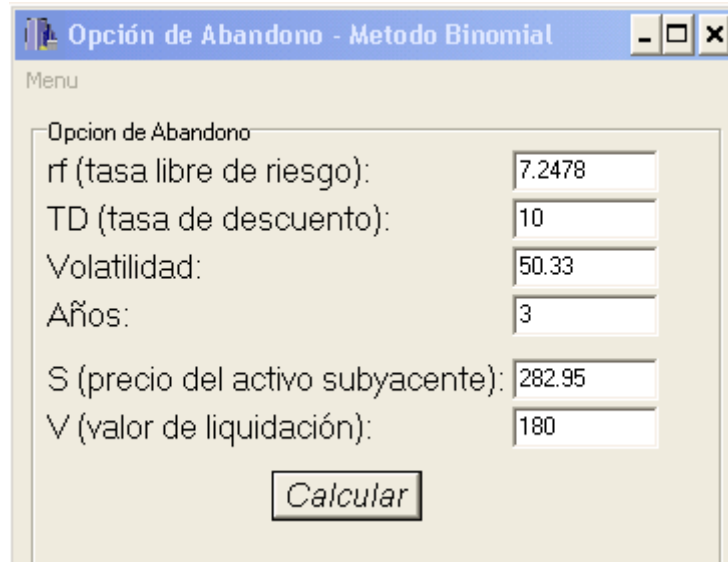
Enunciado – Opción Abandono

El laboratorio quiere evaluar la posibilidad de abandonar el lanzamiento del nuevo producto en su tercer año de vida, recibiendo como precio de venta de la maquinaria e instalaciones de la planta un valor (E) de \$180 millones de pesos en cualquiera de los tres primeros años. El costo asociado al abandono del proyecto es de 10 millones.

Realizar un análisis, que de soporte a los accionistas de la empresa en la decisión de abandonar o no el proyecto del lanzamiento del nuevo producto.

4.1.2.2.1 Método Binomial:

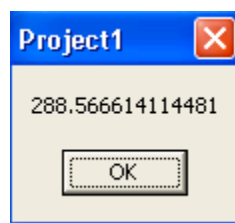
A continuación se ingresan los datos para el cálculo de la Opción de Abandono a tres años, con 1 iteración utilizando el Método Binomial:



Variable	Valor
rf (tasa libre de riesgo)	7.2478
TD (tasa de descuento)	10
Volatilidad	50.33
Años	3
S (precio del activo subyacente)	282.95
V (valor de liquidación)	180

Figura 6. Pantallazo del software prototipo para la opción Abandono resuelta por Binomial con una iteración

En la siguiente Gráfica se muestra el Valor de la Opción de Abandono utilizando el método Binomial:



Project1

288.566614114481

OK

Figura 7. Resultados de la Opción Abandono – Método Binomial

El valor del proyecto con la opción de abandono es igual a 288.56 millones, en la primera iteración y su valor sin contar con ella es de 282.95 millones, por lo tanto el valor de dicha opción corresponde a la resta de estos dos valores como se muestra a continuación:

Valor	Opción	
Abandono	M.	
Binomial		288.56-282.95 = 5.61

Tabla 19. Valor Opción Abandono Método Binomial

Los 10 millones del costo de liquidación superan los 5.61 millones del valor de la opción de abandono, por lo que no resulta interesante la opción de liquidar por lo menos en los próximos 3 años.

4.1.2.3 Opción Crecimiento

La opción de crecimiento proporciona a su propietario el derecho de adquirir una parte adicional del negocio a cambio de un determinado costo.

Mientras que un proyecto puede resultar aparentemente no recomendable según el método tradicional, la opción de crecimiento muestra que una inversión adicional puede crear la oportunidad de crecer en el futuro si la inversión inicial funciona bien.

En este tipo de opciones el valor del activo subyacente es el valor actual de los flujos de caja que generaría el proyecto adicional y su variación constituye la volatilidad. El precio de ejercicio será el desembolso en el que se incurre por llevar a cabo la inversión adicional

Enunciado – Opción Crecimiento

Debido a la alta incertidumbre con respecto a los precios, a la respuesta del mercado y a la alta inversión que requiere el lanzamiento del nuevo producto, el laboratorio ha decidido analizar la opción de iniciar el negocio con una prueba piloto de 3 años, cuyo valor inicial de inversión corresponde a 52 millones. La idea sería ampliar el negocio en el cuarto año, con una inversión adicional de 260 millones y esperando alcanzar como valor actual del negocio de ampliación 10 veces el valor de la prueba piloto en el tercer año.

Se consideran los siguientes flujos de caja en el primer año de operación de la prueba piloto para cada uno de los escenarios:

ESCENARIOS	FLUJOS DE CAJA
OPTIMISTA	\$ 12
MODERADO	\$ 8
PESIMISTA	\$ 4

Tabla 19. Flujo de Caja- prueba piloto

Para el cálculo de los flujos de caja de los años 2 y 3 se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros: Un crecimiento geométrico con gradiente de 10% para el escenario Optimista; flujos de caja constantes en el escenario Moderado y un decrecimiento geométrico con gradiente de -10% para el escenario Pesimista. Las probabilidades de ocurrencia de escenarios son las mismas planteadas en el enunciado inicial.

Los flujos de caja del año 4 después de la inversión adicional son los que se muestran en la siguiente tabla. Para el cálculo de los flujos de caja de los años 5 al 7 se asumió un crecimiento geométrico con gradiente de 4% para el escenario Optimista; flujos de caja constantes en el escenario Moderado y un decrecimiento geométrico con gradiente de -4% para el escenario Pesimista.

ESCENARIOS	FLUJOS DE CAJA
OPTIMISTA	\$ 40
MODERADO	\$ 25
PESIMISTA	\$ 15

Tabla 20. Flujo de Caja – cuarto año

Del año 8 en adelante se consideran flujos constantes como se muestra a continuación:

ESCENARIOS	FLUJOS DE CAJA
OPTIMISTA	\$ 30
MODERADO	\$ 15
PESIMISTA	\$ 7

Tabla 21. Flujo de Caja – año 8 en adelante

4.1.2.3.1 Método Binomial

Como paso inicial, se calculan los flujos de caja de la prueba piloto para los siguientes 2 años, se calculó el Valor Actual de los flujos de caja y se halló el Valor Presente Neto (VPN). Para el cálculo de los flujos de caja se empleó el criterio de un gradiente creciente del 10% para el escenario optimista, flujos constantes para el moderado y un gradiente decreciente de -10% para el pesimista. Así como una tasa de descuento del 10% para el valor actual y se descontó una inversión inicial de 52 millones para el cálculo del VPN. A continuación se muestra el resumen de los datos calculados:

	10%	0%	-10%
	PRUEBA PILOTO		
0	-52	-52	-52
1	12.00	8.00	4.00
2	13.20	8.00	3.60
3	14.52	8.00	3.24
VA FCN	\$ 32.73	\$ 19.89	\$ 9.05
VPN	\$ -19.27	\$ -32.11	\$ -42.95

Tabla 22. Valor actual de los flujos y VPN de prueba piloto.

Teniendo en cuenta la probabilidad de ocurrencia de cada escenario mostradas en la siguiente tabla, se calculó el valor esperado de los flujos de caja. Se halló también la desviación y volatilidad de los flujos de caja, así como el valor esperado del VPN de la prueba piloto. Todos estos datos se pueden observar en la tabla 24.

	PROBABILIDAD
OPTIMISTA	25%
MODERADO	40%
PESIMISTA	35%

Tabla 23. Probabilidad de Ocurrencia por Escenarios

E(VA)	19.31
E(VPN)	-32.69

Tabla 24. VA y VPN de flujos de caja de prueba piloto

Con base en los flujos proyectados para los años siguientes a la inversión adicional y con los criterios de crecimiento y probabilidades de ocurrencia planteados en el enunciado, se calcularon los flujos de caja y su valor esperado, el valor esperado del valor presente Neto y la volatilidad de los flujos de caja de la inversión adicional como se muestra en las dos tablas siguientes.

				TASA DE CRECIMIENTO		
				4%	0%	-4%
				OPT	MOD	PES
				PROBABILIDAD ESCENARIO		
				25%	40%	35%
0				-260	-260	-260
1				40	25	15
2				41.60	25.00	14.40
3				43.26	25.00	13.82
4				44.99	25.00	13.27
5				46.79	25.00	12.74
6				48.67	25.00	12.23
7				50.61	25.00	11.74
8 -->				30.37	15.00	7.04

Tabla 25. Flujos de caja inversión adicional

Escenario	OPT	MOD	PES
VA FCN 1-7	\$ 216.48	\$ 121.71	\$ 65.83
VA FCN 8-->	155.83	76.97	36.15
VA TOTAL	\$ 372.31	\$ 198.68	\$ 101.98
E(VAN)	208.24		
DESV. ST. VA FCN	103.53		
VOLATIL.	49.72%		
VPN	\$ 112.31	\$ -61.32	\$ -158.02
E(VPN)	-51.76		

Tabla 26. Valor esperado de FC, Valor esperado del VPN y Volatilidad – Inversión Adicional

Aún evaluando el proyecto en dos fases por el método tradicional se obtendría VPN negativo de -32.69 (tabla 24) de la prueba piloto y por consiguiente no se llevaría a cabo el proyecto de ampliación.

Se tomó la volatilidad de 49.72, calculada de la variación los flujos de la inversión adicional. El Árbol Binomial partió desde 19.31 millones, que corresponde a el valor actual de la prueba piloto. Al final del árbol se halló el valor de la nueva inversión asumiendo un Valor del activo subyacente (inversión adicional) 10 veces mayor que el de la prueba piloto en el tercer año (en el pantalla de ingreso corresponde al crecimiento del activo subyacente), un precio del ejercicio de 260 millones que corresponden a la inversión a realizar por la ampliación y una inversión piloto de 52 millones. Todos estos datos se ingresan en el software prototipo diseñado como se muestra en la tabla a continuación:

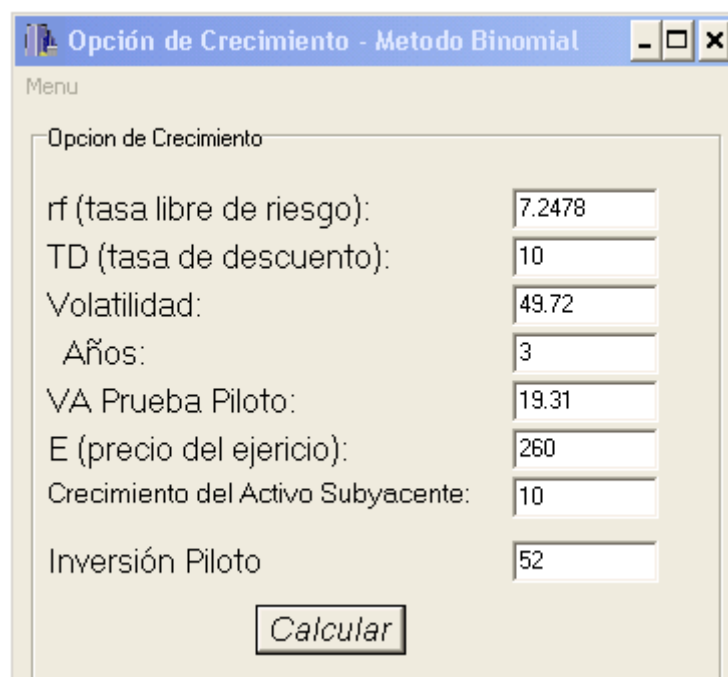


Figura 8. Pantallazo del software prototipo para la opción Crecimiento resuelta por Binomial con una iteración

Por el método Binomial se obtiene que el VAN total del proyecto con la opción de ampliarlo incluida es igual a 26.45 millones como se muestra en la siguiente figura, mientras el VAN Básico inicial sin la opción de ampliarlo era de -17.5 y el VAN Básico de la inversión piloto asumiendo que se quisiera realizar en dos etapas era de -32.69. Así que un proyecto de inversión que en un principio parece poco interesante pasa a serlo si se tienen en cuenta las oportunidades que se pueden presentar en su desarrollo y que no se ven reflejadas en el flujo de caja.

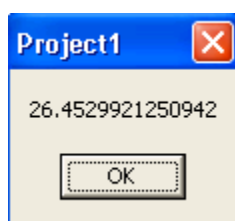


Figura 9. Valor del proyecto con la opción de ampliar (Pantallazo del software prototipo)

Analizando el proyecto en dos etapas se puede decir que la opción de ampliación toma el siguiente valor:

Valor	Opción	26.45 - (-32.69) = 59.14
Crecimiento	M.	
Binomial		

Tabla 26. Valor Opción Crecimiento Método Binomial

4.2. SOLUCIÓN DE HIPÓTESIS

1) Hipótesis No. 1: Mayor número de nodos en la construcción de Árboles Binomiales conducen a una estabilidad en la serie con resultados aproximados a los de Black y Scholes.

R/ El método de Árboles binomiales, como su nombre lo indica se basa en una distribución binomial que se caracteriza por ser de variables discretas. Un experimento binomial consiste en una sucesión de n intentos independientes idénticos, y cada intento tiene dos posibles resultados: éxito o fracaso. La probabilidad de éxito es la misma para cada uno de los intentos y se representa por p . La variable aleatoria binomial es la cantidad de éxitos en los n intentos.

Cuando se tiene que un problema de distribución binomial tiene una gran cantidad de intentos, se puede hacer uso de una aproximación a la distribución Normal que se caracteriza por ser continua y la cuál es la base del modelo de Black y Scholes. En los casos en los que la cantidad de intentos es mayor que 20, $np \geq 5$, y $n(1-p) \geq 5$ la distribución normal da resultados muy aproximados a los binomiales, aproximándose así los resultados del método de Árboles Binomiales a los resultados obtenidos por Black y scholes.

Al usar la aproximación normal a la binomial, se igualan $\mu = np$ y

$\sigma = \sqrt{np(1-p)}$ en la definición de la curva normal.

En la tabla 16 y en la figura 4 se muestran los resultados obtenidos en el desarrollo de los casos de estudio por Árboles Binomiales de 1 a 30 iteraciones. Como se observa en la figura, los resultados de la opción adquieren una mayor estabilidad en la medida que se aumenta el número de iteraciones. La iteración 30 arroja un valor de 34.5, el cuál se considera que se encuentra en un rango válido al compararlo con el resultado de 46.23 de Black y Scholes.

Por otra parte, en este caso se podría decir que el resultado con una iteración de 39.7 resultó más cercano a Black y Scholes que con 30 iteraciones. Sin embargo, la gran diferencia radica en que en las primeras iteraciones no hay convergencia en la serie, así como en la primera iteración se observa el dato más aproximado al modelo de Black y Scholes, en la segunda iteración se observa el resultado más alejado del modelo.

En la figura 4, se observa a partir de la iteración 25 ó 26 se empiezan hacer menos notables las variaciones de una iteración a otra. Los datos desde la iteración 25 a la 30, varían en poca proporción con relación a las primeras iteraciones, por esto se podría decir que 26 iteraciones es un buen número para calcular resultados y no desgastarse así en mayores esfuerzos informáticos que no llevarán a una diferencia significativa en los resultados.

2) Hipótesis No. 2: El método de Black & Scholes tiende a subestimar el valor de las opciones calculado por Binomial, es decir que la aproximación del método Binomial se da por abajo.

R/ Como se aprecia en los resultados obtenidos en la Opción diferir en la figura 4, para cada iteración, por el método Binomial se obtuvieron valores menores que el valor de 46.23 calculado por Black y Scholes. A partir de la iteración 26 se empieza a observar un leve asenso de los datos acercándose un poco a los resultados de Black y Scholes.

3) Hipótesis No. 3: El método Binomial es más sencillo de interpretar, y puede manejar situaciones reales más complejas que el modelo de Black y Scholes.

El modelo de Black y Scholes exige una serie de parámetros que interactúan en un conjunto de fórmulas y arrojan el valor de la opción. Sin embargo en la realidad cada caso puede presentar características específicas o variaciones puntuales que no son fácilmente incluibles en los datos de entrada del modelo de Black y Scholes.

Un claro ejemplo de esto es el caso de ampliación que se desarrolló en el caso de estudio donde el valor del activo subyacente no se conocía como un valor específico, sino que se refería a un valor 10 veces superior al valor del activo que pudiese haber adquirido al tercer año de operación de la prueba piloto. De igual forma, cada inversión puede disponer de información diferente y de variaciones específicas que son difíciles de incorporar en el conjunto de fórmulas del modelo de Black y Scholes. En ocasiones resulta difícil simplificar la complejidad de un proyecto a 5 o 6 variables, como en el caso de Black y Scholes.

El método Binomial utiliza algebra sencilla que permite que la persona que evalúa un proyecto entienda con claridad la forma de proceder y pueda realizar modificaciones con mayor seguridad, aunque gaste más tiempo que el que emplearía digitando los datos de entrada en el modelo de Black y scholes.

5) Hipótesis No. 4: El enfoque de Opciones Reales es un complemento del método de Flujos de Caja descontados (FCD)

El surgimiento de una metodología como la valoración de opciones reales no implica que el método tradicional no tenga aplicación o utilidad. El método tradicional analiza el valor presente que se espera de los flujos del proyecto teniendo en cuenta que se realiza hoy. Permite adquirir una visión general del comportamiento de los flujos, que sumada a su volatilidad permitirá decidir si valorar o no opciones reales. Si la volatilidad del proyecto es baja, el metodo

tradicional es una excelente alternativa y permite rápidamente tomar una decisión, pero en aquellos casos en los que la volatilidad de los flujos de caja se considera alta es mejor analizar otras estrategias antes de rechazar el proyecto, ya que existe una incertidumbre considerable en el comportamiento de los flujos de caja. Además, cualquiera que sea el caso, las opciones reales permiten analizar alternativas de negocios y formas de desarrollar la inversión buscando la maximización de las utilidades.

En un proyecto con baja volatilidad donde sus flujos de caja se comportan de manera altamente predecible no tiene ningún valor tomar en cuenta opciones reales, el método tradicional del VPN sería suficiente para predecir si aceptar o rechazar la inversión.

La valoración de opciones complementa, mas no sustituye el método tradicional de Flujos de Caja Descontados y no debería ser usado solo para cuantificar el valor de una opción, sino para reflexionar sobre los factores que determinan su valor en combinación con el tradicional descuento de flujos de caja.

6) Hipótesis No. 5: La técnica de FCD en entornos altamente volátiles presenta deficiencias en la toma de decisiones de inversión, infravalorando la realización del proyecto.

Las opciones reales adquieren valor en entornos altamente volátiles. Si se habla por ejemplo de dos opciones de compra que tienen el mismo valor esperado de precio del activo subyacente (S) y precios del ejercicio (E) iguales, aquella cuyos flujos de caja posean una mayor desviación típica tendrá mas posibilidades de superar el precio del ejercicio generando utilidades para el propietario de la opción.

La alta competencia, la globalización y los rápidos cambios tecnológicos, entre otros son factores que influyen de manera significativa en el entorno de los proyectos de inversión generando incertidumbre. En estos entornos altamente

volátiles es necesario incorporar de manera formal la capacidad de la gerencia de tomar decisiones con base en la nueva información cambiante del entorno para reducir las pérdidas o mejorar las ganancias.

Por otra parte, el enfoque de Opciones reales tiene en cuenta la flexibilidad de las inversiones y la capacidad directiva para cambiar el curso de un proyecto, convirtiendo así la incertidumbre en una oportunidad. La valoración de Opciones Reales, considera alternativas futuras como son: el abandono del negocio si los resultados se alejan de lo proyectado, la expansión si los resultados superan lo esperado, el aplazamiento de la inversión si vale la pena esperar el momento indicado ó la suspensión temporal del proyecto con el fin de evitar flujos de caja negativos. La aplicación oportuna de estas opciones podría incrementar el valor del proyecto y de la empresa.

En el caso de estudio, el lanzamiento del nuevo producto cosmético valorado por el método tradicional arroja un VPN de -17.5, lo que significa que bajo esta perspectiva no resulta atractivo llevar a cabo el proyecto. Sin embargo, existe alta incertidumbre con respecto al comportamiento de los flujos del proyecto. La volatilidad de los precios del activo subyacente es de 50.33 lo que llevó a pensar en valorar algunas opciones reales como son: diferir el proyecto, abandonarlo y ampliarlo.

El VAN del proyecto con la opción de diferir a un año, alcanza un valor de 39.79 millones, el cual es superior a los 12 millones que cobra el dueño de la patente por retrasar la decisión de invertir. Con estos resultados, se puede pensar en no desistir definitivamente del proyecto, sino esperar un año a tener mayor conocimiento del mercado antes de realizar la inversión.

La opción de abandono analizada para los tres primeros años no es muy atractiva porque a pesar de que se obtiene un VAN positivo de 5.61, se tiene un costo de liquidación (10 millones) muy por encima de este valor.

El VAN total del proyecto con la opción de ampliarlo es de 26.45 millones. Bajo estas condiciones, el proyecto se convierte en una opción interesante si se tienen en cuenta las oportunidades que se pueden presentar en su desarrollo y que no se ven reflejadas en el flujo de caja.

De esta forma, se observa cómo un proyecto con un VPN negativo y alta volatilidad que inicialmente no resulta atractivo de realizar, puede convertirse en una opción interesante, si cómo en este caso en particular, se tienen en cuenta la opción de esperar un año a adquirir mayor información del mercado o realizar el proyecto en dos etapas y optar por una inversión adicional dependiendo del comportamiento de la primera fase.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

En el presente trabajo se presentó la valoración de Opciones Reales como una metodología que permite ampliar la visión y estrategias de los inversionistas en ambientes de alta incertidumbre, permitiéndoles tomar decisiones de negocio que con la metodología de análisis tradicional del VPN nunca habrían vislumbrado. Por otra parte, se utilizó el modelo de Black & Scholes y el método Binomial en la valoración de las Opciones de Diferir, Abandono y Crecimiento encontrando la convergencia de los resultados de las metodologías, así como las ventajas y desventajas de uno y otro método.

La valoración de Opciones Reales utilizando los métodos de Simulación de Montecarlo y el método de las Diferencias Finitas no se incluyó en el alcance de este proyecto y se propone como tema de futuras investigaciones.

A continuación algunos puntos que vale la pena rescatar en la realización de este trabajo:

- Cuando el proyecto posee flexibilidad operativa, el método tradicional no es el más adecuado para valorar la inversión ya que no tiene en cuenta oportunidades de crecimiento contingentes y asume que una vez iniciado un proyecto no existe oportunidad para alterar los flujos por medio de la intervención gerencial. En estos casos, la valoración de opciones reales agrega valor al descomponer los grandes proyectos en proyectos más elementales y tiene en cuenta la habilidad de la dirección para intervenir en el rumbo favorable o desfavorable que puedan tomar los flujos de caja del proyecto.
- Las opciones reales adquieren valor en entornos de alta incertidumbre. En un proyecto con baja volatilidad, donde sus flujos de caja se comportan de manera predecible no tendría ningún valor

realizar un análisis de opciones reales y sería suficiente con aplicar el método de Flujos de Caja Descontados. El método Binomial es sencillo de interpretar debido a sus fundamentos en álgebra básica y se puede adaptar con facilidad a situaciones reales complejas que no siempre tienen como datos de entrada las mismas variables. Por otra parte, el modelo de Black y Scholes es un poco menos flexible y las ecuaciones que lo conforman son de un mas alto nivel de dificultad, sin embargo para problemas sencillos donde se pueda resumir sus datos de entrada en las cinco o seis variables que utiliza este modelo resulta muy útil por su corto tiempo de respuesta, el modelo es uno solo y no necesitaría adaptaciones.

- Mayor número de nodos en la construcción de Árboles Binomiales conducen a una convergencia en la serie con resultados aproximados a los de Black y Scholes. Esto se debe a la aproximación de una distribución binomial a una normal a medida que se aumentan el número de repeticiones o iteraciones.
- La valoración de Opciones Reales integró el análisis financiero tradicional con la perspectiva estratégica generando una estructura más amplia para un estudio global que incorpora futuras alternativas durante la ejecución del proyecto. La valoración de opciones complementa, mas no sustituye el método tradicional de Flujos de Caja Descontados y no debería ser usado solo para cuantificar el valor de una opción, sino para analizar sobre los factores que determinan su valor en combinación con el tradicional descuento de flujos de caja.
- La opción de diferir un proyecto puede mejorar su valor económico si se aprovecha la nueva información disponible sobre el mercado antes de incursionar en él, sin embargo es de sumo cuidado esperar para invertir en un proyecto ya que se corre el riesgo de que se adelante la competencia o que se pierdan rendimientos por retrasar

cuando existe un alto costo de oportunidad.

- La opción de abandono evita al inversionista tener pérdidas mayores cuando la situación resulta poco favorable. Suele aparecer cuando existe un mercado para los activos utilizados en el proyecto y se analiza como una opción de venta donde el precio del ejercicio es el valor de liquidación.
- La opción de crecimiento es de gran valor estratégico, ya que crean bases y oportunidades para una expansión posterior dependiendo del desarrollo de la situación futura, permiten la entrada a nuevos mercados, la compra de conocimiento tecnológico y adquisición de una marca reconocida. Sin embargo, debe considerarse en qué medida es necesaria una inversión inicial para llevar a cabo la inversión futura
- La valoración de opciones reales puede dar respuestas muy diferentes a las que normalmente aconsejaría el método tradicional, no solo es útil para cuantificar opciones, sino que abre el pensamiento a nuevas estrategias de negocio y crea una nueva visión para idear proyectos.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda el desarrollo de algunos trabajos futuros utilizando los métodos de Simulación de Montecarlo y el de Diferencias Finitas, así como realizar un análisis mas profundo de las posibles metodologías para estimar la volatilidad en Opciones Reales.

6. BIBLIOGRAFÍA

Alonso, S. Valorando Opciones Reales con múltiples fuentes de Incertidumbre. Universidad de Valladolid. Depto. de Economía Financiera y Contabilidad.

Alonso, S., Azofra, V. y De la Fuente, G. La valoración de Opciones Reales dependientes de procesos discontinuos. Aplicación a un caso en la industria de componentes de automóvil. Universidad de Valladolid. 2005.

Amram, M. y Kulatilaka, N. Uncertainty: The new rules for strategy .. The Journal of Business Strategy. Boston: May/June 1999. Vol. 20.

Amram, M. y Kulatilaka, N. Opciones Reales – Evaluación de Inversiones en un Mundo Incierto. HBS Press, 2000.

Anderson, Sweeney, Williams Estadística para Administración y Economía.. Tomson, 1999.

Cortazar, G., Gravet, M. y Urzua, J. The Valuation of Multidimensional American Real Options using computer-based simulation. Depto. Ingeniería Industrial y de Sistemas, Pontificia Universidad Católica de Chile. 2005.

Cruz, S. Villareal, J. y Rosillo, J. Finanzas Corporativas, Valoración, Política de Financiamiento y Riesgo. Thomson, 2002.

Dapena, J. Un enfoque de Opciones Reales en Procesos de Adquisición de empresas. Universidad del CEMA. 2002.

De la Fuente, G. Herrero. Las Opciones Reales en la Decisión de Inversión. Propuesta y Aplicación de un Modelo de Valoración caso de una Multinacional Española. Universidad de Valladolid. Julio 1999.

De Arrilucea, E. Valoración de un proceso de edificación mediante Opciones Reales. Universidad del País Vasco. (Parte de la tesis doctoral "Valoración de proyectos empresariales mediante opciones reales" dirigida por los doctores Juan Mascareñas y Jose Chamorro).2000.

Dixit, Avinash. Robert S. The options approach to capital investment. Harvard Business Review. Boston:May 1995. Vol. 73

Espitia, M. Gema Pastor Agustín. Las Opciones Reales y su influencia en la valoración de Empresas. Depto. De Economía y Dirección de empresas, Universidad de Zaragoza.2002.

Gómez, C. Un caso de estudio para evaluar alternativas de Inversión usando Opciones Reales. Universidad de Puerto Rico, 2004.

Ketelhohm, J., Marín, N. y Montiel, E. Inversiones Estratégicas. Tener Norma, 2004.

Mascareñas, J. Opciones Reales y Valoración de Activos. Prentice Hall, 2004.

Moyer, C. Administración Financiera Contemporanea. RMc Guigan. Thomson, 2000.

