





ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
ADMINISTRATIVAS Y DE COMERCIO

TEMA

VALORACIÓN FINANCIERA UTILIZANDO OPCIONES REALES Y EL  
MÉTODO DE SIMULACIÓN MONTECARLO: UNA METODOLOGÍA  
INDISPENSABLE PARA ESCENARIOS DE INCERTIDUMBRE

AUTOR:

PABLO JOSÉ MOLINA CORDOVEZ

Tesis presentada como requisito previo a la obtención del grado de:

INGENIERO COMERCIAL

Año 2011

*Declaración de Responsabilidad*

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
ADMINISTRATIVAS Y DE COMERCIO

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Pablo José Molina Cordovez

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado VALORACIÓN FINANCIERA UTILIZANDO OPCIONES REALES Y EL MÉTODO DE SIMULACIÓN MONTECARLO: UNA METODOLOGÍA INDISPENSABLE PARA ESCENARIOS DE INCERTIDUMBRE, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Quito, Octubre de 2011

---

Pablo José Molina Cordovez

*Certificado de tutoría*

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
ADMINISTRATIVAS Y DE COMERCIO

**CERTIFICADO**

Econ. Galo Ramiro Acosta Palomeque e Ing. Fanny Lucía Cevallos Ortega

**CERTIFICAN**

Que el trabajo titulado VALORACIÓN FINANCIERA UTILIZANDO OPCIONES REALES Y EL MÉTODO DE SIMULACIÓN MONTECARLO: UNA METODOLOGÍA INDISPENSABLE PARA ESCENARIOS DE INCERTIDUMBRE realizado por Pablo José Molina Cordovez, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que la Tesis de Grado cumple con los requisitos de fondo y de forma para su defensa, recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a Pablo José Molina Cordovez que lo entregue a Ing. Álvaro Carrillo Punina, en su calidad de Director de la Carrera.

Quito, Octubre de 2011

---

Econ. Galo Ramiro Acosta Palomeque  
DIRECTOR

---

Ing. Fanny Lucía Cevallos Ortega  
CODIRECTOR

*Autorización de publicación*

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
ADMINISTRATIVAS Y DE COMERCIO

**AUTORIZACIÓN**

Yo, Pablo José Molina Cordovez

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo titulado VALORACIÓN FINANCIERA UTILIZANDO OPCIONES REALES Y EL MÉTODO DE SIMULACIÓN MONTECARLO: UNA METODOLOGÍA INDISPENSABLE PARA ESCENARIOS DE INCERTIDUMBRE, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Quito, Octubre de 2011

---

Pablo José Molina Cordovez

### **Dedicatoria:**

Dedico esta Tesis de Grado, que ha representado un gran esfuerzo, a mi esposa Carmen y mis hijos María Paz, Pablo José y Rafaela. Ellos representan la fuerza para luchar por ser mejor.

A mi madre, María Sol, que representa el ejemplo vivo de cómo ser mejor, y quien ha sido la inspiración y el mayor empuje y para terminar este trabajo.

A mi hermano Esteban, un apoyo fundamental en mi vida.

Y la dedico finalmente a mis hermanas Isabel María y Solcito, quienes son ejemplo de amor y esfuerzo.

## **Agradecimiento:**

A mi madre política, Isabel Iturralde de Bustamante, que motivó y contribuyó para que este trabajo concluya.

A Ramiro Crespo y Eduardo Checa, dilectos amigos.

Ramiro por su motivación respecto al tema y sus recomendaciones para terminar el trabajo.

Eduardo por su contribución académica sobre la metodología de construcción de estados financieros.

Al Econ. Galo Ramiro Acosta Palomeque, Director de Tesis, y a la Ing. Fanny Lucía Cevallos Ortega, Co-Directora de Tesis por su aporte metodológico y sugerencias para el perfeccionamiento de este trabajo de Tesis de Grado.

---

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	i
CERTIFICADO DE TUTORÍA.....	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS, GRÁFICAS, TABLAS Y ANEXOS.....	ix
RESUMEN.....	14
<b>1. CAPITULO UNO</b>	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.2. OBJETIVOS.....	21
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	21
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
1.3. HIPÓTESIS.....	22
1.3.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	22
1.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA.....	22
<b>CAPITULO DOS</b>	
2. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL.....	23
2.1. Flujo de efectivo.....	23
2.1.1. Concepto del flujo de efectivo.....	23
2.1.2. Construcción del modelo financiero destinado a pronosticar el flujo de caja.....	23
2.1.2.1. Análisis histórico.....	23
2.1.2.2. Aproximación sugerida para construir proyecciones...	25
2.1.3. Construcción del flujo de caja.....	27
2.1.4. Presentaciones de flujos de caja .....	28



2.1.4.1. Valor actual neto (VAN).....	28
2.1.4.2. Flujo de caja libre .....	29
2.1.4.3. Flujo de Caja para el Accionista.....	29
2.1.4.4. Flujo de caja de la deuda.....	30
2.1.4.5. Flujo de caja de capital.....	30
2.1.5. Métodos financieros tradicionales de valoración .....	31
2.1.5.1. Métodos del valor actual neto (VAN) .....	31
2.1.5.2. Método del flujo de caja libre y del costo promedio....	33
2.1.5.3. Método del flujo de caja libre ajustado. ....	34
2.1.5.4. El método del pronóstico de Rendimiento.....	35
2.1.6. Ventajas y desventajas de valorar por FCD .....	36
2.2. Opciones financieras .....	37
2.2.1. Definición.....	37
2.2.2. Mecanismos.....	38
2.2.3. Usos.....	38
2.2.4. Valoración .....	40
2.2.5. Método binomial para opciones financieras.....	47
2.2.6. Método Black & Scholes.....	60
2.3. Opciones reales .....	66
2.3.1. Introducción a las opciones reales.....	66
2.3.2. Opciones reales para valorar alternativas de inversión.....	66
2.3.3. Tipos de opciones reales.....	74
a) Opción de Crecimiento .....	74
b) Opción de Espera.....	77
c) Opción de Contraer.....	81
d) Opción de Abandono.....	84
e) Opción de Intercambio .....	89
2.3.4. La toma de decisiones y los proyectos de inversión.....	93
2.3.5. Los proyectos de inversión desde la perspectiva de las opciones reales.....	96
2.3.6. Las opciones reales y el valor de la empresa.....	106

2.3.7. Cuándo resulta apropiado utilizar las opciones reales.....	108
2.3.8. Las opciones reales en la evaluación de inversiones bajo incertidumbre.....	110
2.3.9. Diferencia entre valor presente neto y las opciones reales.	111
2.4. El método de simulación Montecarlo.....	112
2.4.1. Simulación Montecarlo y su uso en el pronóstico de probabilidades.....	114
2.5. Ventajas de valorar por el método propuesto .....	115
 <b>CAPITULO TRES</b>	
3. Desarrollo del caso práctico.....	117
3.1. Proposición teórica: metodología utilizada.....	117
3.2. Proposición práctica: construcción de escenarios.....	129
3.3. Comparación de los métodos .....	154
 <b>CAPITULO CUATRO</b>	
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	165
4.1. Conclusiones.....	165
4.2. Recomendaciones .....	166
 <b>COMPLEMENTARIOS</b>	
5. BIBLIOGRAFÍA.....	169
6. Cronograma de trabajo.....	171
7. CERTIFICACIÓN DE LA EMPRESA PATROCINADORA.....	172
8. ANEXOS.....	173
8.1. ANEXO 1 Estados financieros históricos y proyectados.....	174
8.2. ANEXO 2 Tabla de correlación.....	179

## Índice de cuadro, gráficos, tablas y anexos

### **Cuadros:**

<b>Capítulo Uno, página.....</b>	<b>18</b>
1. Valor de la Empresa, página .....	20
<b>Capítulo Dos, página .....</b>	<b>29</b>
2. Flujo libre de caja, página.....	29
3. Flujo de caja disponible a accionistas, página .....	29
4. Flujo de caja de la deuda, página.....	30
5. Ecuación del flujo libre de caja, página.....	30
6. Flujo de caja de capital, página.....	30
7. Valoración por flujo de caja, página.....	32
8. Valor actual neto incluido ahorro tributario, página.....	32
9. Series históricas de 5 años para obtener el costo promedio ponderado de capital, página.....	33
10. Costo promedio ponderado de capital, página.....	34
11. Tasa de bonos del tesoro de los Estados Unidos, página.....	34
12. Flujo de caja ajustado a la tasa libre de riesgo, página.....	35
13. Método del EBITDA, página.....	36
14. Posición larga del activo subyacente, página.....	38
15. Posición corta del activo subyacente, página.....	39
16. Combinaciones de opciones, página.....	39
17. Compra de una opción de compra call, página.....	43
18. Venta de una opción de compra (short call), página.....	44
19. Compra de una opción de venta (long put), página.....	45
20. Venta de una opción de compra, (short put), página.....	46
21. Valor de la opción, página .....	54
22. Valor de la opción aumentando en el tiempo, página.....	60
23. Diferencia entre opciones reales y opciones financieras, página.....	69
24. Proyecciones de la mina, página.....	71
25. Árbol de proyecciones de opciones combinadas, página.....	72
26. Opción de permanencia, página.....	75
27. Opción de crecimiento, página.....	75
28. Opción de permanencia al 50%, página.....	76
29. Opción de crecimiento al 50%, página.....	76
30. Probabilidad combinada, página.....	76
31. Reservar el precio a cambio de una cuota, página.....	78
32. Opción de espera, página.....	79
33. Opción de perder la cuota de reserva, página.....	79
34. Opción de fijar el precio con cuota de reserva, página.....	79
35. Probabilidad combinada, página.....	80
36. Opción de diferir la compra a un año, página.....	80

37. Escenario probable, página.....	81
38. Opción de permanencia, página.....	82
39. Opción de contracción, página.....	82
40. Opción 1:escenario probable, página.....	83
41. Opción 2: opción de permanencia, página.....	83
42. Opción 4:opción de contracción, página.....	83
43. Combinación de opciones, página.....	84
44. Escenario probable, página.....	85
45. Opción de permanencia, página.....	85
46. Opción de abandono, página.....	86
47. Opción 1, escenario probable, página.....	86
48. Opción 2; opción de permanencia, página.....	86
49. Opción 3, opción de abandono, página.....	87
50. Opción de combinación, página.....	87
51. Escenario probable, página.....	90
52. Opción de permanencia, página.....	90
53. Opción de intercambio, página.....	91
54. Opción 1, escenario probable, página.....	91
55. Opción 2, opción de permanencia, página.....	91
56. Opción 3, opción de intercambio, página.....	92
57. Combinación, página.....	92
58. Formación del cono de incertidumbre en las opciones reales, página	116
<b>Capítulo tres, página .....</b>	<b>117</b>
59. Histórico de ventas años 2002 al 2009, página.....	119
60. Estadísticas de la regresión, página.....	120
61. Proyección de ventas años 2.010 al 2.014, página.....	121
62. Histórico de costo de ventas años 2002 al 2009, página.....	121
63. Estadísticas de la regresión, página.....	121
64. Proyección de costo de venta años 2.010 al 2.014, página.....	122
65. Correlación ventas con costo de ventas, página.....	123
66. Histórico de gastos de ventas años 2002 al 2009, página.....	123
67. Estadísticas de la regresión, página.....	123
68. Proyección de gastos de venta años 2.010 al 2.014, página.....	124
69. Correlación ventas con gastos de ventas, página.....	125
70. Histórico de gastos generales años 2002 al 2009, página.....	125
71. Estadísticas de la regresión, página.....	125
72. Proyección de gastos generales años 2.010 al 2.014, página.....	126
73. Correlación ventas con gastos generales, página.....	127
74. Histórico de tasas de interés activas 2002 al 2009, página.....	128
75. Tendencia de tasas de interés activas 2002 al 2009, página.....	128
76. Estadísticas de la regresión, página.....	128
77. Pronóstico de regresión de ventas 2.010 a 2.014, página.....	130

78. Pronóstico de regresión de costo de ventas 2.010 a 2.014, página..	130
79. Pronóstico de regresión de gastos de ventas 2.010 a 2.014, página	130
80. Pronóstico de regresión de gastos generales 2.010 a 2.014, página	130
81. Pronóstico de regresión de tasas de interés 2.010 a 2.014, página...	131
82. Presupuesto de financiación de inversiones 2.010 a 2.014, página...	133
83. Escenario base, rango de las variables de 2.010 a 2.014, página....	134
84. Escenario base, tendencia central, página .....	134
85. Escenario base, límite superior, página .....	135
86. Escenario base, límite inferior, página .....	135
87. Escenario base, valor presente neto, página.....	136
88. Valoración ponderada del escenario base, página.....	136
89. Tabla de distribución de frecuencias del escenario base, página.....	137
90. Comparativo de desviación del escenario base, página.....	138
91. Estadísticas comparativas del escenario base, página.....	138
92. Estadísticos del tamaño de la muestra, página.....	140
93. Presupuesto de financiación de inversiones 2.010 a 2.014, página...	140
94. Escenario de crecimiento, rango de variables de 2.010 a 2.014, página	141
95. Escenario de crecimiento, tendencia central, página .....	142
96. Escenario de crecimiento, límite superior, página .....	142
97. Escenario de crecimiento, límite inferior, página .....	143
98. Estadísticas del escenario de crecimiento, página.....	143
99. Valoración del escenario de crecimiento, página.....	143
100. Distribución de frecuencias del escenario de crecimiento, página.....	144
101. Comparativo de valoración del escenario de crecimiento, página....	145
102. Estadísticas comparativas del escenario de contracción, página...	147
103. Estadísticos del tamaño de la muestra, página.....	147
104. Presupuesto de financiación de inversiones 2.010 a 2.014, página	148
105. Escenario de contracción, rango de las variables de 2.010 a 2.014, página.....	149
106. Escenario de contracción, tendencia central, página .....	149
107. Escenario de contracción, límite superior, página .....	150
108. Escenario de contracción, límite inferior, página .....	150
109. Estadísticas del escenario de contracción, página.....	150
110. Valoración del escenario de contracción, página.....	151
111. Cuadro de distribución de frecuencias del escenario de contracción, página.....	152
112. Comparativo de valoración bajo los dos métodos.....	152
113. Estadísticas comparativas del escenario de contracción, página...	154
114. Estadísticos del tamaño de la muestra, página.....	155
115. Valor ponderado según el método tradicional, página .....	157
116. Valor ponderado según el método tradicional versión 2, página ...	157
117. Límites superior e inferior de la valoración, página.....	157
118. Método de opciones reales, página.....	158
119. Estadísticas del método tradicional, página.....	158

120. Error de la muestra estadística del método tradicional, página.....	158
121. Estadísticas del método OR y Montecarlo, página.....	159
122. Error de la muestra estadística del método OR y Montecarlo, página	159
123. Comparativo de estadísticas de los dos métodos, página.....	160
124. Comparativo de error de la muestra estadística de los dos métodos, página.....	161
125. Probabilidad de valor, escenario básico, página .....	161
126. Probabilidad de valor, escenario de crecimiento, página.....	161
127. Probabilidad de valor, escenario de contracción, página .....	162
128. Distribución de frecuencias de probabilidad de valor, página .....	162
129. Comparativo ponderado de los dos métodos de valoración, página	163
130. Distribución de frecuencias del método OR y Montecarlo al 95% de certeza, página.....	163
131. Distribución de frecuencias del método OR y Montecarlo al 70% de certeza, página.....	163

### **Figuras:**

<b>Capítulo Dos, página.....</b>	<b>14</b>
1. Precio de la opción y valor de la acción cálculo 1, página .....	49
2. Precio de la opción y valor de la acción cálculo 2, página .....	51
3. Precio de la opción y valor de la acción cálculo 3, página .....	54
4. Árbol binomial de dos períodos, página .....	59
5. Pérdidas y ganancias del proyecto, página.....	98
6. Las opciones de crecimiento y el factor tiempo, página.....	99
7. Opción de compra, página.....	101
8. Opciones reales para las decisiones de inversión, página.....	102
9. Zonas de opciones de compra dentro y fuera del dinero.....	103
<b>Capítulo Tres, página .....</b>	<b>117</b>
10. Regresión de la proyección de ventas, página.....	120
11. Regresión de la proyección de costo de ventas, página.....	122
12. Regresión de la proyección de gastos de ventas, página.....	124
13. Regresión de la proyección de gastos generales, página.....	126
14. Regresión de la proyección de tasas de interés, página.....	129
15. Histograma de distribución de frecuencias del escenario base, página .....	137
16. Histograma de distribución de frecuencias del escenario de crecimiento, página .....	144
17. Histograma de distribución de frecuencias del escenario de contracción, página .....	151
18. Árbol de opciones reales.....	156

19. Histograma de distribución de frecuencias del método tradicional, página .....	158
20. Histograma de distribución de frecuencias del método método OR y Montecarlo, página .....	159

**Tablas:**

<b>Capítulo Dos, página.....</b>	<b>71</b>
1. Variables del proyecto de inversión.....	97

**Anexos:**

<b>Anexo 1, página .....</b>	
<b>184</b>	
1. Estados financieros del escenario medio o de permanencia, página.....	173
2. Estados financieros del escenario de crecimiento, página.....	175
3. Estados financieros del escenario de contracción, página.....	177
<b>Anexo 2, página .....</b>	<b>179</b>
4. Tabla de correlación.....	179

## RESUMEN

La estadística de probabilidades ha demostrado su gran utilidad en las diferentes disciplinas del quehacer humano, ya sea en la investigación científica, en la medicina, en la industria petrolera, en la industria de servicios financieros y en la biología.

El manejo de escenarios, que consiste en considerar el universo de opciones posibles dentro del quehacer humano, se une a la estadística que considera el análisis de las probabilidades de ocurrencia de los eventos, constituye una herramienta importante en la aplicación del método científico utilizado dentro del pronóstico, investigación y solución de problemas de no pueden determinarse con exactitud (métodos determinísticos).

La Tesis propuesta en este trabajo tiene el siguiente desarrollo:

1. La identificación del problema. Esto es presuponer la insuficiencia del método de valoración tradicional, el cual contempla la construcción de algunos pocos escenarios para realizar en pronóstico de valor.
2. En el marco teórico y conceptual, se citan los fundamentos teóricos de:
  - a. El concepto del flujo de efectivo, seguido de la secuencia metodológica utilizada para la construcción de estados financieros.
  - b. Los diferentes enfoques y métodos de cálculos del flujo de efectivo, con ejemplos numéricos que permitan su comparación:
    - i. Libre
    - ii. Para el accionista
    - iii. De deuda
    - iv. De capital)
3. Las metodologías tradicionales de valoración
  - v. VAN
  - vi. Flujo de caja libre
  - vii. Costo promedio
  - viii. Flujo de caja ajustado
  - ix. Pronóstico de rendimiento)
4. Opciones Financieras
5. Opciones Reales



6. Simulación Montecarlo
7. Desarrollo de caso:
  - a. Metodología
  - b. Escenarios de simulación
  - c. Comparación de los métodos
8. Conclusiones y recomendaciones

Se demostrará con ejemplos reales la insuficiencia de los métodos tradicionales, tanto en lo cuantitativo como el lo cualitativo.

Se presentarán ejemplos prácticos de que los escenarios analizados tienen una mayor o menor probabilidad de ocurrencia, y de una manera dinámica requieren evaluarse ponderadamente fruto de un análisis constante de los mismos. Es esta la gran diferencia frente al método tradicional; tener presente que los escenarios del pronóstico inicial son cambiantes en el tiempo moderno, en ocasiones a gran velocidad.

Y es esta diferencia de pensamiento la que marca la distancia entre los métodos tradicionales propios de economías de otros tiempos, frente a un enfoque moderno y dinámico.

## ABSTRACT

The statistics of probability has proved to be of great value in many disciplines of human endeavor, whether in scientific research, medicine, the oil industry and the financial services industry and biology.

The use of scenarios, considering the universe of possible options within the human behavior, joins the probability statistics, considering the analysis of events occurrence as an important tool in deploying the scientific methods used in forecasting, research and problem solving that can't be accurately determined (deterministic methods).

The Thesis proposed in this paper has the following sequence:

1. Identifying the problem. This is assuming the failure of traditional valuation method, which involves the construction of a few scenarios for value in prognosis.
2. The theoretical and conceptual framework, with the theoretical foundations:
  - a. The concept of cash flow, followed by the methodological sequence used for the construction of financial statements.
  - b. The different approaches and methods of calculation of cash flow, with numerical examples that allow comparison:
    - i. Free cash flow
    - ii. Shareholder's cash flow
    - iii. Debt
    - iv. Capital)
3. Traditional valuation methodologies
  - v. VAN
  - vi. Free Cash Flow
  - vii. Average Cost
  - viii. Adjusted cash flow
  - ix. Forecast yield)
4. Financial Options
5. Real Options
6. Monte Carlo Simulation

7. Case Development:
  - a. Methodology
  - b. Simulation Scenarios
  - c. Comparison of methods
8. Conclusions and recommendations

With real examples the failure of traditional methods will be demonstrated, both quantitative and qualitative terms.

Practical examples will be presented showing that the scenarios discussed have higher or lesser probability of occurrence, and require a dynamic and weighed evaluation as a result of an ongoing analysis. This is the main difference with traditional methods, keeping in mind that the initial forecast scenarios are changing in modern times, sometimes at high speed.

And this difference of mind set is what makes the distance between traditional methods compared to a modern and dynamic approach.

## CAPÍTULO UNO

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los modelos tradicionales para la evaluación de proyectos y alternativas de inversión, se limitan al uso de variables, como el horizonte de la inversión y las tasas de descuento, para obtener estimaciones bajo el método de los flujos de caja descontados. A estos modelos se los conoce como Valor Presente Neto (VPN); estos métodos asumen que el proyecto reunirá el flujo de caja esperado, sin considerar las alternativas que el entorno presenta, las cuales pueden modificar el mismo. Toda la incertidumbre del proyecto se incorpora en la tasa de descuento, la misma que es calculada en función del riesgo. Ante una mayor incertidumbre, se percibe mayor riesgo y se incrementa la tasa de descuento.

Los métodos tradicionales contemplan modelos estáticos que suponen que las características básicas del proyecto permanecen inalteradas. La mayor limitación de estos métodos es el no incorporar la flexibilidad que pueden tener el inversionista o el administrador para hacer modificaciones luego de que se ha optado por el proyecto de inversión, si los resultados futuros no se producen conforme a lo originalmente estimado. Tampoco consideran las oportunidades favorables para el mismo que se presentan durante la vida del proyecto.

Las empresas, los proyectos, los negocios, no son actores pasivos. En la práctica, existe la posibilidad de diferir la inversión para evaluar cómo se comporta la competencia, recortar, crecer e inclusive abandonar el proyecto. Si la decisión es ingresar al proyecto, luego se pueden reasignar los recursos del mismo, como vender uno o más de sus activos, sustituirlos, cambiar su tecnología, o expandir la escala de la operación. A estas posibilidades, que son reales, se las denomina "flexibilidad", la que al no ser tomada en cuenta en los modelos tradicionales, da lugar a evaluaciones incompletas.

La evaluación de proyectos que involucran la necesidad de flexibilidad futura, esto es incorporar la existencia de las opciones reales que se presentan, no puede llevarse a cabo con el mero uso de las técnicas tradicionales del valor presente neto y la tasa interna de retorno. Estos métodos, siendo incompletos, pueden

llevar a tomar decisiones incorrectas con respecto a las decisiones de invertir en un determinado proyecto.

La regla tradicional del Valor Presente Neto (VPN) establece que el proyecto es viable si su valor presente neto es mayor que cero. Esta regla es válida cuando la oportunidad de inversión es del tipo "ahora o nunca", o cuando el proyecto de inversión es completamente reversible.

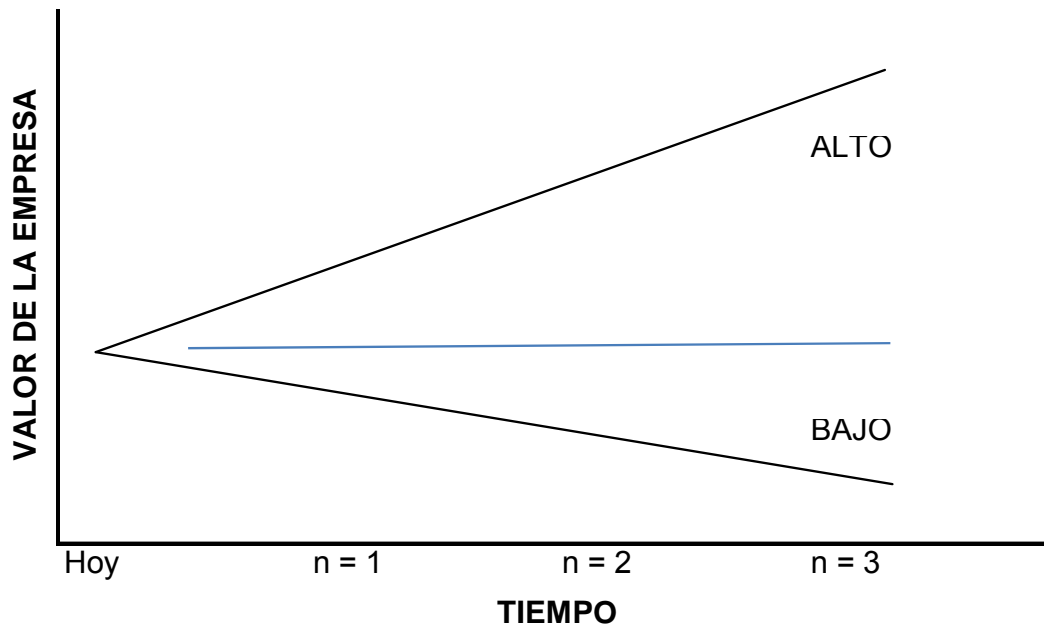
Sin embargo, en la práctica, pocas inversiones son del tipo "ahora o nunca". Los inversionistas no sólo tienen el derecho a decidir si invertir o no, sino que también tienen el derecho a decidir cuándo invertir en un nuevo proyecto; este derecho es una opción a retrasar la inversión, y es esta una opción real. Además si sólo se eligen proyectos en términos del VPN, no se están considerando otras opciones que pueden proporcionar valor agregado al negocio.

La metodología de las opciones reales no se limita únicamente a determinar el momento óptimo de invertir, sino que también permite cuantificar la flexibilidad de adaptar el proceso generador del negocio a sucesos del mercado, tales como la aparición de nuevos competidores y nuevos mercados, el desarrollo de nuevas tecnologías y las condiciones de incertidumbre de una macroeconomía. Conforme avanza la información, la gerencia de la empresa puede decidir: expandir, continuar, contraer o alterar las distintas etapas del proceso productivo; o simplemente dejar de operar.

Adicionalmente, la presencia de la incertidumbre obliga a la simulación de un gran número de escenarios que recojan ésta. Esta condición sólo puede ser conseguida mediante el análisis de probabilidades, el cual se obtiene mediante un sistema que permita simular la generación de un número alto de escenarios posibles que incorporen las variables críticas que afectan un modelo de flujo de caja. Este sistema se denomina "simulación Montecarlo", el mismo que se logra mediante la construcción de un modelo matemático dinámico, que permita la iteración de las variables dentro de límites y restricciones predeterminadas.

La incertidumbre que está inmersa en la construcción de los escenarios se maximiza conforme el tiempo transcurre; es directamente proporcional al mismo, formando en una gráfica el denominado cono de incertidumbre, el cual nace en

período cero y se difunde hacia un infinito en una formación de abertura que se amplía en función del tiempo.



Fuente: adaptado de Amram, Kulatilaka, 2000

#### Cuadro 1

Para trabajar en el análisis de escenarios dentro de este cono de incertidumbre, es necesario producir y evaluar un alto número de resultados posibles que generen suficientes observaciones de las variables críticas a ser analizadas.

La metodología clásica consiste en elaborar tres escenarios: el escenario medio o probable, el escenario optimista, y el escenario pesimista; su propósito es el de observar el resultado que se obtiene por la desviación de la media hacia estos escenarios extremos. La metodología es correcta, pero incompleta, por cuanto se requieren incorporar en el análisis técnicas probabilísticas que permitan inferir la ocurrencia de los escenarios probables. Mas el solo hecho de generar los escenarios extremos es análogo a analizar solamente los vértices del cono de incertidumbre. La simulación Montecarlo genera escenarios dentro del área del cono, no solamente en sus extremos, y estos resultados pueden ser tabulados en una distribución de frecuencias para determinar cuáles son los que se repiten; consecuentemente, son los que tienen la mayor probabilidad de ocurrencia.

La exploración petrolera, con sus “campos sintéticos” creados por modelos de computación; la investigación médica, la aeronáutica, la del tiempo, la de la

sismología, por citar sólo algunos de los sectores e industrias que utilizan la simulación de probabilidades, fundamentan sus decisiones sobre la base del análisis de las alternativas u opciones reales que posteriormente son sometidas a la simulación Montecarlo.

A la metodología de simulación Montecarlo combinada con opciones reales, se la utiliza en el más alto nivel dentro de la planeación estratégica de las finanzas corporativas, debido a que su aplicación permite visualizar el horizonte completo de negocios y en especial considerar los planes de contingencia.

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1. Objetivo general

Proporcionar un marco de referencia e investigación para dar a conocer la metodología de las opciones reales combinada con la aplicación de la de la simulación Montecarlo, como una metodología integral para la valoración económica de empresas o proyectos de inversión en escenarios de incertidumbre

Demostrar la validez del método combinado de opciones reales con simulación Montecarlo, mediante el uso de casos prácticos que se contrastan con el tradicional modelo de valoración mediante el uso de los tres escenarios: el optimista el medio y el pesimista.

### 1.2.2. Objetivos específicos

Efectuar un análisis descriptivo y deductivo sobre los métodos de valoración de empresas, fundamentados en el pronóstico de los flujos de efectivo, mediante la presentación secuencial, el análisis y las conclusiones obtenidas de los casos secuenciales presentados, los que corresponden a estados financieros reales de una empresa ecuatoriana del sector industrial de la economía.

Revisar los conceptos básicos de las metodologías, su estructura y la construcción de modelos financieros, matemáticos y probabilísticos. El trabajo aquí presentado, pretende no sólo realizar una comprobación de la hipótesis planteada, sino también servir de guía para la aplicación práctica de la

metodología propuesta; por consiguiente, se ha realizado una secuencia de casos provenientes de los estados financieros reales de una empresa industrial y del pronóstico de los mismos.

### 1.3. HIPÓTESIS

#### 1.3.1. Hipótesis general

Los métodos financieros tradicionales para la valoración económica de proyectos y empresas no consideran la flexibilidad como una condición indispensable para la decisión sobre la inversión, y en consecuencia estos métodos no resultan completos ni exactos, dentro de escenarios de incertidumbre.

#### 1.3.2.1. Hipótesis específica

Los Métodos financieros tradicionales para la valoración económica no consideran:

1.3.2.1. Que producto de la estrategia flexible de inversión (o desinversión), los flujos de caja pueden alterarse para adaptarse a las condiciones imperantes en el mercado, durante toda la vida del proyecto. Los proyectos y empresas no son entes estáticos; se mueven dinámicamente en el tiempo; evolucionan, se contraen o expanden, e incluso modifican su accionar a lo largo de su vida productiva.

1.3.2.2. Que en escenarios de incertidumbre las tasas de rendimiento, interés y de descuento no son conocidas y constantes.

1.3.2.3. Que los precios varían durante la vida del proyecto.

Considerando las anteriores limitaciones, la hipótesis que se formula en el presente trabajo de Tesis de Grado consiste en demostrar la superioridad que tiene el uso de la metodología probabilística de las opciones reales de inversión en combinación con la simulación Montecarlo, por sobre los métodos tradicionales que utilizan criterios deterministas para valorar un proyecto o empresa.



## **CAPÍTULO DOS**

### **2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

#### **2.1. Flujo de efectivo**

##### **2.1.1. Concepto del flujo de efectivo**

El flujo de efectivo (o flujo de caja) es la diferencia entre los ingresos y los egresos que se producen en un determinado período de tiempo. Estos ingresos y egresos se refieren a lo que efectivamente ingresa y a lo que efectivamente sale de la caja de una empresa, durante un lapso de tiempo que puede ser un mes, un trimestre, un semestre o un año.

El concepto de flujo de caja difiere del criterio del devengado aplicado en contabilidad: mientras esta registra los ingresos y los egresos en el momento en que se produce la transacción, el flujo de caja los registra sólo cuando el dinero efectivamente entra o sale de caja. Las depreciaciones y las amortizaciones, por ser cargos contables que no implican desembolso de efectivo, no se incorporan al flujo.

##### **2.1.2. Construcción del modelo financiero destinado a pronosticar el flujo de caja.**

Para lograr la adecuada estimación de presupuesto para un flujo de caja, resulta necesaria la construcción de un modelo financiero que considere las variables más importantes, bajo los siguientes lineamientos<sup>1</sup>:

###### **2.1.1.1. Análisis histórico.**

El análisis histórico es el punto de partida para proyectar el probable desempeño de la firma en el tiempo. Un análisis financiero de por lo menos tres años históricos nos proporciona el mínimo de información para analizar probables causas y efectos en el desempeño histórico de una firma. El análisis del ciclo operativo y de conversión de activos, sumado a la posición competitiva, arrojará elementos que harán posible

---

<sup>1</sup> Eduardo Checa C., Construcción de Estados Financieros, UDLA, 2008

realizar un pronóstico razonable de lo que podría suceder en el futuro. Se deben analizar principalmente los siguientes aspectos:

2.1.2.1.1. Si la compañía está financieramente saludable, o sobre endeudada

2.1.2.1.2. Si sus mercados están creciendo estables, o encogiéndose.

2.1.2.1.3. Cómo es su situación frente a sus competidores; está ganando o perdiendo posicionamiento.

2.1.2.1.4. Si existen problemas en las operaciones de la compañía o en su estructura financiera que afectarán su futuro flujo de caja, como son la dependencia en deuda, una estructura de altos costos fijos, una planta subutilizada u obsoleta, y los cambios en la economía.

2.1.2.1.5. Las ventas son el punto focal para proyectar. Las proyecciones de otras cuentas, tanto del estado de pérdidas y ganancias como del balance, dependen directa o indirectamente del nivel proyectado de ventas. Mientras más sube el nivel de ventas, mayor el requerimiento de capital de trabajo e inversiones en planta; consecuentemente, se debe considerar como se financiará esa expansión.

2.1.2.1.6. Hay dos tipos de fuentes de financiamiento:

a) Internas: utilidades ganadas y retenidas en el negocio.

b) Externas:

1. Emisión de acciones.

2. Emisión o contratación de deuda

2.1.2.1.7. El proceso para crear un estado de pérdidas y ganancias y balance de la firma, se puede resumir en:

- a) Probable nivel de ventas y gastos en el estado de pérdidas y ganancias.
- b) Probable crecimiento de activos y pasivos totales.
- c) Utilidades esperadas.
- d) Determinar el financiamiento adicional que la compañía necesitará para soportar el crecimiento de activos.

#### 2.1.2.2. Aproximación sugerida para construir proyecciones

2.1.2.2.1. Proyección de estados de pérdidas y ganancias y balance.

2.1.2.2.2. Determinar el nivel de ventas.

2.1.2.2.3. Determinar el costo de ventas.

2.1.2.2.4. Determinar el nivel de gastos generales y administrativos.

2.1.2.2.5. Estimar gastos de investigación y desarrollo en compañías de alta tecnología, y gastos de ventas para firmas dedicadas al consumo.

2.1.2.2.6. Determinar y agrupar gastos menores de acuerdo al comportamiento histórico, a menos que se cuente con información específica.

2.1.2.2.7. Proyección de activos.

- a) Determinar gastos en planta y nuevas depreciaciones.
- b) Determinar los componentes de inversión de trabajo.
- c) Cuantificar créditos tributarios.
- d) Determinar cambios en la cuenta de inversiones.
- e) Cuantificar activos menores de acuerdo a información histórica, a menos que se cuente con información específica.

- f) Estimar caja e inversiones de corto plazo.
- g) Totalizar Activos.

#### 2.1.2.2.8. Proyectar pasivos conocidos.

- a) Determinar cuentas por pagar y gastos asumidos, pero no pagados.
- b) Determinar la porción corriente de deuda a largo plazo.
- c) Determinar pasivos corrientes y a largo plazo de acuerdo al comportamiento histórico, a menos que se cuente con información específica.
- d) Determinar la tasa de interés de la deuda a largo.
- e) Cuantificar las cuentas de impuestos diferidos, devengados y no pagados, y el crédito tributario.
- f) Determinar el patrimonio del año inmediato anterior.
- g) Sumar los pasivos conocidos.

En este punto todavía no se han determinado las ganancias del año o la cantidad de deuda que la firma necesita para balancear la brecha entre fuentes y usos de fondos. Por lo tanto, las cifras obtenidas no son aún los pasivos totales.

El monto necesitado para balancear la ecuación de los pasivos conocidos con los activos totales, es un número de diferencia conocido como **Nuevo dinero necesitado (NDN)** el cual podría ser una cifra negativa si la empresa está en proceso de contracción.

El NDN está conformado por las utilidades retenidas y la cantidad de deuda necesaria para balancear la ecuación.

2.1.2.2.9. Insertar el NDN para cuadrar el balance proyectado.

2.1.2.2.10. Determinar la composición del NDN, tanto en utilidades como en deuda, para lo cual se requiere:

1. Estimar las utilidades retenidas y la nueva deuda.
2. Calcular los intereses de la nueva deuda.
3. Completar la proyección del estado de pérdidas y ganancias, basado en los montos ahora determinados.
4. Evaluar la racionalidad de las proyecciones y ajustar, si es del caso, las variables asumidas.

2.1.2.2.11.Sensibilizar el flujo de caja

2.1.2.2.12.Determinar el óptimo de deuda en monto y plazos

2.1.2.2.13.Determinar el perfil óptimo de la nueva deuda.

2.1.2.2.14.Conclusiones y Recomendaciones.

Los escenarios producto de la construcción de los estados financieros y de resultados proyectados, sobre la base de la metodología antes indicada, se los presenta en el ANEXO (página 184) al final de este trabajo de Tesis de Grado.

Estos escenarios se los construyó mediante el uso de un sistema lógico informático para valoración de empresas desarrollado en Visual Basic de Excel®, sistema que además de seguir la metodología descrita en el numeral 4.1.2 del presente trabajo, incluye un aditamento de simulación Montecarlo para establecer la distribución de probabilidades de ocurrencia de los escenarios utilizados para el pronóstico.

2.1.3. Construcción del flujo de caja<sup>2</sup>.

En de esta sección de la presente Tesis de Grado, se describen los escenarios reales de la INDUSTRIA GRÁFICA CETRATRES CIA. LTDA, seleccionada para presentar el caso práctico; escenarios que se han construido a partir de estados financieros y de resultados que son reales e históricos. Los estados financieros utilizados como base para esta Tesis de Grado se han recopilado a partir del inicio de operaciones de la empresa

---

<sup>2</sup> Franco Parisi, Valoración de Empresas: El Proceso de Valoración, 2004

como ente constituido, esto es desde el año 2.002. En el año 2008 los estados financieros fueron reclasificados para mejor consistencia. Los estados financieros constan como anexo, página 173.

La metodología del caso siguió los siguientes lineamientos:

2.1.3.1. Como datos históricos se utilizan los estados financieros y de la cuenta de resultados de la empresa por el quinquenio comprendido entre los años 2005 a 2009; de manera que se utilizan cinco períodos históricos como base para realizar las proyecciones.

2.1.3.2. Los pronósticos y proyecciones se realizan para el quinquenio comprendido entre los años 2010 a 2014. Son cinco períodos proyectados.

El objetivo de esta metodología es poder contrastar, para la sustentación de la hipótesis planteada en la presente Tesis de Grado, los diferentes métodos de valoración que finalmente serán contrastados con los balances reales que la INDUSTRIA GRÁFICA CETATRES CIA. LTDA. registró contablemente durante el período base del pronóstico.

2.1.4. Métodos de presentación de flujos de caja.

Variantes utilizadas para el análisis de flujos dentro de los métodos financieros de valuación:

2.1.4.1. Valor actual neto VAN

Este es el tradicional y ampliamente utilizado método del descuento del flujo futuro de efectivo generado por un proyecto, empresa o negocio, para un período predeterminado, y a una tasa establecida:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

### 2.1.4.2. Flujo de Caja Libre (FCL) o Free Cash Flow (FCF)

Que constituye el descuento flujo de caja disponible para el pago del servicio de deuda (intereses y principal) así como a disposición de los accionistas de la empresa.

EMPRESA INDUSTRIAL						
Proyección a 5 años	2.009	2.010	2.011	2.012	2.013	2.014
Activos Corrientes	152.911	176.224	185.055	194.260	202.073	209.886
Pasivos Corrientes	66.068	84.271	87.905	105.365	92.431	102.914
CTN	86.843	91.954	97.151	88.894	109.642	106.972
<b>Cambio</b>	<b>-18.502</b>	<b>5.110</b>	<b>5.197</b>	<b>-8.256</b>	<b>20.747</b>	<b>-2.670</b>
Propiedad, planta y equipo	97.485	96.929	94.373	111.817	106.261	104.705
<b>Cambio</b>	<b>71.161</b>	<b>-556</b>	<b>-2.556</b>	<b>17.444</b>	<b>-5.556</b>	<b>-1.556</b>
Período	0	1	2	3	4	5
Ventas Netas	\$659.430	\$689.592	\$719.753	\$749.915	\$780.077	\$810.238
(-)Costo de Ventas	\$495.280	\$512.741	\$530.203	\$547.664	\$565.125	\$582.586
(-)Gastos de Comercialización	\$64.782	\$68.013	\$71.244	\$74.475	\$77.706	\$80.936
(-)Gastos Generales y Administración	\$64.153	\$67.977	\$71.801	\$75.626	\$79.450	\$83.274
<b>(=)EBITDA</b>	<b>\$35.214</b>	<b>\$40.860</b>	<b>\$46.505</b>	<b>\$52.151</b>	<b>\$57.796</b>	<b>\$63.442</b>
(-)Depreciación	\$14.770	\$10.556	\$12.556	\$12.556	\$15.556	\$16.556
(-)Amortización	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>(=)EBIT</b>	<b>\$20.444</b>	<b>\$30.304</b>	<b>\$33.949</b>	<b>\$39.595</b>	<b>\$42.240</b>	<b>\$46.886</b>
(-) Participación a trabajadores	\$1.683	\$3.882	\$4.388	\$5.076	\$5.475	\$6.238
(-)Impuestos	\$2.384	\$5.500	\$6.216	\$7.191	\$7.757	\$8.837
<b>(=)Utilidad antes de intereses</b>	<b>\$16.377</b>	<b>\$20.922</b>	<b>\$23.346</b>	<b>\$27.328</b>	<b>\$29.008</b>	<b>\$31.810</b>
(+)Depreciaciones	\$14.770	\$10.556	\$12.556	\$12.556	\$15.556	\$16.556
(+)Amortizaciones	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>(=)Flujo Operativo</b>	<b>\$31.147</b>	<b>\$31.478</b>	<b>\$35.902</b>	<b>\$39.884</b>	<b>\$44.564</b>	<b>\$48.366</b>
(-) Cambios en el CTN	\$18.502	-\$5.110	-\$5.197	\$8.256	-\$20.747	\$2.670
(-) Gastos de Capital	-\$71.161	\$556	\$2.556	-\$17.444	\$5.556	\$1.556
<b>Flujo Libre de Caja</b>	<b>-\$21.512</b>	<b>\$26.924</b>	<b>\$33.261</b>	<b>\$30.696</b>	<b>\$29.373</b>	<b>\$52.592</b>

Cuadro 2 Fuente: elaboración propia

Este es el flujo de caja que queda libre para atender el servicio de la deuda (el pago de intereses y capital de las deudas contraídas).

### 2.1.4.3. Flujo de Caja para el Accionista (FCA) o Equity Cash Flow (ECF)

Es el flujo de caja a disposición de los accionistas de la empresa luego del pago del servicio de deuda (intereses y principal).

EMPRESA INDUSTRIAL						
Proyección a 5 años	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Flujo Libre de Caja</b>		<b>\$26.924</b>	<b>\$33.261</b>	<b>\$30.696</b>	<b>\$29.373</b>	<b>\$52.592</b>
PRÉSTAMOS BANCARIOS	9.430	8.908	9.300	22.717	5.859	12.919
(+) AUMENTO en PRESTAMOS		-	392	13.417	-	7.060
(-) DISMINUCIÓN en PRESTAMOS		-522	-	-	-16.858	-
(-) GASTOS FINANCIEROS	-7.949	-949	-907	-1.533	-1.313	-827
<b>Flujo de Caja disponible a accionistas</b>		<b>25.452</b>	<b>32.745</b>	<b>42.579</b>	<b>11.202</b>	<b>58.826</b>

Cuadro 3 Fuente: elaboración propia

#### 2.1.4.4. Flujo de Caja de la Deuda (FCD)

Que consiste en el flujo de caja utilizado en el servicio de la deuda, esto es en el pago de los intereses más las cuotas programadas de capital.

EMPRESA INDUSTRIAL						
Proyección a 5 años	2009	2010	2011	2012	2013	2014
PRÉSTAMOS BANCARIOS	9.430	8.908	9.300	22.717	5.859	12.919
(-) AUMENTO en PRESTAMOS		-	-392	-13.417	-	-7.060
(+) DISMINUCIÓN en PRESTAMOS		522	-	-	16.858	-
(+) GASTOS FINANCIEROS	7.949	949	907	1.533	1.313	827
Flujo de Caja de la deuda		1.471	515	-11.883	18.171	-6.233

Cuadro 4 Fuente: elaboración propia

Surge aquí una ecuación:

$$FCL = FCA + FCD$$

EMPRESA INDUSTRIAL					
Proyección a 5 años	2010	2011	2012	2013	2014
(+) Flujo de Caja disponible a accionistas	25.452	32.745	42.579	11.202	58.826
(+) Flujo de Caja de la deuda	1.471	515	-11.883	18.171	-6.233
(=) Flujo Libre de Caja	26.924	33.261	30.696	29.373	52.592

Cuadro 5 Fuente: elaboración propia

#### 2.1.4.5. Flujo de Caja de Capital (FCC) o Capital Cash Flow (CCF)

Los métodos anteriores no consideraban el efecto del ahorro tributario sobre los intereses causados por la deuda. Este efecto constituye un ahorro fiscal de la empresa en beneficio de los accionistas, y se lo calcula de esta forma:

EMPRESA INDUSTRIAL					
Proyección a 5 años	2010	2011	2012	2013	2014
Flujo Libre de Caja	26.924	33.261	30.696	29.373	52.592
(+) GASTOS FINANCIEROS * T	344	329	556	476	300
Flujo de Caja de Capital	27.268	33.590	31.252	29.849	52.892

Cuadro 6 Fuente: elaboración propia

Para efectos de calcular la tasa del tributo T, se considera el 15% de participación de trabajadores y el 25% de impuesto a la renta, los cuales ponderan un T de 36,25%.



A este método de incorporar el efecto del ahorro tributario en el flujo libre de caja, se lo denomina como VALOR ACTUAL AJUSTADO.

#### 2.1.5. Métodos financieros tradicionales de valoración

##### 2.1.5.1. Métodos del valor actual neto (VAN)

Es el método más ampliamente utilizado para la valoración de escenarios financieros de generación de flujos de caja. En su uso no se considera el valor de los activos de la empresa o proyecto, sino la capacidad del modelo de generar flujos de efectivo medidos sobre series temporales (series de tiempo).

La valoración de los flujos de caja se calcula a través de la fórmula de Valor Actual Neto (VAN), que nos dice que el valor o el precio de un activo está en función de los flujos de efectivo que se espera genere en el futuro, descontados a una tasa  $r$ , donde  $r$  es la tasa de costo de capital que asume el inversionista.

Para el método tradicional del valor actual neto no se considera el nivel de endeudamiento de la empresa. Es decir, no se contempla en el análisis la condición de que el valor la empresa se modifique al reducir o aumentar su nivel de endeudamiento, con lo cual lo que se evalúa es la capacidad operativa de la empresa de generar flujos con independencia de sus fuentes financieras.

Al estimar el valor de la empresa usando esta técnica, estamos suponiendo que éste es financiado en un 100% con patrimonio (lo que implica proyectar el flujo de caja de la empresa sin deuda y descontarlo a la tasa de costo promedio ponderado del capital CPPC cuyo cálculo se explica en el numeral siguiente, el 4.2.5. del presente trabajo.

La siguiente es la estimación de valor de la INDUSTRIA GRÁFICA CETATRES CIA. LTDA. para el método común del VAN:

EMPRESA INDUSTRIAL						
Proyección a 5 años	2010	2011	2012	2013	2014	
(+) Flujo de Caja disponible a accionistas	25.452	32.745	42.579	11.202	58.826	
(+) Flujo de Caja de la deuda	1.471	515	-11.883	18.171	-6.233	
( = ) Flujo Libre de Caja	26.924	33.261	30.696	29.373	52.592	
Período	1	2	3	4	5	
<b>COSTO DE CAPITAL</b>	<b>12,17%</b>	<b>12,17%</b>	<b>12,17%</b>	<b>12,17%</b>	<b>12,17%</b>	
Factor de descuento	1,122	1,258	1,411	1,583	1,775	
( = ) FLUJO DESCONTADO	24.004	26.437	21.752	18.557	29.623	
Perpetuidad						281.915
Crecimiento de la perpetuidad						1,5%
<b>VALOR ACTUAL NETO</b>						<b>402.288</b>

Cuadro 7 Fuente: elaboración propia

Se aplica la fórmula de Gordon-Shapiro (1956) para calcular el valor del activo a perpetuidad con crecimiento. Para el caso el crecimiento a perpetuidad de 1.5%, la mitad del pronóstico de crecimiento de la industria gráfica en Latinoamérica, y consistente con proyección del Ecuador que crece alrededor del 50% del promedio de la región.

La fórmula es la siguiente:

$$\frac{(\text{Último flujo de caja del período})(1+g)}{\text{CPPP} - g} = \frac{\$ 29.792 \times 1,015}{0,1217 - 0,015} = \$ 283.521$$

Donde g es la tasa de crecimiento de la perpetuidad, cuyo valor es \$283.521, obtenido bajo la fórmula arriba indicada.

Al incorporar el efecto del ahorro tributario en el flujo libre de caja se obtiene el “valor actual” ajustado, y contempla dentro del análisis la posibilidad de que la empresa modifique en el futuro su valor, incrementando o reduciendo la deuda.

EMPRESA INDUSTRIAL						
Proyección a 5 años	2010	2011	2012	2013	2014	
(+) Flujo de Caja disponible a accionistas	25.452	32.745	42.579	11.202	58.826	
(+) Flujo de Caja de la deuda	1.471	515	-11.883	18.171	-6.233	
( = ) Flujo Libre de Caja	26.924	33.261	30.696	29.373	52.592	
GASTOS FINANCIEROS	949	907	1.533	1.313	827	
Tasa de impuestos	36,25%	36,25%	36,25%	36,25%	36,25%	
Ahorro tributario AI = GF x T	344	329	556	476	300	
( = ) FLUJO AJUSTADO	27.268	33.590	31.252	29.849	52.892	
Período	1	2	3	4	5	
<b>COSTO DE CAPITAL</b>	<b>12,17%</b>	<b>12,17%</b>	<b>12,17%</b>	<b>12,17%</b>	<b>12,17%</b>	
Factor de descuento	1,122	1,258	1,411	1,583	1,775	
( = ) FLUJO DESCONTADO	24.310	26.699	22.146	18.858	29.792	
Perpetuidad						283.521
Crecimiento de la perpetuidad						1,5%
<b>VALOR ACTUAL NETO</b>						<b>405.326</b>

Cuadro 8 Fuente: elaboración propia

Considerado el ahorro tributario producto del gasto de los intereses, el valor de la empresa se incrementa de 402 a 405 mil dólares norteamericanos.

#### 2.1.5.2. Método del flujo de caja libre y del costo promedio ponderado de los recursos financieros utilizados por la empresa.

El método del costo de capital promedio ponderado CPPC implica descontar el flujo de caja sin deuda de la empresa (FCL) con el costo del capital promedio ponderado, CPPC.

Se considera que las corporaciones que crean valor<sup>3</sup> para los accionistas producen una rentabilidad sobre el capital invertido que está por encima del costo de ese capital. El CPPC es una expresión de este costo. Se utiliza para ver si se agrega valor cuando se emprenden ciertas inversiones, estrategias, proyectos o compras previstas.

El CPPC se expresa como porcentaje, como un interés. Por ejemplo, si una compañía trabaja con un CPPC del 12,17%, esto significa que la inversión es viable si proyecta un rendimiento mayor al 12,17%.

Los costos de capital para cualquier inversión, sean para una compañía entera o para un proyecto, son el índice de la rentabilidad que los proveedores de capital desearían recibir si invirtiesen su capital en otra parte. Es decir, los costos de capital son un costo de oportunidad.

Para obtener el CPPC se aplica la ecuación al promedio de las series históricas del quinquenio analizado 2005 a 2009:

PERIODO	2005	2006	2007	2008	2009	PROMEDIO
Préstamos bancarios	81.536	28.338	16.897	12.369	64.342	40.696
Deuda a largo plazo	-	-	-	-	-	-
PATRIMONIO	37.660	66.883	99.052	115.517	114.517	86.726
GASTOS FINANCIEROS	10.127	3.280	1.962	1.365	7.949	4.937
COSTO FINANCIERO	12,42%	11,58%	11,61%	11,04%	12,35%	12,13%
COSTO DE CAPITAL	12,17%	12,17%	12,17%	12,17%	12,17%	12,17%
Tasa de impuestos	36,25%	36,25%	36,25%	36,25%	36,25%	36,25%

Cuadro 9 Fuente: elaboración propia

<sup>3</sup>12manage, Comunidad de aprendizaje en línea sobre administración, 2009

**DONDE:**

Deudas de terceros	DT	=	40.696
Capital Propio	CP	=	86.726
Costo de la deuda	CD	=	12,13%
Tasa de impuestos	TI	=	36,25%
Costo del capital propio	CCP	=	12,17%
Total de financiamiento	CP + DT	=	127.422

Aplicando la fórmula del CPPC, obtenemos:

$$\text{CPPC} = \frac{\text{DT} \times \text{CD} \times (1 - \text{TI})}{\text{CP} + \text{DT}} + \frac{\text{CP} \times \text{CCP}}{\text{CP} + \text{DT}}$$

$$\text{CPPC} = \frac{40.696 \times 0,121 \times 0,6375}{127.422} + \frac{86.726 \times 0,14}{127.422} = \frac{3.147}{127.422} + \frac{12.354}{127.422} = 12,17\%$$

El resultado es 12,17%, que es la tasa que utilizaremos para descontar el flujo de caja a la tasa del CPPC en el siguiente cuadro:

<b>EMPRESA INDUSTRIAL</b>					
<b>Proyección a 5 años</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>(+) Flujo de Caja disponible a accionistas</b>	25.452	32.745	42.579	11.202	58.826
<b>(+) Flujo de Caja de la deuda</b>	1.471	515	-11.883	18.171	-6.233
<b>(=) Flujo Libre de Caja</b>	<b>26.924</b>	<b>33.261</b>	<b>30.696</b>	<b>29.373</b>	<b>52.592</b>
Período	1	2	3	4	5
<b>COSTO DE CAPITAL</b>	<b>12,17%</b>	<b>12,17%</b>	<b>12,17%</b>	<b>12,17%</b>	<b>12,17%</b>
Factor de descuento	1,122	1,258	1,411	1,583	1,775
<b>(=) FLUJO DESCONTADO</b>	<b>24.004</b>	<b>26.437</b>	<b>21.752</b>	<b>18.557</b>	<b>29.623</b>
<b>Perpetuidad</b>					281.915
<b>Crecimiento de la perpetuidad</b>					<b>1,5%</b>
<b>VALOR ACTUAL NETO</b>	<b>402.288</b>				

Cuadro 10 Fuente: elaboración propia

### 2.1.5.3. Método de flujo libre ajustado a la tasa libre de riesgo.

Este método es similar al anterior, con la diferencia que la tasa del CPPC se sustituye por la tasa libre de riesgo, la cual universalmente en la metodología de análisis se la considera como la tasa de los bonos de tesorería de los Estados Unidos de Norteamérica a 30 años plazo, tasa a la cual se le suma la prima de riesgo país, para el caso ecuatoriano el EMBI (Emerging Markets Bond Index) que es el sistema de medición implementado por el Banco de Inversión JP Morgan.

Según información del servicio portafoliopersonal.com la tasa de bonos del tesoro norteamericano a 30 años es de 3.98% anual, que es la que se ha tomado como base de cálculo:

Ultima actualización: 19/08/2010 09:27:05 a.m. - Valores con un retraso de 30 minutos

BONOS DEL TESORO DE ESTADOS UNIDOS - TNA (TASA NOMINAL ANUAL)							
	19/08/2010	31/07/2010	30/06/2010	31/03/2010	31/12/2009	30/09/2009	30/06/2009
30 años	3,74	3,98	3,89	4,71	4,66	4,05	4,33

Fuente: [http://www.portfoliopersonal.com/Tasa\\_Interes/hTB\\_TIR.asp](http://www.portfoliopersonal.com/Tasa_Interes/hTB_TIR.asp)

Cuadro 11 Fuente: portafoliopersonal.com

Según datos del Banco Central del Ecuador, el EMBI del país se sitúa en 1.026 puntos promedio del mes de Julio del 2010, lo que representa 10,26%.

Sumadas las dos tasas antes referidas, se obtiene una tasa libre de riesgo para el Ecuador de 14,24%

Y aplicada esta tasa al cálculo del valor presente neto se obtiene la siguiente valoración:

EMPRESA INDUSTRIAL					
Proyección a 5 años	2010	2011	2012	2013	2014
(+) Flujo de Caja disponible a accionistas	25.452	32.745	42.579	11.202	58.826
(+) Flujo de Caja de la deuda	1.471	515	-11.883	18.171	-6.233
(=) Flujo Libre de Caja	26.924	33.261	30.696	29.373	52.592
Período	1	2	3	4	5
TASA LIBRE DE RIESGO	14,25%	14,25%	14,25%	14,25%	14,25%
Factor de descuento	1,142	1,305	1,491	1,704	1,946
(=) FLUJO DESCONTADO	23.567	25.483	20.586	17.242	27.023
Perpetuidad					215.202
Crecimiento de la perpetuidad					1,5%
VALOR ACTUAL NETO	329.102				

Cuadro 12 Fuente: elaboración propia

Observamos que la valoración de la empresa por este método tiene un VAN que representa casi el 200% en comparación con las metodologías anteriores.

2.1.5.4. El método del pronóstico de Rendimiento antes de Impuestos, depreciaciones y amortizaciones.

Este es el método del EBITDA (Earnings before interest, taxes, depreciation and amortization) por sus siglas en ingles, y se lo conoce así también en español.

La idea de independizar al indicador de EBITDA de los pagos por intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones tiene el propósito de universalizar un parámetro de comparación de compañías, y permitir así el uso de un estándar internacional para el análisis de la gestión empresarial de manera independiente al país donde operan.

EMPRESA INDUSTRIAL						
Proyección a 5 años	2009	2009	2010	2011	2012	2013
Ventas Netas	\$659.430	\$689.592	\$719.753	\$749.915	\$780.077	\$810.238
(-)Costo de Ventas	\$495.280	\$512.741	\$530.203	\$547.664	\$565.125	\$582.586
(-)Gastos de Comercialización	\$64.782	\$68.013	\$71.244	\$74.475	\$77.706	\$80.936
(-)Gastos Generales y Administración	\$64.153	\$67.977	\$71.801	\$75.626	\$79.450	\$83.274
(=)EBITDA	\$35.214	\$40.860	\$46.505	\$52.151	\$57.796	\$63.442
<b>EBITDA x 10</b>	<b>\$352.142</b>	<b>\$408.598</b>	<b>\$465.053</b>	<b>\$521.509</b>	<b>\$577.964</b>	<b>\$634.419</b>
Período		1	1	1	1	1
CPPC		12,17%	12,17%	12,17%	12,17%	12,17%
Factor de descuento		1,122	1,122	1,122	1,122	1,122
(=) FLUJO DESCONTADO		36.428	41.461	46.495	51.528	56.561
Perpetuidad						603.762
Crecimiento de la perpetuidad						1,5%
<b>VALOR ACTUAL NETO</b>		<b>836.235</b>				

Cuadro 13 Fuente: elaboración propia

El estándar internacional para el EBITDA es que el valor de una empresa es aproximado a 1 vez las ventas del último período histórico de \$810.238, en este caso este valor sería de 810 mil dólares. Otro indicador de medición internacional del valor, basado en el EBITDA es que la empresa vale 10 veces el EBITDA del año 2013 = \$63.442; esta cifra equivale a 634 mil dólares.

Se evidencia que las cifras del EBITDA están significativamente por encima de los cálculos financieros que contemplan tanto el costo del capital como la tasa libre de riesgo, 402 mil y 329 mil respectivamente.

#### 2.1.6. Ventajas y desventajas de valorar por FCD

Como ventajas se citan la simplicidad y universalidad del método.

Pero el problema de los métodos tradicionales<sup>4</sup> de valoración (VAN y TIR) es que no son flexibles, no son capaces de recoger el comportamiento de las tendencias, y en ocasiones de la aleatoriedad de las variables. Tampoco tienen en cuenta los suficientes parámetros económicos y financieros para valorar proyectos de base tecnológica o innovadora, ni

recogen adecuadamente los conos de incertidumbre en que se encuentran inmersas estos tipos de inversiones.

La incertidumbre crea oportunidades y, consecuentemente, los directivos y la gerencia deberían aprovecharse de ella. El problema es que éstos tomen decisiones sin basarse en un análisis integral de las alternativas u opciones existentes, y si lo hacen, generalmente utilizan de uno a cinco pronósticos cuya evaluación puede resultar insuficiente.

## 2.2. Opciones financieras: definición, mecanismos y valoración.

Previo a explicar el funcionamiento de los métodos de valoración de las opciones financieras, es necesario revisar el concepto y funcionamiento de las mismas:

### 2.2.1. Definición:

Las opciones financieras son compromisos bilaterales, en los cuales una parte adquiere una opción, que puede ser de compra o de venta, de un activo subyacente. Para la otra parte, la vendedora, existe la obligación ya sea de comprar o vender el activo subyacente que se ha comprometido, en el evento de que el que adquiere la opción ejerza su derecho.

Los contratos se celebran en formatos estandarizados, tienen un plazo prefijado para el ejercicio de la opción, son transados en las bolsas de valores, y actúan como contraparte los depósitos centralizados de valores para la custodia de los activos y del dinero involucrado en las transacciones.

Este derecho tiene un costo para su adquiriente, denominado prima de la opción. El vendedor de la opción recibe la prima como prestación económica a cambio del compromiso contingente que contrae.

De esta forma la relación contractual es asimétrica entre las partes; quien adquiere una opción, tiene el derecho pero no la obligación de ejercerla;

---

<sup>4</sup> Gracia Rubio Martín, Valoración de Capital de Riesgo, 2006

pero si el comprador de la opción ejerce ese derecho, el vendedor está obligada a cumplir con el compromiso, esto es a vender o comprar el activo, según sea del caso, al precio de ejercicio de la opción.

Existen dos modalidades básicas de contrato: La opción americana, que permite que el derecho se ejerza en cualquier momento dentro del plazo de vigencia del contrato, y la opción europea que solo permite que el derecho se ejerza al término de la opción, es decir al vencimiento del contrato.

### 2.2.2. Mecanismo:

Intervienen los siguientes factores en un contrato de opciones:

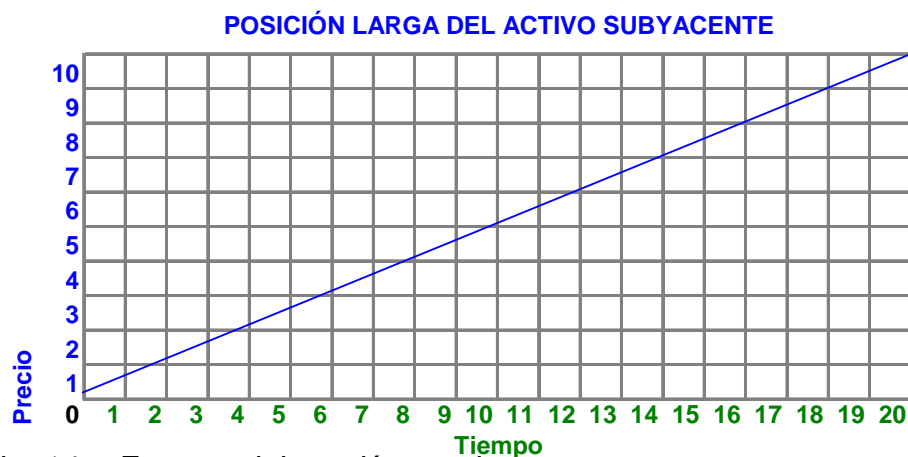
- El precio de mercado (precio spot) al momento de realizar la transacción.
- El precio de ejercicio de la opción (strike price), que es el precio pactado para la transacción en el momento y en el evento de que esta se realice.
- El plazo o término para el ejercicio de la opción.

### 2.2.3. Uso de las opciones:

Las opciones son utilizadas como mecanismos de cobertura para los eventos de incremento o disminución de los precios cotizados de los activos financieros que se transan en los mercados de valores.

Existen dos posiciones básicas en este tipo de contratos:

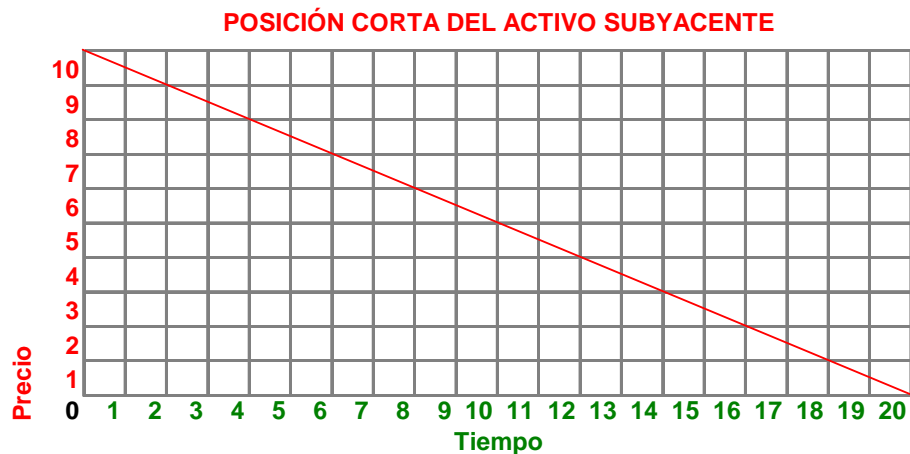
Posición larga: expectativa es que el precio del activo subyacente suba.



Cuadro 14 Fuente: elaboración propia



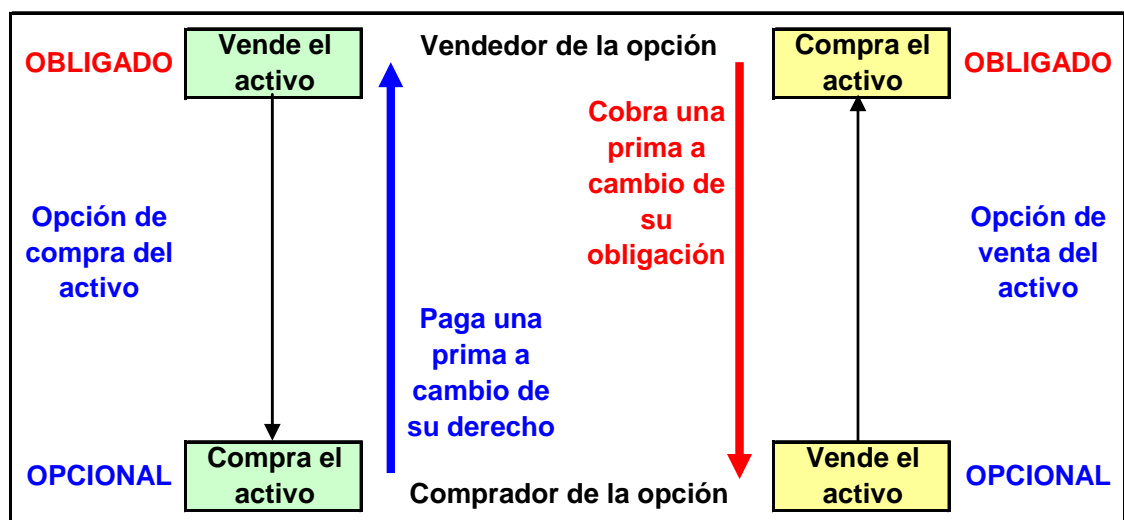
Posición corta: aquella en la cual la expectativa es que el precio del activo subyacente baje.



Cuadro 15 Fuente: elaboración propia

Desde el punto de vista del contrato de opción, que es bilateral, también existen dos situaciones posibles: ser el comprador de la opción o ser el vendedor. Y como se indicó antes, las relaciones derivadas del contrato generan derechos y obligaciones que son asimétricas; para el comprador de la opción es optativo el ejercer el contrato (por eso se llama opción) mientras que para el vendedor de la opción es obligatorio: ya sea vender o comprar el activo subyacente, a solicitud del comprador de la misma.

Esta dualidad, tanto desde el punto de vista de la posición respecto del activo (corto o largo) como de la situación dentro del contrato (comprador o vendedor de la opción), posibilita la utilización de cuatro combinaciones.



Cuadro 16 Fuente: Elaboración propia

#### 2.2.4. Valoración de las opción:

Las opciones financieras tienen tres tipos de valor:

##### A. Valor temporal:

Los compradores de una opción de compra consideran que aumentará en el futuro su valor intrínseco, es decir esperan que el valor del activo subyacente se incremente. De lo contrario, no existirían opciones de compra.

Mientras mayor sea el tiempo hasta el vencimiento, mayor la posibilidad de que la opción valga más, y esa posibilidad es recogida en el valor temporal. Cuando se acerca la fecha de vencimiento de la opción, la certidumbre sobre el valor de la misma se consolida, de forma que el valor temporal tiende a decrecer.

El valor temporal viene a ser aquel que asigna el mercado por encima del valor intrínseco que tiene el activo subyacente.

##### B. Valor intrínseco:

El valor intrínseco **V1** es aquél valor que tendrá la opción en el momento de su ejercicio. Es el valor mínimo que puede tener una opción, y por tanto será el precio mínimo de su cotización en ese momento:

- Para una opción de compra, este valor será la diferencia entre la cotización del activo subyacente **S** y el precio de ejercicio en el momento **X**.
- Para una opción de venta, será la diferencia entre el precio de ejercicio y la cotización del subyacente.

#### **OPCIÓN DE COMPRA**

$$V1 = \text{máx } [0; S - X]$$

#### **OPCIÓN DE VENTA**

$$V1 = \text{máx } [0; X - S]$$

En los dos casos, cuando la diferencia no pueda ser positiva, no se ejercerá el derecho, y el valor intrínseco será cero. No puede haber un valor negativo.

En función de la diferencia entre el precio de ejercicio y la cotización del subyacente las opciones se clasifican en:

a) Opciones “dentro de dinero”

- Cuando el precio de ejercicio  $P_e$  es inferior al precio  $S$  del subyacente en una opción de compra:

$$P_e < S = 100 < 120$$

En este caso el comprador ejerce la opción, compra el activo subyacente en 100, y lo vende en 120; gana 20.

- Cuando el precio de ejercicio es superior al del subyacente en una opción de venta.

$$P_e > S = 120 > 100$$

En este caso el comprador ejerce la opción, vende el activo subyacente en 120, y lo compra en 100; gana 20.

Tanto en uno como en otro caso, el valor intrínseco es mayor que cero. Su ejercicio reporta un beneficio al comprador.

b) Opciones “en el dinero”

Cuando precio de ejercicio  $P_e$  y valor del activo subyacente  $S$  coinciden, tanto para una opción de compra como para una opción de venta:

$$P_e = S; 100 = 100$$

Su valor intrínseco es cero, y todo el valor que existiese en su cotización será valor temporal (la expectativa del mercado).

Su ejercicio no supone ni beneficio ni pérdida al comprador.

c) Opciones “fuera de dinero”

Cuando el precio de ejercicio PE es superior al del subyacente S en una opción de compra:

$$Pe > S = 120 > 100$$

En este caso si el comprador ejerce la opción, compraría el activo subyacente en 120, y debería venderlo en 100; perdería 20. Obviamente la opción no será ejercida.

Cuando el precio de ejercicio PE es inferior al del subyacente S en una opción de venta:

$$Pe < S = 100 < 120$$

En este caso si el comprador ejerce la opción, vendería el activo subyacente en 100, y lo compraría en 120; perdería 20. Obviamente la opción no será ejercida.

Tampoco tienen valor intrínseco, ni valor temporal.

Estas opciones no se ejercen, porque su ejercicio se traduce en pérdidas.

$\text{Prima de una opción} = \text{Valor intrínseco} + \text{Valor temporal}$
--

C. Valor extrínseco:

Que es el conjunto de factores externos que afectan el valor de una opción:

a. Delta

Es el ratio que indica la relación de sensibilidad entre la evolución del precio de la prima y la evolución del precio del activo subyacente.

b. Gama

Es la segunda derivada que relaciona las variaciones que se producen en la Delta de las opciones según varía el precio del subyacente.

c. Vega

Es el ratio que establece que a mayor volatilidad mayor el precio que hay que pagar por la prima de esa opción, y viceversa.

d. Theta

Es la variación o sensibilidad de la prima al paso del tiempo; cuanto más cercano esté el vencimiento de la opción menor valor en Theta.

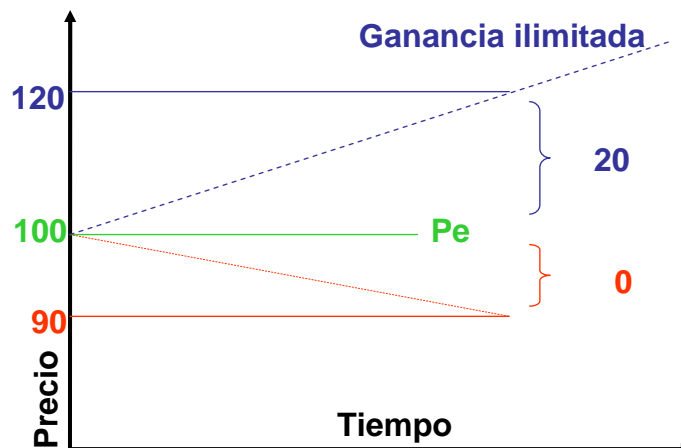
e. Rho

Es la sensibilidad del precio de la prima respecto a la variación de los tipos de interés; es positiva cuando se compran opciones, y negativa cuando se venden. Este factor es el que menos afecta, teniendo escasa importancia en el precio de la opción.

Se presenta a continuación una secuencia de casos prácticos resueltos sobre opciones reales. Cabe indicar que no se incorpora en el desarrollo de estos casos el efecto del precio pagado por concepto de prima, ya que este factor resulta indiferente para la sustentación y demostración de la hipótesis del presente trabajo.

I. COMPRA DE UNA OPCIÓN DE COMPRA (LONG CALL)

**Compra de opción de compra**



Cuadro 17

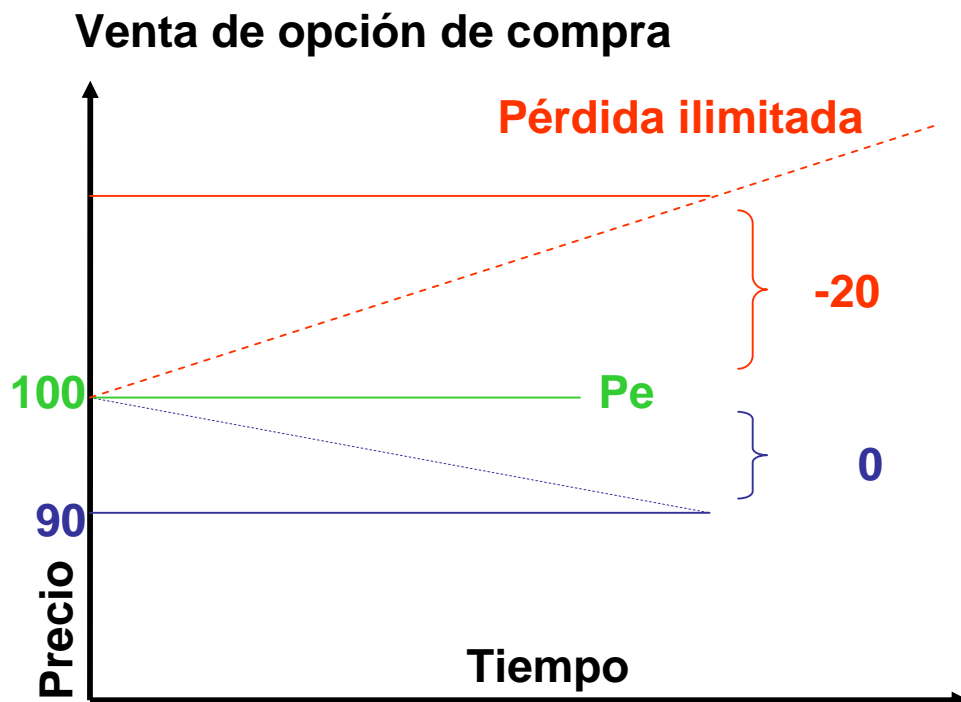
Fuente: Estrategias con opciones CHL Investment

Otorga al comprador de la opción el derecho a comprar el activo subyacente.

La expectativa de rentabilidad sobre esta opción es que el precio del activo suba. Esta rentabilidad o ganancia es teóricamente ilimitada. Su límite es la cotización vigente en el mercado el momento del ejercicio de la opción menos el precio de la prima pagada. Si el precio de ejercicio es 100, y la cotización del activo se incrementa a 120 al término del plazo, entonces se ejerce la opción y la contraparte está obligada a vender el activo en el precio de ejercicio, 100. La ganancia es  $120 - 100 = 20$ .

La expectativa de riesgo sobre esta opción está limitada al costo de la prima, ya que si la cotización del activo disminuye de 100, para el ejemplo a 90, la opción no se ejerce (siendo opcional su ejercicio por la parte compradora), y consecuentemente su valor es cero. Una opción no puede tener un valor negativo.

## II. VENTA DE UNA OPCIÓN DE COMPRA (SHORT CALL)



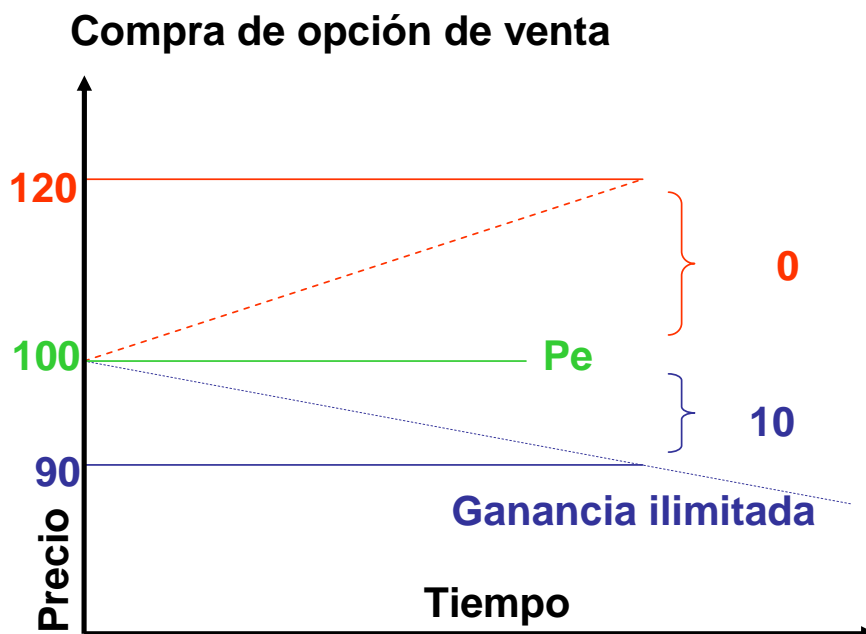
Cuadro 18 Fuente: Estrategias con opciones CHL Investment

Otorga al vendedor de la opción la obligación de vender el activo subyacente al precio de ejercicio  $P_e$  de la opción, 100.

La expectativa de rentabilidad sobre esta opción es que el precio del activo baje. Esta rentabilidad o ganancia está limitada al valor de la prima cobrada, ya que si la cotización del activo disminuye de 100, para el ejemplo a 90, la opción no se ejercería (siendo opcional su ejercicio por la parte compradora); de hacerlo el comprador de la opción perdería 10 al comprar en 100 un activo valorado en 90. Consecuentemente el valor de la opción es cero.

La expectativa de riesgo sobre esta opción es teóricamente ilimitada. Su límite es la cotización vigente en el mercado el momento del ejercicio de la opción. Si el precio del ejercicio es 100, y la cotización del activo se incrementa a 120 al término del plazo de la opción, entonces el comprador de la misma ejercería esta y el vendedor estará obligado a vender el activo en el precio de ejercicio, 100. La pérdida sería  $120 - 100 = 20$  para el vendedor de la opción, e igual suma de ganancia para el comprador.

### III. COMPRA DE UNA OPCIÓN DE VENTA (LONG PUT)



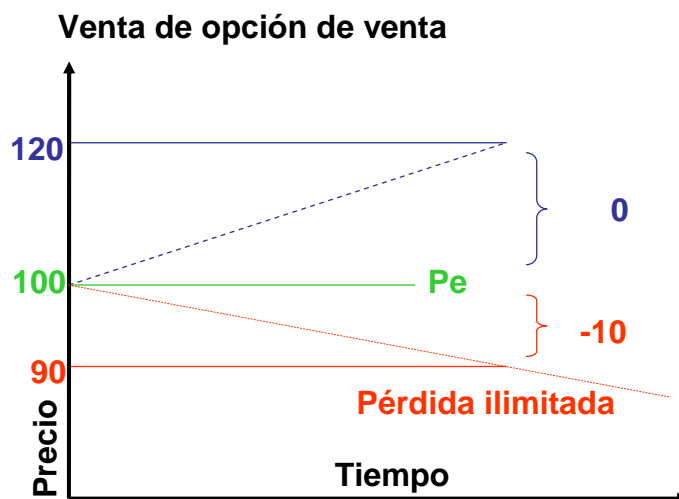
Cuadro 19 Fuente: Estrategias con opciones CHL Investment

Otorga al comprador de la opción el derecho de vender el activo subyacente al precio de ejercicio  $P_e$  de la opción, 100.

La expectativa de rentabilidad sobre esta opción es que el precio del activo baje. Esta rentabilidad o ganancia es teóricamente ilimitada., sólo por el hecho de que el valor del activo no puede ser menor a cero. Su límite es la cotización vigente en el mercado el momento del ejercicio de la opción menos el precio de la prima pagada. Si el precio del ejercicio es 100, y la cotización del activo disminuye a 90 al término del plazo, entonces se ejerce la opción y la contraparte está obligada a comprar el activo en el precio de ejercicio, 90. La ganancia es  $100 - 90 = 10$ .

La expectativa de riesgo sobre esta opción está limitada al costo de la prima, ya que si la cotización del activo aumenta de 100, para el ejemplo a 120, la opción no se ejerce (siendo opcional su ejercicio por la parte compradora), y consecuentemente su valor es 0. Tampoco esta opción puede tener un valor negativo.

#### IV. VENTA DE UNA OPCIÓN DE VENTA (SHORT PUT)



Cuadro 20 Fuente: Estrategias con opciones CHL Investment

Otorga al vendedor de la opción la obligación de comprar el activo subyacente al precio de ejercicio  $P_e$  de la opción, 100.



La expectativa de rentabilidad sobre esta opción es que el precio del activo suba. Esta rentabilidad, o ganancia, está limitada al valor de la prima cobrada, ya que si la cotización del activo se incrementa de 100, para el ejemplo a 120, la opción no se ejercería (siendo opcional su ejercicio por la parte compradora); de hacerlo el comprador de la opción perdería 20 al vender en 100 un activo valorado en 120. Consecuentemente el valor de la opción es cero.

La expectativa de riesgo sobre esta opción es teóricamente ilimitada, solo por el hecho de que el valor de activo no puede ser menor a cero. Su límite es la cotización vigente en el mercado el momento del ejercicio de la opción. Si el precio de ejercicio es 100, y la cotización del activo se disminuye a 90 al término del plazo de la opción, entonces el comprador de la misma ejercería esta y el vendedor estará obligado a comprar el activo en el precio de ejercicio, 100. La pérdida sería  $100 - 90 = 10$  para el vendedor de la opción, e igual suma de ganancia para el comprador.

#### 2.2.5. Método binomial<sup>5</sup> para opciones financieras

Cox, Ross y Rubinstein desarrollaron este método de valoración de opciones, que tiene la ventaja de ser muy intuitivo, utilizando una matemática muy sencilla. Se construye un árbol binomial el cual va a representar los diferentes caminos que puede seguir el precio del subyacente durante el período de vida de la opción. Son asumidas las siguientes hipótesis<sup>6</sup>:

1. Profundidad de Mercado; se supone que el volumen de operaciones en el mercado de valores es lo suficientemente grande como para no ser afectado en un momento dado por las transacciones de los grandes operadores.
2. Imposibilidad de Arbitraje; que no hay posibilidades de ganar dinero por transacciones de compra-venta entre operadores. Se supone que el

---

<sup>5</sup> Juan Mascareñas, El método binomial de valoración de opciones, 2000

<sup>6</sup> Carlos E. Laciara, Modelos matemáticos para la valoración de opciones Financieras, 2004

mercado alcanza un equilibrio dinámico de idéntico conocimiento de los operadores de todas las posibilidades de negociación.

3. Simultaneidad de las Operaciones; las operaciones de compra-venta de opciones y su activo subyacente (acciones) se pueden realizar de forma simultánea.
4. Simetría en las Tasas de Interés; es igual la tasa de interés para prestar y tomar prestado.
5. Transacciones a Costo Nulo; no existe costo transaccional.

Seguidamente, y a manera de caso de ejemplo, se describe el funcionamiento del método binomial de Cox, Ross y Rubinstein aplicado a la valoración de acciones ordinarias. Para simplificar el ejercicio, el supuesto es que la acción no reparte dividendos, de manera que el rendimiento supuesto estará dado exclusivamente por variación de la cotización del activo subyacente.

Para el desarrollo del caso de uso de opciones descrito a continuación, se utilizará la estrategia de cobertura denominada VENTA DE UNA OPCIÓN DE COMPRA (SHORT CALL) y el mecanismo de opción europea, que es aquella que solo se puede ejercer al término del contrato.

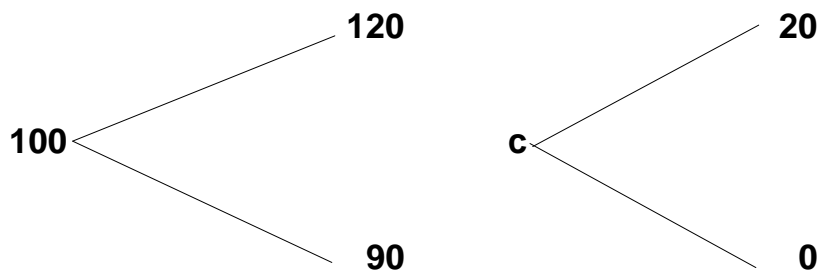
Se construye un portafolio libre de riesgo, de forma que cualquiera que sea la evolución del precio del activo al finalizar el período, el flujo de caja obtenido del portafolio sea el mismo. La transacción se realiza en Euros.

Para este modelo, se compra una acción ordinaria €100; previamente se ha calculado la volatilidad al término del período de un año, la misma que indica que dicho título puede llegar a valer €120, o descender hasta los €90. Para cubrir esta volatilidad del activo subyacente, se vende una opción de compra de la misma acción al precio de €100.

Se ha calculado que la opción tendría un rango de precio de 20 euros si el precio de la acción se sitúa en €120, que sería el límite superior, y 0 euros si la cotización de la acción desciende a €90 que sería el límite inferior. (Ver la figura 1).

### Precio de la acción ordinaria y valores de la opción de compra

**Movimiento del precio de la acción      Valores de la opción**



**Figura 1** Fuente: Juan Mascareñas, El método binomial de valoración de opciones

A esta combinación de compra de acciones con opciones financieras se la conoce como cartera de arbitraje, y es la que logra que cualquiera que sea el precio de la acción al final del período, el flujo mínimo de caja de la cartera sea cierto, y en consecuencia carecerá de riesgo.

Si H es el número de acciones compradas para construir este portafolio, las posibilidades serán:

a) Que el valor de la acción al final del período de un año sea de \$120, y el de la opción de venta, €20. En tal evento, el comprador de la opción de compra ejercerá la misma, y por tanto, el flujo de caja obtenido de la cartera será igual a sumar el valor de mercado de las acciones y restarle el valor intrínseco de la opción de venta:

$$(H \times 120) - 20 = H \times 100$$

b) Que el valor de la acción ordinaria al final del período sea de \$90 y el de la opción de compra, €0 (la opción no será ejercida y, por tanto, su valor es nulo). El flujo de caja de la cartera de será igual a:

$$(H \times 90) - 0 = H \times 90$$

Despejando H de la anterior ecuación de ambos flujos de caja se obtiene un valor de H igual a 2/3.

$$(H \times 120) - 20 = (H \times 90) - 0 \rightarrow H = 2/3$$

De esta manera, la cartera formada por 2/3 de una acción, que se denomina ratio de cobertura, y la compra simultánea de una opción de venta sobre esta acción, tiene determinado un flujo mínimo de recuperación según la siguiente operación:

$$2/3 \times 90 = 60$$

Obtenido el flujo mínimo esperado, para que la inversión resulte atractiva, el rendimiento de la cartera al final del periodo considerado deberá superar al rendimiento libre de riesgo ( $R_f$ ):

$$\frac{\text{Flujo de caja}}{\text{Inversión}} = 1 + R_f$$

Se analiza el supuesto: si la cotización spot de la acción fuese de €120

$$(2/3 \times 120) - 20 = 60$$

y el de la inversión:

$$(2/3 \times 100) - c$$

Donde c es el valor de la opción de compra. Despejando c de la siguiente ecuación se obtiene el valor actual de la opción de compra, descontado a una tasa libre de riesgo del 6%:

$$\frac{60}{2/3 \times 100 - c} = 1 + 0,06 \rightarrow c = 10,0629$$

Si al momento el precio de la opción de venta en el mercado fuese de €11, se podría comprar una opción de venta y adquirir 2/3 de una acción

ordinaria (la proporción es 2/3 a 1) con lo que se conseguiría un rendimiento superior a la tasa libre de riesgo de 6%:

$$\frac{60}{\frac{2}{3} \times 100 - 11} = 1,078 \rightarrow R_f = 7,8\%$$

Una vez explicado cómo se calcula el ratio de cobertura a través del ejemplo numérico, este ratio será obtenido a través de la siguiente fórmula:

- S será el precio subyacente de la acción en la actualidad.
- SU será el precio de la acción a la alza.
- SD será el precio de la acción a la baja.

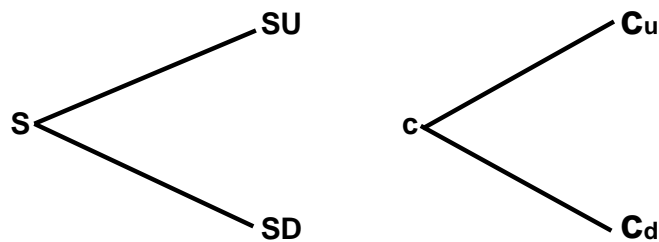
Donde U y D son los coeficientes por los que hay que multiplicar el precio actual S de la acción, para obtener su precio al final del período.

- El precio de compra de la opción de compra en la actualidad será c, siendo Cu el precio de la opción cuando la acción este al alza, y Cd el precio de la opción cuando la acción esté a la baja. (véase la figura 2).

**Precio de la acción ordinaria y valores de la opción de compra**

**Movimiento del precio de**

**Valor de la opción de compra**



**Figura 2** Fuente: Juan Mascareñas, El método binomial de valoración de opciones

El flujo de caja esperado al final del período será (siendo H el número de acciones):

- a) Si los precios suben:  $H \times SU - C_u$
- b) Si los precios bajan:  $H \times SD - C_d$

Igualando ambas ecuaciones y despejando H, se obtiene el ratio de cobertura:

$$H = \frac{c_u - c_d}{S \times (U - D)}$$

Al sustituir las variables por los valores del ejemplo anterior, donde  $U = 1,2$  y  $D = 0,9$ , se obtiene:

$$H = \frac{20 - 0}{100 \times (1,2 - 0,9)} = 2/3$$

Para obtener una ecuación que determine el valor de compra de la opción (c) se opera con las expresiones de la rentabilidad obtenida tanto del flujo de caja esperado " $H \times SU - c_u$ " y de la inversión inicial " $H \times S - c$ ", y finalmente se obtiene la relación sobre los mismos:

$$1 + R_f = \frac{H \times SU - c_u}{H \times S - c}$$

En la operación se obtiene:

$$HS + HSR_f - c - cR_f = HSU - c_u$$

$$HS(1 + R_f - U) + c_u = c(1 + R_f)$$

Se sustituye H por su valor y se elimina S del denominador y del numerador:

$$\frac{c_u - c_d}{U - D} (1 + R_f - U) + c_u = c(1 + R_f)$$

Y de esta forma se obtiene la probabilidad implícita:

$$a) p = \frac{1 + R_f - D}{U - D}$$

Estos valores representan la probabilidad implícita, que es b)  $1 - p = \frac{U - (1 + R_f)}{U - D}$  aquella neutra al riesgo, de

ascenso ( $p$ ) y la de descenso ( $1-p$ ) del valor de la acción subyacente. Al sustituir en la ecuación de  $p$  las variables por los datos del ejemplo anterior se obtienen las probabilidades de ocurrencia:

$$p = (1 + 0,06 - 0,9) \div (1,2 - 0,9) = 53,33\% \text{ de que ascienda}$$

$$1-p = 46,66\% \text{ de que descienda}$$

Sustituyendo en la ecuación anterior el valor de " $p$ " por " $1-p$ ", se obtiene:

$$c_u p + c_d (1 - p) = c(1 + R_f)$$

$$c_u - (c_u - c_d) (1 - p) = c(1 + R_f)$$

Despejando  $c$  se obtiene la expresión que calcula el valor actual de la opción de compra según el método binomial, que consiste en determinar el promedio ponderado de los flujos de caja generados por la opción de compra en las dos condiciones posibles, esto es que el precio del activo subyacente se incremente o se decrezca.

Es este el método que se utiliza para obtener las probabilidades implícitas de que el precio del activo suba o baje. Luego a este resultado se le descuenta a la tasa libre de riesgo:

$$c = \frac{c_u p + c_d (1 - p)}{1 + R_f}$$

Se ha demostrado que el precio teórico de la opción de compra es igual al valor actual del promedio ponderado de los flujos de caja que dicha opción proporcionará en su fecha de vencimiento. Para comprobar que ésta es la ecuación que se busca se sustituyen las variables por sus valores:

$$c = (20 \times 0,5333 + 0 \times 0,4666) \div (1,06) = 10,0629 \text{ €}$$

Y se obtiene mediante la anterior fórmula un resultado idéntico al obtenido mediante la primera ecuación.

## 2. El método binomial para dos períodos

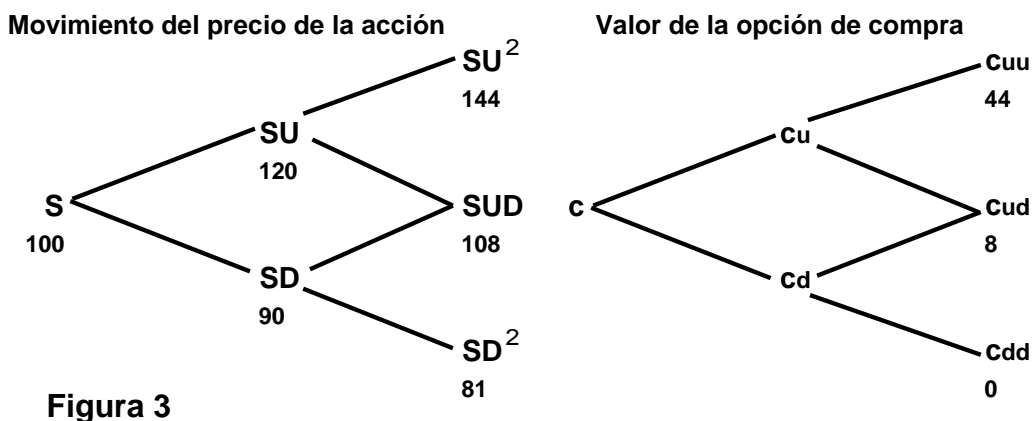
Se continúan utilizando los datos del ejemplo anterior; consecuentemente se supone que el coeficiente de crecimiento del precio de la acción es  $U = 1,2$  y que el de decrecimiento es  $D = 0,9$ . Bajo este supuesto, al transcurrir dos períodos (años), la cotización de la acción ordinaria sube hasta un máximo de €144, o desciende hasta un mínimo de €81, con una cotización de €108 al final del segundo período.

Para calcular el valor de la opción de compra europea, se resta el precio del ejercicio (€100) del valor de la acción al final del segundo período. Si el resultado es negativo el valor de la opción será cero. Se presentan así tres posibles valores de la opción de compra al final del segundo período: 44, 8 y 0 euros (el valor real es -19, pero no puede ser menor a cero).

Precio de ejercicio	Precio de la acción	Valor de la opción
144 €	100 €	44 €
108 €	100 €	8 €
81 €	100 €	-19 €

Cuadro 21

### Precio de la acción y valores de la opción en el caso de dos períodos



El proceso deductivo empieza de derecha a izquierda, periodo a periodo. Primero se calcula el valor de la opción de compra al final del primer



período, tanto para el ascenso de la cotización de la acción (cu) como para el descenso (cd). Se aplican las mismas fórmulas matemáticas obtenidas en el método binomial para un período:

$$c_u = \frac{c_{uu} p + c_{ud} (1 - p)}{1 + R_f} = \frac{44 \times 0,533 + 8 \times 0,466}{1,06} = 25,66 \text{ euros}$$

$$c_d = \frac{c_{ud} p + c_{dd} (1 - p)}{1 + R_f} = \frac{8 \times 0,533 + 0 \times 0,466}{1,06} = 4,025 \text{ euros}$$

Con estos dos valores se calcula el precio teórico de la opción de compra europea a través de la misma expresión matemática:

$$c = \frac{c_u p + c_d (1 - p)}{1 + R_f} = \frac{25,66 \times 0,533 + 4,025 \times 0,466}{1,06} = 14,68 \text{ euros}$$

El valor de la opción de compra para dos períodos es de 14,68 \$.

Resumiendo el proceso, la valoración comienza con los flujos de caja del último período conocido, que constarán a la derecha, y luego se retrocede hacia la izquierda hasta llegar al momento actual.

El procedimiento es muy sencillo, aunque resultará tedioso cuando hay muchos períodos. Es importante considerar esta limitación, puesto que para obtener un valor realista de la opción es necesario elegir U y D cuidadosamente y dividir el tiempo hasta el vencimiento en una multitud de pequeños períodos intermedios. Conforme aumenta el número de períodos intermedio y consecuentemente se reduce el tiempo de los mismos, se puede considerar el tiempo como una variable continua; esta deja de ser una variable discreta. Empíricamente se considera que para que sea confiable una medición durante el período, esta debería subdividirse en al menos 50 períodos intermedios.

Seguidamente, los ratios de cobertura deberán ser recalculados para cada nudo del gráfico cuando hay dos o más períodos de tiempo. Así, por ejemplo:

$$\text{Nudo } c_u \rightarrow H = \frac{c_{uu} - c_{ud}}{S \times (U - D)} = \frac{44 - 8}{120 \times (1,2 - 0,9)} = 1$$

$$\text{Nudo } c_d \rightarrow H = \frac{c_{ud} - c_{dd}}{S \times (U - D)} = \frac{8 - 0}{90 \times (1,2 - 0,9)} = 0,297$$

$$\text{Nudo } c \rightarrow H = \frac{c_u - c_d}{S \times (U - D)} = \frac{25,66 - 4,025}{100 \times (1,2 - 0,9)} = 0,72$$

El ratio de cobertura del nudo  $C_u$  es igual a 1, puesto que la opción de compra se encuentra “dentro del dinero”. Conforme el tiempo transcurre es necesario revisar el ratio de cobertura, y si el tiempo hasta el vencimiento se subdivide en un gran número de períodos intermedios, entonces el ratio de cobertura se puede utilizar con bastante exactitud para determinar la exposición al riesgo.

### 3. El modelo binomial para varios períodos

Para determinar el valor de las opciones en más de dos períodos, se utiliza la siguiente expresión matemática, que está basada en el triángulo de Pascal (herramienta matemática de múltiple uso) y en las técnicas de la combinatoria, y que constituye la ecuación binomial para la valoración de las opciones de tipo europeo:

$$c = \frac{1}{(1 + R_f)^n} \sum_{k=0}^n \left[ \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} \max\{(SU^k D^{n-k} - X), 0\} \right]$$

Para este caso, todas las variables ya son conocidas en función de los datos obtenidos en los ejemplos anteriores, con excepción de "n", que indica el número de períodos en los que se descompone el proceso binomial, y X que representa el valor del precio de ejercicio. Esta expresión

considera que el valor de la opción es igual al valor actual de los flujos de caja esperados a lo largo de un árbol binomial con  $n$  períodos, cuyos principales supuestos son:

1°. La distribución de los precios de las acciones es una binomial multiplicativa.

2°. Los multiplicadores  $U$  y  $D$  (y, por ende, las varianzas de los rendimientos) son los mismos en todos los períodos.

3°. No hay costos de transacción, por lo que se puede establecer una cobertura sin riesgo para cada período entre la opción y el activo sin necesidad de incurrir en costos irrecuperables.

4°. Las tasas de interés sin riesgo se supone son constantes.

Es importante recalcar que no es necesario asumir que los inversores tengan una determinada actitud hacia el riesgo; de hecho el modelo supone una neutralidad ante el mismo, ya que al construir una cartera de arbitraje el riesgo de la inversión se elimina. Si el valor de la opción no coincide con el calculado a través del modelo, entonces al menos se puede obtener un beneficio sin riesgo.

#### 4. Distribución binomial y distribución log normal

En el proceso de cálculo multiplicativo del modelo binomial se puede suponer que el factor de descenso  $D$  es igual a la inversa del factor de ascenso  $U$ , lo que provocaría que los rendimientos del activo fueran simétricos. Para que el cálculo bajo este supuesto funcione, se deben medir dichos rendimientos a través del logaritmo de la relación entre el precio en un momento determinado ( $S_t$ ) y el precio del momento precedente ( $S_{t-1}$ ).

La necesidad de la base logarítmica para este cálculo se produce por cuanto en la vida real el precio de una acción durante tres instantes consecutivos, o más, de tiempo no será lineal ni ascendente, ya que el precio puede subir y bajar. Como ejemplo puede valer, 100, 120 y 100 euros respectivamente, y tener entonces rendimientos del 20% (es decir,  $20 \div 100$ ) y del -16,66% ( $-20 \div 120$ ), y si bien el valor de ascenso y descenso es igual (20), el valor absoluto de ambas cantidades no es simétrico.

Aplicando el cálculo logarítmico, el cómputo de los rendimientos será de:

$$\text{Ln} (120 \div 100) = 18,23\% \text{ y } \text{Ln} (100 \div 120) = -18,23\%$$

Lo que convierte los rendimientos (negativos o positivos) en simétricos. De manera que los precios que se distribuyen según una normal logarítmica generarán rendimientos bajo una distribución normal, que serán calculados según la siguiente expresión:

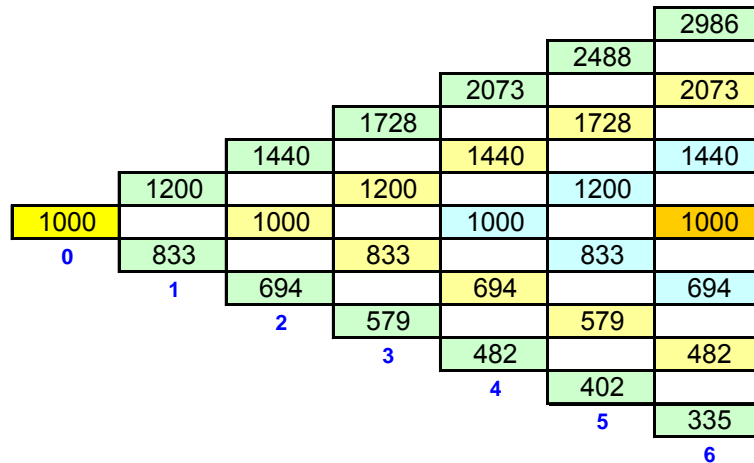
$$r_t = \text{Ln} (S_t \div S_{t-1})$$

En la figura 4 se muestra un ejemplo de un árbol binomial donde los coeficientes de incremento y disminución son, respectivamente,  $U = 1,2$  y  $D = 1/U = 0,833$ .

Para este ejemplo el árbol se extiende a lo largo de seis períodos y comienza con un valor de la acción de 1000 euros.

La amplitud del árbol binomial dependerá del tamaño de  $U$  y del número de pasos en los que se descompone. El supuesto utilizado para un activo cuyos rendimientos se distribuyen según una normal, es que la varianza de los rendimientos sea constante en cada período. Si la varianza del período es  $\sigma^2$ , la varianza para  $t$  años será  $\sigma^2 t$ , mientras que la desviación estándar será  $\sigma t$ , a la que se denomina volatilidad del activo.

### Árbol binomial de seis períodos distribuido por precios



**Figura 4** Fuente: Juan Mascareñas, El método binomial de valoración de opciones

Si  $\sigma$  es la desviación estándar de los rendimientos por período, t el número de años hasta el vencimiento y n el número de períodos en los que se subdivide t, el proceso binomial para el activo proporciona rendimientos normalmente distribuidos en el límite:

$$U = e^{\sigma(t/n)} \quad \text{y} \quad D = 1/U = e^{-\sigma(t/n)}$$

Si  $S = 1.000$  euros;  $s = 0,3$ ;  $t = 0,5$  años;  $R = 10\%$  y  $n = 10$  iteraciones, cada período intermedio será igual a  $0,05$  años:

$$U = e^{0,3(0,5/10)} = 1,06938 \quad \text{y} \quad D = 1/U = 0,93512$$

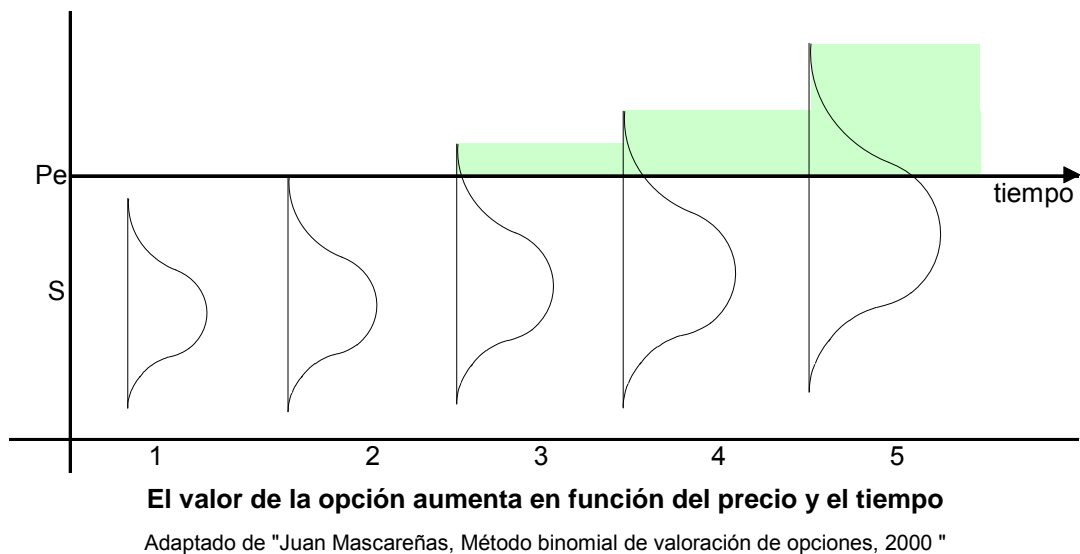
Aplicando las ecuaciones deducidas en el método binomial para un período, a la tasa de interés sin riesgo del 5% anual, aplicada semestralmente, se obtienen las siguientes probabilidades de los valores neutrales al riesgo:

$$p = [(1 + (0,05/10)) - 0,93512] / (1,06938 - 0,93512) = 0,5204$$

$$1-p = 0,4796$$

La distribución normal logarítmica de los precios tiene una forma semejante a una campana asimétrica, la que considera que conforme el tiempo

transcurre la distribución se va ampliando, de forma idéntica a lo que ocurre en el árbol binomial.



**Cuadro 22** Fuente: Juan Mascareñas, El método binomial de valoración de opciones

La figura muestra una opción de compra que se inicia “fuera del dinero”, comenzando en el período 1 siendo el precio de la acción subyacente  $S$ ; conforme el tiempo avanza la distribución se amplía hasta que una parte de ella supera (a partir del período 3) al precio de ejercicio ( $e$ ) en la fecha de vencimiento. Los flujos de caja positivos de la opción se representan por la zona verde que se encuentra por encima del precio de ejercicio  $Pe$ . El valor actual de la opción de compra según el método de Black y Scholes es precisamente el valor actual de dicho área.

#### 2.2.6. Método Black & Scholes 7

##### Orígenes del método

Los orígenes de los modelos para la valoración de opciones financieras se encuentran en la ecuación de difusión del calor, cuyo autor fue Joseph Fourier (1768-1830). Fourier publicó la *Théorie Analytique de la Chaleur* en 1822. En 1807, aspirando al premio anual de la Academia de Ciencias, el

<sup>7</sup> Black, F. – Scholes, M., *The Pricing of Options and Corporate Liabilities*, (1973)

matemático había presentado su primer trabajo relativo al proceso de la conducción del calor. Los mejores matemáticos puros de la época, tales como Laplace, Lagrange y Legendre, al evaluar la investigación de Fourier, manifestaron sus dudas sobre el rigor científico de algunas de sus deducciones, ya que los procedimientos utilizados eran más empíricos que lógico-deductivos. Sin embargo, lo animaron a continuar su investigación, hasta que su persistencia y la relevancia de su teoría lo hicieron acreedor al Gran Premio de la Academia de Ciencias de París en 1812.

En 1827 el botánico inglés Robert Brown, analizó el movimiento de partículas de polen en el agua, y lo asoció a las teorías vitalistas, con el argumento de que ese movimiento era propio de la materia viviente, y relacionado con los mecanismos de la reproducción. Pero posteriormente, en sus trabajos finales concluye que el movimiento errático observado era de naturaleza mecánica y no dependía del carácter orgánico ni inorgánico de los objetos considerados.

En 1905, casi un siglo después, Alberto Einstein construyó un modelo matemático para explicar ese fenómeno y lo denominó "movimiento Browniano" en homenaje a su descubridor.

La principal hipótesis de ese modelo de Einstein sostenía que el desplazamiento de una partícula entre dos instantes es independiente de las posiciones anteriores que haya tenido, y que la ley de probabilidad que rige el movimiento de la partícula sólo depende de su distancia temporal.

Con estas hipótesis, Einstein llegó a demostrar que la función de distribución  $f$  de la posición de la partícula tenía que verificar la siguiente ecuación en derivadas parciales:

$$\frac{\partial f}{\partial t} = D \frac{\partial^2 f}{\partial x^2}$$

Donde  $x$  es la variable espacial,  $t$  la variable temporal y  $D$  es una constante apropiada.

Esta ecuación, que ya era conocida como la ecuación de difusión, se constituyó posteriormente en el modelo a través del cual, con algunos cambios de variables, se encuentran las soluciones a la ecuación de Black-Scholes-Merton.

De manera independiente a los descubrimientos anteriores, el 29 de marzo de 1900, Louis Bachelier defendió exitosamente para optar al Ph.D en la Universidad de la Sorbona su tesis "Theorie de la Spéculation". En ella propuso un movimiento *browniano* como modelo asociado a los precios de las acciones.

El objetivo del modelo de Bachelier era calcular el valor de opciones sobre acciones, y aunque fue un buen principio para esa valoración, la fórmula que dedujo estaba basada en supuestos no realistas; por una parte no consideraba la existencia del costo por intereses, y por el proceso estocástico (movimiento browniano) que utilizaba permitía que los precios de las acciones tomaran valores negativos. Esta fue una razón para que ese modelo fuera olvidado durante bastante tiempo.

Posteriormente, autores como Paul Samuelson y James Boness superaron algunas de los inconvenientes del modelo de Bachelier, asumiendo la existencia de tasas de interés y una distribución de probabilidad más realista para los precios de las acciones, que en lo principal eliminaba los valores negativos; además estos economistas consideraron que los inversores son adversos al riesgo, y que para que estén dispuestos a asumirlo debe existir de por medio un premio.

En 1960, Samuelson (premio Nobel de economía en 1970) propuso el movimiento browniano geométrico como modelo para los precios que están sujetos a incertidumbre. En 1964, Boness sugirió una fórmula cercana a la de Black-Scholes, pero que todavía contaba con una tasa de interés



desconocida, que Boness incluía como compensación por el riesgo asociado con el valor de la acción.

Para el modelo de Black-Scholes-Merton, el movimiento Browniano geométrico es el fundamento básico asociado a los movimientos de los precios. Pero además estos autores tuvieron en cuenta, y esto fue determinante, que el movimiento Browniano está asociado con la teoría matemática avanzada del cálculo de Ito, desarrollado por el matemático japonés Kiyosi Ito desde 1940, teoría que considera aspectos análogos a los del cálculo clásico de Newton y Leibniz, pero bajo condiciones aleatorias.

El modelo Black-Scholes-Merton para opciones reales es el siguiente:

$$C = S N(d_1) - X e^{-rT} N(d_2)$$

Donde:

$$d_1 = \frac{\ln(S/X) + (r + v/2)T}{v\sqrt{T}}$$
$$d_2 = d_1 - \sqrt{T}$$

Donde:

S: es el valor del activo subyacente

X: es el precio de ejercicio

r: es la tasa de interés libre de riesgo, compuesta de manera continua

T: es el número de períodos a la expiración de la opción (tiempo de maduración)

V: es la varianza anualizada a interés compuesto del retorno sobre el activo

$N(d_1)$  y  $N(d_2)$ : son las probabilidades normales acumuladas de las respectivas variables unitarias normales  $d_1$  y  $d_2$ .

Con la fórmula anterior se está valorando una opción de compra (call). Ahora, de acuerdo con el teorema de la paridad entre opciones de compra y de venta, una opción de venta sobre el mismo subyacente, que tiene los mismos períodos de maduración y precio de ejercicio, tendrá un precio equivalente a:

$$P = C - S + X e^{-rT}$$

Sustituyendo  $C$  en esta ecuación y despejando algebraicamente, se obtiene la fórmula de Black y Scholes correspondiente al precio de la opción de compra:

$$P = X e^{-rT} N(-d_2) - S N(-d_1)$$

Existen siete supuestos que limitan el uso del modelo de Black y Scholes en el análisis de opciones reales:

1. La opción considerar es de tipo europeo; solo se ejerce al vencimiento del período.
2. El modelo considera una sola fuente de incertidumbre; se descarta el uso de las opciones múltiples.
3. Considera un único activo subyacente riesgoso, por ende, se descarta el uso de opciones compuestas.
4. El activo no paga dividendos.
5. El precio de mercado corriente y el proceso estocástico que el subyacente sigue son conocidos (observables).
6. La varianza del retorno sobre el subyacente es constante en el tiempo.
7. El precio de ejercicio es constante y conocido.

Estas limitaciones obligan a que al aplicar este método al análisis de opciones reales, resulte necesario relajar al menos uno de los supuestos del modelo estándar de Black y Scholes.

Se debe además considerar que las fuentes de incertidumbre no son una, sino varias, que las acciones pagan dividendos, y que los precios aleatorios no son observables. Estos son factores que no se pueden omitir cuando se hace análisis de opciones reales.

Es por la limitación antes indicada que la ecuación de Black-Sholes se la presenta en este trabajo de Tesis de Grado exclusivamente por constituir la misma un fundamento de base dentro de los procesos de valoración de opciones. Es una lectura obligada, pero por las limitaciones que la fórmula tiene para la valoración de opciones reales no será utilizada en el desarrollo de los casos. Se aplicarán los métodos binomial y de simulación Montecarlo.

## 2.3. Opciones Reales

### 2.3.1. Introducción a las opciones reales

El desarrollo de la metodología de *Opciones Reales*, afirma Myers<sup>8</sup>, es un tema relativamente nuevo, desarrollado en la década de los 70, que proviene de la valoración de opciones sobre activos financieros (opciones financieras). Su estudio y aplicación formal en el ámbito de la evaluación económica de proyectos ha incorporado herramientas que permiten considerar la flexibilidad en el pronóstico de inversiones con alta incertidumbre, replicando para los activos no financieros o reales las técnicas desarrolladas en la teoría de Opciones Financieras.

“La diferencia fundamental de la evaluación de proyectos de inversión mediante Opciones Reales con respecto a la realizada mediante los métodos tradicionales, es la incorporación de la incertidumbre como un elemento que agrega valor al proyecto.” (Dixit, Pindyck, 1995).

Cuando la flexibilidad que tiene un proyecto es incluida en el análisis, el valor de este puede aumentar al considerar que en los escenarios favorables se aprovecharán al máximo las oportunidades que se presenten, mientras que en los escenarios desfavorables se racionalizará la posibilidad de evitar o disminuir pérdidas.

### 2.3.2. Uso de opciones reales para valorar alternativas de inversión.

El tradicional método del Valor Presente Neto<sup>9</sup> VPN establece que se debe aceptar la inversión si el valor presente neto de los flujos de caja generados por ésta es o positivo o mayor a la tasa de descuento libre de riesgo. Esta regla es válida cuando la oportunidad de inversión es del tipo "ahora o nunca", o cuando el proyecto de inversión es reversible en su totalidad.

---

<sup>8</sup> Ignacio Andrés Garrido, Alejandro Andalaft. Evaluación económica de proyectos de inversión basada en la teoría de opciones reales, 1999

<sup>9</sup> Carlos A. Gómez V, Un caso de estudio para evaluar alternativas de inversión, 2004

En la práctica, las inversiones no son reversibles en su totalidad. Tanto los preliminares como la puesta en marcha de un nuevo proyecto generalmente involucran costos hundidos, los cuales no son recuperados si el proyecto es abandonado.

Adicionalmente, si sólo se eligen proyectos en términos del VPN, no se estarán considerando las alternativas que existen en el entorno de la inversión y que pueden agregar valor a la misma.

Tampoco la técnica del VPN proporciona la flexibilidad necesaria a la gerencia en la toma de decisiones, pues no considera las alternativas de por invertir ahora, diferir la inversión, no invertir, o identificar oportunidades contingentes. Las anteriores limitaciones vuelven necesario el usar una metodología adicional y complementaria, como la de opciones reales, la cual como técnica de evaluación incorpora la flexibilidad y la incertidumbre a los escenarios estimados.

La metodología de las opciones reales no se limita a determinar el momento óptimo de invertir, sino que permite también evaluar cuantitativamente la flexibilidad de adaptar el proceso generador del negocio a los sucesos imprevistos, tales como la aparición de nuevos competidores y el desarrollo de nuevas tecnologías. Una vez recibida la nueva información, la gerencia de la empresa puede decidir expandir, contraer o alterar las diferentes etapas del proceso productivo, o incluso suspender la operación.

Tal como lo plantean Bierman y Smidt (1992):

“Se debe considerar un conjunto de estrategias, denominado VPNS (valor presente neto estratégico) el cual es igual a la suma del valor presente neto de los flujos del proyecto considerando la ponderación de las opciones que el mismo tiene.”

Un importante alcance de la metodología de opciones reales es que vincula directamente la planeación estratégica con las finanzas corporativas, con lo

que se complementa y amplía el enfoque para visualizar en el largo plazo los negocios.

“Desde la perspectiva de las opciones reales, la decisión de inversión constituye la primera de una prolongada cadena de subsiguientes elecciones y actuaciones que dirigen y moldean, en la medida de lo posible, los resultados del proyecto. (Kester, 1984).”

Existen diversos procedimientos para determinar y valorar las opciones reales implícitas en los proyectos. La mayoría de las empresas usan planteamientos cualitativos para ajustar el valor de las opciones reales en sus decisiones de inversión. Sin embargo, éstos no constituyen métodos científicos para estudiar la dinámica de un proyecto de inversión.

En la práctica, en especial en la cambiante economía mundial, lo normal es que dependiendo de lo que verdaderamente suceda en el futuro, el proyecto se deba modificar en aspectos tales como: la capacidad de planta, el precio de venta del producto, la cantidad producida, el tipo de proceso productivo, la maquinaria, tecnología e instalaciones, entre otros. Es a este proceso de considerar estas alternativas al que se le denomina “método de opciones reales. “

Muchas de las actividades que realizan los gerentes o los directivos financieros de las empresas tienen que ver con las opciones reales: proyectos de inversión que incluyen una opción de compra de equipos adicionales en el futuro (oportunidad de expansión o de crecimiento), la compra de un terreno contiguo para futuras ampliaciones de la fábrica, o la inversión en una nueva tecnología que le permita adelantarse a la competencia, son algunos de los ejemplos posibles.

Al considerar las opciones reales que existen o pueden existir en el entorno empresarial, los directivos pueden añadir valor a la empresa, trazando rutas que permitan el aumento de las ganancias o la reducción de las pérdidas.

Las empresas exitosas consideran no solamente el cumplimiento de los pronósticos, sino que evalúan qué oportunidades se pueden presentar como respuesta a las desviaciones sobre esos pronósticos, y consecuentemente adoptan una visión estratégica que reconoce el valor de la flexibilidad. Bajo esta filosofía estratégica, los directivos y gerentes contemplarán desde un inicio el que un proyecto tenga tanto la opción de expandirse si las previsiones resultan positivas, y la opción de contraer, modificar o abandonar la operación si las cosas van mal.

➤ La diferencia entre las opciones financieras y las opciones reales<sup>10</sup>

Opciones financieras (OF)	Opciones reales (OR)
Las OF se hacen sobre títulos que circulan en el mercado.	Las OR se hacen sobre activos no disponibles en el mercado.
El precio del activo es observable.	El precio del activo no es observable.
Las OF son, emitidas por agentes independientes y no por las empresas cuyas acciones son contingentes.	Las OR son creadas por los administradores de las empresas que controlan los activos objeto de la opción.
El agente que emite la opción no influye sobre las acciones (en términos de decisiones realizadas) de la empresa, ni sobre el valor de sus activos (acciones).	La administración de la empresa propietaria del activo dispone de éste a voluntad (derechos residuales de control).
El riesgo es completamente exógeno; la incertidumbre sobre la tasa de retorno del activo no puede ser manipulada por los agentes que compran/venden las OF.	Las acciones de la empresa que posee la OR pueden afectar las acciones de la competencia y modificar la incertidumbre asociada a la OR (propiedad monopolística, ejercer el derecho a realizar la inversión).

Cuadro 23 Fuente: Jaime H. Sierra G, *OR para decisiones de inversión*

➤ El principio de separación y las opciones reales

Un principio fundamental para la teoría de la toma de decisiones, especialmente en relación con los proyectos de inversión, es este principio,

<sup>10</sup> Juan Mascareñas, El método binomial de valoración de opciones, 2000.

que indica que los accionistas de una empresa coinciden unánimemente sin importar sus preferencias temporales y sin necesidad de votación; ni del establecimiento de reglas complicadas: en que la regla que la gerencia debe seguir en su nombre (el de los accionistas), consiste en realizar inversiones hasta que el retorno marginal sobre la última unidad monetaria invertida sea mayor o igual al costo de oportunidad del capital determinado por el mercado. Es decir, la regla de maximización de la utilidad en la inversión se puede separar de cualquier información referida a las funciones de utilidad individuales. Este principio garantiza que la gerencia realice su trabajo, que es el de incrementar la riqueza de los accionistas, siempre que no existan problemas de gestión. Este principio se aplica tanto a la regla del valor presente neto (VPN) como a las opciones reales.

El ejemplo más antiguo<sup>11</sup> de que se tiene noticia sobre el uso de los contratos de opciones proviene de la historia griega clásica. Aristóteles recogió el hecho de que Tales, el filósofo sofista que vivió en la isla mediterránea de Mileto, en una ocasión al leer las hojas de té interpretó los resultados como la predicción de una muy abundante cosecha de olivas para el año que corría. Así que Tales tomó los ahorros de toda su vida, que ciertamente no eran muchos, y negoció con los propietarios de las prensas de olivas para adquirir los derechos de alquilar las prensas al precio convencional durante la época de la cosecha. El pronóstico de Tales se cumplió, y la cosecha efectivamente excedió todas las expectativas.

Cuando los cultivadores de olivas acudieron a las prensas para extraer el aceite, Tales cobró a los productores el precio de mercado del alquiler de las mismas, precio que fue mucho más alto que el habitual como consecuencia de la gran demanda generada por la abundancia de la cosecha. Tales hizo de esta manera una pequeña fortuna.

Un ejemplo práctico sería el de una empresa minera que debe tomar una decisión sobre una concesión de explotación de una mina de plata válida hasta el final del próximo período. Se ha calculado que la mina contiene

---

<sup>11</sup> Jaime H. Sierra G., Opciones reales para las decisiones de inversión, 1997



aún dos millones de onzas troy del mineral que pueden ser extraídas durante el próximo año si el precio es suficientemente atractivo.

El precio actual es de ¢205 por onza, que está en alza pues hasta hace poco tiempo fue de ¢180 por onza. Se estima el precio para el próximo año en ¢200 por onza; los costos variables son ¢180, lo cual genera un beneficio de ¢20 por onza, considerando que los costos fijos adicionales son cero por ser esta una operación marginal.

La reapertura de la mina implica incurrir en un desembolso de \$450.000 por una vez. Con una tasa de descuento del 12% anual para el proyecto, el flujo de caja es negativo, y consecuentemente bajo la metodología tradicional no se asumiría la inversión.

Proyecciones de valor de la mina			
Año		0	1
Variables			
Costos de reapertura		\$ -450.000	
Retorno-venta de plata			\$ 400.000
<b>Factor de descuento</b>	<b>12%</b>	<b>1,00</b>	<b>1,12</b>
Valor presente		\$ -450.000	\$ 357.143
<b>Valor presente neto</b>			<b>\$ -92.857</b>

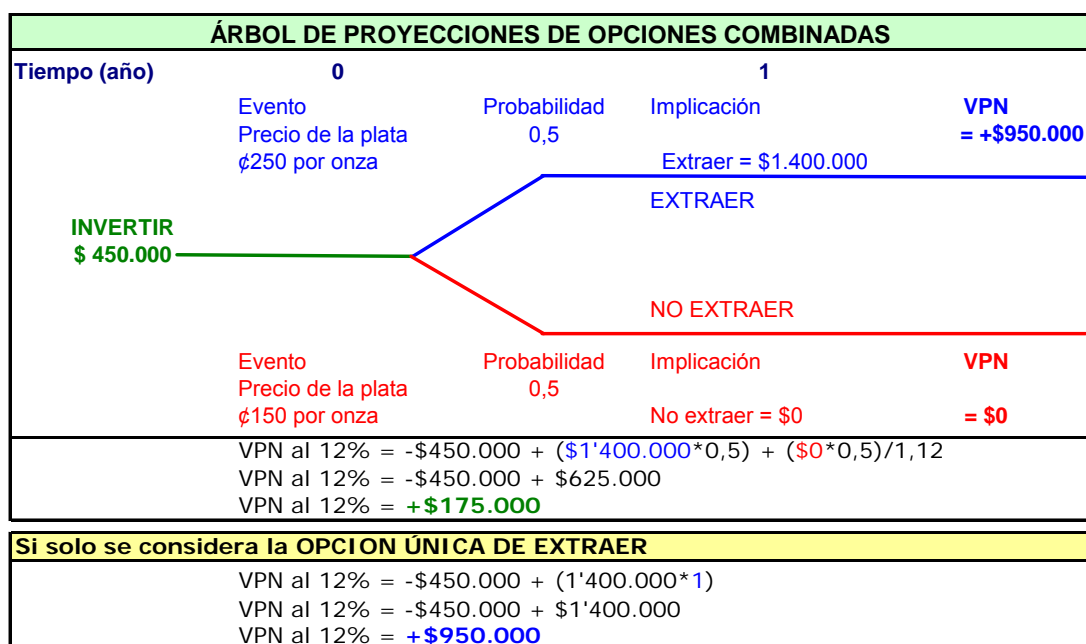
Fuente: adaptado de Copeland y Antikarov (2001)

#### Cuadro 24

Se analizará el ejemplo considerando las opciones que existen, esto es (1) la de explotar la mina si el precio es suficientemente alto o (2) de no hacerlo si el precio es muy bajo.

Se asume que el precio de ¢200 por onza es el punto medio de dos estimativos extremos (de ¢250 por onza y ¢150 por onza) que tienen un factor probabilístico del 50% asociado a cada uno. Conociendo que los costos variables de extracción son de ¢180 por onza, resulta evidente que ninguna empresa que busque un beneficio ingresará en el proyecto si el precio de mercado es de ¢150 por onza, pero si el precio aumenta a ¢250 sí resulta interesante hacerlo.

Para evaluar las posibilidades, se construye el siguiente árbol de proyecciones de opciones combinadas:



Fuente: Adaptado de Copeland y Antikarov, 2001

### Cuadro 25

En el anterior árbol de proyecciones de opciones combinadas se consideran los precios extremos de ¢250 por onza y ¢150 por onza, así como la posibilidad de no seguir adelante con la extracción. Bajo este enfoque, combinando los dos flujos de caja y aplicando la probabilidad de cada alternativa (opción) al proyecto, el VPN esperado será positivo, en \$175.000.

La diferencia entre el VPN de la Tabla 1 y del Esquema 1 radica en que en el segundo caso se considera la opción de no extraer el mineral si el precio de mercado no permite obtener un beneficio. Este nuevo enfoque para evaluar la decisión hacia el proyecto, proporciona una nueva capacidad para cambiar la dirección de una inversión en respuesta al apareamiento de nueva información.

Es esta nueva capacidad de visualizar las alternativas la que puede proporcionar incrementos significativos de valor al evaluar un proyecto. Es por esta condición que valor se da hoy gran importancia al método de

opciones reales, ya que este permite considerar alternativas flexibles desde la misma fase de concepción del proyecto.

La óptica de analizar los proyectos considerando opciones flexibles surge al identificar el gran potencial que existe en descomponer<sup>12</sup> los grandes proyectos en sus componentes básicos, cuando existe un ambiente de gran incertidumbre.

Con la aplicación de este enfoque hacia medir el rendimiento y el riesgo de un proyecto, el análisis se realiza de una manera integral y completa, de forma que las conclusiones pueden presentar alternativas diferentes a las identificadas por el método económico determinístico tradicional.

Las siguientes son las posibles decisiones que se pueden incorporar al análisis bajo la metodología de opciones reales:

- ◆ La secuencia de etapas a seguir para ampliar o contraer la capacidad operativa de un negocio.
- ◆ La alternativa de adquirir un producto en lugar de fabricarlo, a fin de reducir los costos.
- ◆ Desde el punto de vista de la planificación de los recursos humanos, cómo equilibrar el personal contratado a tiempo completo en relación a las horas extras y al personal a tiempo parcial.
- ◆ Cómo comparar alquileres u otras operaciones que imponen diversos tipos de restricciones.
- ◆ En qué momento detener las operaciones de un activo generador de renta, y cuándo volver a reactivarlas.
- ◆ Cuándo y cómo renunciar a la propiedad o gestión de un activo.
- ◆ La máxima inversión a realizar en investigación de un proyecto.

---

<sup>12</sup>

Juan Mascareñas, La filosofía de las opciones reales, 2004

- El precio adecuado para adquirir o vender patentes tecnológicas o franquicias.
- El precio correcto para adquirir o vender una marca
- Desde el punto de vista de los gobiernos, cómo diseñar políticas e incentivos que no causen comportamientos económicamente inadecuados de los negocios.
- Cómo calcular el costo de obtener la información necesaria para operar en un mercado desconocido

### 2.3.3. Tipos de opciones reales

#### a) Opción de Crecimiento

“Las opciones de expansión recogen la posibilidad de incluir, dentro de un proyecto de inversión, oportunidades de inversión adicionales y discrecionales ligadas en ese momento a la vida del proyecto. Estas oportunidades incluirán, entre otras, aumentar la capacidad, introducir nuevos productos, adquirir otras empresas o incrementar los presupuestos en publicidad, investigación y programas de desarrollo comercial (García Machado, 2001) “

La utilidad principal al considerar las opciones de crecimiento radica en que dicha alternativa se incorpora al presupuesto de fondos para inversiones, y por ende se considera explícitamente en la planificación estratégica a largo plazo.

Siendo que las decisiones de inversión de hoy pueden constituir la base para las decisiones de inversión de mañana, las asignaciones de fondos realizadas en un año cualquiera son pasos indispensables para el logro final de los objetivos estratégicos.

“En la opción de crecimiento se considera la posibilidad de realizar inversiones adicionales si las cosas funcionan bien en una primera inversión. Estas inversiones adicionales le permiten a la empresa capitalizar estados favorables de evolución de las actividades de negocio; se debe considerar que estas inversiones

adicionales se llevarán a cabo solamente si los resultados son convenientes en las etapas previas. La analogía con opciones financieras estará dada por el derecho de compra. (Dapena, 2001)”

El siguiente es un caso de ejemplo:

Un inversionista analiza la oportunidad de invertir en la compra de un centro de parqueos. El negocio produce \$ 15.000 anuales de ingreso neto, y al final del sexto año su precio de venta se estima en \$120.000, que es el valor residual al cual se vendería el negocio al final del período.

ESCENARIO DE ESPERA							
<b>Tasa de descuento</b>	<b>12%</b>	<b>TIR</b>	<b>17,2%</b>		<b>VAN</b>	<b>\$ 20.060</b>	
<b>Período</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Valor de los flujos</b>	<b>-100.000</b>	<b>15.000</b>	<b>15.000</b>	<b>15.000</b>	<b>15.000</b>	<b>15.000</b>	<b>15.000</b>
<b>Inversión adicional</b>							
<b>Valor residual</b>							<b>120.000</b>
<b>TOTAL</b>	<b>-100.000</b>	<b>15.000</b>	<b>15.000</b>	<b>15.000</b>	<b>15.000</b>	<b>15.000</b>	<b>135.000</b>

Cuadro 26 Fuente: elaboración propia

El VAN es \$20.060 y el TIR es de 17,2%.

El inversionista considera además la opción de crecimiento, que requiere de una inversión de \$ 10.000 realizada el año 1, con lo cual la capacidad del parqueadero se incrementaría, permitiendo que a partir del segundo año los ingresos netos suban de \$ 15.000 a \$ 20.000. Bajo este modelo, el valor residual sería de \$ 130.000 al final del período.

ESCENARIO DE CRECIMIENTO							
<b>Tasa de descuento</b>	<b>12%</b>	<b>TIR</b>	<b>19,4%</b>		<b>VAN</b>	<b>\$ 30.980</b>	
<b>Período</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Valor de los flujos</b>	<b>-100.000</b>	<b>15.000</b>	<b>20.000</b>	<b>20.000</b>	<b>20.000</b>	<b>20.000</b>	<b>20.000</b>
<b>Inversión adicional</b>		<b>-10.000</b>					
<b>Valor residual</b>							<b>130.000</b>
<b>TOTAL</b>	<b>-100.000</b>	<b>5.000</b>	<b>20.000</b>	<b>20.000</b>	<b>20.000</b>	<b>20.000</b>	<b>150.000</b>

Cuadro 27 Fuente: elaboración propia

El VAN sería de \$30.980 y el TIR de 19,4% de ejercerse esta opción.

Aplicando el método binomial, estas opciones pueden combinarse para estimar el valor probable de la inversión considerando las alternativas que están presentes, es decir las opciones reales propiamente dichas.

Se le asigna un 50% de probabilidad a la opción de permanencia y el otro 50% a la opción de crecimiento.

<b>OPCIÓN 1: ESCENARIO DE ESPERA</b>							
Período	0	1	2	3	4	5	6
Valor de los flujos	-100.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	135.000
Probab.	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
V. prob.	-50.000	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	67.500

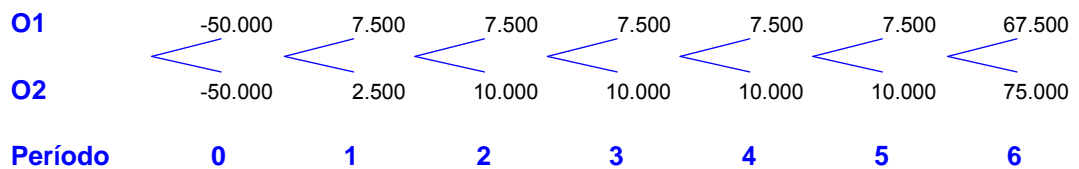
Cuadro 28 Fuente: elaboración propia

<b>OPCIÓN 2: ESCENARIO DE CRECIMIENTO</b>							
Período	0	1	2	3	4	5	6
Valor de los flujos	-100.000	5.000	20.000	20.000	20.000	20.000	150.000
Probab.	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
V. prob.	-50.000	2.500	10.000	10.000	10.000	10.000	75.000

Cuadro 29 Fuente: elaboración propia

De manera que se obtiene un pronóstico más bien matemático, ya que se asigna una ponderación equivalente.

El siguiente es el árbol binomial:



Y se determina la probabilidad combinada siguiente:

<b>COMBINACIÓN de ESCENARIOS</b>							
Período	0	1	2	3	4	5	6
F. comb.	-100.000	10.000	17.500	17.500	17.500	17.500	142.500
VAN							25.520
TIR							18,30%

Cuadro 30 Fuente: elaboración propia

Con un VAN positivo y una TIR significativamente mayor que el costo de oportunidad de 12%, con lo cual el proyecto se acepta.

La posibilidad de ampliar la producción o la escala operativa de un proyecto si las condiciones son favorables, es una opción real equivalente a una opción de compra americana, ya que bajo esta modalidad esta se puede ejercer antes del vencimiento del plazo, réplica de la posibilidad que tiene quien realiza la inversión de crecimiento si la evolución dentro del término del mismo es favorable.

Debido a que la opción de expansión proporciona la posibilidad de realizar inversiones adicionales si las condiciones son favorables, un proyecto que pueda ampliarse vale más que el mismo proyecto sin esa posibilidad.

#### **b) Opción de Espera**

En este tipo de opciones se considera la flexibilidad de esperar para una decisión de inversión o de asignación de recursos, hasta que la incertidumbre se disipe y la inversión se vuelva aconsejable. Invertir apuradamente se asemejaría a realizar una apuesta. Si existe la posibilidad de esperar y evaluar cómo evoluciona la incertidumbre, resulta prudente hacerlo a cambio de un pago, que equivale al pago de la prima por la compra de la opción. La analogía con opciones financieras está dada por el derecho de compra del activo en el caso de la opción financiera, y por el derecho de realizar la inversión en el caso de la opción real.

La opción de diferir o esperar a que las circunstancias sean más favorables en el futuro se produce cuando el inversionista puede estar dispuesto a asumir costos e incluso pagar por la opción de posponer un proyecto, como es el caso real de pagar una cuota de reserva para la compra de un activo dentro de un plazo determinado.

El ejemplo de este caso podría ser:

Un inversionista considera la compra de un lote de terreno con un galpón en una zona industrial, para ser arrendado como bodegas. Evaluando las posibilidades de la inversión, se determina que existen dos opciones:

- La primera, que el interesado en vender está dispuesto a fijar durante un año el precio en \$110.000 por lote con galpón a cambio de que el comprador suscriba una promesa de compra venta sobre dicho lote y realice el pago de una cuota de reserva de \$10.000. Al término del año de plazo, el inversionista paga \$100.000 adicionales para completar el precio de compraventa, o si no lo hace, pierde los \$10.000 inicialmente abonados.
- La segunda opción es que el inversionista no celebre la promesa de compraventa, y realice la compra una vez transcurrido el plazo de un año para partir del segundo comenzar a arrendar las bodegas. Está prevista una plusvalía del 9% durante el año, de manera que el pronóstico es que el lote con galpón valga \$120.000 transcurrido ese plazo.

El inversionista realiza los cálculos financieros necesarios sobre los dos escenarios posibles:

Se considera una tasa de descuento del 12%, que es el costo al cual el banco le presta para realizar la inversión. La proyección de plusvalía es que el lote con galpón podría valer \$170.000 al final del sexto año.

FIJAR EL PRECIO A CAMBIO DE UNA CUOTA DE RESERVA							
<b>Tasa de descuento</b>	<b>12%</b>	<b>TIR</b>	<b>20,3%</b>		<b>VAN</b>	<b>\$ 31.410</b>	
<b>Período</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Valor de los flujos</b>	<b>-10.000</b>	<b>-100.000</b>	<b>15.018</b>	<b>15.018</b>	<b>15.018</b>	<b>15.018</b>	<b>15.018</b>
<b>Valor residual</b>							<b>170.000</b>
<b>TOTAL</b>	<b>-10.000</b>	<b>-100.000</b>	<b>15.018</b>	<b>15.018</b>	<b>15.018</b>	<b>15.018</b>	<b>185.018</b>

Cuadro 31 Fuente: elaboración propia

El valor actual neto de la inversión para el primero escenario es de \$31.410, con una tasa interna de retorno TIR del 20,3%.



ESPERAR PARA COMPRAR EL PRÓXIMO AÑO							
<b>Tasa de descuento</b>	<b>12%</b>	<b>TIR</b>	<b>18,3%</b>		<b>VAN</b>	<b>\$ 24.395</b>	
<b>Período</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Valor de los flujos</b>		-120.000	15.018	15.018	15.018	15.018	15.018
<b>Valor residual</b>							<b>170.000</b>
<b>TOTAL</b>	<b>-</b>	<b>-120.000</b>	<b>15.018</b>	<b>15.018</b>	<b>15.018</b>	<b>15.018</b>	<b>185.018</b>

Cuadro 32 Fuente: elaboración propia

El valor actual neto de la inversión para el segundo escenario es de \$24.395, con una tasa interna de retorno TIR del 18,3%.

Aplicando el método binomial, la combinación presenta los siguientes escenarios posibles:

1. A la opción de no comprar al activo, y consecuentemente perder la cuota de reserva, se le asigna un 10% de probabilidad, considerando el supuesto de que el análisis de la industria y la situación macroeconómica del sector son favorables. Por lo tanto, Para el período 0 existe un 90% de certeza, la contrapartida del escenario anterior que contempla el 10% de probabilidad de perder la cuota de entrada.

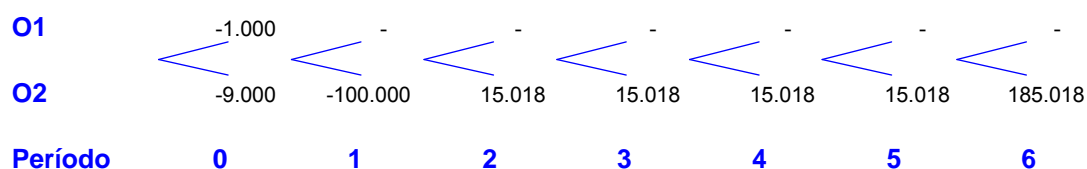
OPCIÓN 1: PERDER LA CUOTA DE RESERVA							
<b>Período</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Valor de los flujos</b>	-10.000	-	-	-	-	-	-
<b>Probab.</b>	<b>10%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
<b>V. prob.</b>	<b>-1.000</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

Cuadro 33 Fuente: elaboración propia

2. Para el período 1 al 6, existe el 100% de certeza, considerando como un hecho cierto el pago de la cuota de reserva y posterior compra del activo al precio pactado.

OPCIÓN 2: FIJAR EL PRECIO A CAMBIO DE UNA CUOTA DE RESERVA							
<b>Período</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Valor de los flujos</b>	-10.000	-100.000	15.018	15.018	15.018	15.018	185.018
<b>Probab.</b>	<b>90%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>
<b>V. prob.</b>	<b>-9.000</b>	<b>-100.000</b>	<b>15.018</b>	<b>15.018</b>	<b>15.018</b>	<b>15.018</b>	<b>185.018</b>

Cuadro 34 Fuente: elaboración propia



Luego de lo cual se obtiene el siguiente árbol de decisión mediante la aplicación del método binomial:

Y Así se determina la probabilidad combinada siguiente:

COMBINACIÓN							
Período	0	1	2	3	4	5	6
F. comb.	-10.000	-100.000	15.018	15.018	15.018	15.018	185.018
VAN							31.410
TIR							20,32%

Cuadro 35 Fuente: elaboración propia

Con un VAN positivo y una TIR muy por encima del costo de oportunidad del 12%.

A este escenario de combinación se lo compara con lo opción 3, la cual tendría los siguientes VAN y TIR:

OPCIÓN 3: COMPRAR EL PRÓXIMO AÑO							
Período	0	1	2	3	4	5	6
F. comb.	-	-120.000	15.018	15.018	15.018	15.018	185.018
VAN							24.395
TIR							18,30%

Cuadro 36 Fuente: elaboración propia

Concluyéndose que la opción combinada resulta más conveniente al tener una TIR y un VAN superiores, con lo cual se tomaría la decisión de comprar la opción de espera, esto es pagar los \$10.000 de cuota de reserva del lote y galpón.

### c) Opción de contraer<sup>13</sup>

Si las condiciones del mercado resultan menos favorables que las esperadas, la gerencia puede operar por debajo de la capacidad instalada o incluso reducir la escala de operaciones vendiendo parte de la inversión en activos.

Esta flexibilidad para racionalizar las pérdidas es similar a una opción de venta bajo la modalidad americana, en la cual la venta se ejerce si la cotización del activo financiero disminuye con relación a la expectativa original. La analogía con la opción real de contraer, es que en este caso disminuye el valor presente neto de la inversión, lo que obliga a la gerencia a considerar alternativas (opciones) para racionalizar la disminución en el valor actual neto del flujo de caja inicialmente previsto.

Un caso de ejemplo de esta posibilidad es el siguiente:

El directorio de la empresa NACIONAL DE ALIMENTOS S.A. analiza una inversión de \$100.000 para adquirir una planta de embutidos bajo las siguientes premisas de flujo de caja:

ESCENARIO PROBABLE: CRECIMIENTO NORMAL							
Tasa de descuento	12%	TIR	14,3%		VAN	\$ 9.047	
Período	0	1	2	3	4	5	6
Valor de los flujos	-100.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000
Venta de activos							
Valor residual							120.000
TOTAL	-100.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	132.000

Cuadro 37 Fuente: elaboración propia

Flujos que le generaban un retorno de \$9.047 en valor presente neto de la inversión, con un TIR del 14,3%.

<sup>13</sup> Alejandro Bustamante, Opciones Reales, UCEMA - ITBA, 2005.

Una simulación de una disminución súbita de la demanda determinó que si el precio de venta descienda de manera drástica en un 33%, el escenario sería el siguiente:

ESCENARIO DE ESPERA							
Tasa de descuento	12%	TIR	10,6%		VAN	-\$ 5.637	
Período	0	1	2	3	4	5	6
Valor de los flujos	-100.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Venta de activos							
Valor residual							120.000
<b>TOTAL</b>	<b>-100.000</b>	<b>8.000</b>	<b>8.000</b>	<b>8.000</b>	<b>8.000</b>	<b>8.000</b>	<b>128.000</b>

Cuadro 38 Fuente: elaboración propia

La empresa realizaría una pérdida de \$5.637, equivalente al %5,65% del valor de la inversión si no se adopta ninguna acción para reducir o racionalizar las pérdidas.

La gerencia analiza una opción para racionalizar las pérdidas: vender durante el primer año uno de los equipos componentes de la planta, cuya ausencia dentro de la misma ocasionaría una disminución de los ingresos por ventas de \$8.000 a \$7.300 a partir del segundo año. La venta de este equipo le produciría a cambio un ingreso de \$12.000 durante el año 1.

ESCENARIO DE CONTRACCIÓN							
Tasa de descuento	12%	TIR	11,9%		VAN	-\$ 344	
Período	0	1	2	3	4	5	6
Valor de los flujos	-100.000	8.000	7.300	7.300	7.300	7.300	7.300
Venta de activos		12.000					
Valor residual							115.000
<b>TOTAL</b>	<b>-100.000</b>	<b>20.000</b>	<b>7.300</b>	<b>7.300</b>	<b>7.300</b>	<b>7.300</b>	<b>122.300</b>

Cuadro 39 Fuente: elaboración propia

Con lo cual el valor de la pérdida en este escenario alternativo es de \$344, menor que los \$5.637 que se perderían en el escenario de permanencia, es decir si no se adopta ninguna acción correctiva en el evento de que se

produjese la disminución del flujo de caja por la desviación del mismo sobre el escenario original.

Aplicando el método binomial, la combinación presenta los siguientes escenarios posibles:

<b>OPCIÓN 1: ESCENARIO PROBABLE: CRECIMIENTO NORMAL</b>							
Período	0	1	2	3	4	5	6
Valor de los flujos	-100.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	132.000
Probab.	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
V. prob.	-50.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	66.000

Cuadro 40 Fuente: elaboración propia

Al escenario probable se le asigna un 50% de probabilidad de ocurrencia, luego del análisis de la industria y del sector.

<b>OPCIÓN 2: OPCIÓN DE ESPERA</b>							
Período	0	1	2	3	4	5	6
Valor de los flujos	-100.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	128.000
Probab.	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%
V. prob.	-30.000	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	38.400

Cuadro 41 Fuente: elaboración propia

La opción de espera en el escenario malo recibe un 30% de probabilidad, luego del análisis de que en el evento de que ocurra este escenario los directivos podrían considerar mantener las cosas como están en espera de que los precios, y consiguientemente los ingresos, se recuperen durante el período de inversión.

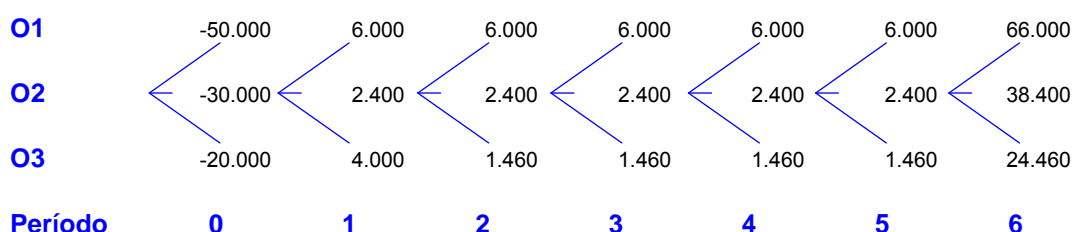
<b>OPCIÓN 3: OPCIÓN DE CONTRACCIÓN</b>							
Período	0	1	2	3	4	5	6
Valor de los flujos	-100.000	20.000	7.300	7.300	7.300	7.300	122.300
Probab.	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
V. prob.	-20.000	4.000	1.460	1.460	1.460	1.460	24.460

Cuadro 42 Fuente: elaboración propia

La opción de contracción recibe un 20% de probabilidad, menor que el 30% de la opción de permanencia, pese a tener un resultado comparativamente

mejor que esta. Esta aparente inconsistencia en la asignación de probabilidades se explica cómo se indicó anteriormente, en que se prevé que los directivos tendrían una inclinación hacia la permanencia de la capacidad de planta en espera de que los precios e ingresos se recuperen.

Con lo cual al árbol binomial obtenido será:



Y la combinación de probabilidad de las opciones será:

COMBINACIÓN							
Período	0	1	2	3	4	5	6
F. comb.	-100.000	12.400	9.860	9.860	9.860	9.860	128.860
VAN							2.764
TIR							12,72%

Cuadro 43 Fuente: elaboración propia

Con un VAN positivo y una TIR apenas mayor que el costo de oportunidad. En todo caso el proyecto es aceptable.

#### d) Opción de Abandono

Esta opción surge cuando los directivos consideran elegir determinados proyectos que siendo menos rentables que otros, tienen la ventaja de su mayor flexibilidad. Por ejemplo, en el uso de diferentes tecnologías, localizaciones de planta, o la posibilidad de liquidar el proyecto en cualquier momento por un valor de venta superior a lo que se esperaría obtener si se continúa con su explotación. Bajo estos supuestos, el valor de esa mayor flexibilidad puede tratarse como si fuera una opción de venta.

La razón económica del abandono de un proyecto es la misma que la de la inversión. Se debe desinvertir cuando el proyecto no se justifique económicamente. Si el proyecto ya no es rentable, la empresa recortará

sus pérdidas y ejercerá la opción de abandonar el proyecto. Esta opción real de liquidación representa una especie de póliza de seguro y es formalmente equivalente a una opción de venta americana con un precio de ejercicio igual al valor de venta del proyecto.

Como ejemplo para esta opción se utilizará el mismo escenario que se analizó en la anterior opción de contraer, en el cual se considera que en el evento de que se produzca una drástica reducción de la demanda, los ingresos se reduzcan de \$12.000 a \$8.000 durante el primer año, y luego continúen reduciéndose a razón de \$500 a partir del segundo año.

ESCENARIO PROBABLE							
<b>Tasa de descuento</b>	<b>12%</b>	<b>TIR</b>	<b>14,3%</b>		<b>VAN</b>	<b>\$ 9.047</b>	
<b>Período</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Valor de los flujos</b>	<b>-100.000</b>	<b>12.000</b>	<b>12.000</b>	<b>12.000</b>	<b>12.000</b>	<b>12.000</b>	<b>12.000</b>
<b>Venta de activos</b>							
<b>Valor residual</b>							<b>120.000</b>
<b>TOTAL</b>	<b>-100.000</b>	<b>12.000</b>	<b>12.000</b>	<b>12.000</b>	<b>12.000</b>	<b>12.000</b>	<b>132.000</b>

Cuadro 44 Fuente: elaboración propia

Para Considerando la reducción progresiva de precios el pronóstico indica que el valor residual al final del período de inversión sería de \$100.000, con lo cual al valor actual de los flujos arroja una pérdida de \$18.670, esto es el 18,7% del capital invertido.

Esta situación hace necesario el siguiente análisis por parte de la gerencia:

ESCENARIO DE ESPERA							
<b>Tasa de descuento</b>	<b>12%</b>	<b>TIR</b>	<b>6,8%</b>		<b>VAN</b>	<b>-\$ 18.670</b>	
<b>Período</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Valor de los flujos</b>	<b>-100.000</b>	<b>8.000</b>	<b>7.500</b>	<b>7.000</b>	<b>6.500</b>	<b>6.000</b>	<b>5.500</b>
<b>Venta de activos</b>							
<b>Valor residual</b>							<b>100.000</b>
<b>TOTAL</b>	<b>-100.000</b>	<b>8.000</b>	<b>7.500</b>	<b>7.000</b>	<b>6.500</b>	<b>6.000</b>	<b>105.500</b>

Cuadro 45 Fuente: elaboración propia

La opción de abandonar el proyecto en el segundo año, mucho antes del período de seis años previsto originalmente para la inversión, pronostica una pérdida \$2.833, cifra bastante menor que la que se produciría de continuar operando en un escenario de ingresos en progresión descendiente, como sucede según el escenario de permanencia.

ESCENARIO DE ABANDONO							
<b>Tasa de descuento</b>	<b>12%</b>	<b>TIR</b>	<b>10,1%</b>		<b>VAN</b>	<b>-\$ 2.833</b>	
<b>Período</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Valor de los flujos</b>	<b>-100.000</b>	<b>8.000</b>	<b>7.500</b>				
<b>Venta de activos</b>			<b>105.000</b>				
<b>Valor residual</b>							
<b>TOTAL</b>	<b>-100.000</b>	<b>8.000</b>	<b>112.500</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	

Cuadro 46 Fuente: elaboración propia

Aplicando el método binomial, la combinación presenta los siguientes escenarios posibles:

OPCIÓN 1: ESCENARIO PROBABLE							
<b>Período</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Valor de los flujos</b>	<b>-100.000</b>	<b>12.000</b>	<b>12.000</b>	<b>12.000</b>	<b>12.000</b>	<b>12.000</b>	<b>132.000</b>
<b>Probab.</b>	<b>50%</b>	<b>50%</b>	<b>50%</b>	<b>50%</b>	<b>50%</b>	<b>50%</b>	<b>50%</b>
<b>V. prob.</b>	<b>-50.000</b>	<b>6.000</b>	<b>6.000</b>	<b>6.000</b>	<b>6.000</b>	<b>6.000</b>	<b>66.000</b>

Cuadro 47 Fuente: elaboración propia

Al escenario probable se le asigna un 50% de probabilidad de ocurrencia, considerando el análisis de la industria y del sector.

OPCIÓN 2: ESCENARIO DE ESPERA							
<b>Período</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Valor de los flujos</b>	<b>-100.000</b>	<b>8.000</b>	<b>7.500</b>	<b>7.000</b>	<b>6.500</b>	<b>6.000</b>	<b>105.500</b>
<b>Probab.</b>	<b>30%</b>	<b>30%</b>	<b>30%</b>	<b>30%</b>	<b>30%</b>	<b>30%</b>	<b>30%</b>
<b>V. prob.</b>	<b>-30.000</b>	<b>2.400</b>	<b>2.250</b>	<b>2.100</b>	<b>1.950</b>	<b>1.800</b>	<b>31.650</b>

Cuadro 48 Fuente: elaboración propia

La opción de permanencia en el escenario malo recibe un 30% de probabilidad, luego del análisis de que en el evento de que ocurra este escenario los directivos se inclinarían a mantener las cosas como están en



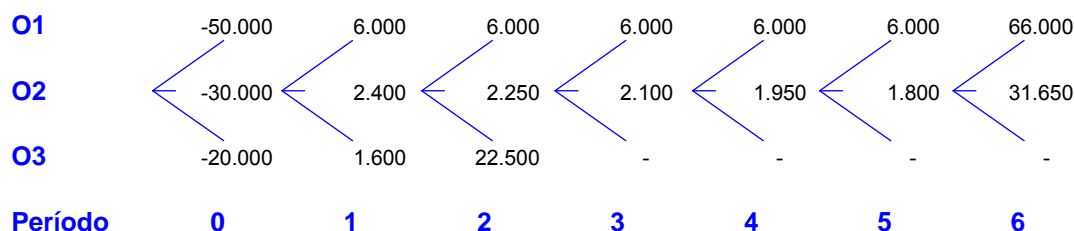
espera de que los precios, y consiguientemente los ingresos, se recuperen durante el período de inversión.

OPCIÓN 3: ESCENARIO DE ABANDONO							
Período	0	1	2	3	4	5	6
Valor de los flujos	-100.000	8.000	112.500	-	-	-	-
Probab.	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
V. prob.	-20.000	1.600	22.500	-	-	-	-

Cuadro 49 Fuente: elaboración propia

La opción de abandono recibe un 20% de probabilidad, menor que el 30% de la opción de permanencia, pese a tener un resultado comparativamente mejor que esta. La explicación es que se pronostica que los directivos privilegiarían la permanencia de la planta en espera de que los precios e ingresos se recuperen, frente a vender la misma y consecuentemente abandonar la inversión, el negocio y sus cargos.

El árbol binomial sería el siguiente:



Con el siguiente resultado de la combinación analizada:

COMBINACIÓN							
Período	0	1	2	3	4	5	6
F. comb.	-100.000	10.000	30.750	8.100	7.950	7.800	97.650
VAN							-1.644
TIR							11,51%

Cuadro 50 Fuente: elaboración propia

Donde se determina que la inversión prevista de esta forma, tiene un VAN negativo, con lo cual no se debería adoptar la decisión de invertir.

Se debe tener en cuenta que algunos activos se pueden liquidar más fácilmente que otros. Por ejemplo, los activos tangibles son, normalmente, más fáciles de vender que los intangibles. La existencia, o no, de un mercado de segunda mano, la estandarización de los equipos, el posicionamiento de marca de los activos vendidos, los costos de desmontaje y otros factores similares se deben considerar para tomar la opción.

El valor total de un proyecto debe tener en cuenta su valor de abandono, el cual no se conoce en el momento de su evaluación inicial, sino que depende de su evolución futura.

Existen dos importantes cuestiones a considerar en el análisis del valor de abandono:

6. La conveniencia de considerar esta alternativa en la decisión original de inversión.
7. Establecer el momento o intervalo de tiempo en el que el valor de abandono alcanza su máximo y mínimo valores presentes.

Como analogía de esta opción real con las opciones financieras, el valor total del proyecto serían sus flujos de caja más el valor de la opción de venta. Cuando el valor presente del proyecto disminuye por debajo del valor de liquidación, el acto de abandonar o de vender el proyecto es equivalente al ejercicio de la opción de venta. Una vez establecido que el valor de liquidación del proyecto tiene un precio superior al valor de éste como flujo de negocios en marcha, el ejercicio de la opción es conveniente por ser la alternativa que produce menores pérdidas. Consecuentemente, un proyecto en el que se ha considerado y evaluado la opción de que sea liquidado vale más que el mismo proyecto sin la posibilidad de abandono.

El momento óptimo no es conocido cuando se emprende el proyecto, sino que dependerá de su posterior evolución. Hay veces en que es más ventajoso abandonar un proyecto que seguir con él (aún cuando su VAN siga siendo positivo). Se debe considerar que el análisis del VAN

presupone, implícitamente, que se mantendrá el proyecto hasta el final del horizonte de tiempo.

La regla tradicional de la decisión de abandono consiste en que un proyecto debería ser desechado en el momento en el cual el valor de abandono sea superior al valor presente de los restantes flujos de caja. Por esto, la regla adecuada de abandono consiste en determinar la combinación de flujos de caja por operaciones restantes y el valor futuro de abandono que tengan un mayor VPN esperado.

#### e) **Opción de Intercambio**

Esta opción se aplica cuando existen proyectos que permiten la sustitución total o parcial de sus elementos constitutivos, ya sea en el campo de la tecnología a utilizarse, de las características de la maquinaria o del proceso productivo, o del suministro de insumos y de fuentes de energía para movilizar la producción.

La sustitución de la tecnología mecánica por la tecnología digital en empresas que operan en el negocio de suministro de información es un ejemplo de esta posibilidad. Las empresas que se ven forzadas a sustituir las fuentes de energía de combustible fósil por fuentes alternativas cuando el precio del primero alcanza niveles prohibitivos, a fin de continuar participando en el negocio, so pena de salir del mismo.

En estos casos se debe considerar y analizar detenidamente cual es el efecto económico en el flujo de caja de que tales posibilidades se presenten durante el período de la inversión analizada.

El siguiente caso e ejemplo supone una planta de extracción de resina de árbol, ubicada en un lugar carente de energía eléctrica proveniente la generación hidroeléctrica, y que consecuentemente debe utilizar plantas generadoras termoeléctricas movidas con combustible fósil.

La empresa considera que existe la posibilidad de que los precios del combustible fósil se disparen, y consecuentemente analiza la opción real de que durante el período de inversión se deba sustituir la provisión de energía termoeléctrica por energía alternativa proveniente de la quema de bagazo.

El escenario probable es el siguiente:

ESCENARIO PROBABLE							
<b>Tasa de descuento</b>	<b>12%</b>	<b>TIR</b>	<b>14,3%</b>		<b>VAN</b>	<b>\$ 9.047</b>	
<b>Período</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Valor de los flujos</b>	<b>-100.000</b>	<b>12.000</b>	<b>12.000</b>	<b>12.000</b>	<b>12.000</b>	<b>12.000</b>	<b>12.000</b>
<b>Venta de activos</b>							
<b>Valor residual</b>							<b>120.000</b>
<b>TOTAL</b>	<b>-100.000</b>	<b>12.000</b>	<b>12.000</b>	<b>12.000</b>	<b>12.000</b>	<b>12.000</b>	<b>132.000</b>

Cuadro 51 Fuente: elaboración propia

Se considera que en el evento de que se produzca un fuerte crecimiento de los costos del combustible fósil a partir del primer período, estos pueden representar un incremento del costo de \$4.000 anuales, y por ende una reducción de ingresos por idéntico valor, con lo cual el escenario de valor del proyecto sería el siguiente:

ESCENARIO DE ESPERA							
<b>Tasa de descuento</b>	<b>12%</b>	<b>TIR</b>	<b>8,0%</b>		<b>VAN</b>	<b>-\$ 14.684</b>	
<b>Período</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Valor de los flujos</b>	<b>-100.000</b>	<b>8.000</b>	<b>8.000</b>	<b>8.000</b>	<b>8.000</b>	<b>8.000</b>	<b>8.000</b>
<b>Venta de activos</b>							
<b>Valor residual</b>							<b>100.000</b>
<b>TOTAL</b>	<b>-100.000</b>	<b>8.000</b>	<b>8.000</b>	<b>8.000</b>	<b>8.000</b>	<b>8.000</b>	<b>108.000</b>

Cuadro 52 Fuente: elaboración propia

Esta situación hace necesario el análisis por parte de la gerencia de una opción de intercambio de la fuente de suministro de energía, escenario que requeriría la compra de un activo por \$30.000 durante el período 1, y la consiguiente venta del generador termoeléctrico durante el mismo período por \$10.000:

ESCENARIO DE INTERCAMBIO							
Tasa de descuento	10%	TIR	5,5%		VAN	-\$ 2.566	
Período	0	1	2	3	4	5	6
Valor de los flujos			2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Venta de activos		10.000					
Compra de activos		-30.000					
Valor residual							15.000
TOTAL	-	-20.000	-	-	-	-	15.000

Cuadro 53 Fuente: elaboración propia

En esta opción de intercambio se introduce una variante en relación a la metodología utilizada en los casos anteriores; la tasa de descuento es diferente al 12% utilizada en los anteriores ejemplos; que para el caso de esta opción es 10%, considerando que existen fuentes blandas de financiamiento para sustitución de equipos termoeléctricos por otros de energía menos contaminante.

Aplicando el método binomial, la combinación presenta los siguientes escenarios posibles:

OPCIÓN 1: ESCENARIO PROBABLE							
Período	0	1	2	3	4	5	6
Valor de los flujos	-100.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	132.000
Probab.	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
V. prob.	-50.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	66.000

Cuadro 54 Fuente: elaboración propia

Al escenario probable se le asigna un 50% de probabilidad de ocurrencia, luego del análisis de la industria y del sector.

OPCIÓN 2: ESCENARIO DE ESPERA							
Período	0	1	2	3	4	5	6
Valor de los flujos	-100.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	108.000
Probab.	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
V. prob.	-20.000	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	21.600

Cuadro 55 Fuente: elaboración propia

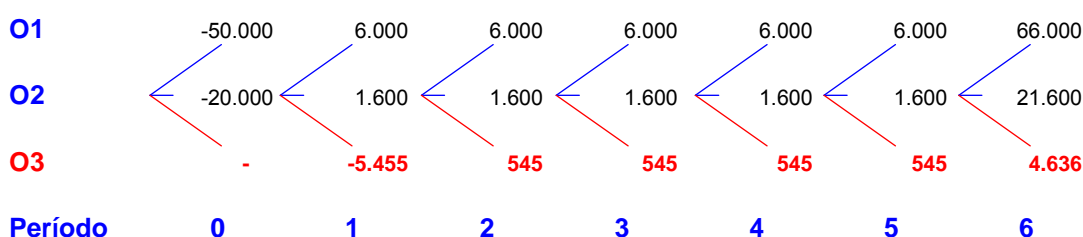
La opción de permanencia en el escenario malo, sin sustituir la fuente de suministro de energía eléctrica, recibe un 20% de probabilidad.

OPCIÓN 3: ESCENARIO DE INTERCAMBIO							
Período	0	1	2	3	4	5	6
Valor de los flujos	-	-18.182	1.818	1.818	1.818	1.818	15.455
Probab.	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%
V. prob.	-	-5.455	545	545	545	545	4.636

Cuadro 56 Fuente: elaboración propia

La opción de intercambio recibe un 30% de probabilidad.

El árbol binomial construido sería el siguiente:



Se debe tomar en cuenta que los flujos del escenario 3 debieron ser recalculados a una tasa del 12% para homologarlos con los flujos de los escenarios 1 y 2.

Con el siguiente resultado de la combinación analizada:

COMBINACIÓN							
Período	0	1	2	3	4	5	6
F. comb.	-70.000	2.145	8.145	8.145	8.145	8.145	92.236
VAN							817
TIR							12,23%

Cuadro 57 Fuente: elaboración propia

Con lo cual se llega a una conclusión muy importante: si los costos del combustible fósil se incrementan en los niveles pronosticados en el escenario de permanencia, que es el escenario malo, el proyecto arroja un VAN negativo de \$14.684; mientras que al sustituir la fuente de energía por la quemadora de bagazo, el proyecto alcanza un virtual punto de equilibrio (\$817), al menos un nivel mínimo para considerar si invertir o no.

Para analizar esta opción, al igual que en las de contracción y abandono, se debe considerar el valor probable de venta de los activos que se sustituyen, en el entorno de su mercado, su tecnología y su provisión de repuestos y asistencia técnica.

Resulta interesante observar el hecho de que si bien la opción de intercambio, analizada individualmente, tiene un VAN negativo, el hecho de considerarla dentro del análisis combinatorio del árbol binomial arroja un resultado que si bien es apenas positivo, es en todo caso mejor que si esta no se hubiese contemplado del todo. Este efecto tiene una explicación simple, proveniente del hecho de que el valor negativo de la opción de intercambio es menor que el valor negativo de la opción de permanencia.

Este sencillo análisis anterior evidencia la importancia de considerar todas las opciones reales posibles al momento de analizar un proyecto o empresa en marcha, e incluso considerar los factores particulares que afectan a cada opción real contemplada dentro del análisis, como es el caso de la existencia de diferentes tasas de descuento, como el ejemplo utilizado en la opción de intercambio analizada. De hecho, en los casos reales, las diferentes opciones pueden tener distintos niveles de riesgo, y se deben descontar a tasas más altas aquellas que tienen un mayor nivel de incertidumbre.

#### 2.3.4. La toma de decisiones y los proyectos de inversión

Se considera que son cuatro los factores más relevantes que influyen en la decisión de invertir (Kester, 1984):

4. El período de tiempo durante el cual se puede decidir asumir o no un proyecto de inversión. Cuanto mayor sea éste período, menor será la probabilidad de cometer errores en su elección. Y también, mayor será el valor de la opción de crecimiento que le corresponda.

Si un proyecto puede posponerse el tiempo suficiente, incluso un proyecto con VPN negativo podría ser aceptado si tiene como

alternativa una opción de ampliación o crecimiento suficientemente positiva. Lógicamente, se debe evaluar adecuadamente la posibilidad de conseguir los beneficios de dicha opción, así como el hecho de que si se decide no optar por la inversión, esos posibles beneficios estarán también disponibles para los competidores. Si la decisión de emprender el proyecto es factible de posponerse en el tiempo, éste podrá llevarse a cabo en el momento en que VNA llegara a ser positivo.

5. El riesgo del proyecto. El riesgo es un factor que puede convertirse en una influencia positiva sobre el valor de la opción de crecimiento de un proyecto. Esto sucede es debido a que un mayor riesgo es proporcional a un requerimiento mayor de rentabilidad. Una mayor incertidumbre en cuanto a tasas de interés elevadas y horizontes lejanos de inversión no necesariamente son perjudiciales para el valor de una oportunidad de inversión. A pesar de que estas variables reducen el VPN de un proyecto que se considera estáticamente, también pueden provocar un aumento del mismo al incorporar el valor de las opciones reales que bien puede contrarrestar el efecto negativo de la mayor tasa de descuento utilizada al evaluar mayores niveles de riesgo.

6. Las tasas de interés: Altas tasas de interés disminuyen el valor de la opción porque implican tasas de descuento más altas, y un menor valor presente de los flujos de caja descontados. Sin embargo, también reducen el valor actual del precio de ejercicio de la opción. Este efecto compensador puede ayudar a mantener a flote el valor de la opción a medida que las tasas de interés aumentan, lo cual puede proporcionar, a ciertos tipos de proyectos, especialmente a las opciones de crecimiento, un mayor valor al tener este efecto en cuenta en el análisis de inversiones.

7. El grado de exclusividad del derecho de la empresa a aceptar un proyecto de inversión: Considerar el hecho de si el derecho de ejercicio puede ser compartido o no. Las opciones exclusivas, aquellas que



resultan de patentes, del conocimiento privativo del mercado por parte de la empresa o de una tecnología que la competencia no puede imitar, son más valiosas que las opciones asequibles para todos, las que tienen por lo general un valor inferior.

Existen diversos modelos de toma de decisiones<sup>14</sup>. Los más populares, según A. Buckley (1998), son el racional, el de racionalidad limitada, el político y el modelo "del tacho de basura". Tales modelos difieren, a veces radicalmente, en términos de sus actores, fases, métodos, componentes y características, pero su aplicación es válida en diferentes contextos y situaciones empresariales, y que incluso pueden emplearse alternativamente en el tiempo dentro de una misma empresa.

Para la decisión directiva o gerencial, el factor fundamental deberá ser la consistencia en el modelo seleccionado para evaluar si se debe ingresar o no en un proyecto de inversión. Un proyecto de inversión es una decisión importante para la empresa y por tanto exige una programación; no se lo debe tratar como una acción emprendida a partir de la regla empírica de prueba y error. Es de importancia fundamental identificar criterios normativos para ser aplicados como base del proceso decisorio, aun cuando tales criterios puedan posteriormente relajarse durante la fase de implementación de la estrategia.

Si bien desde un inicio se parte del hecho de que al adoptar una decisión de inversión se busca llevar al máximo el valor presente de la empresa, se debe considerar que dada la incertidumbre que normalmente existe al hacer una inversión no se debe apuntar a la solución perfecta, sino a un objetivo inferior a la tasa interna de retorno o al valor presente máximos. Resulta prudente buscar un resultado satisfactorio que llene parcialmente las expectativas de quienes tienen intereses en juego en la empresa.

---

<sup>14</sup> Jaime H. Sierra G., Opciones Reales para las Decisiones de Inversión, 1997

“En tal contexto, aunque los criterios normativos pueden ser adecuados, los jugadores que hacen parte de la empresa aceptan complacidos una solución inferior al óptimo normativo”<sup>15</sup>.

Los proyectos de inversión de una empresa involucran la toma de ciertas decisiones respaldadas por procesos y herramientas específicas. La primera decisión tiene que ver con la realización del proyecto mismo. En caso de que la respuesta sea positiva, es necesario adoptar acciones que le permitan a la empresa formular la estrategia adecuada. Posteriormente hay que decidir sobre los tiempos de implementación de tal estrategia, y considerar que la empresa pueda analizar, al menos, tres opciones: retardar, prolongar y abandonar el proyecto.

En la práctica, las opciones estratégicas, que son las oportunidades futuras existentes en el entorno de las inversiones presentes, usualmente no son consideradas en los objetivos de decisión en las organizaciones.

#### 2.3.5. Los proyectos de inversión desde la perspectiva de las opciones reales<sup>16</sup>

Se ha visto que el análisis de un proyecto de inversión tiene una analogía con las opciones de compra o venta de derechos sobre las acciones. Ambos involucran el derecho, pero no la obligación, de adquirir o vender un activo, en ocasiones pagando una cierta suma de dinero.

La mayoría de los proyectos de inversión implican la realización de un desembolso para comprar o de un ingreso al vender un activo; para ejemplificar este hecho se ha preparado una tabla comparativa:

1. La cantidad invertida es el precio de ejercicio (E)
2. El valor del activo comprado o producido es el precio de la acción (S)

---

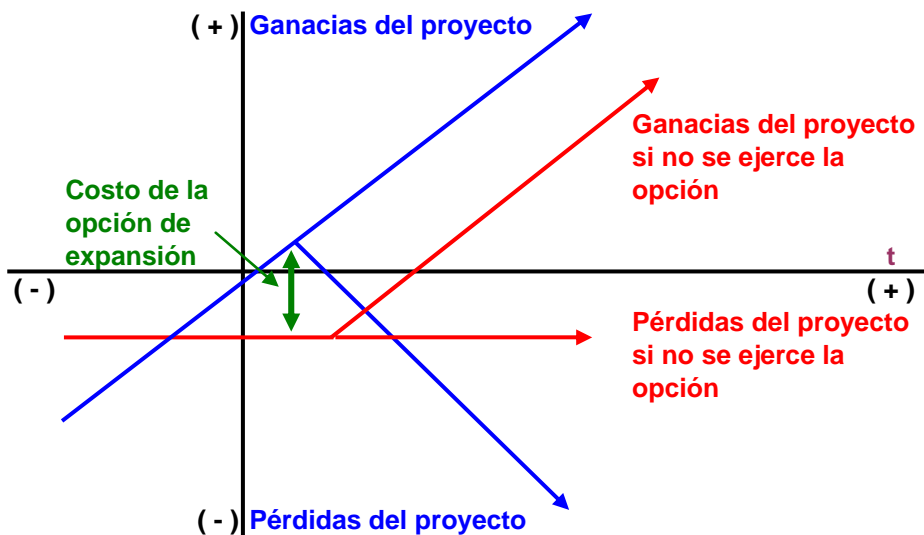
<sup>15</sup> Buckley, Riesgo, incertidumbre y decisión. 1998; 27

3. El tiempo que la empresa puede esperar sin perder la oportunidad de invertir es el tiempo hasta el vencimiento ( $t$ )
4. El valor del riesgo del proyecto viene reflejado por la desviación típica de los rendimientos ( $s$ ).
5. El valor temporal viene dado por la tasa de interés sin riesgo ( $r_f$ ).

	Proyecto de inversión	Variable	Opción de compra
1	Desembolsos requeridos para adquirir el activo	$E$	Precio de ejercicio
2	Valor de los activos operativos que se van a adquirir	$S$	Precio de la acción
3	Tiempo que se puede demorar la decisión de inversión	$t$	Tiempo hasta el vencimiento
4	Riesgo del activo operativo subyacente	$s^2$	Varianza de los rendimientos
5	Valor temporal del dinero	$r_f$	Tasa de interés sin riesgo

Tabla 1 Fuente: elaboración propia

Es importante considerar que la posibilidad de posponer una inversión de expansión o crecimiento, proporciona a la empresa un tiempo adicional para examinar la tendencia de los acontecimientos futuros, reduciéndose así la posibilidad de incurrir en el costo de error si los acontecimientos se desarrollasen contrario a lo previsto. Cuanto mayor sea el intervalo de tiempo ( $t$ ), que se tiene de margen para demorar la decisión final, mayor será la certidumbre sobre la posibilidad de que los hechos se desarrollen de forma favorable, consecuentemente aumentando el valor actual neto del proyecto. Si por el contrario, los acontecimientos fuesen adversos a los intereses del inversionista, éste desistiría de realizar la inversión en el proyecto evitando así una pérdida innecesaria.



**Figura 5**

*Fuente:* Jaime H. Sierra G., opciones reales para las decisiones de inversión

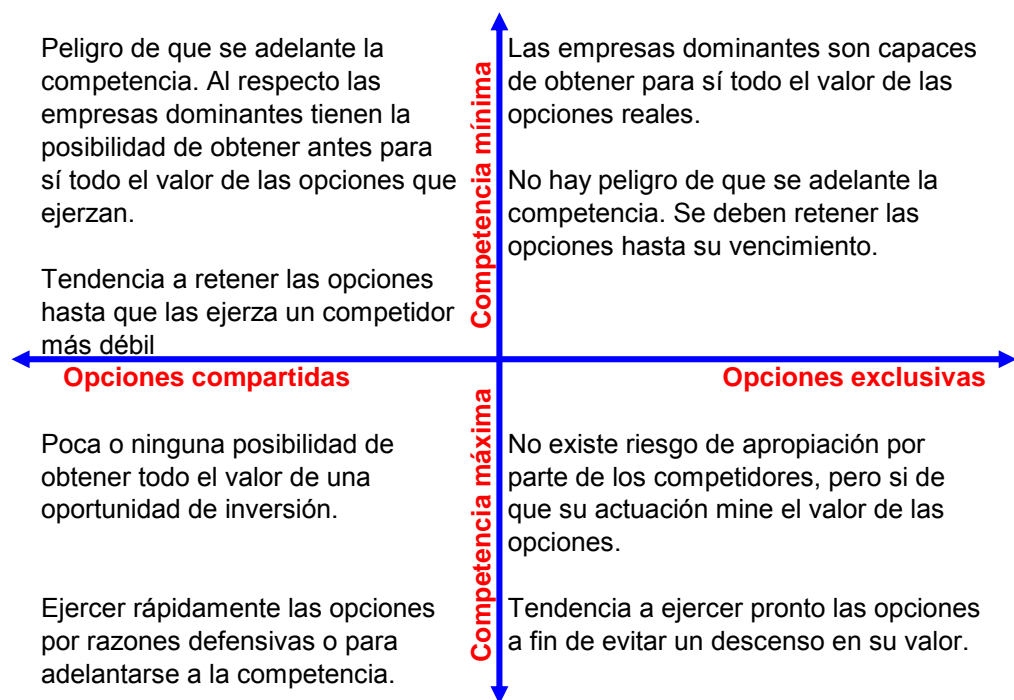
Figura 5: La asimetría entre las ganancias superiores y las pérdidas inferiores derivadas de la tenencia de una opción

Siendo una constante el que el riesgo es directamente proporcional al rendimiento, cuanto más alto sea el riesgo asociado al proyecto (s) más valiosa deberá ser la opción sobre la inversión en el mismo. Esto se explica por la asimetría existente entre pérdidas y ganancias: si un aumento de las operaciones aumenta a su vez el VAN positivo, un descenso de ellas no necesariamente tornará negativo al VAN, ya que en este caso no se incurre en pérdidas al no ejercer la opción de inversión. La pérdida incurrida se reduce al costo de haber comprado la opción.

Se debe considerar también que aunque un aumento del riesgo del proyecto puede aumentar el valor de la opción, podría también aumentar el coeficiente de volatilidad beta del activo y reducir el valor actual neto del escenario base al requerirse un incremento en la tasa de descuento. Existirán casos en que el aumento de valor de la opción supere al descenso del VAN del escenario base, pero existirán otros en que ocurra lo contrario.

Un aumento del valor de la opción de invertir no necesariamente significa que aumenta el deseo de hacerlo; más bien el aumento del riesgo reduce el deseo de invertir o al menos retrasa la decisión de hacerlo; se considera que el incremento en el valor de la oportunidad de inversión se debe precisamente al valor de la espera. Por tanto, el aumento del valor de la opción de inversión refleja exactamente la necesidad de esperar todo lo que se pueda antes de decidir asumir el proyecto de inversión.

Un aumento del tipo de interés sin riesgo ( $r_f$ ) produce una disminución del valor del activo al penalizar el valor actual de los flujos de caja esperados y, al mismo tiempo, reduce el valor actual del precio de ejercicio. Por lo general este efecto neto ocasiona que un aumento de la tasa de interés sin riesgo provoque un ascenso del valor de los proyectos con opciones de expansión o crecimiento.



**Figura 6**

*Fuente.2 Las opciones de crecimiento y el factor tiempo [ Kester]*

Kester observó que pese a que exista la posibilidad de diferir en el tiempo, las empresas tienen tendencia a asignar fondos para las inversiones más

temprano. Se explica esto por cuanto una opción es más valiosa cuando se la posee en exclusiva que cuando esta es compartida, o cuando los competidores pueden replicar las inversiones de la empresa, y es claro que estas condiciones reducirían el valor actual del proyecto.

Es por esto que en la práctica las inversiones se realicen antes de la fecha de vencimiento de la opción siempre que el costo de diferirla supere al valor sacrificado al ejercer la opción de inversión anticipadamente. Esto suele ocurrir cuando (según figura 2):

- a) Las opciones son compartidas
- b) El VAN del proyecto es alto
- c) Los niveles de riesgo y de tasa de interés son bajos
- d) Hay una gran competitividad en el sector

#### 8. Relación entre los proyectos de inversión y las opciones a través de su valoración.

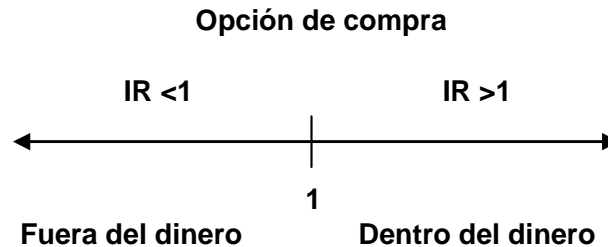
La regla de decisión del VAN establece que un proyecto es viable siempre el producto del valor actual de los flujos netos de caja esperados, VA(FC), supere al valor actual de los desembolsos necesarios para realizar el proyecto, VA(A). Se puede reformular la regla anterior y ponerla en forma de cociente con lo que se obtiene el valor del índice de rentabilidad (IR):

$$IR = \frac{VA(FC)}{VA(A)} = \frac{S}{VA(E)} \rightarrow \text{Ejercible si } IR > 1$$

[2]

Se observa que utilizando las variables de la tabla 1, el VA (FC) puede ser sustituido por S (el valor actual del activo) y, a su vez, el VA(A) puede sustituirse por VA(E) (el valor actual del precio de ejercicio).

Hay que destacar que el VAN y el IR en la fecha de vencimiento de la opción coinciden a la hora de decidir si un proyecto es o no viable, lo que no tiene porqué ocurrir antes de la misma.



**Figura 7**

*Fuente: elaboración propia*

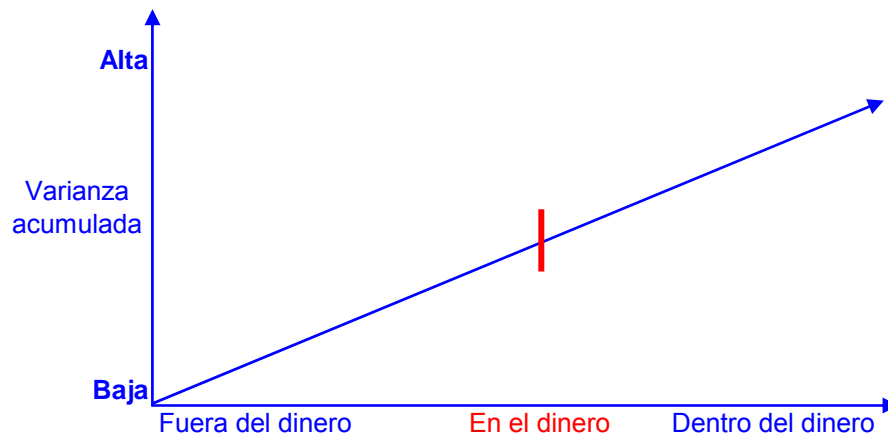
Una opción de compra será ejercida siempre que  $S > VA(E)$ , es decir, siempre que la opción de compra se sitúe dentro del dinero.

El análisis tradicional para decidir si se invierte en un proyecto de inversión es análogo al usado para decidir si se ejerce una opción de compra. El índice de rentabilidad IR incluye cuatro de las cinco variables analizadas en la Tabla 1:  $S$ ,  $E$ ,  $r_f$  y  $t$ . Además, el valor de la opción tiene una relación directa con el valor del IR puesto que cuanto más grande sea éste último más valdrá aquélla.

Si una decisión de inversión no puede retrasarse, tanto la opción de compra como el proyecto se pueden analizar utilizando el método clásico del VAN. Pero si existe la posibilidad de retrasar la decisión de inversión, lo que existe es una opción que aún no ha vencido. En este caso si bien el IR y el VAN siguen siendo importantes, la sola existencia de la opción requiere incorporarla en la valoración el riesgo del proyecto ( $s$ ) y podrá esta alterar su valor de manera positiva.

La variación por unidad de tiempo de los rendimientos del proyecto viene determinada por la varianza de sus rendimientos ( $s^2$ ). Multiplicando esta varianza por la cantidad de períodos de tiempo que restan hasta el

vencimiento se obtiene la varianza acumulada,  $s_{2t}$ , que mide cuanto podrían cambiar de valor los escenarios antes de llegar al final del horizonte temporal a lo largo del cual se puede tomar la decisión de invertir. Cuanto mayor sea la varianza acumulada mayor será el valor de la opción.



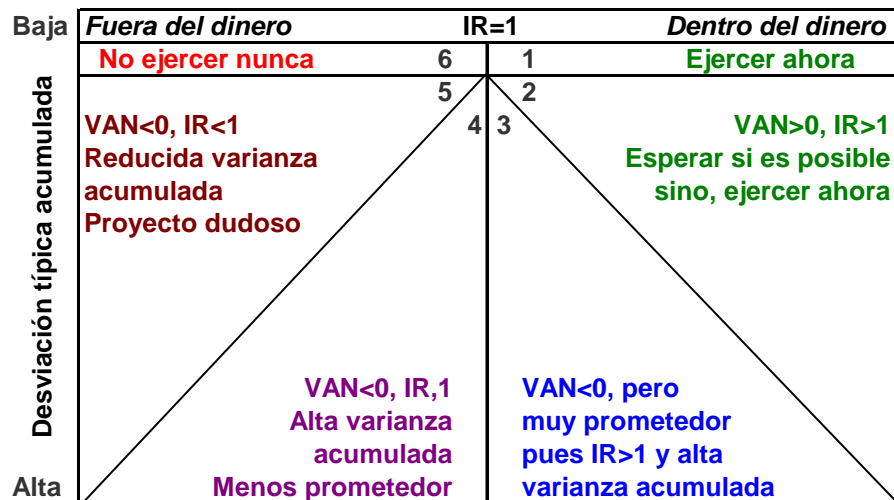
**Figura 8** Fuente: Jaime H. Sierra G., opciones reales para las decisiones de inversión

Tanto la varianza acumulada como el IR son variables necesarias para valorar una opción de compra europea, la cual por el hecho de poder ejercerse solo al final del período tiene un incremento de su valor temporal. Las opciones de inversión para las que  $s$  ó  $t$  sean cero no tendrán varianza acumulada y podrán valorarse a través del clásico VAN; pero si estas no son cero, éste clásico método dará resultados falsos al subvalorar el valor actual de los flujos de caja esperados.

Las diferentes condiciones que se pueden producir al valorar el IR, el VAN y la varianza acumulada son las seis mostrados en la figura 5. Las alternativas comienzan desde el extremo superior derecho de la figura, y siguen el sentido de las agujas del reloj.

En las zona 1 y se encuentran las opciones "dentro del dinero" que tienen un VAN positivo y cuya varianza acumulada es baja debido a que no se modifica el valor del activo subyacente o a que su vencimiento está muy próximo; en este caso lo ideal es acometer ya el proyecto, puesto que no hay ninguna ganancia en demorarlo.





**Figura 9** Fuente: Jaime H. Sierra G., opciones reales para las decisiones de inversión

Si las opciones están dentro del dinero, su VAN es positivo y la varianza acumulada es grande (zona 2), en cuyo caso lo ideal es posponer la decisión de invertir pues es muy que el valor del activo subyacente aumente con el tiempo. La excepción a esta regla viene dada en el caso de que el activo subyacente se deprecie con el tiempo debido a la acción de la competencia o porque ya está produciendo flujos de caja, hechos que impulsarían a ejercer la opción antes de su vencimiento.

En ocasiones es preferible ejercer anticipadamente las opciones de compra americanas, que pagan dividendos, en lugar de esperar a su vencimiento, ya que por una parte se cobra el valor de los dividendos y por otra se previene la erosión del valor de la opción.

En la zona 3 figuran los proyectos que aunque teniendo un VAN negativo, tienen opciones dentro del dinero y su varianza acumulada es grande. En este caso al ser  $IR > 1$  lo conveniente es esperar y comprobar si el precio del subyacente  $S$  y el precio de ejercicio  $E$  varían. De no producirse esta variación la opción se dejaría expirar sin ejercerla; es decir, el proyecto no se realizaría.

En otros casos el desarrollo de los acontecimientos puede evolucionar favorablemente y volver interesante el realizar el proyecto en las cercanías de la fecha tope de ejercicio de la opción. El siguiente es un ejemplo de este caso.

Se evalúa la posibilidad de realizar una inversión cuyo desembolso inicial es de \$ 1.000.000, bajo los siguientes supuestos y condiciones:

- El desembolso de \$ 1.000.000 puede hacerse ahora mismo o diferirse hasta tres años en el tiempo sin modificarse su cantidad.
- El valor actual de la suma de los flujos de caja que se espera genere este proyecto es de \$900.000.
- La desviación típica de los rendimientos sobre el valor actual de los flujos de caja es del 40%.
- La tasa de interés sin riesgo es del 5%.

1. PRIMER ANÁLISIS: El valor actual neto tendrá el siguiente valor:

$$\text{VAN} = -1.000.000 + 900.000 = -100.000 < 0 \text{ No efectuar}$$

2. SEGUNDO ANÁLISIS: La empresa dispone de una **opción de compra** del proyecto, que expira dentro de tres años, con un precio de ejercicio de \$ 1.000.000 sobre un activo subyacente cuyo valor medio es de \$ 900.000. El IR para esta opción, en la fecha de vencimiento, es igual a:

$$\text{IR} = \frac{S}{\text{VA}(E)} = \frac{900.000}{1.000.000 (1,05)^{-3}} = 1,0418$$

- La varianza acumulada es igual a  $s^2 \times t = 0,42 \times 3 = 0,48$
- La desviación típica acumulada es  $s = 0,6928$
- Se supone que una opción de las características anteriores adquiere un valor del 28,8% del subyacente, es decir,  $0,288 \times 900.000 = \$259.200$ .

- El VAN total de esta inversión es igual a:
- $\text{VAN total} = \text{VAN básico} + \text{opción de diferir} = -100.000 + 259.200 = \$159.200 > 0$

El primer análisis, sobre el activo subyacente, indica que si se ejecutase hoy el proyecto de inversión se perderían \$100.000.

El segundo análisis, sobre la opción, indica que si se pospone la decisión hasta un máximo de tres años es muy probable que las condiciones cambien y aquél llegue a proporcionar una ganancia.

La situación a decidir es que si bien el  $\text{VAN} < 0$  el  $\text{IR} > 1$ . Visto de otra forma, aunque el precio de ejercicio es mayor al subyacente  $E > S$ , el valor actual del precio de ejercicio es menor al subyacente  $VA(E) < S$ . Es claro que la decisión implica que se debe esperar a que el valor del activo subyacente aumente a una tasa superior a la tasa de interés libre de riesgo en los próximos tres años, posibilidad que viene reflejada en el valor de la opción.

Se observa que el valor actual neto total es positivo porque el valor de la opción de diferir el proyecto es mayor que el efecto negativo del VAN.

En la zona 4 de la figura 5 se ubican los proyectos de inversión que tienen un VAN negativo y un  $\text{IR} < 1$ , pero que tiene una alta varianza acumulada, la que puede resultar beneficiosa si se demora la realización del proyecto a la espera de que mejore el valor del activo antes de la fecha de vencimiento de la opción.

En la zona 5 las características del proyecto son similares al de la zona 4 salvo que la variabilidad del activo subyacente es menor, hecho que desaconseja la realización del proyecto.

Por último, en la **zona 6** se encuentran los proyectos que teniendo un  $\text{VAN} < 0$  y un  $\text{IR} < 1$ , y que al carecer de riesgo carecen también de expectativa alguna de rendimiento, por lo que no se deben ejercer.

Para concluir, se indica que conforme el tiempo transcurre la incertidumbre (varianza) se irá reduciendo y por tanto el valor de la opción se irá desplazando hacia arriba en la figura 5, de manera que se irán definiendo si se sitúan “dentro del dinero” o “fuera del dinero”, hecho que obliga a los administradores de estas opciones a asumir dos tareas: intentar desplazar los proyectos de inversión hacia la derecha antes de que el tiempo transcurra totalmente; y, mientras tanto, intentar evitar los posibles errores al ejecutar sus decisiones.

### 2.3.6. Las opciones reales y el valor de la empresa

La utilidad de considerar la valoración de las opciones reales se maximiza cuando se la aplica al conjunto de actividades de negocio de la empresa. Bajo esta óptica, el valor de la empresa estará dado por el valor actual de los flujos de caja futuros proyectados para las operaciones existentes, más el valor actual del beneficio tributario debida al ahorro sobre los intereses de la deuda, más el valor de las opciones implícitas en sus operaciones.

Se explicó antes que una opción real (OR) es el derecho más no la obligación de emprender una acción, ya sea diferir, expandir, contratar o abandonar un proyecto, con un precio predeterminado que se denomina precio de ejercicio, y con un período también determinado que es la vida de la opción.

Las opciones reales involucran seis elementos fundamentales, aunque no se descarta que se presenten más dentro del análisis:

El valor del activo subyacente, es decir, el valor presente de los flujos de caja esperados del proyecto de inversión.

1. El precio de ejercicio, esto es la cantidad de dinero que se pagaría para ejercer la opción en el caso de las opciones de compra o que se recibiría en el caso de una opción de venta.

2. El tiempo de expiración de la opción, cuya prolongación hace aumentar el valor temporal de la misma, que es el tiempo de espera durante el cual está vigente la oportunidad de inversión en el proyecto.
3. La desviación estándar del valor del activo de riesgo subyacente. El valor de la opción aumenta con el riesgo del activo subyacente, ya que el valor pagado por la opción de compra depende del excedente en el precio del activo sobre el precio de ejercicio, y la probabilidad de existencia de tal excedente se incrementa de manera proporcional a la volatilidad del activo subyacente.
4. La tasa de interés libre de riesgo durante la vida de la opción, cuyo incremento hace que aumente el valor de la opción.
5. Los dividendos que puede llegar a pagar el subyacente, es decir, los flujos de caja entrantes (opción de compra) o salientes (opción de venta) durante la vida de la opción real. Estos dividendos inciden en el movimiento del precio del activo subyacente, y consecuentemente del precio de la opción.

En relación con el riesgo y la aplicabilidad de las OR, Amram y Kulatilaka sugieren que estas deben entenderse como:

"Un subconjunto de las opciones estratégicas en las que la decisión de ejercicio de la opción está fuertemente determinada por el riesgo valorado a precios de mercado, es decir, por un riesgo que se pueda capturar en el valor de un título comercial. Ello implica que hay riesgos que no se pueden capturar en las fluctuaciones de los precios de tales títulos de valor, los cuales se conocen como riesgos privados. "

Los activos que tienen un riesgo valorado a precios de mercado tienen visible un conjunto de oportunidades más amplio que el de los activos sujetos a riesgos que solo se conocen de manera privada. Cuando el riesgo es privado, el análisis de opciones reales no ofrece alternativas tan amplias como cuando el mismo es públicamente conocido por estar valorado a precios de mercado.

### 2.3.7. Cuándo resulta apropiado utilizar las opciones reales<sup>17</sup>

La metodología de valor de una opción como herramienta para la toma de decisiones sobre la asignación de recursos, en especial en el caso de los proyectos de internacionalización, tiene una importancia indiscutible como lo afirman Copeland y Antikarov:

“Las opciones reales adquieren una importancia inigualable cuando concurren dos factores. Cuando el grado de incertidumbre es alto y cuando los gerentes tienen la flexibilidad necesaria para responder a la incertidumbre [...] El valor de las opciones reales respecto al valor presente neto (VPN) es alto cuando el VPN es cercano a cero. Cuando se toman decisiones difíciles (es decir, cuando el VPN es cercano a cero) el valor adicional de la flexibilidad hace la gran diferencia”. (2001; 13-15)

Se puede entonces afirmar que el método del VPN es un caso especial de las OR, que se utiliza cuando no se considera la incertidumbre en el proceso de toma de decisiones, y cuyo resultado se necesita simplemente para una decisión de viabilidad o inviabilidad “ahora o nunca”.

Se ha explicado antes que es esta la principal diferencia entre estos dos métodos de evaluación de los proyectos: mientras el VPN indica simplemente si el proyecto es económicamente viable o no en un momento discreto del horizonte temporal, el uso de las OR proporciona alternativas flexibles que no exigen la realización inmediata o la cancelación del proyecto como únicas alternativas.

El tipo de flexibilidad más importante generado por las OR tiene que ver con lo que Leslie y Michaels (1997) llaman la flexibilidad pro activa, la cual considera la posibilidad de incrementar el valor de la opción una vez adquirida. Este tipo de flexibilidad se basa en el uso que puede hacer el propietario del proyecto de las ejecutorias que modifican el valor de la opción, para:

---

<sup>17</sup> Jaime H. Sierra G., opciones reales para las decisiones de inversión, 1997

- Incrementar el valor presente de los flujos de caja entrantes esperados.
- Reducir el valor presente de flujos operativos salientes de caja.
- Aumentar la incertidumbre de los flujos de caja esperados.
- Prolongar la duración de la oportunidad.
- Disminuir el valor perdido ejerciendo la opción de espera.
- Incrementar la tasa de interés libre de riesgo.

Si se considera que tanto la incertidumbre como la flexibilidad necesaria para dar respuesta adecuada a la misma son los elementos presentes en la generalidad de los proyectos de inversión, se hace evidente la utilidad del método de opciones reales como herramienta de análisis.

Es necesario contemplar que para que una empresa pueda hacer uso de una opción real, es indispensable que previamente aquella tenga la opción y haya identificado la oportunidad de explotarla. En este punto la propiedad y el control de los activos adquieren importancia, ya que ellos confieren a la empresa el derecho de ejercer las distintas opciones. En palabras de Buckley:

"La directa posesión de la operación del activo y del mercadeo de su producción le permite a la empresa identificar mejor las oportunidades de utilizar aquel de diversas maneras, es decir, cosechar los beneficios de las opciones reales futuras" (1998, p. 151).

En condiciones de incertidumbre existe un determinado grado de irreversibilidad en los proyectos de inversión, más aún cuando se trata de un proyecto de internacionalización de las actividades de la empresa, donde factores como el desconocimiento de los mercados extranjeros, de los canales de distribución, de las características de los clientes y de su marco regulatorio pueden ser determinantes en el hecho de que los acontecimientos no se produzcan conforme al pronóstico original. Y eso sin contar con los costos de adaptación que se producen luego de haber decidido optar por ejecutar el proyecto.

La condición de irreversibilidad de un proyecto está directamente relacionada con el ejercicio de la opción. Entre mayor sea el grado de irreversibilidad, mayor será la conveniencia de posponer el proyecto en condiciones de incertidumbre., y mayor será su precio.

Adicionalmente, las empresas enfrentan también un costo de oportunidad irrecuperable asociado con la redistribución de los recursos internos en función de la nueva actividad o por la adquisición de recursos nuevos, especialmente recursos calificados. A lo anterior se suman los mayores costos relativos de la financiación externa, cuando existen restricciones financieras internas en la empresa.

#### 2.3.8. Las opciones reales en la evaluación de inversiones bajo incertidumbre<sup>18</sup>

Las tendencias actuales en el campo de la planeación estratégica y de finanzas corporativas buscan la maximización del valor de la empresa. Es entonces vital contar con herramientas para determinar si la ejecución de un proyecto adiciona valor, si el mismo representa una decisión acertada desde el punto de vista económico.

El método de opciones reales es una de las bases más importantes de la teoría financiera moderna, pues valora los activos financieros en condiciones de incertidumbre, considerando por separado dos precios del activo: el valor del subyacente básico y el valor de la opción u opciones reales que existen en el entorno de este activo.

Esta teoría suele orientarse hacia tres áreas de acción fundamentales; la selección de inversiones físicas, la determinación de la estructura financiera óptima, y a considerar las acciones y las obligaciones como opciones. Si bien esta metodología se origina en los años 70, por su alta

---

<sup>18</sup> Armando Lauchy S, Harlán Domínguez R., Las opciones reales en la evaluación de inversiones bajo incertidumbre, 2003



complejidad se encuentra en la actualidad lejos de un amplio desarrollo, y su aplicación práctica es muchas veces incluso desconocida. Por ello, se pretende en el presente trabajo realizar una aplicación de la misma en un caso concreto de aplicación.

Ante un entorno económico cada vez más incierto e imprevisible se requiere de una alta capacidad para estimar los acontecimientos futuros bajo un método científico, lo que ha obligado a los expertos a desarrollar diversos enfoques y métodos para incorporar el efecto del riesgo en la evaluación de inversiones.

Es importante tener en cuenta que bajo esta metodología, las inversiones en un entorno de incertidumbre no siempre conducen a un resultado idéntico, ya que no existe acuerdo ni consenso sobre la metodología a emplear para realizar el pronóstico, e incluso los mismos métodos aplicados por diferentes evaluadores utilizan distintas variables de cálculo y períodos temporales.

Esta heterogeneidad de la aplicación del enfoque de OR puede generar confusión, sobre todo para el inversor medio, que no siendo un experto en estadística lo que busca es una aproximación confiable del futuro.

#### 2.3.9. Diferencia entre el valor presente neto y las opciones reales

Tanto el VPN como las OR consideran<sup>19</sup> los flujos de caja que se generan durante la vida total del proyecto, descuentan dichos flujos para traerlos a valor presente y emplean el concepto de costo de oportunidad del capital a tasas del mercado. La diferencia fundamental entre los dos enfoques tiene que ver con la presencia de la flexibilidad en la toma de decisiones.

Pero el VPN no incorpora la incertidumbre sobre los flujos de caja, porque utiliza solamente información disponible en el momento de tomar la decisión, ya que es necesario establecer un compromiso inmediato con la decisión de emprender o no el proyecto.

---

<sup>19</sup> Jaime H. Sierra G., Opciones reales para las decisiones de inversión, 1997

## 2.4. El método de simulación Montecarlo

El método de Montecarlo es un modelo no determinístico<sup>20</sup>, lo que implica que con una misma entrada de datos se pueden obtener varios resultados. Es utilizado para estimar expresiones matemáticas complejas cuya exactitud es difícil de evaluar.

El método se denominó así en referencia al Casino de Montecarlo en el Principado de Mónaco, por ser esta la capital del juego de azar, y considerando que la ruleta, a la final, es un simple generador de números aleatorios. El nombre y el desarrollo sistemático de los métodos de Montecarlo datan aproximadamente de 1944, y provienen del trabajo realizado en el desarrollo de la bomba atómica, durante la segunda guerra mundial, en el Laboratorio Nacional de Los Álamos en EE.UU. En este proyecto, denominado Manhattan, una parte del trabajo requería la simulación probabilística de modelos de la hidrodinámica de la difusión de neutrones en el material de fusión, proceso que tiene un comportamiento totalmente aleatorio.

La invención del método de Montecarlo se la atribuye a Stan Ulam y a John von Neuman. Al primero le surgió la idea mientras jugaba solitario durante una enfermedad, en 1946. Ulam advirtió que resulta más simple obtener una idea del resultado general del solitario cuando se calcula todas las posibilidades de combinación, haciendo pruebas múltiples con las cartas y contando las proporciones de los resultados obtenidos. Consideró que esta forma de observación podría aplicarse a su trabajo de Los Álamos sobre la difusión de neutrones, en el cual le resulta prácticamente imposible solucionar las ecuaciones íntegro-diferenciales que gobiernan la dispersión, la absorción y la fisión.

La idea consistía en probar los resultados mediante experimentos mentales de las miles de posibilidades, y en cada etapa, determinar el análisis de la casualidad, mediante números aleatorios distribuidos según la frecuencia

---

<sup>20</sup> Poon, Ser-Juang: Clive Granger. Forecasting Volatility in Financial Markets. 2003

en que se presentan, y luego totalizar las posibilidades y formarse una idea de la conducta del proceso físico<sup>21</sup>.

En ese tiempo se podían ya utilizar máquinas de computación, aunque eran aparatos grandes y complejos de utilizar, para efectuar las pruebas numéricas, sustituyendo el proceso manual y experimental del físico.

Durante una de las visitas de von Neumann a Los Álamos en 1946, Ulam le mencionó el método que había desarrollado. Luego del escepticismo inicial, von Neumann adoptó la idea y pronto comenzó a desarrollarla de manera sistemática.

Posteriormente, al ampliarse las aplicaciones del método de Montecarlo, se proporcionaron soluciones probabilísticas a una gran variedad de problemas matemáticos, haciendo posible la realización de experimentos con números seudo aleatorios generados por una computadora. Estos números seudo aleatorios se diferencian de los aleatorios puros al ser los primeros generados por un algoritmo matemático, mientras que las observaciones aleatorias puras son producto de la naturaleza.

El método de Montecarlo en la actualidad es aplicable a cualquier tipo de problema, ya sea estocástico o determinista. A diferencia de los métodos numéricos que se basan en evaluaciones en N puntos en un espacio Multidimensional para producir una solución aproximada, en el método de Montecarlo al producirse un número muy grande de observaciones el error absoluto de la estimación decrece en virtud del teorema del límite central. En la actualidad este método es parte fundamental de los algoritmos de trazado de rayos para la generación de imágenes sintéticas.

La simulación Montecarlo se combina con otro enfoque metodológico: el de las opciones reales, que al considerar las alternativas existentes, amplía el universo de probabilidades a ser evaluadas.

---

<sup>21</sup> John von Neumann, Orígenes de la computación moderna, 1993

#### 2.4.1. La simulación Montecarlo y su uso en el pronóstico de probabilidades<sup>22</sup>.

Comúnmente se le llama simulación a lo que se conoce como análisis de sensibilidad. Así, a la creación de un escenario y la manipulación de algunas de sus variables para construir tres o tal vez cinco escenarios derivados del primero, se la considera una simulación. Si bien etimológicamente esta es una verdad, sucede que para fines de análisis uno o cinco escenarios resultan insignificantes frente a un número muy grande de escenarios posibles.

La simulación Montecarlo permite procesar y posteriormente analizar un número alto de escenarios, y luego sintetizar los resultados para interpretarlos y tomar decisiones sobre la probabilidad de ocurrencia de los mismos.

La simulación de un modelo involucra imitarlo para representar una o varias posibles realidades. Los modelos de simulación se utilizan activamente en diversas actividades científicas y empresariales. La aeronavegación, la exploración petrolera, los modelos de represas y la distribución óptima de plantas productivas son algunas de las aplicaciones de este método.

Con el surgimiento de la investigación operativa y la disponibilidad de computadores, la técnica de simulación mediante el método Montecarlo cobra gran importancia.

Los pasos a seguir para preparar una simulación son los siguientes:

1. Diseñar un modelo de proyección de los datos.
2. Determinar las variables que se van a simular.

---

<sup>22</sup> Ignacio Vélez-Pareja. *Valoración de empresas*. 2003

3. Calcular las correlaciones entre las variables. La dependencia o independencia de las variables entre sí pueden ser determinantes para el pronóstico de los resultados probables.
4. Calcular sobre la base de estimaciones de error o confiabilidad el número de simulaciones que se van a realizar.
5. Correr las simulaciones.
6. Analizar estadísticamente los resultados.

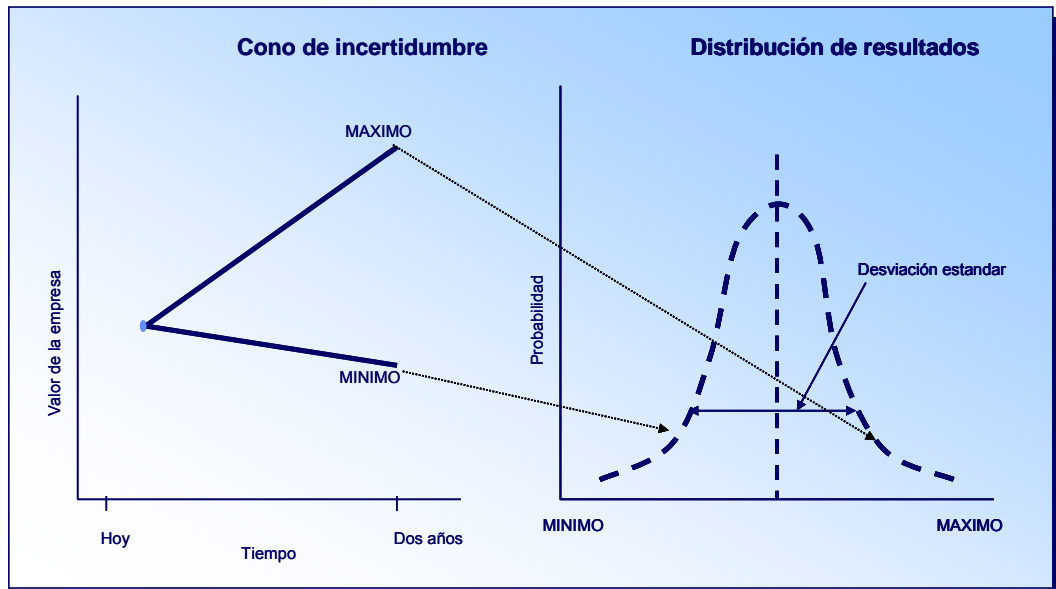
Son de reconocida importancia las siguientes medidas estadísticas:

- a. Distribución de frecuencias
- b. Gráficos y cuadros de probabilidad acumulada.
- c. Desviación estándar de las observaciones.
- d. Coeficiente de asimetría, el que permite conocer si la distribución es central o inclinada hacia los extremos.
- e. Curtosis, que permite conocer si la distribución es plana, normal, o puntiaguda.
- f. Coeficiente de correlación múltiple, que mide la correlación de la dirección de una única variable.
- g. Coeficiente de correlación bivariable, que mide la correlación entre dos variables. Se utiliza para medir el grado de simetría o asimetría en el movimiento de la variable independiente (secundaria) con relación a la variable independiente (principal).

## 2.5. Ventajas de valorar por el método propuesto

El uso de las opciones reales unidas a la simulación Montecarlo es una metodología con la cual se puede identificar que un mayor grado de incertidumbre se puede traducir en un valor superior del activo, si se logran visualizar y utilizar las alternativas completas para responder con flexibilidad a los acontecimientos.

La Opción Real de crecimiento, introducida en los modelos financieros de valoración, implica añadir el uso estadístico de probabilidades, a través de tendencias en la evolución futura de generación de flujos de caja.



Fuente: Amram, Kulatilaka, 2000

### Cuadro 58

Como se observa en el gráfico anterior, conforme el tiempo avanza el cono de incertidumbre se amplía, volviéndose necesario utilizar una metodología que permita estimar la probabilidad de ocurrencia de los escenarios supuestos.

## CAPÍTULO TRES

### 3. DESARROLLO DE CASO

#### **3.1. Proposición teórica: Metodología utilizada para la construcción de los escenarios proyectados a ser utilizados en la simulación Montecarlo**

Se presentará el caso real analizado en el capítulo DOS, de la empresa ZTREZ Cia Ltda., que contemplará los tres escenarios habituales que enfrentan las empresas en la vida práctica:

- a. Permanencia de sus operaciones: donde la empresa opera al ritmo de crecimiento del mercado, sin realizar inversiones adicionales en activos fijos, excepto aquellas necesarias tanto para mantenimiento del mismo, como para su obligado reemplazo por obsolescencia.
- b. Ampliación de sus operaciones: que considera una nueva inversión en activos fijos para incremento de su capacidad de planta.
- c. Contracción de sus operaciones: en el cual se realiza la venta parcial de sus activos fijos.

La secuencia seguida para la construcción de las proyecciones es la siguiente:

1. Se realiza el análisis con la información financiera real de una empresa de la industria manufacturera, de mediano tamaño, y que tiene la estructura financiera típica.
2. A los estados financieros históricos, años 2005 al 2009, se les aplica el método estadístico de la regresión lineal para proyectar las siguientes cinco variables críticas de un estado de resultados:
  - a) Ventas
  - b) Costo de ventas
  - c) Gastos de comercialización
  - d) Gastos generales y de administración
  - e) Gastos financieros

3. Se obtendrán los siguientes estadísticos:
  - a) Coeficiente de correlación múltiple de la regresión.
  - b) Error típico de la regresión.
  - c) Coeficiente de error típico de la regresión.
  - d) Intercepción de la regresión para realizar el pronóstico de Y.
  - e) Coeficiente de correlación bivariable medido con las ventas de la empresa.
4. Se realiza el pronóstico de Y para cada una de las primeras cuatro variables del estado de resultados (numeral 2 de este capítulo). Para estimar la tasa de interés se aplica una diferente metodología.
5. La construcción de los estados financieros se realiza siguiendo el procedimiento indicado en el CAPÍTULO DOS numeral 4.1.2.
6. No se incorpora de manera explícita la variable macroeconómica de inflación en el análisis, ya que la misma se encuentra implícitamente incorporada en los límites superior e inferior asignados para la simulación de volatilidad realizada en la simulación Montecarlo.
7. A los escenarios contruidos bajo el supuesto de las tres opciones reales utilizadas (permanencia, ampliación y contracción), se los somete a una simulación Montecarlo mediante el uso de la distribución normal triangular, con la cual se mide la probabilidad de ocurrencia de los diferentes escenarios, basada en realizar 10.000 iteraciones dentro de los límites superior e inferior de las cinco principales variables indicadas en el numeral 2, límites que han sido determinados mediante el uso de una regresión lineal considerando ocho períodos históricos (años 2002 al 2009) y aplicando fórmulas de estadística inferencial que son utilizadas para este tipo de necesidades de pronóstico.
8. Con los resultados del modelo de tres opciones reales valoradas con el método de simulación Montecarlo, se las combina con el método binomial, para así obtener el valor de la empresa que resulte el más probable considerando la flexibilidad incorporada al análisis, la que es producto a su vez de la estimación de escenarios para el período 2.010 a 2.014.



9. Al resultado obtenido se le realizará un análisis de contraste con la valoración que obtenida según el tradicional método del flujo de caja de tres escenarios (el optimista, el pesimista y el escenario medio o probable).

10. Para la estimación se utilizarán los estados financieros históricos desde el inicio de la empresa (año 2002) considerando que a mayor la serie histórica más será confiable la proyección, según los preceptos de la estadística.

Desarrollo del caso:

### 1. Variable ventas netas

Como antecedente, cabe indicar que todos los cuadros, gráficos y figuras del presente capítulo son de elaboración propia. El siguiente es el cuadro de las ventas históricas:

AÑO	PERÍODO	VENTAS	%
2002	1	\$401.194	
2003	2	\$566.850	41%
2004	3	\$668.533	18%
2005	4	\$662.789	-1%
2006	5	\$716.547	8%
2007	6	\$736.179	3%
2008	7	\$743.503	1%
2009	8	\$659.430	-11%

Cuadro 59 Fuente: elaboración propia

Sobre estos datos de ventas, se realiza una regresión lineal aplicando la ecuación de la regresión cuya fórmula es:

$$\bar{Y} = a + b X$$

Donde:

a = la intercepción de la regresión

b = la pendiente de la regresión

$\bar{Y}$  = el pronóstico de y, la variable independiente

$\bar{x}$  = el pronóstico de x, la variable dependiente

Aplicada esta ecuación obtenemos la siguiente estadística de la regresión:

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,759058805
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,57617027
R <sup>2</sup> ajustado	0,505531981
Error típico	\$ 79.627
Observaciones	8

Cuadro 60 Fuente: elaboración propia

Donde se destaca una correlación de nivel medio alto, según se constata en la tabla de correlaciones en el ANEXO (página 170). Si bien existe una tendencia definida, no se presenta una marcada linealidad.

El siguiente gráfico de la regresión indica con la línea azul la progresión histórica y con la línea roja la proyección lineal.

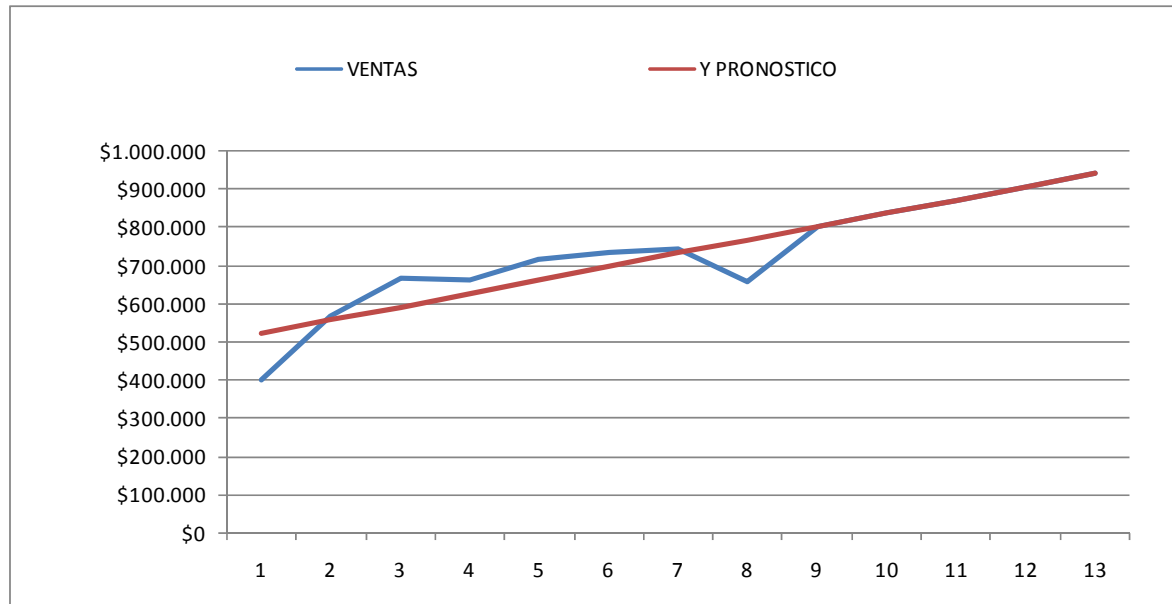


Figura 10 Fuente: elaboración propia

La siguiente es la proyección de ventas para el período años 2.010 al 2.014.

AÑO	PERIODO	VENTAS	Y PRONOSTICO	% error típico	Y PRONOSTICO
2002	1	\$401.194	\$521.561	11,90%	\$339.678
2003	2	\$566.850	\$556.651	11,15%	\$344.704
2004	3	\$668.533	\$591.742	10,49%	\$349.730
2005	4	\$662.789	\$626.833	9,90%	\$354.756
2006	5	\$716.547	\$661.923	9,37%	\$359.782
2007	6	\$736.179	\$697.014	8,90%	\$364.808
2008	7	\$743.503	\$732.105	8,47%	\$369.834
2009	8	\$659.430	\$767.196	8,09%	\$374.860
2010	9	\$802.286	\$802.286	7,73%	\$379.887
2011	10	\$837.377	\$837.377	7,41%	\$384.913
2012	11	\$872.468	\$872.468	7,11%	\$389.939
2013	12	\$907.558	\$907.558	6,84%	\$394.965
2014	13	\$942.649	\$942.649	6,58%	\$399.991

Cuadro 61 Fuente: elaboración propia

La linealidad de la regresión está en un nivel medio determina que la misma arroje un error típico de nivel medio bajo, según la tabla de correlaciones, cuyo mayor coeficiente es de 7,73% (año 2010) para los valores del pronóstico.

## 2. Variable costo de ventas:

El siguiente el cuadro del histórico del costo de ventas:

AÑO	PERÍDO	Costo de Ventas	%
2002	1	\$331.293	
2003	2	\$438.271	32%
2004	3	\$560.724	28%
2005	4	\$512.016	-9%
2006	5	\$517.714	1%
2007	6	\$544.676	5%
2008	7	\$550.853	1%
2009	8	\$495.280	-10%

Cuadro 62 Fuente: elaboración propia

Sobre estos datos históricos se obtienen las estadísticas de la regresión:

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,637874165
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,406883451
R <sup>2</sup> ajustado	0,308030692
Error típico	\$ 63.445
Observaciones	8

Cuadro 63 Fuente: elaboración propia

Donde se observa que la correlación, 0,637, es de nivel medio, con un menor grado de linealidad de la obtenida para las ventas:

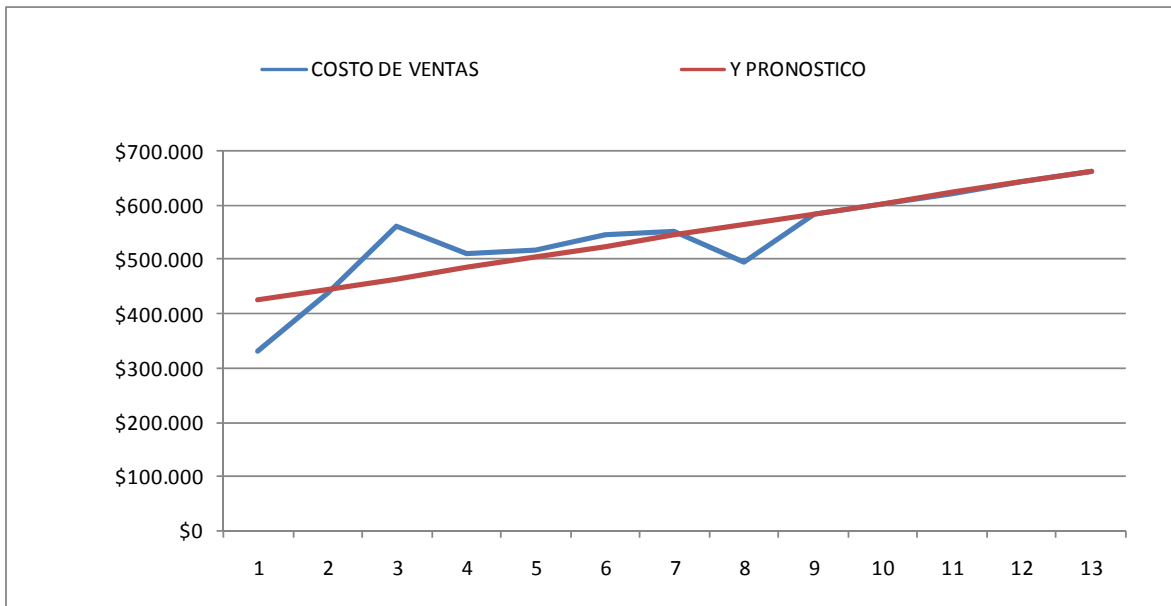


Figura 11 Fuente: elaboración propia

La siguiente es la proyección del costo de ventas para el período 2.010 al 2.014.

AÑO	PERÍODO	Costo de Ventas	%	Y PRONOSTICO	%	% error típico
2002	1	\$331.293		\$424.338		11,65%
2003	2	\$438.271	32%	\$444.199	4,68%	11,13%
2004	3	\$560.724	28%	\$464.061	4,47%	10,65%
2005	4	\$512.016	-9%	\$483.923	4,28%	10,22%
2006	5	\$517.714	1%	\$503.784	4,10%	9,81%
2007	6	\$544.676	5%	\$523.646	3,94%	9,44%
2008	7	\$550.853	1%	\$543.508	3,79%	9,10%
2009	8	\$495.280	-10%	\$563.369	3,65%	8,78%
2010	9	\$583.231	17,8%	\$583.231	3,53%	8,48%
2011	10	\$603.093	3,4%	\$603.093	3,41%	8,20%
2012	11	\$622.954	3,3%	\$622.954	3,29%	7,94%
2013	12	\$642.816	3,2%	\$642.816	3,19%	7,69%
2014	13	\$662.677	3,1%	\$662.677	3,09%	7,46%
Mayor error típico período 9 al 13						8,48%

Cuadro 64 Fuente: elaboración propia

En este caso el mayor coeficiente de error típico es de 8,48% durante el período proyectado, un error de nivel medio bajo.

El siguiente cuadro mide la correlación bivariable sobre los datos históricos de Ventas y costo de Ventas:

PERÍODO	COSTO DE VENTAS	VENTAS
1	\$331.293	\$401.194
2	\$438.271	\$566.850
3	\$560.724	\$668.533
4	\$512.016	\$662.789
5	\$517.714	\$716.547
6	\$544.676	\$736.179
7	\$550.853	\$743.503
8	\$495.280	\$659.430
<b>CORRELACIÓN</b>		<b>95,69%</b>

Cuadro 65 Fuente: elaboración propia

Se evidencia una alta correlación entre las dos variables; las ventas y los costos de ventas se mueven en similar dirección y magnitud.

### 3. Variable gastos de ventas:

Este es el cuadro de los gastos de ventas del quinquenio 2005-2009:

AÑO	PERÍODO	Gastos de Ventas	%
2002	1	\$40.591	
2003	2	\$42.481	5%
2004	3	\$59.895	41%
2005	4	\$68.347	14%
2006	5	\$71.408	4%
2007	6	\$72.427	1%
2008	7	\$61.574	-15%
2009	8	\$64.782	5%

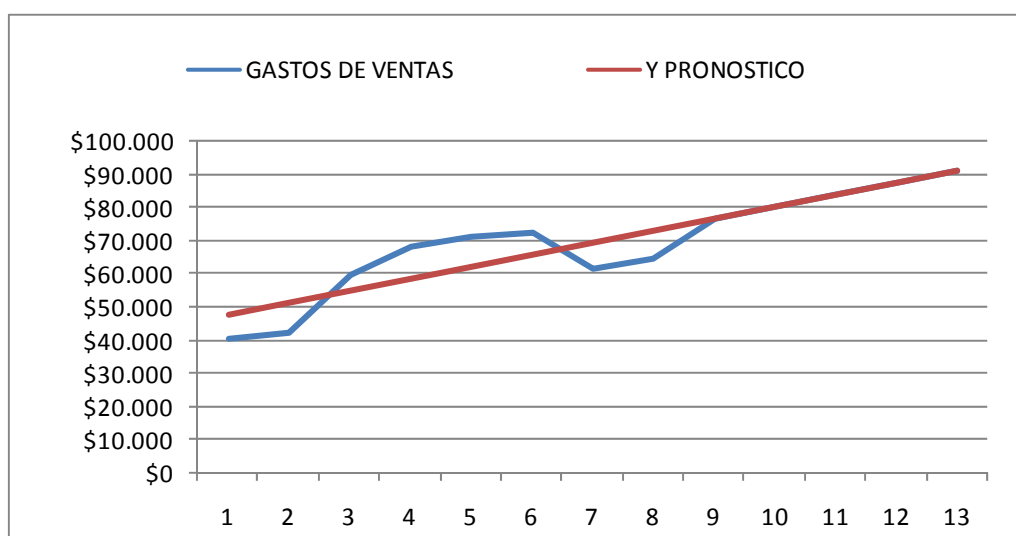
Cuadro 66 Fuente: elaboración propia

Sobre estos datos históricos se obtienen las estadísticas de la regresión:

<b>Estadísticas de la regresión</b>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,722845756
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,522505988
R <sup>2</sup> ajustado	0,442923652
Error típico	\$ 9.197
Observaciones	8

Cuadro 67 Fuente: elaboración propia

El siguiente es el gráfico de la variable con los datos históricos y con los de la proyección:



**Figura 12** Fuente: elaboración propia

En las tres variables hasta aquí descritas, ventas, costo de ventas y gastos de comercialización, se observa una depresión en el año 2009, reflejo de la desaceleración de la economía ecuatoriana.

La siguiente es la regresión obtenida:

AÑO	PERÍODO	Gastos de Ventas	%	Y PRONOSTICO	%	% error típico
2002	1	\$40.591		\$47.461		15,10%
2003	2	\$42.481	5%	\$51.097	7,66%	14,03%
2004	3	\$59.895	41%	\$54.734	7,12%	13,09%
2005	4	\$68.347	14%	\$58.370	6,64%	12,28%
2006	5	\$71.408	4%	\$62.006	6,23%	11,56%
2007	6	\$72.427	1%	\$65.643	5,86%	10,92%
2008	7	\$61.574	-15%	\$69.279	5,54%	10,34%
2009	8	\$64.782	5%	\$72.916	5,25%	9,83%
2010	9	\$76.552	18,2%	\$76.552	4,99%	9,36%
2011	10	\$80.188	4,8%	\$80.188	4,75%	8,94%
2012	11	\$83.825	4,5%	\$83.825	4,53%	8,55%
2013	12	\$87.461	4,3%	\$87.461	4,34%	8,19%
2014	13	\$91.098	4,2%	\$91.098	4,16%	7,87%
<b>Mayor error típico período 9 al 13</b>						<b>9,36%</b>

**Cuadro 68** Fuente: elaboración propia

Donde el error típico obtenido arroja un coeficiente mayor de 9,36% para el período proyectado, quinquenio 2.010-2.014. Este estadístico, si bien está cerca del límite superior, según la tabla de correlaciones, se lo considera un error de nivel medio bajo.

Analizado el cuadro de la correlación con la variable ventas, se obtiene:

PERÍODO	GASTOS DE VENTAS	VENTAS
1	\$40.591	\$401.194
2	\$42.481	\$566.850
3	\$59.895	\$668.533
4	\$68.347	\$662.789
5	\$71.408	\$716.547
6	\$72.427	\$736.179
7	\$61.574	\$743.503
8	\$64.782	\$659.430
<b>CORRELACIÓN</b>		<b>86,22%</b>

Cuadro 69 Fuente: elaboración propia

Presentando una correlación de grado medio alto con la variable de ventas.

#### 4. Gastos generales y de administración:

El siguiente es el cuadro con los datos históricos de la variable:

AÑO	PERÍODO	Gastos de adm.	%
2002	1	\$21.803	
2003	2	\$70.941	225%
2004	3	\$51.887	-27%
2005	4	\$53.998	4%
2006	5	\$59.751	11%
2007	6	\$62.380	4%
2008	7	\$77.320	24%
2009	8	\$64.153	-17%

Cuadro 70 Fuente: elaboración propia

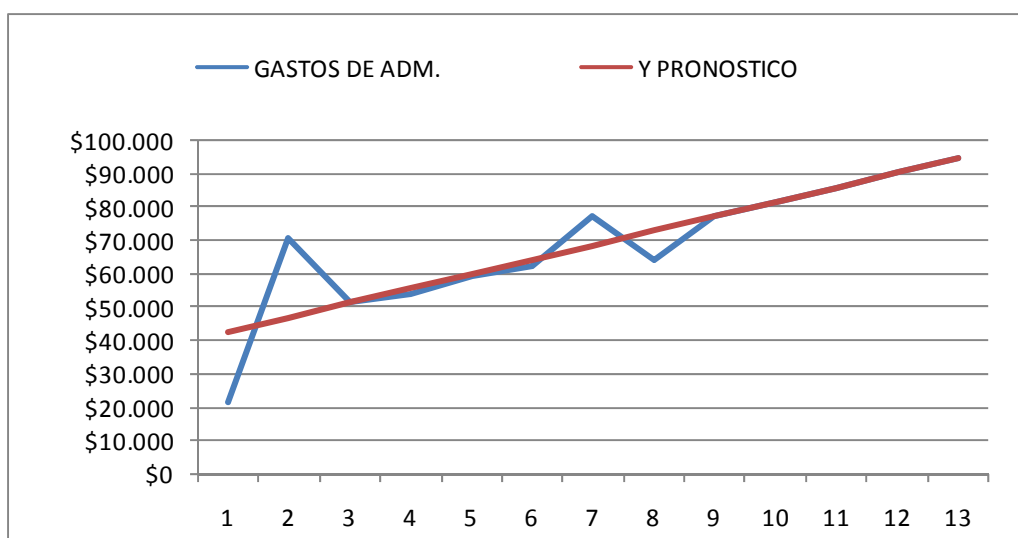
Con las siguientes estadísticas de la regresión:

<b>Estadísticas de la regresión</b>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,63642806
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,405040675
R <sup>2</sup> ajustado	0,305880788
Error típico	\$ 13.956
Observaciones	8

Cuadro 71

Se evidencia que existe una linealidad media en la regresión, con un coeficiente de correlación cercano al medio que al límite superior.

El siguiente es el gráfico del histórico de la variable con su correspondiente pronóstico para el quinquenio 2.010-2.014:



**Figura 13** Fuente: elaboración propia

Y el siguiente es el cuadro de la regresión obtenida:

AÑO	PERÍDO	Gastos de adm.	%	Y PRONOSTICO	%	% error típico
2002	1	\$21.803		\$42.547		25,56%
2003	2	\$70.941	225%	\$46.899	10,23%	23,19%
2004	3	\$51.887	-27%	\$51.251	9,28%	21,22%
2005	4	\$53.998	4%	\$55.603	8,49%	19,56%
2006	5	\$59.751	11%	\$59.955	7,83%	18,14%
2007	6	\$62.380	4%	\$64.307	7,26%	16,91%
2008	7	\$77.320	24%	\$68.659	6,77%	15,84%
2009	8	\$64.153	-17%	\$73.012	6,34%	14,89%
2010	9	\$77.364	20,6%	\$77.364	5,96%	14,06%
2011	10	\$81.716	5,6%	\$81.716	5,63%	13,31%
2012	11	\$86.068	5,3%	\$86.068	5,33%	12,63%
2013	12	\$90.420	5,1%	\$90.420	5,06%	12,03%
2014	13	\$94.772	4,8%	\$94.772	4,81%	11,47%
<b>Mayor error típico período 9 al 13</b>						<b>14,06%</b>

**Cuadro 72** Fuente: elaboración propia



El error típico mayor es de 14,06%. Si bien se considera un error medio bajo, se encuentra en el límite inferior, y es 50% mayor al error típico obtenido en los gastos de venta. Existe una menor linealidad, en al menos un 50%, que las primeras tres variables antes analizadas.

Analizado el cuadro de la correlación con la variable ventas, se obtiene:

PERÍODO	GASTOS DE ADM.	VENTAS
1	\$21.803	\$401.194
2	\$70.941	\$566.850
3	\$51.887	\$668.533
4	\$53.998	\$662.789
5	\$59.751	\$716.547
6	\$62.380	\$736.179
7	\$77.320	\$743.503
8	\$64.153	\$659.430
CORRELACIÓN		<b>76,17%</b>

*Cuadro 73 Fuente: elaboración propia*

Si bien la correlación bivariable se considera dentro del nivel medio alto, está en el límite inferior del mismo. Esta es la tanto la variable con menor linealidad como con menor correlación con la variable independiente Ventas.

## 5. Variable tasa de interés:

Para analizar la variabilidad de la tasa de interés no se aplica la misma metodología que para las anteriores variables del estado de resultados.

La tasa de interés no evoluciona conforme al tiempo, sino que su variación depende de la situación general de la economía y de la industria, y en particular de las fuentes financieras a las que accede la empresa.

Tampoco la tasa de interés se relaciona con las variables del estado de resultados; es totalmente independiente. Su correlación con las ventas es estadísticamente indiferente.

En el siguiente cuadro se presenta la evolución histórica de las tasas de interés activas para operaciones de libre contratación publicadas por el Banco Central del Ecuador:

OPERACIONES ACTIVAS DE LIBRE CONTRATACIÓN		
TASAS APLICABLES PARA LA PEQUEÑA INDUSTRIA A UN AÑO PLAZO		
AÑO	PERÍODO	TASA DE INTERÉS
2002	1	11,96%
2003	2	14,05%
2004	3	11,96%
2005	4	13,41%
2006	5	13,78%
2007	6	13,15%
2008	7	12,80%
2009	8	11,93%

Cuadro 74 Fuente: elaboración propia

Para el período 2002-2009 se observa que las tasas de interés han tenido una tendencia a la baja. El pronóstico es el siguiente:

AÑO	PERÍODO	TASA DE INTERÉS	Y PRONOSTICO	% error típico
2002	1	11,96%	12,99%	5,53%
2003	2	14,05%	12,96%	5,54%
2004	3	11,96%	12,93%	5,56%
2005	4	13,41%	12,90%	5,57%
2006	5	13,78%	12,87%	5,58%
2007	6	13,15%	12,84%	5,60%
2008	7	12,80%	12,81%	5,61%
2009	8	11,93%	12,78%	5,62%
2010	9	12,75%	12,75%	5,63%
2011	10	12,72%	12,72%	5,65%
2012	11	12,69%	12,69%	5,66%
2013	12	12,66%	12,66%	5,67%
2014	13	12,63%	12,63%	5,69%
Mayor erro típico del 9 al 13				5,69%

Cuadro 75 Fuente: elaboración propia

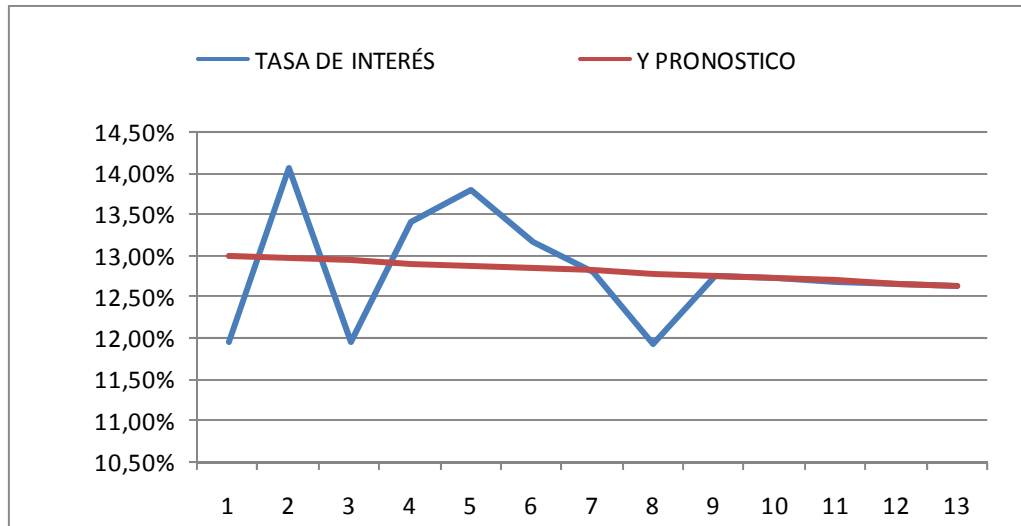
Con un error típico situado en el límite inferior del nivel medio bajo.

Con las siguientes estadísticas obtenidos de la regresión:

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,085802719
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,007362107
R <sup>2</sup> ajustado	-0,158077542
Error típico	0,92%
Observaciones	8

Cuadro 76 Fuente: elaboración propia

El gráfico de la tendencia lineal es el siguiente:



**Figura 14** Fuente: elaboración propia

### 3.2. Proposición práctica: Construcción de escenarios

El primer paso para la construcción de escenarios, es realizar el pronóstico de comportamiento de las cinco variables utilizadas en la simulación de los estados financieros y de resultados proforma, que son:

1. Ventas
2. Costo de Ventas
3. Gastos de Ventas
4. Gastos de Administración
5. Gastos Financieros

El comportamiento de las cinco variables usadas para estimar los estados de resultados ha sido inferido por la regresión lineal de los cinco períodos proyectados para los años 2010 al 2014, cuyo pronóstico es el siguiente:

AÑO	PERÍODO	VENTAS	Y PRONOSTICO	% error típico
2002	1	\$401.194	\$521.561	11,90%
2003	2	\$566.850	\$556.651	11,15%
2004	3	\$668.533	\$591.742	10,49%
2005	4	\$662.789	\$626.833	9,90%
2006	5	\$716.547	\$661.923	9,37%
2007	6	\$736.179	\$697.014	8,90%
2008	7	\$743.503	\$732.105	8,47%
2009	8	\$659.430	\$767.196	8,09%
2010	9	\$802.286	\$802.286	7,73%
2011	10	\$837.377	\$837.377	7,41%
2012	11	\$872.468	\$872.468	7,11%
2013	12	\$907.558	\$907.558	6,84%
2014	13	\$942.649	\$942.649	6,58%

Cuadro 77 Fuente: elaboración propia

AÑO	PERÍODO	COSTO DE VENTAS	Y PRONOSTICO	% error típico
2002	1	\$331.293	\$424.338	11,65%
2003	2	\$438.271	\$444.199	11,13%
2004	3	\$560.724	\$464.061	10,65%
2005	4	\$512.016	\$483.923	10,22%
2006	5	\$517.714	\$503.784	9,81%
2007	6	\$544.676	\$523.646	9,44%
2008	7	\$550.853	\$543.508	9,10%
2009	8	\$495.280	\$563.369	8,78%
2010	9	\$583.231	\$583.231	8,48%
2011	10	\$603.093	\$603.093	8,20%
2012	11	\$622.954	\$622.954	7,94%
2013	12	\$642.816	\$642.816	7,69%
2014	13	\$662.677	\$662.677	7,46%

Cuadro 78 Fuente: elaboración propia

AÑO	PERÍODO	GASTOS DE VENTAS	Y PRONOSTICO	% error típico
2002	1	\$40.591	\$47.461	15,10%
2003	2	\$42.481	\$51.097	14,03%
2004	3	\$59.895	\$54.734	13,09%
2005	4	\$68.347	\$58.370	12,28%
2006	5	\$71.408	\$62.006	11,56%
2007	6	\$72.427	\$65.643	10,92%
2008	7	\$61.574	\$69.279	10,34%
2009	8	\$64.782	\$72.916	9,83%
2010	9	\$76.552	\$76.552	9,36%
2011	10	\$80.188	\$80.188	8,94%
2012	11	\$83.825	\$83.825	8,55%
2013	12	\$87.461	\$87.461	8,19%
2014	13	\$91.098	\$91.098	7,87%

Cuadro 79 Fuente: elaboración propia

AÑO	PERÍODO	GASTOS DE ADM.	Y PRONOSTICO	% error típico
2002	1	\$21.803	\$42.547	25,56%
2003	2	\$70.941	\$46.899	23,19%
2004	3	\$51.887	\$51.251	21,22%
2005	4	\$53.998	\$55.603	19,56%
2006	5	\$59.751	\$59.955	18,14%
2007	6	\$62.380	\$64.307	16,91%
2008	7	\$77.320	\$68.659	15,84%
2009	8	\$64.153	\$73.012	14,89%
2010	9	\$77.364	\$77.364	14,06%
2011	10	\$81.716	\$81.716	13,31%
2012	11	\$86.068	\$86.068	12,63%
2013	12	\$90.420	\$90.420	12,03%
2014	13	\$94.772	\$94.772	11,47%

Cuadro 80 Fuente: elaboración propia

AÑO	PERÍODO	TASA DE INTERÉS	Y PRONOSTICO	% error típico
2002	1	11,96%	12,99%	5,53%
2003	2	14,05%	12,96%	5,54%
2004	3	11,96%	12,93%	5,56%
2005	4	13,41%	12,90%	5,57%
2006	5	13,78%	12,87%	5,58%
2007	6	13,15%	12,84%	5,60%
2008	7	12,80%	12,81%	5,61%
2009	8	11,93%	12,78%	5,62%
2010	9	12,75%	12,75%	5,63%
2011	10	12,72%	12,72%	5,65%
2012	11	12,69%	12,69%	5,66%
2013	12	12,66%	12,66%	5,67%
2014	13	12,63%	12,63%	5,69%

*Cuadro 81 Fuente: elaboración propia*

Siendo el error típico una medida estadística de la desviación del pronóstico con respecto a la media, el rango de variación (extremo superior – extremo inferior) es el doble de este error típico.

De manera que para proyectar los escenarios a simular se consideran las siguientes variables:

1. Se utilizan los coeficientes de variación obtenidos por la proyección de “Y” según la ecuación de la regresión lineal de cada variable. Este coeficiente es el porcentaje de ajuste periódico de cada variable.
2. Se utiliza el coeficiente de error típico para determinar los límites superior e inferior de cada uno de los años proyectados.

Con esta metodología, lo que se obtiene es el valor central del escenario supuesto, así como los límites superior e inferior dentro de los cuales esté previsto que se sitúe el pronóstico de estados financieros y de resultados.

## **VALORACIÓN DE LOS ESCENARIOS BAJO EL MÉTODO TRADICIONAL**

La metodología aplicada consiste en utilizar tres supuestos para un mismo escenario, utilizando el valor central para el primer supuesto, y los límites inferior y superior de la valoración para el segundo y tercer supuestos.

1. Para el supuesto del medio se utilizan los datos centrales de las variables.

2. Para los escenarios contruidos para calcular el límite inferior de la valoración, los supuestos utilizados siguen el siguiente criterio:

- Para la variable ventas se utiliza el piso del rango, que es el peor escenario posible ya que genera los ingresos más bajos.
- Para las tres variables de costos y gastos, esto es el costo de ventas y los gastos comerciales y generales y de administración, se utiliza el techo del rango, que genera los mayores costos y por ende los menores ingresos netos, el menor valor presente neto y la menor valoración.
- Para la variable tasa de interés, se utiliza el piso del rango, que si bien genera los menores costos, a su vez genera los mayores cargos por concepto de impuestos y participación a trabajadores. Los gastos financieros no se consideran para la valoración, pero si los impuestos y participación a trabajadores, los cuales se restan del ingreso para obtener la utilidad neta. De manera que una tasa de interés menor produce mayores cargos por impuestos y participación laboral en las utilidades, y consecuentemente un escenario menor de utilidades netas, siendo este último el rubro relevante para el método de valoración.

3. Para los escenarios contruidos para calcular el límite superior de la valoración, el procedimiento es inverso al primero:

- Para la variable ventas se utiliza el techo del rango, que es el mejor escenario posible para generar los ingresos más altos.
- Para las tres variables de costos y gastos, esto es el costo de ventas y los gastos comerciales y generales y de administración, se utiliza el piso del rango que genera los menores costos, y por ende los mayores ingresos (y la mayor valoración).
- Para la variable tasa de interés, se utiliza el techo del rango, que si bien genera los mayores costos financieros, a su vez genera los menores cargos por concepto de impuestos y participación a trabajadores. Los gastos financieros no se consideran para la valoración, pero si los

impuestos y participación a trabajadores, los cuales se restan para obtener la utilidad neta. Consecuentemente, una tasa de interés mayor produce menores pagos por impuestos y participación laboral en las utilidades, y consecuentemente un resultado mayor de utilidades netas, siendo este último el dato necesario para la valoración.

### Valoración del primer escenario; de base o permanencia

El escenario de permanencia se lo denomina también el escenario medio o probable; tiene los siguientes supuestos:

1. Las inversiones en bienes de capital se realizarían durante el período del pronóstico bajo una política de reemplazo de los equipos estrictamente necesarios, para cubrir los casos de no operabilidad del equipo del equipo o de obsolescencia del mismo, según el cuadro siguiente:

PERIODO	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>COMPRA Y VENTA DE ACTIVOS</b>						
(+) Computadoras y equipos de oficina	0	0	0	0	0	0
(+) Planta y equipo	0	10.000	10.000	30.000	10.000	15.000
(+) Terreno	0	0	0	0	0	0
<b>DEPRECIACIÓN DEL EJERCICIO</b>						
(+) Computadoras y equipos de oficina	0	1.154	1.154	1.154	1.154	1.154
(+) Planta y equipo	0	9.402	11.402	11.402	14.402	15.402
(+) Terreno						
<b>SALDO FINAL DEL PERIODO</b>						
(+) Computadoras y equipos de oficina	3.461	2.307	1.154	0	(1.154)	(2.307)
(+) Planta y equipo	94.024	94.622	93.219	111.817	107.414	107.012
(+) Terreno	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>97.485</b>	<b>96.929</b>	<b>94.373</b>	<b>111.817</b>	<b>106.261</b>	<b>104.705</b>

*Cuadro 82 Fuente: elaboración propia*

Está previsto financiar estas inversiones de capital parte con deuda bancaria corriente y con capital de operación.

Con los anteriores criterios, las variables analizadas y el rango establecido estadísticamente se indican en el siguiente cuadro:

<b>ESCENARIO BASE</b>					
<b>ZCETATRES</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>Ventas netas</b>	<b>689.592</b>	<b>719.753</b>	<b>749.915</b>	<b>780.077</b>	<b>810.238</b>
<b>% variación Ventas netas</b>	<b>4,57%</b>	<b>4,37%</b>	<b>4,19%</b>	<b>4,02%</b>	<b>3,87%</b>
<b>RANGO DE VARIACIÓN</b>	<b>7,73%</b>	<b>7,41%</b>	<b>7,11%</b>	<b>6,84%</b>	<b>6,58%</b>
<b>Mínimo</b>	4,22%	4,05%	3,89%	3,75%	3,61%
<b>Máximo</b>	4,93%	4,70%	4,49%	4,30%	4,12%
<b>0</b>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Costo de ventas	512.741	530.203	547.664	565.125	582.586
% variación Costo de Ventas	3,53%	3,41%	3,29%	3,19%	3,09%
RANGO DE VARIACIÓN	8,48%	8,20%	7,94%	7,69%	7,46%
Mínimo	3,23%	3,13%	3,03%	2,94%	2,86%
Máximo	3,82%	3,68%	3,55%	3,43%	3,32%
Participación sobre las ventas	74,35%	73,66%	73,03%	72,44%	71,90%
Gastos de comercialización	68.013	71.244	74.475	77.706	80.936
% variación Gastos comercial.	4,99%	4,75%	4,53%	4,34%	4,16%
RANGO DE VARIACIÓN	9,36%	8,94%	8,55%	8,19%	7,87%
Mínimo	4,52%	4,33%	4,15%	3,98%	3,83%
Máximo	5,45%	5,17%	4,92%	4,69%	4,48%
Participación sobre las ventas	9,86%	9,90%	9,93%	9,96%	9,99%
Gastos Generales y Adm.	67.977	71.801	75.626	79.450	83.274
% variación Gastos Genrls. y Adm.	5,96%	5,63%	5,33%	5,06%	4,81%
RANGO DE VARIACIÓN	14,06%	13,31%	12,63%	12,03%	11,47%
Mínimo	5,12%	4,88%	4,65%	4,45%	4,26%
Máximo	6,80%	6,37%	6,00%	5,66%	5,37%
Participación sobre las ventas	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%
Tasa de interés	12,75%	12,72%	12,69%	12,66%	12,63%
RANGO DE VARIACIÓN	5,63%	5,65%	5,66%	5,67%	5,69%
Mínimo	12,03%	12,00%	11,97%	11,94%	11,91%
Máximo	13,46%	13,43%	13,40%	13,37%	13,34%

Cuadro 83 Fuente: elaboración propia

Y estos son los tres supuestos para el escenario base:

ESCENARIO BASE -TENDENCIA CENTRAL						
ZCETATRES	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Proyección a 5 años						
Activos Corrientes	152.911	176.224	185.055	194.260	202.073	209.886
Pasivos Corrientes	66.068	84.271	87.905	105.365	92.431	102.914
CTN	86.843	91.954	97.151	88.894	109.642	106.972
Cambio	-18.502	5.110	5.197	-8.256	20.747	-2.670
Propiedad, planta y equipo	97.485	96.929	94.373	111.817	106.261	104.705
Cambio	71.161	-556	-2.556	17.444	-5.556	-1.556
Periodo	0	1	2	3	4	5
Ventas Netas	\$659.430	\$689.592	\$719.753	\$749.915	\$780.077	\$810.238
(-)Costo de Ventas	\$495.280	\$512.741	\$530.203	\$547.664	\$565.125	\$582.586
(-)Gastos de Comercialización	\$64.782	\$68.013	\$71.244	\$74.475	\$77.706	\$80.936
(-)Gastos Generales y Administración	\$64.153	\$67.977	\$71.801	\$75.626	\$79.450	\$83.274
(=)EBITDA	\$35.214	\$40.860	\$46.505	\$52.151	\$57.796	\$63.442
(-)Depreciación	\$14.770	\$10.556	\$12.556	\$12.556	\$15.556	\$16.556
(-)Amortización	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
(=)EBIT	\$20.444	\$30.304	\$33.949	\$39.595	\$42.240	\$46.886
(+) Participación a trabajadores	\$1.683	\$3.882	\$4.388	\$5.076	\$5.475	\$6.238
(-)Impuestos	\$2.384	\$5.500	\$6.216	\$7.191	\$7.757	\$8.837
(=)Utilidad antes de intereses	\$16.377	\$20.922	\$23.346	\$27.328	\$29.008	\$31.810
(+)Depreciaciones	\$14.770	\$10.556	\$12.556	\$12.556	\$15.556	\$16.556
(+)Amortizaciones	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
(=)Flujo Operativo	\$31.147	\$31.478	\$35.902	\$39.884	\$44.564	\$48.366
(+ -) Cambios en el CTN	\$18.502	-\$5.110	-\$5.197	\$8.256	-\$20.747	\$2.670
(+ -) Gastos de Capital	-\$71.161	\$556	\$2.556	-\$17.444	\$5.556	\$1.556
Flujo Libre de Caja	-\$21.512	\$26.924	\$33.261	\$30.696	\$29.373	\$52.592
Costo de capital		12,17%				
Factor Descuento		1,12	1,26	1,41	1,58	1,78
Valor Presente Flujo		\$24.004	\$26.437	\$21.752	\$18.557	\$29.623
Perpetuidad						\$281.915
Crecimiento de la perpetuidad		1,5%				
VPN		\$402.288				

Cuadro 84 Fuente: elaboración propia



ESCENARIO BASE -LÍMITE SUPERIOR						
ZCETATRES						
Proyección a 5 años	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Activos Corrientes	152.911	176.224	185.055	194.260	202.073	209.886
Pasivos Corrientes	66.068	84.271	87.905	105.365	92.431	102.914
CTN	86.843	91.954	97.151	88.894	109.642	106.972
<b>Cambio</b>	<b>-18.502</b>	<b>5.110</b>	<b>5.197</b>	<b>-8.256</b>	<b>20.747</b>	<b>-2.670</b>
Propiedad, planta y equipo	97.485	96.929	94.373	111.817	106.261	104.705
<b>Cambio</b>	<b>71.161</b>	<b>-556</b>	<b>-2.556</b>	<b>17.444</b>	<b>-5.556</b>	<b>-1.556</b>
Periodo	0	1	2	3	4	5
Ventas Netas	\$659.430	\$691.924	\$724.430	\$756.947	\$789.473	\$822.007
(-)Costo de Ventas	\$495.280	\$511.261	\$527.245	\$543.231	\$559.219	\$575.208
(-)Gastos de Comercialización	\$64.782	\$67.711	\$70.640	\$73.569	\$76.499	\$79.430
(-)Gastos Generales y Administración	\$64.153	\$67.440	\$70.729	\$74.020	\$77.313	\$80.607
(=)EBITDA	<b>\$35.214</b>	<b>\$45.512</b>	<b>\$55.817</b>	<b>\$66.127</b>	<b>\$76.442</b>	<b>\$86.762</b>
(-)Depreciación	\$14.770	\$10.556	\$12.556	\$12.556	\$15.556	\$16.556
(-)Amortización	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
(=)EBIT	<b>\$20.444</b>	<b>\$34.956</b>	<b>\$43.261</b>	<b>\$53.571</b>	<b>\$60.886</b>	<b>\$70.206</b>
(-) Participación a trabajadores	\$1.683	\$4.564	\$5.789	\$7.250	\$8.495	\$9.972
(-)Impuestos	\$2.384	\$6.466	\$8.201	\$10.270	\$12.035	\$14.127
(=)Utilidad antes de intereses	<b>\$16.377</b>	<b>\$23.926</b>	<b>\$29.271</b>	<b>\$36.051</b>	<b>\$40.356</b>	<b>\$46.106</b>
(+)Depreciaciones	\$14.770	\$10.556	\$12.556	\$12.556	\$15.556	\$16.556
(+)Amortizaciones	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
(=)Flujo Operativo	<b>\$31.147</b>	<b>\$34.482</b>	<b>\$41.827</b>	<b>\$48.607</b>	<b>\$55.912</b>	<b>\$62.663</b>
(+ -) Cambios en el CTN	\$18.502	-\$5.173	-\$8.159	\$2.238	-\$30.049	\$2.607
(+ -) Gastos de Capital	-\$71.161	\$556	\$2.556	-\$17.444	\$5.556	\$1.556
Flujo Libre de Caja	<b>-\$21.512</b>	<b>\$29.865</b>	<b>\$36.224</b>	<b>\$33.401</b>	<b>\$31.420</b>	<b>\$66.826</b>
Costo de capital	0	12,17%	0	0	0	0
Factor Descuento		1,12	1,26	1,41	1,58	1,78
Valor Presente Flujo		\$26.626	\$28.792	\$23.669	\$19.850	\$37.640
Perpetuidad						\$358.210
Crecimiento de la perpetuidad		1,5%				
VPN		\$494.788				

Cuadro 85 Fuente: elaboración propia

ESCENARIO BASE -LÍMITE INFERIOR						
ZCETATRES						
Proyección a 5 años	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Activos Corrientes	152.911	175.636	183.880	192.450	199.661	206.873
Pasivos Corrientes	66.068	83.745	89.809	112.664	108.515	118.459
CTN	86.843	91.892	94.071	79.786	91.145	88.414
<b>Cambio</b>	<b>-18.502</b>	<b>5.048</b>	<b>2.180</b>	<b>-14.285</b>	<b>11.360</b>	<b>-2.732</b>
Propiedad, planta y equipo	97.485	96.929	94.373	111.817	106.261	104.705
<b>Cambio</b>	<b>71.161</b>	<b>-556</b>	<b>-2.556</b>	<b>17.444</b>	<b>-5.556</b>	<b>-1.556</b>
Periodo	0	1	2	3	4	5
Ventas Netas	\$659.430	\$687.259	\$715.092	\$742.927	\$770.765	\$798.605
(-)Costo de Ventas	\$495.280	\$514.221	\$533.169	\$552.121	\$571.078	\$590.039
(-)Gastos de Comercialización	\$64.782	\$68.316	\$71.851	\$75.388	\$78.926	\$82.466
(-)Gastos Generales y Administración	\$64.153	\$68.515	\$72.882	\$77.254	\$81.630	\$86.010
(=)EBITDA	<b>\$35.214</b>	<b>\$36.207</b>	<b>\$37.190</b>	<b>\$38.164</b>	<b>\$39.130</b>	<b>\$40.089</b>
(-)Depreciación	\$14.770	\$10.556	\$12.556	\$12.556	\$15.556	\$16.556
(-)Amortización	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
(=)EBIT	<b>\$20.444</b>	<b>\$25.651</b>	<b>\$24.634</b>	<b>\$25.608</b>	<b>\$23.574</b>	<b>\$23.533</b>
(-) Participación a trabajadores	\$1.683	\$3.187	\$2.984	\$2.882	\$2.415	\$2.393
(-)Impuestos	\$2.384	\$4.515	\$4.227	\$4.082	\$3.421	\$3.390
(=)Utilidad antes de intereses	<b>\$16.377</b>	<b>\$17.950</b>	<b>\$17.424</b>	<b>\$18.644</b>	<b>\$17.739</b>	<b>\$17.750</b>
(+)Depreciaciones	\$14.770	\$10.556	\$12.556	\$12.556	\$15.556	\$16.556
(+)Amortizaciones	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
(=)Flujo Operativo	<b>\$31.147</b>	<b>\$28.506</b>	<b>\$29.980</b>	<b>\$31.200</b>	<b>\$33.295</b>	<b>\$34.306</b>
(+ -) Cambios en el CTN	\$18.502	-\$5.048	-\$2.180	\$14.285	-\$11.360	\$2.732
(+ -) Gastos de Capital	-\$71.161	\$556	\$2.556	-\$17.444	\$5.556	\$1.556
Flujo Libre de Caja	<b>-\$21.512</b>	<b>\$24.013</b>	<b>\$30.356</b>	<b>\$28.042</b>	<b>\$27.491</b>	<b>\$38.594</b>
Costo de capital		12,17%				
Factor Descuento		1,12	1,26	1,41	1,58	1,78
Valor Presente Flujo		\$21.409	\$24.128	\$19.872	\$17.368	\$21.738
Perpetuidad						\$206.877
Crecimiento de la perpetuidad		1,5%				
VPN		\$311.392				

Los tres supuestos para este escenario tienen las siguientes estadísticas:

SUPUESTO	VALORACIÓN	Desviación Estándar	Coficiente D. Estándar
SUPERIOR	\$ 494.788		
CENTRAL	\$ 402.288	\$ 91.699	22,79%
INFERIOR	\$ 311.392		

Cuadro 87 Fuente: elaboración propia

Bajo la metodología tradicional de análisis, una posible valoración podría consistir en asignar porcentajes de probabilidad de ocurrencia de los tres escenarios, porcentajes que serían determinados por un análisis macro económico y sectorial.

Pero para efectos de guardar consistencia para el contraste de los métodos tradicional con la simulación Montecarlo, no se aplica este tipo de análisis, sino que se utiliza una ponderación simétrica de un tercio para cada escenario, con lo cual la probabilidad de escenarios sería la siguiente:

Límite superior: 33,333333%  
 Medio: 33,333333%  
 Límite inferior: 33,333333%

Con esta ponderación de escenarios, se obtuvo la siguiente valoración:

SUPUESTO	VALOR INDIVIDUAL	Probabilidad	Valor proporcional	VALORACIÓN
SUPERIOR	\$ 494.788	33,33%	\$ 164.929	\$ 402.823
CENTRAL	\$ 402.288	33,33%	\$ 134.096	
INFERIOR	\$ 311.392	33,33%	\$ 103.797	

Cuadro 88

Obtenidos los tres supuestos, se realiza la estimación de probabilidad de ocurrencia mediante la simulación Montecarlo. Para el efecto se construyó en Microsoft Excel® una simulador de estados financieros y de la cuenta de resultados, el cual construye los estados financieros proforma mediante un algoritmo de construcción y cuadro bajo la metodología indicada en el CAPÍTULO DOS.

El simulador tiene incorporado un generador de números aleatorios que opera dentro de los rangos establecidos para las cinco variables críticas antes indicadas, y ejecuta 10.000 iteraciones para obtener igual número de observaciones del valor presente del flujo de caja, observaciones que tabula en una tabla de intervalos de distribución de frecuencias, que posteriormente utiliza para generar un histograma y las estadísticas propias de este tipo de análisis, que son: mediana, desviación estándar, coeficiente de asimetría y curtosis.

Este es el histograma generado por la simulación Montecarlo:

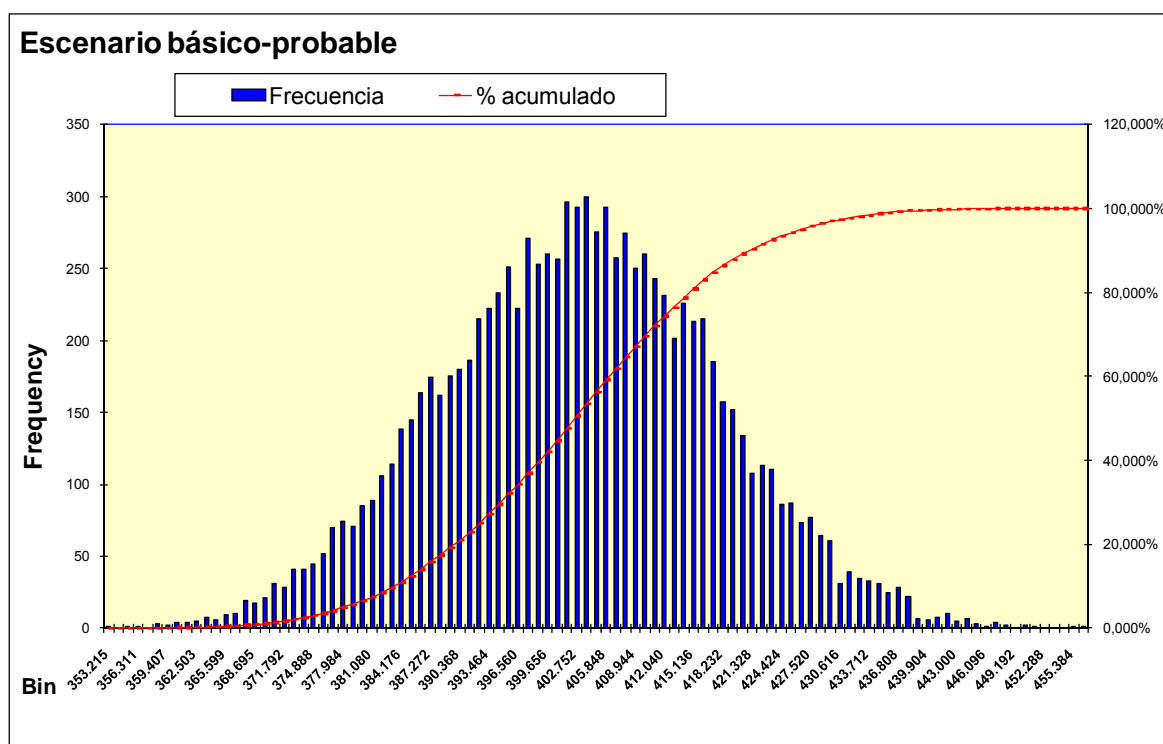


Figura 15 Fuente: elaboración propia

El tipo de distribución aplicado es la distribución triángulo, la cual es el estándar para este tipo de simulaciones, y que consiste en incorporar los límites (los extremos) de las variables al software de simulación, y sobre la base de un algoritmo puro (que no tiene restricciones) dejar que sea la sola simulación la que determine los resultados en virtud del teorema de tendencia central.

Y el siguiente es el cuadro de distribución de frecuencias:

Escenario básico	Clase	Frecuencia	%	% Acumulado	Probabilidad
Igual o menor que	373.856	253	2,53%	2,53%	2,53%
Igual o menor que	390.368	1.844	18,44%	20,97%	95,15%
Igual o menor que	402.752	2.957	29,57%	50,54%	
Igual o menor que	415.136	3.022	30,22%	80,76%	
Igual o menor que	431.648	1.692	16,92%	97,68%	
Igual o menor que	455.384	232	2,32%	100,00%	

Cuadro 89 Fuente: elaboración propia

Donde se observa que la concentración de frecuencias está en el intervalo comprendido entre \$ 390.368 como valor inferior y \$ 431.648 como superior, el cual tiene el 95,15% de las observaciones totales.

Probablemente el aspecto más relevante de la información anterior, es el hecho de que los valores obtenidos en los supuestos de un mínimo de \$ 311.392 y un máximo de \$ 494.788 que fueron preparados conforme al método tradicional, no se presentan dentro de las observaciones de la simulación.

El siguiente es el comparativo de desviación entre los escenarios límite obtenidos mediante los dos métodos:

Escenario base	VALORACIÓN		DESVIACIÓN		Coeficiente de desviación	
	Tradicional	Montecarlo	Tradicional	Montecarlo	Tradicional	Montecarlo
<b>SUPUESTO</b>						
SUPERIOR	\$ 494.788	\$ 455.384				
CENTRAL	\$ 402.288	\$ 402.288	\$ 91.699	\$ 41.381	22,79%	10,29%
<b>INFERIOR</b>	<b>\$ 311.392</b>	<b>\$ 373.856</b>				

*Cuadro 90 Fuente: elaboración propia*

Esta es el primer resultado relevante para la comprobación de la hipótesis a demostrar en el presente trabajo: el hecho de que los escenarios extremos obtenidos bajo el método tradicional no se hayan presentado en las observaciones de la simulación Montecarlo, implica que la probabilidad de que los escenarios se presenten en la vida real empresarial, es estadísticamente no significativa.

De manera que se puede afirmar que el método tradicional trabaja con escenarios extremos que son improbables de presentarse en la realidad.

Los siguientes son los estadísticos de las simulaciones obtenidos mediante los dos métodos de valoración:

ESCENARIO BASE	Método tradicional	Método Montecarlo
MÁXIMO	\$ 494.788,33	\$ 457.448,40
PROMEDIO	\$ 402.288,42	\$ 402.386,74
MÍNIMO	\$ 311.392,21	\$ 353.215,33
MEDIANA		\$ 402.582,88
DESVIACIÓN STD	22,79%	3,63%
COEF. ASIMETRÍA		-0,0008
CURTOSIS		-0,1335

*Cuadro 91 Fuente: elaboración propia*

Al comparar el coeficiente de desviación estándar, 3,63%, con el coeficiente obtenido como resultado del método tradicional, 22,79%, surge el segundo resultado relevante para la comprobación de la hipótesis planteada en el presente trabajo, resultado que se describe a continuación:

1. Si la desviación estándar es una medida de la variación de las observaciones con respecto a la media, una desviación de 24,9% sobre la valoración media de \$ 402.288,42 equivale a \$ 45.850 hacia arriba y \$ 45.850 hacia abajo de la media, un rango absoluto de \$ 91.699, el 45,6% del valor medio.
2. Según el método Montecarlo, la desviación estándar es de 3,63%, y no sobre 3, sino sobre 10.000 valores obtenidos. Y, lo más importante, es que sobre los resultados de los escenarios se ha determinado estadísticamente que el rango que tiene el 95,15% de probabilidad está comprendido entre \$390.368 y \$431.648, esto es un rango absoluto de \$ 41.280, el 10,25% del valor medio.

No es necesario ser un perito en estadística para comprender que un rango absoluto de 45,6% con respecto al valor de la media, que es el obtenido mediante el método tradicional de valoración, resulta a todas luces una medida demasiado amplia para tener significación estadística. Por el contrario, el resultado de la probabilidad obtenido por la simulación Montecarlo, que establece que el 95,15% de los resultados obtenidos están comprendidos en un rango que oscila en un intervalo que representa el 10,25% del valor de la media, si tiene significación desde el punto de vista estadístico, y consecuentemente si puede ser utilizado para tomar una decisión sobre la inversión en una empresa o proyecto.

Esta conclusión anterior bastaría por si sola para afirmar que es cierta la hipótesis plantada en el presente trabajo: que el método Montecarlo supera al método tradicional. Pero será necesario también comprobar los resultados del Montecarlo en combinación con las opciones reales.

Regresando al análisis de los estadísticos de la simulación Montecarlo, cabe interpretar los coeficientes de asimetría y de curtosis:

1. Un coeficiente de asimetría de -0,0008 indica una insignificante concentración de 0,8% de las observaciones hacia el lado negativo de la distribución. Existe una distribución de los valores que es simétrica hacia los dos lados.
2. La curtosis de -0,1335 indica que la distribución es platicúrtica al ser menor que cero, y por tanto no existe una concentración de valores hacia la media.

Con respecto al estadístico del tamaño de la muestra, su fórmula es la siguiente:

N	10.000
z=	1,96
Desviación estándar	3,63%
e %=	0,07%
e valor=	<b>\$ 286</b>
Intervalo de confianza=	95%

Cuadro 92 Fuente: elaboración propia

$$n = \frac{z^2 \times \sigma^2}{e^2}$$

donde

n = tamaño de la muestra

z = variable normal con  $\mu = 0$  y  $\sigma = 1$ , para un nivel de confianza deseado

$\sigma$  = la desviación estándar estimada de la variable simulada.

e = error absoluto aceptado

El resultado de la aplicación de la fórmula representa un

error absoluto de apenas \$ 2.012 dólares sobre una valoración de \$ 402.288. Esto significa un error relativo de 0,50%, estadísticamente no significativo.

### Valoración del segundo escenario; de crecimiento

El movimiento de activo de planta n tiene los siguientes supuestos:

PERÍODO	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>COMPRA Y VENTA DE ACTIVOS</b>						
(+) Computadoras y equipos de oficina	0	0	0	0	0	0
(+) Planta y equipo	0	10.000	60.000	15.000	15.000	40.000
(+) Terreno	0	0	0	0	0	0
<b>DEPRECIACIÓN DEL EJERCICIO</b>						
(+) Computadoras y equipos de oficina	0	1.154	1.154	1.154	1.154	1.154
(+) Planta y equipo	0	9.402	16.402	16.402	17.902	19.402
(+) Terreno						
<b>SALDO FINAL DEL PERÍODO</b>						
(+) Computadoras y equipos de oficina	3.461	2.307	1.154	0	(1.154)	(2.307)
(+) Planta y equipo	94.024	94.622	138.219	136.817	133.914	154.512
(+) Terreno	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>97.485</b>	<b>96.929</b>	<b>139.373</b>	<b>136.817</b>	<b>132.761</b>	<b>152.205</b>

Cuadro 93 Fuente: elaboración propia

1. La empresa prevé una ampliación de planta con una inversión de \$ 60.000 durante el año 2011 y de \$40.000 durante el 2.014, además de inversiones de reemplazo de activos para los años 2010, 2.012 y 2.013 por \$10.000, \$15.000 y \$15.000 respectivamente. Está previsto financiar estas inversiones de capital parte con deuda bancaria corriente y con capital de operación.
2. El comportamiento de las cuatro variables del estado de resultados ha sido estimado mediante la ecuación de la regresión lineal de los ocho períodos históricos (años 2002 al 2009), y al pronóstico obtenido se le ha incorporado el estimado del incremento a producirse por la expansión de operaciones, según el siguiente cuadro:

ESCENARIO DE CRECIMIENTO					
ZCETATRES	2010	2011	2012	2013	2014
Ventas netas	702.561	746.504	794.679	843.900	897.086
% variación Ventas netas	6,54%	6,25%	6,45%	6,19%	6,30%
RANGO DE VARIACIÓN	7,73%	7,41%	7,11%	6,84%	6,58%
Mínimo	6,03%	5,79%	5,99%	5,77%	5,89%
Gastos Generales y Adm.	69.622	75.222	81.392	87.730	94.613
% variación Gastos Genrls. y Adm.	8,52%	8,04%	8,20%	7,79%	7,85%
RANGO DE VARIACIÓN	14,06%	13,31%	12,63%	12,03%	11,47%
Mínimo	7,33%	6,97%	7,17%	6,85%	6,95%
Máximo	9,72%	9,12%	9,24%	8,72%	8,75%
Participación sobre las ventas	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%

Costo de ventas	520.250	545.585	573.255	601.402	631.691
% variación Costo de Ventas	5,04%	4,87%	5,07%	4,91%	5,04%
RANGO DE VARIACIÓN	8,48%	8,20%	7,94%	7,69%	7,46%
Mínimo	4,61%	4,47%	4,67%	4,53%	4,66%
Máximo	5,47%	5,27%	5,47%	5,29%	5,41%
Participación sobre las ventas	74,05%	73,09%	72,14%	71,26%	70,42%
Gastos de comercialización	69.402	74.117	79.293	84.590	90.323
% variación Gastos comercial.	7,13%	6,79%	6,98%	6,68%	6,78%
RANGO DE VARIACIÓN	9,36%	8,94%	8,55%	8,19%	7,87%
Mínimo	6,46%	6,19%	6,39%	6,13%	6,24%
Máximo	7,80%	7,40%	7,58%	7,23%	7,31%
Participación sobre las ventas	9,88%	9,93%	9,98%	10,02%	10,07%
Tasa de interés	12,75%	12,72%	12,69%	12,66%	12,63%
RANGO DE VARIACIÓN	5,63%	5,65%	5,66%	5,67%	5,69%
Mínimo	12,03%	12,00%	11,97%	11,94%	11,91%
Máximo	13,46%	13,43%	13,40%	13,37%	13,34%

Cuadro 94 Fuente: elaboración propia

3. El rango de variación de la tasa de interés es el valor máximo del coeficiente de error histórico de la regresión, método que se aplica a los tres escenarios.

La siguiente es la secuencia de análisis para el escenario de crecimiento:

ESCENARIO DE CRECIMIENTO -TENDENCIA CENTRAL						
ZCETATRES						
Proyección a 5 años	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Activos Corrientes	152.911	179.494	191.799	205.856	218.606	232.384
Pasivos Corrientes	66.068	87.195	137.058	139.949	132.862	169.697
CTN	86.843	92.299	54.741	65.907	85.744	62.686
<b>Cambio</b>	<b>-18.502</b>	<b>5.456</b>	<b>-37.558</b>	<b>11.166</b>	<b>19.837</b>	<b>-23.058</b>
Propiedad, planta y equipo	97.485	96.929	139.373	136.817	132.761	152.205
<b>Cambio</b>	<b>71.161</b>	<b>-556</b>	<b>42.444</b>	<b>-2.556</b>	<b>-4.056</b>	<b>19.444</b>
Periodo	0	1	2	3	4	5
Ventas Netas	\$659.430	\$702.561	\$746.504	\$794.679	\$843.900	\$897.086
(-)Costo de Ventas	\$495.280	\$520.250	\$545.585	\$573.255	\$601.402	\$631.691
(-)Gastos de Comercialización	\$64.782	\$69.402	\$74.117	\$79.293	\$84.590	\$90.323
(-)Gastos Generales y Administración	\$64.153	\$69.622	\$75.222	\$81.392	\$87.730	\$94.613
(=)EBITDA	<b>\$35.214</b>	<b>\$43.287</b>	<b>\$51.579</b>	<b>\$60.738</b>	<b>\$70.178</b>	<b>\$80.459</b>
(-)Depreciación	\$14.770	\$10.556	\$17.556	\$17.556	\$19.056	\$20.556
(-)Amortización	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
(=)EBIT	<b>\$20.444</b>	<b>\$32.731</b>	<b>\$34.023</b>	<b>\$43.182</b>	<b>\$51.122</b>	<b>\$59.903</b>
(-) Participación a trabajadores	\$1.683	\$4.324	\$4.139	\$5.095	\$6.416	\$7.540
(-)Impuestos	\$2.384	\$6.126	\$5.863	\$7.218	\$9.090	\$10.682
(=)Utilidad antes de intereses	<b>\$16.377</b>	<b>\$22.281</b>	<b>\$24.021</b>	<b>\$30.869</b>	<b>\$35.616</b>	<b>\$41.680</b>
(+)Depreciaciones	\$14.770	\$10.556	\$17.556	\$17.556	\$19.056	\$20.556
(+)Amortizaciones	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
(=)Flujo Operativo	<b>\$31.147</b>	<b>\$32.837</b>	<b>\$41.577</b>	<b>\$48.425</b>	<b>\$54.672</b>	<b>\$62.236</b>
(+ -) Cambios en el CTN	\$18.502	-\$5.456	\$37.558	-\$11.166	-\$19.837	\$23.058
(+ -) Gastos de Capital	-\$71.161	\$556	-\$42.444	\$2.556	\$4.056	-\$19.444
Flujo Libre de Caja	<b>-\$21.512</b>	<b>\$27.938</b>	<b>\$36.691</b>	<b>\$39.815</b>	<b>\$38.891</b>	<b>\$65.850</b>
Costo de capital		12,17%				
Factor Descuento		1,12	1,26	1,41	1,58	1,78
Valor Presente Flujo		\$24.908	\$29.163	\$28.214	\$24.571	\$37.090
Perpetuidad						\$352.980
CreCIMIENTO de la perpetuidad		1,5%				
VPN		\$496.927				

Cuadro 95, Fuente: elaboración propia

ESCENARIO DE CRECIMIENTO -LÍMITE SUPERIOR						
ZCETATRES						
Proyección a 5 años	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Activos Corrientes	152.911	179.494	191.799	205.856	218.606	232.384
Pasivos Corrientes	66.068	87.195	137.058	139.949	132.862	169.697
CTN	86.843	92.299	54.741	65.907	85.744	62.686
<b>Cambio</b>	<b>-18.502</b>	<b>5.456</b>	<b>-37.558</b>	<b>11.166</b>	<b>19.837</b>	<b>-23.058</b>
Propiedad, planta y equipo	97.485	96.929	139.373	136.817	132.761	152.205
<b>Cambio</b>	<b>71.161</b>	<b>-556</b>	<b>42.444</b>	<b>-2.556</b>	<b>-4.056</b>	<b>19.444</b>
Periodo	0	1	2	3	4	5
Ventas Netas	\$659.430	\$705.897	\$753.319	\$805.391	\$858.687	\$916.367
(-)Costo de Ventas	\$495.280	\$518.133	\$541.297	\$566.571	\$592.250	\$619.853
(-)Gastos de Comercialización	\$64.782	\$68.970	\$73.236	\$77.914	\$82.692	\$87.856
(-)Gastos Generales y Administración	\$64.153	\$68.853	\$73.655	\$78.933	\$84.340	\$90.198
(=)EBITDA	<b>\$35.214</b>	<b>\$49.941</b>	<b>\$65.131</b>	<b>\$81.974</b>	<b>\$99.404</b>	<b>\$118.460</b>
(-)Depreciación	\$14.770	\$10.556	\$17.556	\$17.556	\$19.056	\$20.556
(-)Amortización	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
(=)EBIT	<b>\$20.444</b>	<b>\$39.384</b>	<b>\$47.575</b>	<b>\$64.418</b>	<b>\$80.348</b>	<b>\$97.904</b>
(-) Participación a trabajadores	\$1.683	\$5.309	\$6.169	\$8.372	\$11.112	\$13.667
(-)Impuestos	\$2.384	\$7.521	\$8.740	\$11.860	\$15.742	\$19.361
(=)Utilidad antes de intereses	<b>\$16.377</b>	<b>\$26.554</b>	<b>\$32.666</b>	<b>\$44.186</b>	<b>\$53.494</b>	<b>\$64.876</b>
(+)Depreciaciones	\$14.770	\$10.556	\$17.556	\$17.556	\$19.056	\$20.556
(+)Amortizaciones	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
(=)Flujo Operativo	<b>\$31.147</b>	<b>\$37.110</b>	<b>\$50.222</b>	<b>\$61.742</b>	<b>\$72.550</b>	<b>\$85.432</b>
(+ -) Cambios en el CTN	\$18.502	-\$5.444	\$33.278	-\$19.898	-\$33.869	\$22.938
(+ -) Gastos de Capital	-\$71.161	\$556	-\$42.444	\$2.556	\$4.056	-\$19.444
Flujo Libre de Caja	<b>-\$21.512</b>	<b>\$32.122</b>	<b>\$41.056</b>	<b>\$44.400</b>	<b>\$42.737</b>	<b>\$88.926</b>
Costo de capital		12,17%				
Factor Descuento		1,12	1,26	1,41	1,58	1,78
Valor Presente Flujo		\$28.638	\$32.634	\$31.464	\$27.000	\$50.088
Perpetuidad						\$476.676
CreCIMIENTO de la perpetuidad		1,5%				
VPN		\$646.499				

Cuadro 96, Fuente: elaboración propia



ESCENARIO DE CRECIMIENTO -LÍMITE INFERIOR						
ZCETATRES						
Proyección a 5 años	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Activos Corrientes	152.911	178.653	190.089	203.105	214.825	227.473
Pasivos Corrientes	66.068	86.443	139.717	150.291	156.153	191.975
CTN	86.843	92.210	50.372	52.815	58.672	35.499
Cambio	-18.502	5.367	-41.838	2.443	5.857	-23.174
Propiedad, planta y equipo	97.485	96.929	139.373	136.817	132.761	152.205
Cambio	71.161	-556	42.444	-2.556	-4.056	19.444
0	0	1	2	3	4	5
Ventas Netas	\$659.430	\$699.226	\$739.719	\$784.062	\$829.305	\$878.131
(-)Costo de Ventas	\$495.280	\$522.366	\$549.890	\$579.991	\$610.659	\$643.708
(-)Gastos de Comercialización	\$64.782	\$69.835	\$75.003	\$80.688	\$86.521	\$92.846
(-)Gastos Generales y Administración	\$64.153	\$70.390	\$76.806	\$83.902	\$91.221	\$99.199
(=)EBITDA	\$35.214	\$36.634	\$38.020	\$39.480	\$40.904	\$42.378
(-)Depreciación	\$14.770	\$10.556	\$17.556	\$17.556	\$19.056	\$20.556
(-)Amortización	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
(=)EBIT	\$20.444	\$26.078	\$20.464	\$21.924	\$21.848	\$21.822
(-) Participación a trabajadores	\$1.683	\$3.339	\$2.110	\$1.831	\$1.752	\$1.455
(-)Impuestos	\$2.384	\$4.730	\$2.990	\$2.594	\$2.482	\$2.061
(=)Utilidad antes de intereses	\$16.377	\$18.010	\$15.364	\$17.499	\$17.614	\$18.307
(+)Depreciaciones	\$14.770	\$10.556	\$17.556	\$17.556	\$19.056	\$20.556
(+)Amortizaciones	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
(=)Flujo Operativo	\$31.147	\$28.566	\$32.920	\$35.055	\$36.670	\$38.863
(+ -) Cambios en el CTN	\$18.502	-\$5.367	\$41.838	-\$2.443	-\$5.857	\$23.174
(+ -) Gastos de Capital	-\$71.161	\$556	-\$42.444	\$2.556	\$4.056	-\$19.444
Flujo Libre de Caja	-\$21.512	\$23.755	\$32.314	\$35.168	\$34.869	\$42.592
Costo de capital		12,17%				
Factor Descuento		1,12	1,26	1,41	1,58	1,78
Valor Presente Flujo		\$21.179	\$25.685	\$24.921	\$22.030	\$23.990
Perpetuidad						\$228.310
Crecimiento de la perpetuidad		1,5%				
VPN		\$346.115				

Cuadro 97 Fuente: elaboración propia

Los tres escenarios tienen las siguientes estadísticas:

SUPUESTO	VALORACIÓN	Desviación Estándar	Coefficiente D. Estándar
SUPERIOR	\$ 646.499	\$ 150.192	30,22%
CENTRAL	\$ 496.927		
INFERIOR	\$ 346.115		

Cuadro 98 Fuente: elaboración propia

Pero para efectos de mantener las equivalencias en la comparación, no se aplica este tipo de análisis, sino que se utiliza una ponderación equivalente de un tercio para cada escenario, con lo cual la probabilidad de escenarios sería la siguiente:

Límite superior: 33,333333%

Medio: 33,333333%

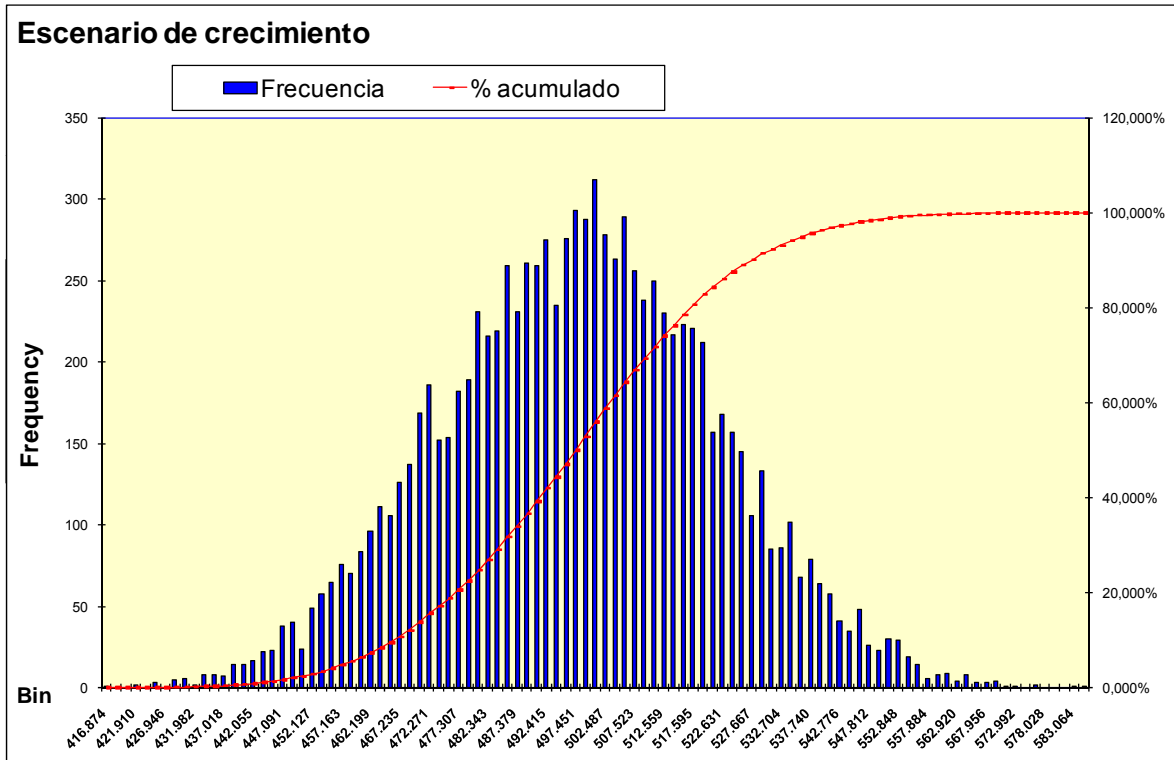
Límite inferior: 33,333333%

Con esta ponderación de escenarios, se obtuvo la siguiente valoración:

SUPUESTO	VALOR INDIVIDUAL	Probabilidad	Valor proporcional	VALORACIÓN
SUPERIOR	\$ 646.499	33,33%	\$ 215.500	\$ 496.513
CENTRAL	\$ 496.927	33,33%	\$ 165.642	
INFERIOR	\$ 346.115	33,33%	\$ 115.372	

Cuadro 99 Fuente: elaboración propia

El siguiente es el histograma generado por la simulación Montecarlo:



**Figura 16** Fuente: elaboración propia

El tipo de distribución aplicado es la distribución triángulo, la cual es el estándar para este tipo de simulaciones, y que consiste en incorporar los límites (los extremos) de las variables al software de simulación, y sobre la base de un algoritmo puro (que no tiene restricciones) dejar que sea la sola simulación la que determine los resultados en virtud del teorema de tendencia central.

Y el siguiente es el cuadro de distribución de frecuencias:

Escenario de crecimiento	Clase	Frecuencia	%	% Acumulado	Probabilidad
Igual o menor que	452.127	283	2,83%	2,83%	2,83%
Igual o menor que	477.307	1.772	17,72%	20,55%	94,77%
Igual o menor que	497.451	2.944	29,44%	49,99%	
Igual o menor que	517.595	3.065	30,65%	80,64%	
Igual o menor que	544.454	1.696	16,96%	97,60%	
Igual o menor que	583.064	240	2,40%	100,00%	2,40%

**Cuadro 100** Fuente: elaboración propia

Donde se observa que la concentración de frecuencias está en el intervalo comprendido entre \$ 477.307 como valor inferior y \$ 544.454 como superior, el cual tiene el 94,77% de las observaciones totales.

Como se indicó anteriormente al analizar el escenario base, el aspecto más importante al analizar esta información es el hecho de que los supuestos del límite inferior y del límite superior, \$ 646.499 y \$ 346.115 respectivamente, obtenidos bajo el método tradicional de valoración, tampoco se presentan dentro de las observaciones de esta simulación, existiendo el siguiente comparativo de desviación estándar de los dos métodos:

Escenario de crecimiento	VALORACIÓN		DESVIACIÓN		Coeficiente de desviación	
	Tradicional	Montecarlo	Tradicional	Montecarlo	Tradicional	Montecarlo
<b>SUPUESTO</b>						
SUPERIOR	\$ 646.499	\$ 583.064	\$ 150.192	\$ 66.547	30,22%	13,39%
CENTRAL	\$ 496.927	\$ 496.927				
<b>INFERIOR</b>	\$ 346.115	\$ 452.127				

*Cuadro 101 Fuente: elaboración propia*

Como ya se sostuvo en el análisis del escenario base: el hecho de que los escenarios extremos obtenidos bajo el método tradicional no presente en las observaciones de la simulación Montecarlo, implica que la probabilidad de que se presenten en la vida real empresarial, es estadísticamente no significativa.

Nuevamente el método tradicional trabaja con escenarios extremos que son improbables de presentarse en la realidad.

Los siguientes son las estadísticas descriptivas de los dos métodos de valoración:

ESCENARIO DE CRECIMIENTO	Método tradicional	Método Montecarlo
MÁXIMO	\$ 646.499	\$ 586.421
PROMEDIO	\$ 496.927	\$ 497.103
MÍNIMO	\$ 346.115	\$ 416.874
MEDIANA		\$ 497.457
DESVIACIÓN STD	30,22%	4,77%
COEF. ASIMETRÍA		0,0016
CURTOSIS		-0,1326

*Cuadro 102 Fuente: elaboración propia*

Al comparar el coeficiente de desviación estándar de la simulación Montecarlo, 4,77%, con el coeficiente obtenido como resultado del método tradicional, 30,22%, nuevamente se corrobora un resultado importante que refuerza la hipótesis del presente trabajo de tesis, resultado que se analiza a continuación:

1. Si la desviación estándar es una medida de la variación de las observaciones con respecto a la media, una desviación de 30,22% sobre la valoración media de \$ 496.927 equivale a \$ \$ 150.192 hacia arriba y el mismo valor hacia abajo, un rango absoluto de \$300.384, 60% del valor medio. Este es el resultado del método tradicional.
2. Según el método Montecarlo, la desviación estándar es de 4,77%, y no sobre 3, sino sobre 10.000 escenario simulados. Y, lo más importante, que sobre los resultados de los escenarios se ha determinado estadísticamente que el rango que tiene el 94,77% de probabilidad está comprendido entre \$ 477.307 como valor inferior y \$ 544.454 como superior, esto es un rango absoluto de \$ 67.147, el 13,5% de la valoración promedio.

Se puede afirmar que el método tradicional presenta un 60,4% de incertidumbre (el rango absoluto de la desviación) mientras que el método Montecarlo presente un rango de certeza al 94,77% de probabilidad, de que el valor de la empresa se sitúa entre \$ 477.307 y \$ 544.454, con una desviación total equivalente al 13,5% del valor medio. No hace falta abundar en una explicación de cual método es más preciso y por ende será más confiable.

Regresando al análisis de los estadísticos de la simulación Montecarlo, se interpreta los coeficientes de asimetría y de curtosis:

1. Un coeficiente de asimetría de 0,0016 indica una insignificante inclinación de 016% de las observaciones hacia el lado positivo de la distribución.
2. La curtosis de -0,1326 indica que la distribución es ligeramente platocúrtica al ser menor que cero, y por tanto no existe una concentración de valores hacia la media.

Estos dos coeficientes no son valores extremos. La distribución obtenida es bastante uniforme y se asemeja a la distribución normal estándar.

Estas son las estadísticas del tamaño de la muestra

N	10.000
z=	1,96
Desviación estándar	4,77%
e %=	0,09%
e valor=	\$ 465
Intervalo de confianza=	95%

Cuadro 103 Fuente: elaboración propia

El resultado de la aplicación de la fórmula representa un error absoluto de \$ 2.486 sobre una valoración media de \$ \$ 496.927. Esto significa un error relativo de 0,53%, estadísticamente no significativo.

### Tercer escenario: de contracción

El escenario de contracción tiene el supuesto de que la empresa durante el año 2010 incurre en una sensible disminución de operaciones, lo cual obliga a una reducción de sus operaciones y costos.

Las inversiones de capital pronosticadas se limitan al reemplazo de equipos por edad y obsolescencia, con idéntico plan de inversiones al del escenario base. Independientemente de la disminución del nivel de ventas, los equipos deben ser reemplazados para mantener la confiabilidad y la calidad dentro del proceso productivo.

PERÍODO	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>COMPRA Y VENTA DE ACTIVOS</b>						
(+) Computadoras y equipos de oficina	0	0	0	0	0	0
(+) Planta y equipo	0	10.000	10.000	30.000	10.000	15.000
(+) Terreno	0	0	0	0	0	0
<b>DEPRECIACIÓN DEL EJERCICIO</b>						
(+) Computadoras y equipos de oficina	0	1.154	1.154	1.154	1.154	1.154
(+) Planta y equipo	0	9.402	11.402	11.402	14.402	15.402
(+) Terreno						
<b>SALDO FINAL DEL PERÍODO</b>						
(+) Computadoras y equipos de oficina	3.461	2.307	1.154	0	(1.154)	(2.307)
(+) Planta y equipo	94.024	94.622	93.219	111.817	107.414	107.012
(+) Terreno	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>97.485</b>	<b>96.929</b>	<b>94.373</b>	<b>111.817</b>	<b>106.261</b>	<b>104.705</b>

Cuadro 104 Fuente: elaboración propia

El comportamiento de las cuatro variables del estado de resultados ha sido estimado mediante la ecuación de la regresión lineal de los ocho períodos históricos (años 2002 al 2009), y al pronóstico obtenido se le ha incorporado el estimado del efecto de la contracción de operaciones, según el siguiente cuadro:

<b>ESCENARIO DE CONTRACCIÓN</b>					
<b>ZCETATRES</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>Ventas netas</b>	<b>435.224</b>	<b>459.988</b>	<b>483.577</b>	<b>507.756</b>	<b>533.114</b>
<b>% variación Ventas netas</b>	<b>-34,00%</b>	<b>5,69%</b>	<b>5,13%</b>	<b>5,00%</b>	<b>4,99%</b>
<b>RANGO DE VARIACIÓN</b>	<b>7,73%</b>	<b>7,41%</b>	<b>7,11%</b>	<b>6,84%</b>	<b>6,58%</b>
<b>Mínimo</b>	-31,37%	5,27%	4,76%	4,66%	4,67%
<b>Máximo</b>	-36,63%	6,11%	5,49%	5,34%	5,32%
<b>0</b>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<b>Costo de ventas</b>	<b>329.510</b>	<b>343.632</b>	<b>359.519</b>	<b>370.699</b>	<b>389.528</b>
<b>% variación Costo de Ventas</b>	<b>-33,47%</b>	<b>4,29%</b>	<b>4,62%</b>	<b>3,11%</b>	<b>5,08%</b>
<b>RANGO DE VARIACIÓN</b>	<b>8,48%</b>	<b>8,20%</b>	<b>7,94%</b>	<b>7,69%</b>	<b>7,46%</b>
<b>Mínimo</b>	-30,63%	3,93%	4,26%	2,87%	4,70%
<b>Máximo</b>	-36,31%	4,64%	4,99%	3,35%	5,46%
<b>Participación sobre las ventas</b>	75,71%	74,70%	74,35%	73,01%	73,07%
<b>Gastos de comercialización</b>	<b>42.443</b>	<b>43.622</b>	<b>45.980</b>	<b>48.338</b>	<b>50.696</b>
<b>% variación Gastos comercial.</b>	<b>-34,48%</b>	<b>2,78%</b>	<b>5,41%</b>	<b>5,13%</b>	<b>4,88%</b>
<b>RANGO DE VARIACIÓN</b>	<b>9,36%</b>	<b>8,94%</b>	<b>8,55%</b>	<b>8,19%</b>	<b>7,87%</b>
<b>Mínimo</b>	-31,25%	2,53%	4,94%	4,71%	4,49%
<b>Máximo</b>	-37,71%	3,03%	5,87%	5,55%	5,26%
<b>Participación sobre las ventas</b>	9,75%	9,48%	9,51%	9,52%	9,51%
<b>Gastos Generales y Adm.</b>	<b>42.418</b>	<b>43.361</b>	<b>44.303</b>	<b>46.189</b>	<b>47.603</b>
<b>% variación Gastos Genrls. y Adm.</b>	<b>-33,88%</b>	<b>2,22%</b>	<b>2,17%</b>	<b>4,26%</b>	<b>3,06%</b>
<b>RANGO DE VARIACIÓN</b>	<b>14,06%</b>	<b>13,31%</b>	<b>12,63%</b>	<b>12,03%</b>	<b>11,47%</b>
<b>Mínimo</b>	-29,12%	1,93%	1,90%	3,74%	2,71%
<b>Máximo</b>	-38,64%	2,52%	2,45%	4,77%	3,41%
<b>Participación sobre las ventas</b>	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%
<b>Tasa de interés</b>	<b>12,75%</b>	<b>12,72%</b>	<b>12,69%</b>	<b>12,66%</b>	<b>12,63%</b>
<b>RANGO DE VARIACIÓN</b>	<b>5,63%</b>	<b>5,65%</b>	<b>5,66%</b>	<b>5,67%</b>	<b>5,69%</b>
<b>Mínimo</b>	12,03%	12,00%	11,97%	11,94%	11,91%
<b>Máximo</b>	13,46%	13,43%	13,40%	13,37%	13,34%

*Cuadro 105 Fuente: elaboración propia*

El rango de variación del tipo de interés es el valor máximo del coeficiente de regresión.

Una vez estructurados los escenarios que contienen las variables críticas del estado de resultado, se construye la proyección de los estados financieros bajo la metodología establecida en el CAPITULO DOS del presente trabajo. Los estados financieros que han sido construidos para los diferentes escenarios constan en el ANEXO (página 164).

ESCENARIO DE CONTRACCIÓN -TENDENCIA CENTRAL						
ZCETATRES						
Proyección a 5 años	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Activos Corrientes	152.911	112.095	119.565	125.267	131.530	138.099
Pasivos Corrientes	66.068	26.908	40.518	63.907	60.904	70.271
CTN	86.843	85.186	79.047	61.361	70.627	67.829
<b>Cambio</b>	<b>-18.502</b>	<b>-1.657</b>	<b>-6.139</b>	<b>-17.687</b>	<b>9.266</b>	<b>-2.798</b>
Propiedad, planta y equipo	97.485	96.929	94.373	111.817	106.261	104.705
<b>Cambio</b>	<b>71.161</b>	<b>-556</b>	<b>-2.556</b>	<b>17.444</b>	<b>-5.556</b>	<b>-1.556</b>
Periodo	0	1	2	3	4	5
Ventas Netas	\$659.430	\$435.224	\$459.988	\$483.577	\$507.756	\$533.114
(-)Costo de Ventas	\$495.280	\$329.510	\$343.632	\$359.519	\$370.699	\$389.528
(-)Gastos de Comercialización	\$64.782	\$42.443	\$43.622	\$45.980	\$48.338	\$50.696
(-)Gastos Generales y Administración	\$64.153	\$42.418	\$43.361	\$44.303	\$46.189	\$47.603
(=)EBITDA	<b>\$35.214</b>	<b>\$20.852</b>	<b>\$29.373</b>	<b>\$33.775</b>	<b>\$42.530</b>	<b>\$45.288</b>
(-)Depreciación	\$14.770	\$10.556	\$12.556	\$12.556	\$15.556	\$16.556
(-)Amortización	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
(=)EBIT	<b>\$20.444</b>	<b>\$10.296</b>	<b>\$16.817</b>	<b>\$21.218</b>	<b>\$26.974</b>	<b>\$28.732</b>
(-) Participación a trabajadores	\$1.683	\$1.249	\$2.210	\$2.412	\$3.097	\$3.313
(-)Impuestos	\$2.384	\$1.769	\$3.131	\$3.417	\$4.387	\$4.694
(=)Utilidad antes de intereses	<b>\$16.377</b>	<b>\$7.279</b>	<b>\$11.477</b>	<b>\$15.390</b>	<b>\$19.490</b>	<b>\$20.724</b>
(+)Depreciaciones	\$14.770	\$10.556	\$12.556	\$12.556	\$15.556	\$16.556
(+)Amortizaciones	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
(=)Flujo Operativo	<b>\$31.147</b>	<b>\$17.835</b>	<b>\$24.033</b>	<b>\$27.946</b>	<b>\$35.046</b>	<b>\$37.280</b>
(+ -) Cambios en el CTN	\$18.502	\$1.657	\$6.139	\$17.687	-\$9.266	\$2.798
(+ -) Gastos de Capital	-\$71.161	\$556	\$2.556	-\$17.444	\$5.556	\$1.556
Flujo Libre de Caja	<b>-\$21.512</b>	<b>\$20.048</b>	<b>\$32.728</b>	<b>\$28.189</b>	<b>\$31.336</b>	<b>\$41.634</b>
Costo de capital		12,17%				
Factor Descuento		1,12	1,26	1,41	1,58	1,78
Valor Presente Flujo		\$17.873	\$26.014	\$19.976	\$19.797	\$23.451
Perpetuidad						\$223.175
Crecimiento de la perpetuidad		1,5%				
VPN		\$330.285				

Cuadro 106 Fuente: elaboración propia

ESCENARIO DE CONTRACCIÓN -LÍMITE SUPERIOR						
ZCETATRES						
Proyección a 5 años	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Activos Corrientes	152.911	112.095	119.565	125.267	131.530	138.099
Pasivos Corrientes	66.068	26.908	40.518	63.907	60.904	70.271
CTN	86.843	85.186	79.047	61.361	70.627	67.829
<b>Cambio</b>	<b>-18.502</b>	<b>-1.657</b>	<b>-6.139</b>	<b>-17.687</b>	<b>9.266</b>	<b>-2.798</b>
Propiedad, planta y equipo	97.485	96.929	94.373	111.817	106.261	104.705
<b>Cambio</b>	<b>71.161</b>	<b>-556</b>	<b>-2.556</b>	<b>17.444</b>	<b>-5.556</b>	<b>-1.556</b>
Periodo	0	1	2	3	4	5
Ventas Netas	\$659.430	\$452.563	\$480.222	\$506.600	\$533.662	\$562.068
(-)Costo de Ventas	\$495.280	\$315.459	\$327.870	\$341.826	\$351.638	\$368.166
(-)Gastos de Comercialización	\$64.782	\$40.352	\$41.373	\$43.418	\$45.462	\$47.505
(-)Gastos Generales y Administración	\$64.153	\$39.363	\$40.121	\$40.883	\$42.414	\$43.563
(=)EBITDA	<b>\$35.214</b>	<b>\$57.389</b>	<b>\$70.857</b>	<b>\$80.473</b>	<b>\$94.147</b>	<b>\$102.833</b>
(-)Depreciación	\$14.770	\$10.556	\$12.556	\$12.556	\$15.556	\$16.556
(-)Amortización	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
(=)EBIT	<b>\$20.444</b>	<b>\$46.833</b>	<b>\$58.301</b>	<b>\$67.916</b>	<b>\$78.591</b>	<b>\$86.277</b>
(-) Participación a trabajadores	\$1.683	\$6.717	\$8.419	\$9.843	\$11.426	\$12.559
(-)Impuestos	\$2.384	\$9.516	\$11.926	\$13.944	\$16.187	\$17.792
(=)Utilidad antes de intereses	<b>\$16.377</b>	<b>\$30.599</b>	<b>\$37.956</b>	<b>\$44.129</b>	<b>\$50.979</b>	<b>\$55.925</b>
(+)Depreciaciones	\$14.770	\$10.556	\$12.556	\$12.556	\$15.556	\$16.556
(+)Amortizaciones	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
(=)Flujo Operativo	<b>\$31.147</b>	<b>\$41.155</b>	<b>\$50.512</b>	<b>\$56.685</b>	<b>\$66.535</b>	<b>\$72.481</b>
(+ -) Cambios en el CTN	\$18.502	\$1.195	-\$17.180	-\$8.775	-\$40.926	\$2.717
(+ -) Gastos de Capital	-\$71.161	\$556	\$2.556	-\$17.444	\$5.556	\$1.556
Flujo Libre de Caja	<b>-\$21.512</b>	<b>\$42.907</b>	<b>\$35.888</b>	<b>\$30.466</b>	<b>\$31.165</b>	<b>\$76.754</b>
Costo de capital	0	12,17%	0	0	0	0
Factor Descuento		1,12	1,26	1,41	1,58	1,78
Valor Presente Flujo		\$38.253	\$28.526	\$21.589	\$19.690	\$43.232
Perpetuidad						\$411.428
Crecimiento de la perpetuidad		1,5%				
VPN		\$562.718				

Cuadro 107 Fuente: elaboración propia

ESCENARIO DE CONTRACCIÓN -LÍMITE INFERIOR						
ZCETATRES						
Proyección a 5 años	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Activos Corrientes	152.911	107.723	114.501	119.381	124.942	130.771
Pasivos Corrientes	66.068	22.998	69.428	129.377	172.495	181.198
CTN	86.843	84.725	45.072	-9.996	-47.553	-50.426
<b>Cambio</b>	<b>-18.502</b>	<b>-2.118</b>	<b>-39.653</b>	<b>-55.068</b>	<b>-37.557</b>	<b>-2.874</b>
Propiedad, planta y equipo	97.485	96.929	94.373	111.817	106.261	104.705
<b>Cambio</b>	<b>71.161</b>	<b>-556</b>	<b>-2.556</b>	<b>17.444</b>	<b>-5.556</b>	<b>-1.556</b>
0	1	2	3	4	5	
Ventas Netas	\$659.430	\$417.885	\$439.901	\$460.855	\$482.323	\$504.826
(-)Costo de Ventas	\$495.280	\$343.561	\$359.492	\$377.431	\$390.071	\$411.362
(+)Gastos de Comercialización	\$64.782	\$44.535	\$45.882	\$48.575	\$51.270	\$53.967
(-)Gastos Generales y Administración	\$64.153	\$45.473	\$46.618	\$47.760	\$50.036	\$51.744
(=)EBITDA	<b>\$35.214</b>	<b>-\$15.684</b>	<b>-\$12.092</b>	<b>-\$12.910</b>	<b>-\$9.054</b>	<b>-\$12.248</b>
(-)Depreciación	\$14.770	\$10.556	\$12.556	\$12.556	\$15.556	\$16.556
(-)Amortización	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
(=)EBIT	<b>\$20.444</b>	<b>-\$26.240</b>	<b>-\$24.648</b>	<b>-\$25.466</b>	<b>-\$24.610</b>	<b>-\$28.804</b>
(-) Participación a trabajadores	\$1.683	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
(-)Impuestos	\$2.384	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
(=)Utilidad antes de intereses	<b>\$16.377</b>	<b>-\$26.240</b>	<b>-\$24.648</b>	<b>-\$25.466</b>	<b>-\$24.610</b>	<b>-\$28.804</b>
(+)Depreciaciones	\$14.770	\$10.556	\$12.556	\$12.556	\$15.556	\$16.556
(+)Amortizaciones	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
(=)Flujo Operativo	<b>\$31.147</b>	<b>-\$15.684</b>	<b>-\$12.092</b>	<b>-\$12.910</b>	<b>-\$9.054</b>	<b>-\$12.248</b>
(+ -) Cambios en el CTN	\$18.502	\$2.118	\$39.653	\$55.068	\$37.557	\$2.874
(+ -) Gastos de Capital	-\$71.161	\$556	\$2.556	-\$17.444	\$5.556	\$1.556
Flujo Libre de Caja	<b>-\$21.512</b>	<b>-\$13.010</b>	<b>\$30.117</b>	<b>\$24.714</b>	<b>\$34.059</b>	<b>-\$7.818</b>
Costo de capital		12,17%				
Factor Descuento		1,12	1,26	1,41	1,58	1,78
Valor Presente Flujo		-\$11.599	\$23.938	\$17.513	\$21.518	-\$4.403
Perpetuidad						-\$41.906
Crecimiento de la perpetuidad		1,5%				
VPN		\$5.061				

Cuadro 108 Fuente: elaboración propia

Los tres supuestos para este escenario tienen las siguientes estadísticas:

SUPUESTO	VALORACIÓN	Desviación Estándar	Coeficiente D. Estándar
SUPERIOR	\$ 562.718	\$ 280.112	84,81%
CENTRAL	\$ 330.285		
INFERIOR	\$ 5.061		

Cuadro 109 Fuente: elaboración propia

Al igual que en los dos casos anteriores, para efectos de mantener las equivalencias en la comparación, se utiliza una ponderación equivalente de un tercio para cada escenario, con lo cual la probabilidad de ocurrencia sería la siguiente:

Límite superior: 33,333333%  
Medio: 33,333333%  
Límite inferior: 33,333333%



Con esta ponderación de escenarios, se obtuvo la siguiente valoración bajo los dos métodos:

SUPUESTO	VALOR INDIVIDUAL	Probabilidad	Valor proporcional	VALORACIÓN
SUPERIOR	\$ 562.718	33,33%	\$ 187.573	\$ 299.355
CENTRAL	\$ 330.285	33,33%	\$ 110.095	
INFERIOR	\$ 5.061	33,33%	\$ 1.687	

Cuadro 110 Fuente: elaboración propia

El siguiente paso es contrastar la anterior metodología tradicional con la simulación Montecarlo, con el siguiente histograma:

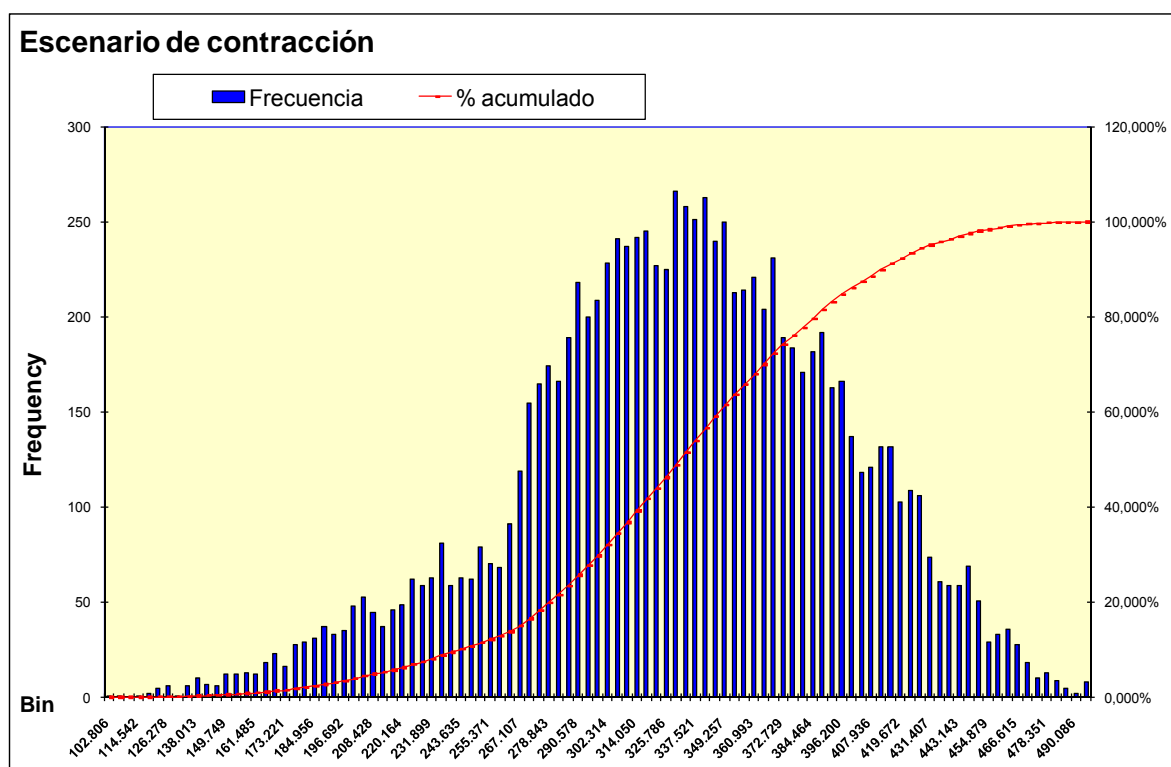


Figura 17 Fuente: elaboración propia

Y el siguiente es el cuadro de distribución de frecuencias:

Escenario de contracción	Clase	Frecuencia	%	% Acumulado	Probabilidad
Igual o menor que	184.956	240	2,40%	2,40%	2,40%
Igual o menor que	243.635	770	7,70%	10,10%	95,18%
Igual o menor que	290.578	1.556	15,56%	25,66%	
Igual o menor que	337.521	2.829	28,29%	53,95%	
Igual o menor que	447.055	4.363	43,63%	97,58%	
Igual o menor que	490.086	242	2,42%	100,00%	2,42%

Cuadro 111 Fuente: elaboración propia

Donde se observa que la concentración de frecuencias está en el intervalo comprendido entre \$ 184.956 como límite inferior y \$ 490.086 como superior, el cual tiene el 95,18% de las observaciones totales.

Los supuestos de valoración, mínimo de \$ \$ 5.061 y máximo de \$ \$ 562.718 obtenidos conforme al método tradicional tampoco, se presentan dentro de las observaciones de la simulación, existiendo la siguiente desviación comparativa de los métodos:

Escenario de contracción	VALORACIÓN		DESVIACIÓN		Coeficiente de desviación	
	Tradicional	Montecarlo	Tradicional	Montecarlo	Tradicional	Montecarlo
<b>SUPUESTO</b>						
SUPERIOR	\$ 562.718	\$ 490.086				
CENTRAL	\$ 299.355	\$ 330.285	\$ 278.972	\$ 152.622	93,19%	46,21%
<b>INFERIOR</b>	\$ 5.061	\$ 184.956				

*Cuadro 112 Fuente: elaboración propia*

Nuevamente este fuerte argumento a favor de la hipótesis se confirma: el hecho de que los escenarios extremos obtenidos bajo el método tradicional no se hayan presentado en las observaciones de la simulación Montecarlo, implica que la probabilidad de que se presenten en la vida real empresarial es estadísticamente no significativa.

Se evidencia que por tercera ocasión el método tradicional trabaja con escenarios extremos que son improbables de presentarse en la realidad.

Los siguientes son los estadísticos de la simulación Montecarlo

ESCENARIO DE CONTRACCIÓN	Método tradicional	Método Montecarlo
MÁXIMO	\$ 562.717,92	\$ 497.910,17
PROMEDIO	\$ 330.285,49	\$ 329.158,60
MÍNIMO	\$ 5.060,57	\$ 102.806,01
MEDIANA		\$ 331.366,37
DESVIACIÓN STD	84,81%	19,74%
COEF. ASIMETRÍA		-0,3263
CURTOSIS		0,0323

*Cuadro 113 Fuente: elaboración propia*

Al comparar el coeficiente de desviación estándar, 19,74%, con el coeficiente obtenido como resultado del método tradicional, 84,81%, se confirma una vez

más la el segundo argumento de prueba de la hipótesis ya analizada en los casos anteriores, argumento que se explica a continuación:

1. Si la desviación estándar es una medida de la variación de las observaciones con respecto a la media, una desviación de 84,81%, % sobre la valoración media de \$ 330.285 equivale a \$ 280.112 hacia arriba y debajo de la media, un rango absoluto de \$ 560 mil, 170% del valor medio. Este es el resultado del método tradicional.
2. Según el método Montecarlo, la desviación estándar es de 19,74%, y no sobre 3, sino sobre 10.000 escenario simulados. Y, lo más importante, que sobre los resultados de los escenarios se ha determinado estadísticamente que el rango que tiene el 95,18% de probabilidad está comprendido entre \$ 390.368 y \$ 431.648, esto es un rango absoluto de \$ 41.280, el 12,5% del valor medio.

Se puede afirmar que el método tradicional arroja un 84,81% de incertidumbre, sobre un 19,74% que es el resultado del método Montecarlo.

Retornando al análisis de los estadísticos de la simulación Montecarlo, se interpreta los coeficientes de asimetría y de curtosis:

1. En este escenario, que resulta extremo por cuanto se ha supuesto una fuerte contracción de operaciones, se presenta una distribución no normal de frecuencias, a diferencia de en los escenarios anteriores donde el resultado obtenido han sido distribuciones normales. La explicación es que la función de densidad del simulador es asimétrica por el uso de un algoritmo compuesto, sujeto a restricciones y condiciones necesarias para la construcción correcta de los estados financieros.
2. Al ser los resultados obtenidos una distribución no normal no cabe analizar los estadísticos paramétricos de la curtosis y el coeficiente de asimetría. Lo que cabe es reiterar que dentro del análisis comparativo, las desviación estándar obtenida en la simulación Montecarlo, pese a ser alta producto de una

situación extrema simulada a consecuencia de una fuerte reducción operacional, es en todo caso cuatro veces menor que la desviación obtenida mediante el método tradicional, corroborando la superioridad aún en este evento.

Las estadísticas del tamaño de la muestra son las siguientes:

N	10.000
z=	1,96
Desviación estándar	19,74%
e %=	0,39%
e valor=	<b>\$ 1.274</b>
Intervalo de confianza=	95%

*Cuadro 114 Fuente: elaboración propia*

El resultado de la aplicación de la fórmula representa un error absoluto de \$ 1.646 dólares sobre una valoración media de \$ 330.285. Esto significa un error relativo de 0,50%, estadísticamente no significativo.

### 3.3. Comparación de los resultados obtenidos por el método tradicional con la metodología de opciones reales sumada a la simulación Montecarlo.

Se continúa el análisis utilizando el método de la construcción del árbol binomial siguiendo el modelo de Cox, Ross y Rubinstein aplicado a la valoración de acciones ordinarias, abarcado en el Capítulo Dos.

A continuación constan los cuadros de la valoración combinada según la probabilidad de ocurrencia de los tres escenarios previstos, esto es crecimiento, permanencia y contracción:

#### 3.3.1. Método tradicional

Para este ejercicio se asignan porcentajes no simétricos de probabilidad de ocurrencia de los escenarios de las tres opciones reales analizadas (crecimiento, permanencia y contracción), porcentajes que provienen de un

análisis estratégico del posicionamiento, mercado y competitividad de la empresa en el entorno de su industria y país.

<b>MÉTODO TRADICIONAL</b>				
<b>ESCENARIO</b>	<b>VALOR</b>	<b>%</b>	<b>PONDERACIÓN</b>	<b>VALOR PONDERADO</b>
<b>CRECIMIENTO</b>	<b>496.513</b>	<b>25%</b>	<b>124.128</b>	<b>415.899</b>
<b>PERMANENCIA</b>	<b>402.823</b>	<b>65%</b>	<b>261.835</b>	
<b>CONTRACCION</b>	<b>299.355</b>	<b>10%</b>	<b>29.935</b>	

*Cuadro 115 Fuente: elaboración propia*

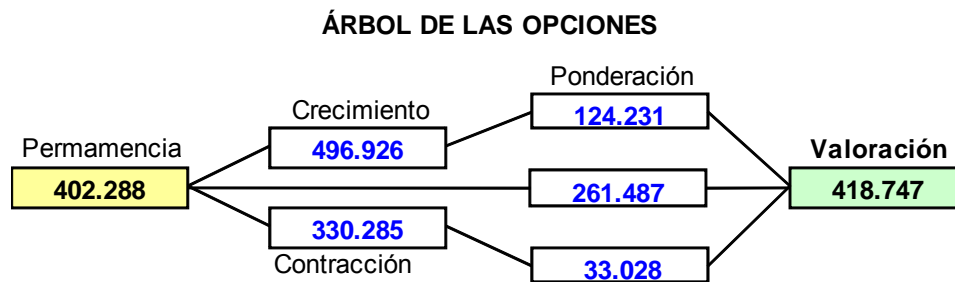
Donde se asigna: 25% de probabilidad para el escenario de crecimiento, 65% para el escenario de permanencia, y 10% para el de contracción, probabilidades que provienen de las conclusiones del análisis estratégico antes mencionado.

El procedimiento utilizado es sencillo: ponderar los valores según su probabilidad, y luego sumar los resultados ponderados. Se obtiene una valoración de \$ 415.899.

### 3.3.2. Método de opciones reales

Si se analizan las opciones reales bajo el enfoque del análisis de probabilidades, se puede identificar que la estructura de la combinación no es simétrica; por una parte, el escenario de permanencia no es la media o eje central, y por otra, de debe considerar la dirección o vector de los escenarios para restar o sumar los resultados de la ponderación.

Para incorporar esta asimetría al modelo, el método utilizado es construir el árbol binomial con los valores promedio que se han presentado en la distribución a continuación:



**Figura 18** Fuente: elaboración propia

La diferencia obtenida en la valoración mediante los dos métodos no resulta significativa: \$ 415.899 para la valoración del método tradicional y \$418.747 para la valoración con opciones reales y Montecarlo; una diferencia absoluta de \$ 2.849 y relativa de 0,68%.

Sin embargo, de un solo resultado no se puede obtener conclusión alguna; resulta por tanto necesario aplicar una estadística paramétrica para obtener observaciones en un número que resulte evaluable.

### 3.3.3. Análisis comparativo de estadísticas de probabilidades: métodos tradicional y opciones reales combinado con Montecarlo

Previamente es necesario obtener el número necesario de observaciones a las cuales se las pueda tabular y aplicar el análisis estadístico de probabilidades.

Se recurre para obtener las observaciones al método de simulación Montecarlo, aplicado a las ecuaciones de las opciones reales en los dos métodos una simulación de números seudo aleatorios comprendidos en los respectivos límites superior e inferior de cada escenario, y multiplicando a los resultados obtenidos por su respectivo porcentaje de ponderación:

Para el método tradicional:

<b>MÉTODO TRADICIONAL</b>				
<b>ESCENARIO</b>	<b>VALOR</b>	<b>%</b>	<b>PONDERACIÓN</b>	<b>VALOR PONDERADO</b>
<b>CRECIMIENTO</b>	<b>496.513</b>	<b>25%</b>	<b>124.128</b>	<b>415.899</b>
<b>PERMANENCIA</b>	<b>402.823</b>	<b>65%</b>	<b>261.835</b>	
<b>CONTRACCION</b>	<b>299.355</b>	<b>10%</b>	<b>29.935</b>	

*Cuadro 116 Fuente: elaboración propia*

Con los siguientes límites inferior y superior:

<b>Método tradicional</b>	<b>Crecimiento</b>	<b>Medio</b>	<b>Contracción</b>
Límite superior	\$ 646.499	\$ 494.788	\$ 562.718
Límite inferior	\$ 346.115	\$ 311.392	\$ 5.061

*Cuadro 117 Fuente: elaboración propia*

Para el método opciones reales con simulación Montecarlo:

<b>MÉTODO OPCIONES REALES</b>				
<b>ESCENARIO</b>	<b>VALOR</b>	<b>%</b>	<b>PONDERACIÓN</b>	<b>VALOR PONDERADO</b>
<b>CRECIMIENTO</b>	<b>496.927</b>	<b>25%</b>	<b>124.232</b>	<b>418.748</b>
<b>PERMANENCIA</b>	<b>402.288</b>	<b>65%</b>	<b>261.487</b>	
<b>CONTRACCION</b>	<b>330.285</b>	<b>10%</b>	<b>33.029</b>	

*Cuadro 118 Fuente: elaboración propia*

Con los siguientes límites inferior y superior:

<b>Opciones reales + Montecarlo</b>	<b>Crecimiento</b>	<b>Medio</b>	<b>Contracción</b>
Límite superior	\$ 583.064	\$ 455.384	\$ 490.086
Límite inferior	\$ 452.127	\$ 373.856	\$ 184.956

Para la simulación se utiliza el algoritmo de la distribución vertical, que consiste en un algoritmo puro que opera por entre los límites superior e inferior asignados al mismo, sin ninguna otra restricción.

A los resultados obtenidos se los ha clasificado por clases en una distribución de frecuencias, y se ha graficado el histograma respectivo el que se presenta a continuación:

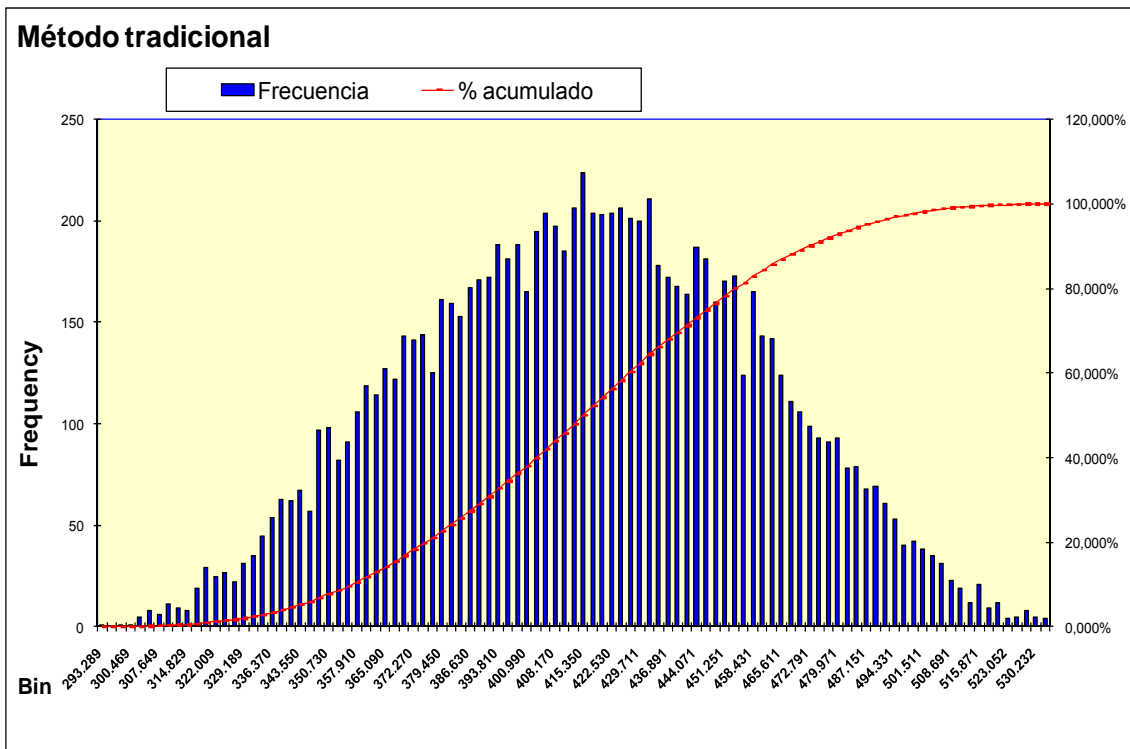


Figura 19 Fuente: elaboración propia

Con las siguientes estadísticas:

Promedio	\$	414.261
Desviación estándar	\$	43.627,17
Mínimo	\$	298.679,95
Máximo	\$	536.276,20
Coefficiente de asimetría		-0,0059
Curtosis		-0,5657

Cuadro 119 Fuente: elaboración propia

Y el siguiente nivel de error dentro de un intervalo de confianza del 95%:

N		10.000
z=		1,96
Desviación estándar		10,53%
e %=		0,50%
e valor=	\$	<b>2.071</b>
Intervalo de confianza=		95%

Cuadro 120 Fuente: elaboración propia

Para el método de simulación Montecarlo con opciones reales los resultados obtenidos son los siguientes:



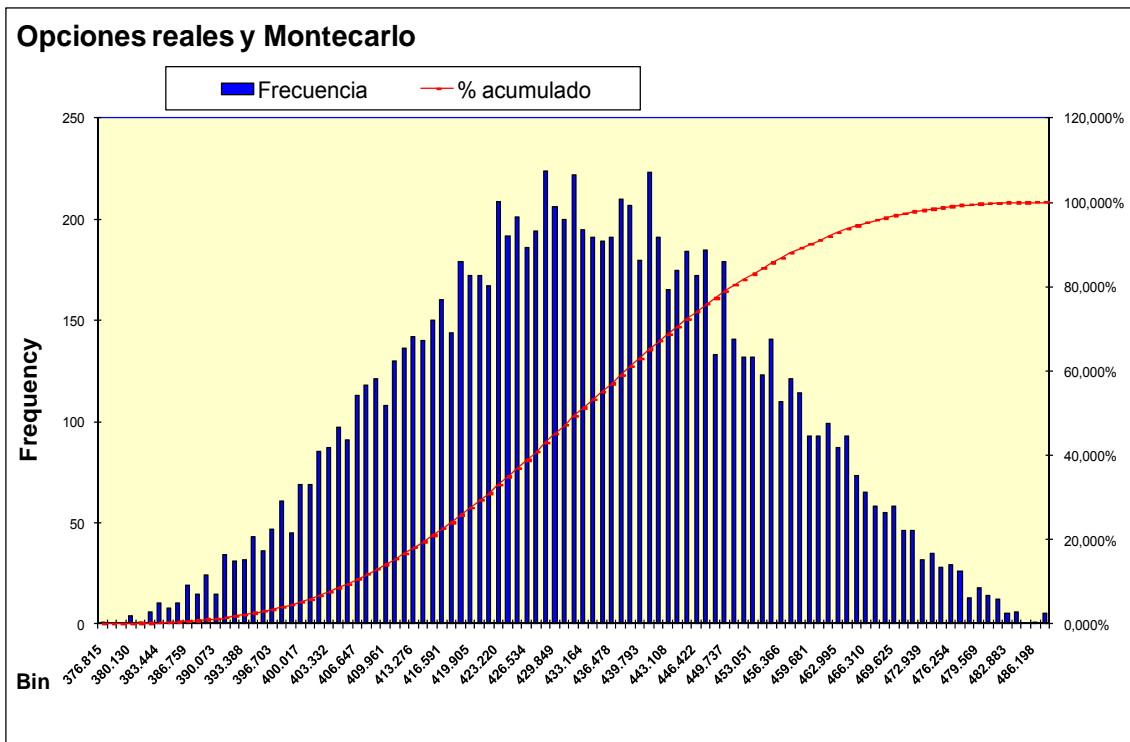


Figura 20 Fuente: elaboración propia

Con las siguientes estadísticas:

Promedio	\$	432.832
Desviación estándar	\$	19.860,13
Mínimo	\$	375.737,95
Máximo	\$	486.731,15
Coficiente de asimetría		-0,0136
Curtosis		-0,4813

Cuadro 121 Fuente: elaboración propia

Y el siguiente nivel de error dentro de un intervalo de confianza del 95%:

N		10.000
z=		1,96
Desviación estándar		4,59%
e %=		0,50%
e valor=	\$	<b>2.164</b>
Intervalo de confianza=		95%

Cuadro 122 Fuente: elaboración propia

El siguiente es un análisis comparativo con las estadísticas anteriores puestas una al lado de la otra para poder visualizar el contraste:

COMPARATIVO DE ESTADÍSTICAS	MÉTODO		Diferencia	
	Tradicional	OR con Montecarlo	(MT - OR+Mo)	%
Promedio	\$ 415.090	\$ 432.700	-\$ 17.610	95,93%
Desviación estándar \$	\$ 43.602	\$ 20.036	\$ 23.566	217,62%
Desviación estándar %	10,5%	4,6%	5,9%	226,85%
Mínimo	\$ 295.676	\$ 377.317	-\$ 81.641	78,36%
Máximo	\$ 535.783	\$ 486.897	\$ 48.886	110,04%
Coficiente de asimetría	0,0102	0,0125	-0,0023	0,8186
Curtosis	-0,5372	-0,5027	-0,0345	1,0686

Cuadro 123 Fuente: elaboración propia

Más adelante haremos un análisis de contraste de los promedios contra los resultados de la distribución de probabilidades. Lo relevante en el cuadro arriba es que la desviación estándar del método OC con Montecarlo es la mitad de la obtenida con el método tradicional. Y los límites de la valoración tradicional son más amplios. En estadística, límites más amplios implican una desviación estándar mayor, y a su vez un mayor nivel de incertidumbre.

Con relación al coeficiente de asimetría y la curtosis, los resultados de los dos métodos son similares, cercanos a la distribución normal estándar, por lo que no se necesita agregar un comentario de análisis al respecto.

Comparativo de error estándar	MÉTODO	
	Tradicional	OR con Montecarlo
N	10.000	10.000
z=	1,96	1,96
Desviación estándar	10,50%	4,63%
e %=	0,0021	0,0009
e valor=	\$ 872	\$ 390
Intervalo de confianza=	95%	95%

Cuadro 124 Fuente: elaboración propia

El error estándar calculado para una simulación de 10.000 observaciones con un intervalo de confianza del 95%, esto es 2 desviaciones estándar, da estos resultados: \$\$872 para el método tradicional y \$390 para el método

OR con simulación Montecarlo. Porcentualmente son 10,50% y 4,63% respectivamente.

El siguiente análisis de contraste será definitivo para la formulación de conclusiones sobre la usabilidad de los métodos y en especial sobre su grado de certeza y confiabilidad.

Revisemos nuevamente los tres escenarios obtenidos mediante el método de simulación Montecarlo en el Capítulo cuatro, y su correspondiente distribución de probabilidades:

Escenario básico	Clase	Frecuencia	%	% Acumulado	Probabilidad
Igual o menor que	373.856	253	2,53%	2,53%	2,53%
Igual o menor que	390.368	1.844	18,44%	20,97%	95,15%
Igual o menor que	402.752	2.957	29,57%	50,54%	
Igual o menor que	415.136	3.022	30,22%	80,76%	
Igual o menor que	431.648	1.692	16,92%	97,68%	
Igual o menor que	455.384	232	2,32%	100,00%	2,32%

*Cuadro 125*

Escenario de crecimiento	Clase	Frecuencia	%	% Acumulado	Probabilidad
Igual o menor que	452.127	283	2,83%	2,83%	2,83%
Igual o menor que	477.307	1.772	17,72%	20,55%	94,77%
Igual o menor que	497.451	2.944	29,44%	49,99%	
Igual o menor que	517.595	3.065	30,65%	80,64%	
Igual o menor que	544.454	1.696	16,96%	97,60%	
Igual o menor que	583.064	240	2,40%	100,00%	2,40%

*Cuadro 126 Fuente: elaboración propia*

Escenario de contracción	Clase	Frecuencia	%	% Acumulado	Probabilidad
Igual o menor que	184.956	240	2,40%	2,40%	2,40%
Igual o menor que	243.635	770	7,70%	10,10%	95,18%
Igual o menor que	290.578	1.556	15,56%	25,66%	
Igual o menor que	337.521	2.829	28,29%	53,95%	
Igual o menor que	447.055	4.363	43,63%	97,58%	
Igual o menor que	490.086	242	2,42%	100,00%	2,42%

*Cuadro 127 Fuente: elaboración propia*

A esta distribución de probabilidades se le agrega el análisis del árbol binomial para opciones reales:

Distribución de frecuencias al 100%	Clase	Frecuencia	Proporción	Probabilidad
<b>Escenario básico</b>		<b>10.000</b>		
Límite inferior	373.856		65%	243.006
Límite superior	455.384		65%	296.000
<b>Escenario de crecimiento</b>		<b>10.000</b>		
Límite inferior	452.127		25%	113.032
Límite superior	583.064		25%	145.766
<b>Escenario de contracción</b>		<b>10.000</b>		
Límite inferior	184.956		10%	18.496
Límite superior	490.086		10%	49.009
<b>Escenario combinado</b>	<b>Clase</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Rango proporcional</b>	
Límite inferior			374.533	
Límite superior			490.775	
Promedio		10.000	432.654	

Cuadro 128 Fuente: elaboración propia

Se obtiene un rango de \$374.533 a \$ 490.775. Una desviación absoluta de \$ 116.241, o el 26,9%.

Valoración con el método tradicional ponderado:

Método tradicional ponderado	25%	65%	10%	Ponderado
Límite superior	\$ 161.625	\$ 321.612	\$ 56.272	\$ 539.509
Límite inferior	\$ 86.529	\$ 202.405	\$ 506	\$ 289.440
Promedio				\$ 414.474

Cuadro 129 Fuente: elaboración propia

Donde se obtiene un rango de \$289.440 a \$539.509 para los límites inferior y superior. Una desviación absoluta de \$ 250.069 o el 60,3%.

Bien podemos afirmar que utilizando el método OR combinado con Montecarlo existe un 27% de incertidumbre, mientras que en el método tradicional la incertidumbre es de 60%.

Revisemos la distribución de frecuencias del método OR y Montecarlo al 95% de certeza:

Distribución de frecuencias al 95%	Clase	Frecuencia	Proporción	Probabilidad
<b>Escenario básico</b>		<b>9.515</b>		
Límite inferior	390.368		65%	253.739
Límite superior	431.648		65%	280.571

<b>Escenario de crecimiento</b>		<b>9.477</b>		
Límite inferior	477.307		25%	119.327
Límite superior	544.454		25%	136.114
<b>Escenario de contracción</b>		<b>9.518</b>		
Límite inferior	243.635		10%	24.364
Límite superior	447.055		10%	44.706
<b>Escenario combinado</b>	<b>Clase</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Rango proporcional</b>	
Límite inferior			397.429	
Límite superior			461.390	
Promedio		9.506	429.410	

*Cuadro 130 Fuente: elaboración propia*

Se obtiene un rango de \$397.429 a \$ 461.390. Una desviación absoluta de \$ 63.961, o el 14,9%.

Veamos ahora la distribución de frecuencias del método OR y Montecarlo al 70% de certeza, porcentaje que es relevante ya que se considera un estándar en las decisiones de inversión:

<b>Distribución de frecuencias al 70%</b>	<b>Clase</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Proporción</b>	<b>Probabilidad</b>
<b>Escenario básico</b>		<b>7.000</b>		
Límite inferior	386.797		65%	251.418
Límite superior	417.358		65%	271.283
<b>Escenario de crecimiento</b>		<b>7.000</b>		
Límite inferior	471.666		25%	117.917
Límite superior	521.622		25%	130.406
<b>Escenario de contracción</b>		<b>7.000</b>		
Límite inferior	267.132		10%	26.713
Límite superior	396.828		10%	39.683

*Cuadro 131 Fuente: elaboración propia*

Se obtiene un rango de \$ 396.048 a \$ 441.371. Una desviación absoluta de \$ 45.323, o el 10,8%.

Este análisis descriptivo evidencia las siguientes realidades estadísticas:

1. El método de Opciones Reales sumado a la simulación Montecarlo determina que con un 70% de certeza el valor de la empresa está situado entre \$ 396.048 a \$ 441.371 bajo los supuestos analizados.
2. El método tradicional indica solamente estas dos realidades estadísticas:
  - a. El valor de la empresa está situado entre \$289.440 a \$539.509.
  - b. El promedio de la valoración es de \$ 414.474.

No se puede obtener información adicional con el método tradicional. No es posible apreciar una mayor observación estadística precisamente por la ausencia, la inexistencia de la utilización de herramientas estadísticas para obtener las estimaciones bajo este método.

## **CAPÍTULO CUATRO: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### 4.1. Conclusiones:

Simular uno, tres o cinco escenarios bajo un modelo tradicional, siguiendo el método del valor presente neto, proporciona un valor de referencia, un punto de partida para estimar un posible resultado de los flujos. Estimar un número mayor de escenarios bajo este procedimiento no es posible, por el tiempo y costo que implicaría el hacerlo uno por uno.

Adicionalmente, la metodología tradicional no contempla el horizonte de posibilidades, alternativas, opciones reales del mercado que estarán presentes en el momento de la inversión a realizar en un negocio, proyecto o empresa.

Y al no contemplar estas opciones, no se están considerando todas las posibilidades que el proyecto tiene en un escenario real, dinámico y completo, posibilidades que pueden afectar o alterar el resultado económico y financiero del mismo.

Precisamente en la vida real se presentan un sinnúmero de oportunidades para la adquisición de un activo (proyecto, empresa, acción), el cual puede ser reconvertido, optimizado, escindido o vendido parcialmente, situaciones estas que prevén que este activo pueda tener un valor escondido que será aprovechable si se lo identifica oportunamente. Son estas las oportunidades que existen en un negocio en el mundo práctico.

Y el uso de las opciones reales, aplicada no como una ciencia exacta, sino como una filosofía de pensamiento gerencial, como un enfoque estratégico utilizado al momento de evaluar un proyecto o negocio, es el que posibilita considerar de una manera sistemática y metódica este tipo de alternativas reales presentes en la actividad empresarial.

El solo hecho de tener presente el enfoque de opciones reales como método de evaluación, obliga al comprador o vendedor de un activo a realizar el ejercicio de

identificar las opciones existentes para determinar las reales posibilidades de valor de un activo. Si no se conoce o no se utiliza el enfoque, es obvio que no será posible identificar, a menos no todas, las alternativas existentes.

Al utilizar el método de opciones reales, tanto la identificación como la construcción de los escenarios recogerá de una manera integral los factores internos y externos que puedan afectar, ya sea de manera positiva o negativa, los resultados de valor de una inversión.

La metodología tradicional de escenarios estáticos no permite contar con un horizonte de probabilidades certeras calculadas de una manera científica. Los supuestos de valor que este método proporciona resultan en ocasiones no homogéneos, e incluso arbitrarios. No existiendo un marco de referencia proveniente de un gran número de observaciones, sino solamente unos pocos resultados estáticos, se corre del riesgo de que las aproximaciones de valor y las decisiones adoptadas sobre las mismas provengan de una percepción subjetiva.

#### 4.2. Recomendaciones

Se puede afirmar que no existe una utilidad real en la utilización de escenarios extremos que en la vida práctica no llegarán a presentarse. Si existe, a cambio, una utilidad en el análisis de escenarios que presentan una probabilidad de ocurrencia que ha sido determinada matemáticamente, estadísticamente, y utilizando un método científico de amplia utilización y aceptación en los sectores de la ciencia, la medicina, la biología y la industria.

De similar forma, se puede afirmar que no resulta conveniente como base de análisis trabajar sobre escenarios que tienen una desviación muy grande entre sí, como es el caso que se puede presentar cuando se construyen tres escenarios, el medio y los extremos, y se intenta realizar una evaluación y obtener conclusiones sobre los mismos. Trabajar con índices de desviación que superan en algunos casos el 50%, no presenta confiabilidad para el análisis. El uso del método de Montecarlo corrige la limitación anterior, a llenar el vacío que existe entre los escenarios límite, y de esta forma reduciendo la desviación sobre los resultados



de los escenarios hasta niveles que posibilitan un análisis de una mayor confiabilidad.

La utilización de simulaciones Montecarlo realizadas de manera secuencial, es decir a un resultado establecido por este método luego aplicarle una segunda o una tercera iteración con una variante o un afinamiento del algoritmo, permite afinar la precisión de los resultados.

La globalización, la externalización y la apertura comercial de las economías actuales exige contar con herramientas que permitan un análisis completo y profundo de las oportunidades de inversión. Estas herramientas son precisamente los métodos de opciones reales y Montecarlo, válidas para asistirse en el análisis decisorio en escenarios de riesgo e incertidumbre.

Desde el sector de la educación se debería incorporar la simulación de probabilidades como parte del estudio de los métodos aplicados a la toma de decisiones.

De esta manera el estudiante accederá a las técnicas matemático-estadísticas que son de general utilización en las más grandes e importantes entidades de análisis e inversión en el mundo.

Abundante literatura y aplicaciones existen hoy en la enciclopedia de la Internet. Como contribución práctica voy a citar algunos que he seleccionado:

1. Introducción a la simulación, escrito preparado por la Universidad de Valparaíso en Chile por la Escuela de Ingenieros de Transporte:

[http://www.material\\_simulacion.ucv.cl/en%20PDF/Introducci%F3n%20a%20la%20simulacion.pdf](http://www.material_simulacion.ucv.cl/en%20PDF/Introducci%F3n%20a%20la%20simulacion.pdf)

2. INTRODUCCIÓN A LA SIMULACIÓN artículo escrito por Supply Chain Web, una revista virtual especializada en temas de Logística y Distribución:

- [http://www.supplychainw.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=244:introduccion-a-la-simulacion&catid=53:metodologias-y-herramientas&Itemid=27](http://www.supplychainw.com/index.php?option=com_content&view=article&id=244:introduccion-a-la-simulacion&catid=53:metodologias-y-herramientas&Itemid=27)
3. Introducción a la simulación con Excel, Manual escrito por la Universidad Carlos III en Madrid, España:  
[http://www.est.uc3m.es/esp/nueva\\_docencia/colmenarejo/ciencias\\_actuariales/estad\\_actuarial\\_I/practicas/Intro\\_Simul.pdf](http://www.est.uc3m.es/esp/nueva_docencia/colmenarejo/ciencias_actuariales/estad_actuarial_I/practicas/Intro_Simul.pdf)
  4. Simulación de Montecarlo con Excel, instructivo escrito por la Universidad Oberta de Cataluña: [http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Simulacion\\_MC.pdf](http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Simulacion_MC.pdf)
  5. Mini curso de simulación Montecarlo, preparado por la Universidad Politécnica de Madrid, España <http://www.conento.com/servicios/formacion/cursos/curso-simulaciones-montecarlo.pdf>
  6. Decisiones bajo riesgo e incertidumbre, del Instituto Politécnico Grancolombiano  
<http://sigma.poligran.edu.co/politecnico/apoyo/Decisiones/riesgo/contenido1.html>
  7. Decisiones bajo riesgo e incertidumbre de Ignacio Velez-Pareja:  
<http://ideas.repec.org/p/col/000162/005692.html>

## BIBLIOGRAFÍA

- Eduardo Checa C., Construcción de Estados Financieros, UDLA, 2008
- Franco Parisi, Valoración de Empresas: El Proceso de Valoración, 2004
- 12manage, Comunidad de aprendizaje en línea sobre administración, 2009
- Jaime H. Sierra G., Opciones reales para las decisiones de inversión, 1997
- Poon, Ser-Juang: Clive Granger. Forecasting Volatility in Financial Markets. 2003
- Ignacio Andrés Garrido, Alejandro Andalaft. Evaluación económica de proyectos de inversión basada en la teoría de opciones reales, 1999
- Juan Mascareñas, El método binomial de valoración de opciones, 2000
- Carlos E. Laciana, Modelos matemáticos para la valoración de opciones Financieras, 2004
- Black, F. – Sholes, M., The Pricing of Options and Corporate Liabilities, (1973)
- Carlos A. Gómez V, Un caso de estudio para evaluar alternativas de inversión, 2004
- Bagajewicz, M. Financial Risk Management in Design and Decision. University of Oklahoma School of Chemical Engineering and Materials. Tarragona, (2002)
- Mascareñas, J; Prosper, L. Opciones Reales y valoración de Activos. Como medir la flexibilidad operativa de la empresa. Pearson Educación, S. A. Madrid, España, (2004)
- Montserrat Casanovas, R. Opciones Financieras. Sexta Edición. Ediciones Pirámide. Madrid, (2003)
- Jaime H. Sierra G., Opciones reales para las decisiones de inversión, 1997
- Juan Mascareñas, La filosofía de las opciones reales, 2004
- Damodaran, A. The promise and peril of real options. Stern School of Business. New York, 2005. Dapena, J & Hidalgo, S. Un enfoque de opciones reales en procesos de adquisiciones de empresas. Universidad del CEMA. Argentina, (2002)
- Alejandro Bustamante, Opciones Reales, UCEMA - ITBA, 2005.
- Lauchy Sañudo, A. “Los problemas de la incertidumbre en el desarrollo diversificado integrado de la industria de la caña de azúcar”. Revista CENTRO AZUCAR, No. 4, p.54, (2002)
- Jaime H. Sierra G., Opciones Reales para las Decisiones de Inversión, 1997

- Buckley, Riesgo, incertidumbre y decisión. 1998; 27
- Juan Mascareñas, Las decisiones de inversión como opciones reales, 2003
- Boj del Val, E; Claramunt Biele, M. "Herramientas Estadísticas para el Estudio de Perfiles de Riesgo". Revista ANALES. Instituto de Actuarios Españoles, No.7, p.59-90, (2001)
- Jaime H. Sierra G., opciones reales para las decisiones de inversión, 1997
- Armando Lauchy S, Harlán Domínguez R., Las opciones reales en la evaluación de inversiones bajo incertidumbre, 2003
- Ignacio Vélez-Pareja. Valoración de empresas. 2003
- Izquierdo de Jiménez, J. "Riesgo e Incertidumbre en la Gestión de proyectos Informáticos". Revista PARTIDA DOBLE. Año XIII, No. 150, p. 86-95, (2003)
- Amram, M. y Kulatilaka, N., "Strategy and Shareholder Value Creation. The Real Options Frontier (2000),
- Becchetti, L. y Caggese, C. "Finance, Investment and Innovation. (2001),  
Becchetti, Leonardo y Paganetto, Luigi, "The Determinants of Suboptimal Technological Development in the System Company-Component Producers, (2001)
- Becchetti, Leonardo y Sierra, Jaime, "Struttura proprietaria e accesso ai mercati delle piccole e medie imprese italiane", en Quintieri, B., (2001)
- Douglas R. Emery, John D. Finnerty, John D. Stowe. Fundamentos de Administración Financiera. (2000)
- James C. Van Horne, John M. Wachowicz, JR. Fundamentos de Administración Financiera, Octava Edición, Prentice-Hall. (2003)
- Douglas R. Emery, John D. Finnerty. Administración Financiera Corporativa. (1995)
- Scott Besley Eugene F. Brigham, Fundamento de Administración Financiera, Doceava Edición. (2001)
- El método Binomial de valoración de Opciones, Juan Mascareñas, Universidad Complutense de Madrid, (1994)
- García Machado, J. J. Opciones reales. Aplicaciones de la teoría de opciones a las finanzas empresariales. Ediciones Pirámide. Madrid, España, (2001)