



DOCENTES DE ADMINISTRACIÓN FINANCIERA

**XXXIII Jornadas Nacionales de Administración Financiera
Septiembre 2013**

VALORACIÓN DE EMPRESAS DE BASE TECNOLÓGICA (EBT) Escenarios-sensibilidad y el modelo binomial desplazado (BD)

**Gastón Silverio Milanesi
Hernán Basabvilbaso**

Universidad Nacional del Sur

SUMARIO: 1. Introducción; 2. Escenarios y opciones reales. El modelo binomial desplazado (BD); 3. Valoración de una EBT. Caso de aplicación; 4. Conclusiones.

Para comentarios: milanesi@uns.edu.ar

Resumen

El trabajo presenta un modelo de valoración integrando la técnica de escenarios, teoría de opciones reales y análisis de sensibilidad para inversiones en *startup* del tipo EBT (empresas de base tecnológica). Las EBT presentan problemas en el uso del modelo binomial, principalmente por la inexistencia de precios de título que imitan la volatilidad de los flujos de fondos esperados y la posibilidad de generar valores negativos del subyacente. Por ello se propone un modelo donde se utilizan: (a) escenarios para obtener insumos del modelo de valoración; (b) el modelo binomial desplazado (BD) calculando el valor estratégico del proyecto (valor actual más valor de la flexibilidad estratégica); (c) análisis de sensibilidad del valor estratégico. Primero se introduce las limitaciones del enfoque de Opciones Reales en la valoración de EBT. Segundo se reseña los lineamientos de la técnica de escenarios y se desarrolla el modelo BD. Tercero, se ilustra el funcionamiento del modelo con una aplicación donde la inversión combina las siguientes alternativas: continuar-abandonar-expandir. Se concluye que el modelo es una herramienta apropiada para este tipo de proyectos ya que: (a) combina la técnica de escenarios para estimar la volatilidad desplazada ante la falta de activo financiero réplica; (b) permite proyectar valores negativos del proyecto debido a que el modelo abandona el proceso estocástico lognormal; esto de especial utilidad para la toma de decisión de abandono; (c) permite sensibilizar el valor estratégico en función al parámetro de desplazamiento y volatilidad.

1. Introducción

El valor de la flexibilidad estratégica de un proyecto de inversión se refleja en el conjunto de opciones reales, simples y compuestas del activo. La Teoría de Opciones Reales provee los modelos para capturar el valor estratégico de la inversión (Dixit y Pindyck, 1994; Smith y Nau, 1995; Trigeorgis, 1997; Brennan y Trigeorgis, 2000; Boer, 2002; Bernardo y Chowdry, 2002; Chance y Peterson, 2002; Broyles, 2003; Mun, 2004; Smit y Trigeorgis, 2004; Kodukula y Chandra, 2006; Bank y Wibmer, 2011).

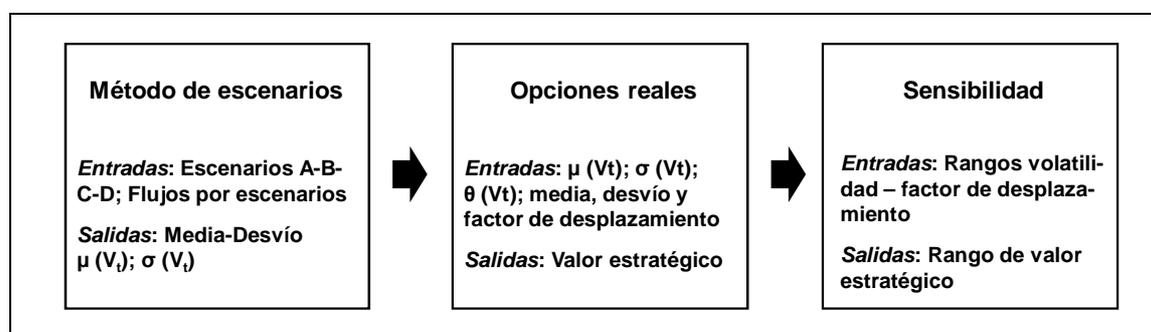
La valoración mediante opciones reales de inversiones en negocios de *startup* de base tecnológica (EBT), investigación y desarrollo (R&D) o nuevas estrategias empresariales merecen de algunas consideraciones y consecuentemente de un tratamiento específico. Las inversiones en nuevas innovaciones tecnológicas, nuevas estrategias empresariales se caracterizan por su alto grado de innovación e incertidumbre. A menudo la dificultad para su valoración reside en la inexistencia de activos financieros correlacionados con los flujos de fondos proyectados al no cumplir el mercado de capitales la característica de completitud, siendo una de las principales debilidades de los modelos de opciones (Wang y Halal, 2010). En estos casos se proponen algunos métodos para subsanar la carencia de activos financieros réplica, siendo una de las más difundidas el modelo MAD (*Marketed Asset Disclaimer*) (Copeland y Antikarov, 2001; Smith, 2005; Brandao et al, 2005).

No obstante, una de las consecuencias que evidencia la falta de activos financieros réplicas de la variabilidad propia de los flujos de fondos esperados del proyecto; esta dada por el hecho de que se pone en tela de juicio la validez del supuesto de comportamiento lognormal correspondiente al subyacente (flujos de fondos libres del proyecto o estrategia). Esta situación demanda introducir sesgos o desplazamiento en el modelo utilizado para proyectar el proceso estocástico del activo (Milanesi, 2012).

El objetivo del presente trabajo consiste en desarrollar un modelo de valoración aplicable en proyectos de base tecnológica o nuevas estrategias, sin historia, comparables, activos financieros réplica. La propuesta combina: (a) escenarios; (b) estimación puntual con opciones reales combinadas (expansión-continuar-abandono); (c) incorporar desplazamiento del proceso estocástico binomial; (d) sensibilidad del valor con rango de valor estratégico.

La ilustración esquematiza la propuesta que pretende servir de modelo para reducir y sintetizar la compleja incertidumbre sobre el valor intrínseco de proyectos tecnológicos, innovaciones y nuevas estrategias.

Gráfico 1 Escenarios-BD Sensibilidad en la evaluación de EBT y R&D



2. Escenarios y opciones reales. El modelo binomial desplazado (BD)

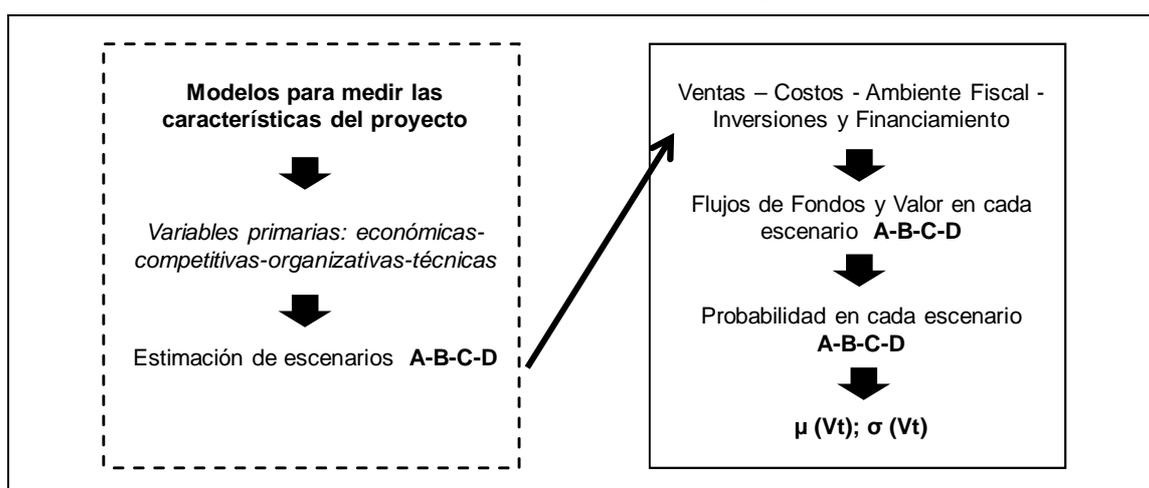
2.1 Escenarios

La estimación de los flujos de fondos de un proyecto se realiza con un modelo en el que se representa la situación económica y técnica: inversión, cantidades, precios, mercados y ambiente fiscal. Las variables indicadas resultan en el flujo de fondos estimados, cada una de ellas surge de estimaciones explícitas e implícitas de variables primarias e interrelaciones existentes.¹

Las variables y sus relaciones se consideran con modelos económicos, organizativos, técnicos e ingenieriles y el grado de detalle depende de los objetivos y disponibilidad de información para los analistas. Estos modelos consideran las diferentes incertidumbres con el objeto de brindar tratamiento probabilístico a la estimación del valor intrínseco. Los métodos utilizados genéricamente son la simulación aleatoria y los escenarios. La primera tiene una importante aplicación en el campo de la valoración con opciones reales, en particular a partir del enfoque MAD (*marketed asset disclaimer*) (Copeland y Antikarov, 2001) con el objeto de estimar la volatilidad en proyectos sin activos financieros réplicas. El segundo enfoque se complementa al enfoque de opciones reales como herramienta de análisis integral para abordar y explicar las incertidumbres del proyecto (Miller y Waller, 2003); (Wright et al., 2009) siendo el seleccionado en el presente trabajo.

La técnica de escenarios reconoce sus orígenes en los estudios sobre planeamiento empresarial en firmas como General Electric y Royal Dutch Shell a principios de 1960. Las diferentes configuraciones del futuro probable a que se encuentra vinculada el proyecto se denominan genéricamente estados. Cuando estos son reducidos a una cantidad relativamente pequeña se denominan escenarios. En cada perspectiva del futuro se estiman las variables del modelo que afectan el valor. La estimación en cada escenario pueden ser puntuales o rangos, mediante distribuciones de probabilidad de las variables (medidas, a su vez, con simulación aleatoria). La estimación en escenarios refleja perspectivas discretas o separables acerca del futuro, por ello se considera dos grupos de distribuciones de probabilidad: de las variables en cada escenario y las del escenario, conforme se grafica a continuación.

Gráfico 2 Escenarios, niveles y variables para la proyección del valor



¹ Por ejemplo la estimación de las ventas y costos esperados puede hacerse a partir de variables primarias como la tasa de crecimiento de la economía, del comportamiento del sector, de la tecnología involucrada en los procesos productivos, expectativas de precios del sector interno y externo, etc.

El vínculo entre los modelos de opciones y escenarios está dado por la estimación del desvío (σ). Para la proyección de los escenarios se respeta el proceso descrito en el gráfico anterior: primero se definen los modelos para proyectar las variables primarias las que sirven de alimentación en la definición de los flujos de fondos correspondientes a cada escenario. Definida la probabilidad subjetiva asociada a los escenarios se obtiene el valor medio y su desvío ($\mu(V_t)$; $\sigma(V_t)$) para el horizonte T de planificación.

2.2 El modelo binomial desplazado

Por lo general los modelos seminales para valorar opciones suponen que el activo subyacente sigue un proceso estocástico del tipo geométrico browniano (gB) (multiplicativo) como aritmético browniano (aB) (aditivo), el primero adecuándose perfectamente a describir el comportamiento de activos financieros. En el caso de algunos *commodities* como el petróleo y sus derivados (ver bibliografía del brasilero) o en *startup* EBT se combina un comportamiento del tipo gB con saltos en puntos del tiempo, siguiendo procesos del tipo Poisson. Una de las grandes desventajas reside en la dificultad práctica para la definición de la magnitud y frecuencia del salto, en el supuesto de *commodities* puede inferirse de la serie histórica de precios, en el caso de inversiones en *startup* EBT y R&D no existen series de precios sobre activos financieros correlacionados con los flujos de fondos del proyecto. El desafío en este tipo de inversiones y su valoración con modelos de opciones reales, consiste en apartarse de los tradicionales esquemas y avanzar sobre modelos que incorporen sesgos, sensibilizando posibles valores.

Una solución intermedia en la valoración con opciones reales de proyectos del tipo *startup* EBT con sesgos en la distribución de posibles valores corresponde al modelo binomial desplazado² (Haahtela, 2011), de ahora en adelante (BD). A diferencia de la propuesta de Rubinstein (1983); el parámetro de desplazamiento (θ) se incorpora fuera del proceso estocástico. Su aporte en el campo de los modelos de valuación de opciones reales reside en que permite trabajar con valores negativos del proyecto (subyacente). Además la forma funcional de la distribución de posibles valores es un intermedio entre la normal y lognormal, siendo asimétrica³. La forma de la distribución se descompone en dos partes: (a) probabilística; donde el valor del activo subyacente (V_θ) sigue un proceso geométrico browniano; (b) un parámetro de desplazamiento (θ) determinístico (Camara y Chung, 2006). La ecuación que describe el proceso estocástico del subyacente hasta el horizonte T es;

$$V_{\theta,T} = V_{\theta,0} e^{(\mu - 1/2 \sigma_\theta^2)T + \sigma_\theta \sqrt{T} z} + \theta_0 e^{\mu t} \quad z \sim N(0,1) \quad (Ec 1)$$

V_θ el valor con desplazamiento, la volatilidad desplazada es σ_θ y θ el parámetro de desplazamiento, (V_θ , σ_θ , θ). El valor esperado y desvío del subyacente en el horizonte T está dado por las siguientes expresiones;

$$V_{\theta t} = (V_{\theta,0} + \theta_0) e^{\mu t} \quad (Ec 2)$$

$$\sigma_\theta = |V_{\theta,0}| e^{\mu t} \sqrt{e^{\sigma_\theta^2 t} - 1} \quad (Ec 3)$$

V_θ se expresa en términos absolutos debido a que puede tomar valores negativos y el principal insumo para la construcción de la rejilla binomial proviene de la volatilidad (σ_θ). Se parte de los parámetros V_θ y θ en la ecuación 3, utilizados para obtener σ_θ por iteración, en donde se fija

² Este es una adaptación del proceso difusión desplazado empleado en la valoración de derivados financieros, (Rubinstein, 1983).

³ Es una manera intuitiva y flexible de incorporar potenciales sesgo en los valores proyectados de manera determinística o sensibilizando. Se lo puede incorporar en el conjunto de propuestas donde el modelo binomial es transformado para capturar momentos estocásticos de orden superior (Baliero Filho y Rosenfeld, 2004); (León et.al.; 2007); (Milanesi, 2012).

como restricción el valor $\sigma(V_t)$. Este es calculado como la dispersión de los valores (V_t) correspondientes a los escenarios proyectados.

Existen diferentes variantes respecto del modelo binomial ⁴ en este caso se trabaja con el modelo binomial de media y desvío normal (Wilmott et al, 1995). Este define movimientos de ascenso (u_θ) y descenso (d_θ) de las siguientes expresiones;

$$u_\theta = e^{r\Delta t} \left(1 + \sqrt{e^{\sigma\theta^2\Delta t} - 1} \right) \quad (Ec 4)$$

$$d_\theta = e^{r\Delta t} \left(1 - \sqrt{e^{\sigma\theta^2\Delta t} - 1} \right) \quad (Ec 5)$$

Las probabilidades neutrales al riesgo son de $p_u = p_d = 1/2$, en el límite representan el valor de convergencia para los modelos binomiales (Chance, 2007). El valor del proyecto para t períodos se estima de la siguiente manera,

$$V_{\theta,u,d,t+1} = (u_\theta \times V_{\theta,t} - \theta_0 \times e^{rt}); (d_\theta \times V_{\theta,t} - \theta_0 \times e^{rt}) \quad (Ec 6)$$

$V_{\theta,t}$ es el valor desplazado de los activos riesgosos del proyecto, θ_0 el valor correspondiente al parámetro de desplazamiento, r el tipo de interés sin riesgo. El modelo supone que los activos de la empresa siguen un proceso binomial desplazado $(V_{\theta,t})$. El valor terminal de la opción en el período T es $C_{\theta,T} = \max[(V_{\theta,T} - I_0); 0]$. Si las opciones son ejercidas en períodos intermedios $(t_{n-1}=T-t_n)$ el valor es $C_{\theta,T} = \max[A, C, E]$; para el ejemplo a estudiar el máximo valor de abandonar, continuar, expandir. Su expresión analítica la siguiente;

$$C_{\theta,T} = \max[A; (C_{\theta,u,t} p_u + C_{\theta,d,t} p_d) \times e^{-rt}; \Delta (C_{\theta,u,t} p_u + C_{\theta,d,t} p_d) e^{-rt} - I] \quad (Ec 7)$$

El valor teórico de la opción se obtiene recursivamente;

$$C_{\theta,t-1} = [C_{\theta,u,t} p_u + C_{\theta,d,t} p_d] e^{-rt} \quad (Ec 8)$$

El valor estratégico (VE) del proyecto surge de la ecuación precedente siendo la suma del valor actual neto tradicional (VAN) y el valor actual de las opciones reales (VOR) (Trigeorgis, 1997).

3. Valoración de una EBT. Caso de aplicación

Con el objeto de ilustrar el funcionamiento del modelo se presenta un caso hipotético correspondiente a un proyecto EBT donde las cifras se expresan miles de dólares estadounidenses. El ciclo de vida del producto se divide en dos fases: la primera tiene una duración de cuatro períodos proyectándose un mercado en crecimiento ($t=4$), la segunda asume que el mercado ingresa en su ciclo de madurez ($T=t+1$) donde se estabilizan los flujos de fondos del proyecto y consecuentemente su valor intrínseco. Adicionalmente se prevén las siguientes alternativas estratégicas a ser ejercidas en el tercer período ($t=3$): (a) continuar el proyecto bajo su formulación original; (b) realizar una inversión de \$70 mil en nuevas estrategias de impulsión y comunicación las cuales incrementarán, cualquiera sea el escenario, la participación relativa actual en el mercado en un 33%; (c) la venta del fondo de comercio por \$ 122 mil.

El valor actual de los flujos de fondos descontados (V_0) asciende a \$1 50 mil pero no se consideran las alternativas estratégicas indicadas. Esto se debe a que el método de descuento de flujo de fondos supone irreversibilidad de la inversión y sin alternativa estratégica que cambie el curso de acción proyectado (*management* pasivo). Por ello es menester aplicar un enfoque de

⁴La mayoría de los problemas se presentan cuando, sobre todo para propósitos académicos, se combinan valores extremos con pocos intervalos temporales. No obstante los modelos recuperan σ y evitan arbitraje para intervalos finitos N , sin perjuicio de que se cumplen las condiciones de probabilidad neutral al riesgo; $0 < p < 1$; $u > 1$, $d < 1$; $u.d > 0$; con buena convergencia al modelo continuo de Black & Scholes (Chance, 2007).

opciones reales. A continuación se desarrollarán las etapas en donde son integrados escenarios, el modelo BD y análisis de sensibilidad.

3.1 Escenarios

Producto del resultado del análisis prospectivo en tres niveles ⁵ se suponen cinco niveles de escenarios probables que condicionan el valor del proyecto. En cada uno de ellos se proyecta el valor intrínseco (V_t) al período $t=4$, y se asignan probabilidades subjetivas de ocurrencia. Estas son asignadas en base a las consideraciones del agente, siendo más pesadas en extremos (1-5) y morigerando su incidencia en los valores medios (2-3-4) conforme se expone en la tabla 1.

Tabla 1 Escenarios, media y desvío del proyecto EBT

Escenarios	V_i	p_i
Escenario 1	700,00	30,00%
Escenario 2	300,00	13,33%
Escenario 3	150,00	13,33%
Escenario 4	100,00	13,33%
Escenario 5	-100,00	30,00%
$E(V_t)=\sum V_i p_i$	253,33	100 %
$\sigma(V_t)$	172,74	

El valor esperado ⁶ $E(V_t)$ del proyecto asciende a \$ 211,33 mil y su desvío $\sigma(V_t)$ es de \$ 172,74 mil. Este último es el valor que actúa como restricción en el proceso iterativo para calcular σ_θ (ecuación 3).

3.2 Modelo binomial desplazado

Para valuar las alternativas estratégicas del tercer período se empleará el modelo binomial desplazado, conforme fue señalado, las variables claves son: desplazamiento (θ), valor actual flujos de fondos libres sin (V_0) con desplazamiento ($V_{\theta,0}$) y la volatilidad desplazada (σ_θ): (θ) es de \$800 que surge de la diferencia entre valores proyectados de los escenarios extremos ($V_{t5} - V_{t1}$); (V_0) asciende a \$ 150 mil; (V_θ) es de \$ 950 mil (ecuación 2) y σ_θ obtenido por ⁷ arroja un valor de 7,40% (ecuación 3). Los coeficientes (u_θ), (d_θ), (p_θ), ($1 - p_\theta$) y la tasa libre de riesgo (r) son: 1,129 – 0,97 (ecuaciones 4 y 5); 0,5 (Wilmott *et al.*, 1995) y 5% por período. Los resultados obtenidos son comparados con los devengados por el modelo binomial sin desplazamiento de Wilmott *et al.* Los valores de las variables son las siguientes: $\sigma = 0,5$; $u = 1,615$, $d = 0,491$; $p = 1-p = 0,5$; $r = 5\%$ respectivamente. En los nodos de la rejilla binomial se expresa el valor proyectado correspondiente al binomial clásico (parte superior) y BD (ecuación 6) (negritas itálicas).

⁵ Los niveles son: (a) entorno macroeconómico, (b) análisis estratégico amplificado del sector (estructura de mercado, competidores potenciales, sustitutos, potenciales rivales por integración, barreras de entrada-salida), (c) definición internas de capacidades, recursos y estrategias; (Smit y Trigeorgis, 2004)

⁶ En los escenarios el valor proyectado no contempla las alternativas estratégicas del tercer período, para ello se debe incorporar un enfoque de opciones reales donde los posibles escenarios son expandidos en la rejilla binomial que resulta de la proyección correspondiente al proceso estocástico del subyacente.

⁷ Se utiliza la función buscar objetivo del aplicativo Microsoft Excel®, donde se define la ecuación 3, con el valor del desvío estándar de los escenarios y como salida la volatilidad.

Tabla 2 *Rejilla Binomial y BD valor subyacente*

0	1	2	3	4
150,00	241,73	389,56	627,79	1.011,70
150,00	231,72	327,20	438,38	567,45
	73,65	118,69	191,28	308,25
	83,66	160,01	249,58	354,26
		36,16	58,28	93,92
		15,89	86,84	170,49
			17,76	28,61
			-53,44	12,09
				8,72
				-124,45

La tabla 3 presenta el valor intrínseco con opciones. Como en la tabla anterior la cifra superior del cuadrante responde a la formulación clásica del modelo binomial y las cifras en itálicas y negritas a BD. En el ejemplo el modelo clásico arroja un valor expandido de \$ 263,30 mil; valor actual estático de \$ 150,00 mil; un valor de las opciones reales de \$ 113,30 mil. El BD presenta un valor total de \$ 273,51 mil; valor actual estático de \$ 150 mil; y valor de las opciones reales por \$ 123,51.

Tabla 3 *Valor de las opciones reales modelo Binomial y BD*

0	1	2	3	4
263,30	385,65	586,00	907,05	1.011,70
273,51	372,30	502,86	654,51	567,45
	167,95	224,84	325,03	308,25
	202,76	279,93	402,77	354,26
		128,28	147,70	93,92
		146,39	185,79	170,49
			122,00	28,61
			122,00	12,09
				8,72
				-124,45

Las opciones de abandono (A), continuar (C) y expansión (E) se ejercen en el tercer período y son estimadas mediante la ecuación 7. Desde el período $t=3$ hasta $t=0$ se resuelve recursivamente aplicando la ecuación 8.

Tabla 4 Ejercicio de opciones (E: expandir, C: continuar; A: abandonar) modelo Binomial (B) y BD ($B\theta$)

B, t=3		B_θ , t=3	
907,05	E	654,51	E
627,79	C	438,38	C
122,00	A	122,00	A
325,03	E	402,77	E
191,28	C	249,58	C
122,00	A	122,00	A
147,70	E	185,79	E
58,28	C	86,84	C
122,00	A	122,00	A
93,68	E	-1,25	E
17,76	C	-53,44	C
122,00	A	122,00	A

Algunas consideraciones a tener en cuenta del estudio de los valores arrojados por las tablas 3 y 4:

- En el BD el nivel de incertidumbre evoluciona de manera proporcional al valor del subyacente. En la tabla 2 en $t=2$, el valor del subyacente según el modelo binomial es de \$ 586 mil y en BD de \$ 502 mil. A partir de dicho nodo el valor crece a \$ 907 mil o decrece \$ 325 mil en el modelo binomial, mientras que en BD los movimientos son \$ 654 mil o 402 mil respectivamente. En ambos las probabilidades neutrales al riesgo (0,5) son las mismas; pero el BD presenta una menor desviación para valores significativos. Si se toman los movimientos de descenso en $t=3$, el modelo binomial presenta un rango de valores entre el movimiento de ascenso y descenso de ($\$ 40,52 = \$ 58,28 - \$ 17,76$). El modelo BD tiene un rango de ($\$ 140,28 = \$ 86,84 - (\$ 53,44)$).
- Una ventaja del BD es que permite incorporar valores negativos. Esto lo convierte en una herramienta superadora respecto del proceso lognormal para la toma de decisiones, ya que describe con mayor realismo la máxima pérdida probable. El proceso lognormal del modelo binomial presenta un valor de \$ 8,72 mil en el peor escenario ($t=4$), el modelo BD un valor de -\$ 124,45 mil. Esta diferencia es importante para el tomador de decisiones, ya que el proceso lognormal puede esconder el potencial riesgo de pérdida del proyecto sin opciones (tablas 3 y 4).

3.3 Sensibilidad

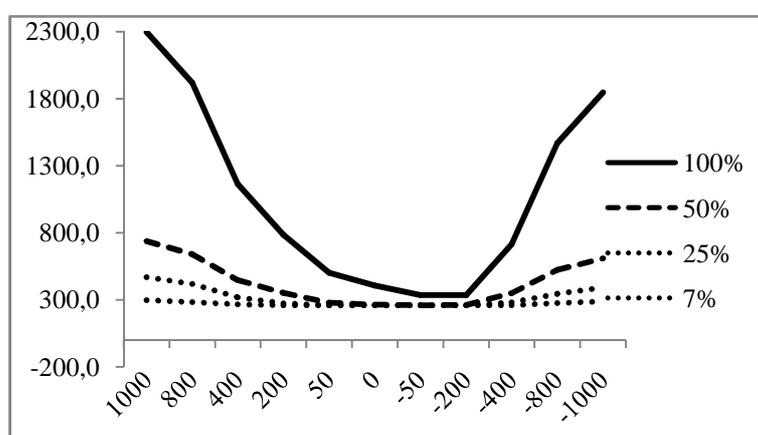
Finalmente los posibles resultados que arroja el modelo BD son obtenidos sensibilizando valores del parámetro de desplazamiento y volatilidad, conforme surge de la siguiente tabla.

Los resultados muestran el bajo impacto de θ cuando los niveles de σ_θ no son significativos, y como se revierte la tendencia con el crecimiento de la volatilidad. En la siguiente ilustración se relaciona el valor del proyecto (ordenadas) con el parámetro de desplazamiento (abscisas)

Tabla 5 Valores BD sensibilidad desplazamiento-volatilidad

273,51	1000	800	400	200	50	0	-50	-200	-400	-800	-1000
100%	2297,9	1919,9	1163,9	785,9	502,4	407,9	335,0	335,3	713,3	1469,3	1847,3
75%	1184,0	999,7	631,2	446,9	312,7	280,2	260,2	286,9	471,2	839,7	1024,0
50%	737,5	641,0	448,0	351,5	279,1	263,3	260,2	262,5	349,3	522,8	609,5
25%	468,4	418,7	319,3	275,0	260,3	260,2	260,2	260,2	281,3	346,1	393,9
10%	297,5	283,8	265,7	260,2	260,2	260,2	260,2	260,2	260,2	276,8	287,9
7%	297,5	283,8	265,7	260,2	260,2	260,2	260,2	260,2	260,2	273,6	287,9
0%	260,2	260,2	260,2	260,2	260,2	260,2	260,2	260,2	260,2	260,2	260,2

Gráfico 3 Valores opciones reales BD análisis de sensibilidad



4. Conclusiones

El trabajo presenta un enfoque integrado para inversiones del tipo EBT y R&D. Estos emprendimientos se caracterizan por no tener activos financieros réplicas para trabajar los insumos tradicionales de los modelos de valoración de opciones. Además son negocios que presentan un alto grado de incertidumbre propio de la escasa o nula información disponible. Estas características implica el diseño de modelos que brinden herramientas para: inferir y proyectar del entorno los parámetros descriptivos del valor (escenarios); calcular el valor estratégico de la inversión (opciones) y definir los posibles resultados ante variaciones de las principales variables estadísticas (sensibilidad)

El uso de los escenarios permite indagar sobre las relaciones lógicas que se presentan en las variables del entorno macro y el sector de la inversión; proyección de valores y reducir la incertidumbre a los siguientes parámetros: valor esperado y desvío. El modelo BD toma como insumo principal el parámetro de desplazamiento y la volatilidad proyectada, ambos derivados de la técnica de escenarios. El modelo presenta cualidades interesantes como proyectar valores negativos, de mayor realismo para la toma de decisiones. De hecho en $t=3$ las alternativas expandir y continuar arrojan valores de $-\$1, 25$ y $-\$55,44$ respectivamente, sustentando mejor la decisión de abandonar. Esto es así debido a que el proceso estocástico en BD es un intermedio entre el log-normal y normal. Finalmente el análisis de sensibilidad permite obtener un abanico de valores en función al grado de desplazamiento y la volatilidad. Cabe destacar la importancia que mantiene la segunda, siendo complementada por el desplazamiento en el modelo propuesto.

REFERENCIAS

- Baliero Filho, R. y Rosenfeld, R., 2004. Testing Option Pricing with Edgeworth Expansion. *Physica A: Statistical Mechanis an its Application*, (344), pp. 484-490.
- Bank, M. y Wibmer, K., 2011. *Start Up Firm Valuation: A Real Option Approach*. WP, Austria: University of Innsbruk.
- Bernardo, A. y Chowdry, B., 2002. Resources, Real Options and Corporate Strategy. *Journal of Financial Economics*, 63, pp. 211-234.
- Boer, P., 2002. *The Real Options Solutions: Finding Total Value in a High-Risk World*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Brandao, L., Dyer, J. y Hahn, W., 2005. Using Binomial Decision Trees to Solve Real Options Valuations Problems. *Journal of Decision Analysis*, 2, pp. 69-88.
- Brennan, M. y Trigeorgis, L., 2000. *Project Flexibility, Agency and Competition: New Development in the Theory and Application of Real Options*. 1 ed. New York: Oxford University Press.
- Broyles, J., 2003. *Financial Management and Real Options*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Camara, A. y Chung, S., 2006. Option Pricing for the Transformed-Binomial Class. *Journal of Futures Markets*, 26, (8), pp. 759-787.
- Chance, D. y Peterson, P., 2002. *Real Options and Investment Valuation*. s.l.:The Research Foundation of AIMR.
- Chance, D., 2007. A Synthesis of Binomial Option Pricing Models for Lognormally Distributed Assets. SSRN <http://ssrn.com/abstract=1523548>, pp. 1-25. [Acceso 16 de enero del 2013]
- Copeland, T. y Antikarov, V., 2001. *Real Options*. 1 ed. New York: Texere LLC.
- Dixit, A. y Pindyck, R., 1994. *Investment under Uncertainty*. 1 ed. New Jersey: Princeton University Press.
- Haahtela, T., 2011. Displaced Diffusion Binomial Tree for Real Option Valuation. SSRN <http://ssrn.com/abstract=1932408>, pp. 1-30. [Acceso 10 de abril 2012]
- Kodukula, P. y Chandra, P., 2006. *Project Valuation using Real Options: A practitioner's guide*. s.l.:J Ross Publishing.
- León, A., Mencia, J. y Sentaria, E., 2007. Parametric Properties of Semi-Nonparametric Distributions, with application to Options Valuation. *Documento de Trabajo 0707 Banco de España*, pp. 9-30.
- Milanesi, G., 2012. Opciones Reales: el Método Binomial, Asimetría y Curtosis en la Valoración de Empresas de Base Tecnológica. *Revista Española de Capital de Riesgo*, 2, pp. 41-55.
- Miller, K. y Waller, G., 2003. Scenarios, Real Options and Integrated Risk Management.. *Journal of Long Range Planning*, (36), pp. 93-107.
- Mun, J., 2004. *Real Options Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investment and Decisions*. 1 ed. New York: Wiley.
- Rubinstein, M., 1983. Displaced Diffusion Option Pricing. *Journal of Finance*, 38(1), pp. 213-217.
- Smit, H. y Trigeorgis, L., 2004. *Strategic Investment: Real Options and Games*. 1 ed. New Jersey: Princeton University Press.
- Smith, J. y Nau, R., 1995. Valuing Risky Projects: Option Pricing Theory and Decision Anaysis. *Management Science*, 5, pp. 795-816.
- Smith, J., 2005. Alternative Approach for Solving Real Options Problems. *Decision Analysis*, 2, pp. 89-102.
- Trigeorgis, L., 1997. *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocations*. 2 ed. Cambridge: MIT Press.
- Wang, A. y Halal, W., 2010. Comparison of Real Asset Valuation Models: A Literature Review. *International Journal of Business and Management*, 5, pp. 14-24.

- Wilmott, P., Howison, S y Dewynne, J., 1995. *The Mathematics of Financial Derivatives*. s.l.:Cambridge University Press.
- Wright, G., Cairns, G. y Goodwin, P., 2009. Teaching Scenarios Planning: Lessons from practice in academics and business. *European Journal of Operational Research*, (194), pp. 323-335.