

Simulación Financiera Aplicada a la Valoración de Opciones Reales: Caso Colombiano¹

Por: Gabriel I. Torres A.
Diego A. Agudelo R.²

Resumen

En esta ponencia se presenta el uso de la simulación financiera a un problema de opciones reales en el entorno colombiano.

Se comienza revisando los conceptos básicos de opción financiera, incluyendo el modelo de Black-Scholes, haciendo especial énfasis en los supuestos que lo soportan. Posteriormente, se introduce el concepto de opción real, a partir de su analogía con la opción financiera. Se muestra que el modelo de Black-Scholes no es adecuado para valorar las opciones reales en el entorno colombiano, y que en su reemplazo puede emplearse la simulación financiera. Para ilustrar esto, se presenta la aplicación de la simulación financiera en un proyecto concreto en el entorno colombiano: se pretende instalar una institución prestadora de servicios de salud (IPS) a través de la cual se ofrezcan servicios básicos de odontología y medicina. La construcción de la planta principal, además, generará la posibilidad de incluir en un futuro unidades de negocio en el campo de la Cirugía, Hospitalización y Emergencias. Estas unidades de negocio se tratan como opciones reales.

Mediante flujos de caja libres se valora tanto el proyecto base, como los incrementos debidos a cada proyecto adicional. Posteriormente, con simulación financiera se valoran las opciones reales debidas a cada uno de los tres proyectos adicionales.

¹ El presente trabajo corresponde a una ponencia presentada por los autores en el Seminario Internacional de Innovaciones Financieras (Universidad EAFIT, Medellín, julio de 2001) y en el Encuentro Nacional de Investigadores sobre la Organización y la Gestión, organizado por la Asociación Colombiana de Facultades de Administración –ASCOLFA- (Ibagué, septiembre 6 y 7 de 2001).

² Gabriel Ignacio Torres Avendaño, Ingeniero Industrial, Universidad Nacional. Especialista en Sistemas de Información Proyecto BID-UCMM, Universidad de Carolina del Sur. Estudios de Alta Gerencia EAFIT-ICESI. Docente Departamento de Finanzas. Universidad EAFIT. gtorres@eafit.edu.co

Diego Alonso Agudelo Rueda, Ingeniero Mecánico, Universidad EAFIT. Especialista en Finanzas y Magíster en Administración de la misma institución. Estudios de Modelos Econométricos Universidad del Rosario. Docente Departamento de Finanzas Universidad EAFIT. dagudelo@eafit.edu.co

1 Introducción

Se pretende demostrar que la metodología de simulación financiera es ideal para valorar las opciones reales en el entorno colombiano, y no así, la fórmula clásica de Black y Scholes, desarrollada para opciones financieras en mercados dinámicos y eficientes. Para ilustrarlo, se presenta el caso de un proyecto real en el entorno colombiano, en cuya formulación surgen tres proyectos adicionales, que pueden evaluarse como opciones reales.

El documento comienza con una revisión de los conceptos básicos de opción financiera. Continuamos presentando el modelo de Black-Scholes para la valoración de opciones europeas sobre acciones, haciendo especial énfasis en los supuestos que implica este modelo. Posteriormente, presentamos el concepto de opción real, y cómo puede entenderse mediante una analogía con la opción financiera. Sin embargo, la analogía entre estos dos entes no es perfecta, cómo se discute en el documento, lo cual lleva a los autores de este trabajo a proponer la simulación financiera como una metodología más general para cuantificar las opciones reales.

Una vez establecido el marco conceptual del caso, se exponen las condiciones generales del proyecto de la IPS y su evaluación financiera. Posteriormente, se valoran las opciones reales debidas a cada uno de los tres proyectos adicionales.

2 Generalidades de opciones financieras

Una opción financiera es un derecho a comprar o vender un activo a un precio fijado en una fecha futura. El tipo de derecho hará que se les denomine opciones de compra ("call option") u opciones de venta ("put option").

Si el derecho solo se puede ejercer en una cierta fecha, se le llamará opción europea. Si el derecho es ejecutable en cualquier momento desde el momento de la venta de la opción hasta la fecha de vencimiento, se le denominará opción americana.

El activo sobre el cual se tiene el derecho de la opción, se denomina "subyacente". Los subyacentes de las opciones abarcan una amplia diversidad, que incluye acciones, tipos de cambio, índices de mercados accionarios, tasas de interés de referencia y diversos tipos de contratos de futuros.

Dado que el eje central de este documento son las opciones reales, es conveniente enfocarse en el modelo de opción financiera que más se asemeja a las opciones reales: la opción de compra europea de una acción que no paga dividendos. Para este tipo de acción definamos sus términos básicos

S : Es el precio actual del activo subyacente

X : Es el precio de ejercicio: valor al cual se compraría el activo en el vencimiento.

T : Es el plazo hasta el vencimiento de la opción

c : Es el precio de mercado de la opción

S_T : Es el precio del subyacente en el momento del ejercicio de la opción

En el momento T de ejercicio, el tenedor de la opción decidirá ejercer o no la opción dependiendo del precio S_T al cual el subyacente esté cotizado en el mercado en ese momento.

Si está cotizado a un precio S_T menor o igual al precio de ejercicio X , naturalmente al tenedor le resultaría preferible comprar el activo en el mercado, y no ejercería su opción. En esta situación se dice que la opción está "fuera del dinero". En dicho caso se dirá que la Utilidad ("Pay-off") de la opción es cero.

$Utilidad=0$ si $S_T < X$	La opción no tiene valor puesto que el activo vale menos que el precio asegurado en el derecho de compra
---------------------------	--

Si por el contrario, el activo está cotizado a un precio S_T mayor al precio de ejercicio X , el tenedor obtendrá como utilidad, la diferencia entre el precio de mercado S_T y el precio de ejercicio X , y se dirá que la opción está "en el dinero" (ver fig. 1). Nótese que la utilidad a que se hace referencia no incluye, ni tiene porqué incluir el valor "c" que se hubiera pagado por la opción, que después de todo resulta ser un costo extinguido para ese momento.

$Utilidad=[S_T-X]$ Si $S_T > X$	La opción no tiene valor Puesto que el activo vale menos de el precio asegurado en el derecho de compra
------------------------------------	---

Se puede entonces expresar la utilidad en una fórmula general que incluye las dos posibilidades mencionadas:

$$\text{Utilidad} = \text{Max} [0, S_T - X] \quad [1]$$

Ahora bien, el precio de mercado de una opción, debe coincidir en equilibrio con su precio justo. El precio justo de una opción, así como la de cualquier activo financiero, es el valor esperado de sus flujos, descontados a una tasa de descuento adecuada:

$$c = E [\text{Max} (0, S_T - X) e^{-rT}] \quad [2]$$

Donde r sería la tasa de descuento adecuada expresada como interés continuo.

Es claro que el precio de la opción “ c ” debe depender de la evolución esperada del precio S_T del subyacente. En el momento de compra de la opción S es conocida, pero S_T es una variable aleatoria, cuyo comportamiento puede representarse con una distribución de probabilidad, y como consecuencia “ c ” también es una variable aleatoria.

3 Valoración de opciones europeas según el modelo de Black y Scholes.

El modelo clásico de valoración de opciones financieras lo desarrollaron Black, Scholes y Merton en 1973. Este modelo parte de los siguientes supuestos:

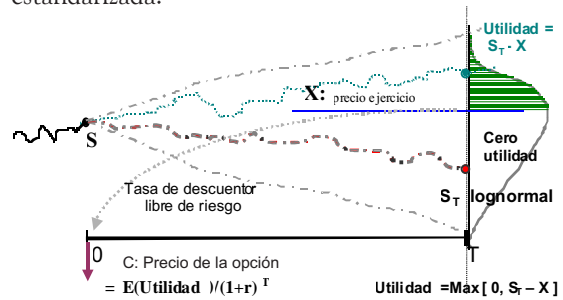
Supuesto 1. La opción sólo puede ejercerse en el momento T del vencimiento. Es decir el modelo sólo es válido para una opción europea.

Supuesto 2. El precio de ejercicio de la opción es fijo, y es determinado desde el comienzo.

Supuesto 3. Los rendimientos continuos del activo se comportan según un proceso de Wiener (fig.1), con una distribución normal con media m y desviación estándar s . Así, el rendimiento instantáneo del activo estará dado por la siguiente expresión:

$$R = \mu \Delta t + N(0, 1) \sigma \sqrt{\Delta t}$$

Donde Dt es un intervalo pequeño de tiempo, y $N(0,1)$ es una variable aleatoria, Donde Dt es un intervalo pequeño de tiempo, y $N(0,1)$ es una variable aleatoria, según una distribución normal estandarizada.



Como consecuencia de lo anterior, el precio del subyacente en el momento T : S_T , se comporta según una distribución lognormal (ver fig. 1) cuyo valor esperado y varianza son las siguientes:

La variable S_T puede modelarse según la siguiente ecuación, y partiendo de un variable aleatoria normal estandarizada:

Existen otros supuestos de carácter técnico, que no son relevantes en este documento, como son que se pueda vender en corto el activo subyacente, que no existan costos de transacción ni de impuestos, que los activos sean infinitamente divisibles y que no existan oportunidades de arbitraje sin riesgo para el activo, entre otras.

En el planteamiento de la ecuación diferencial que permite encontrar el precio de la opción europea, los investigadores concluyeron que este precio debe determinarse en lo que denominaron un “mundo indiferente al riesgo”. En este escenario idealizado, todos los individuos son indiferentes al riesgo, y por ende no requieren compensación por asumirlo. Esto trae como consecuencia que la tasa a la cual descontamos la utilidad de la opción, en la ecuación [2] deba ser la tasa libre de riesgo, y además implica que el precio de la opción no depende de m , sino que m se reemplaza por r , la tasa libre de riesgo, en la función de la distribución de probabilidad del precio [3].

El “mundo indiferente al riesgo” como escenario en el cual se plantea el Modelo de Black y

Scholes, aunque parezca contrario a la intuición, está sustentado en el hecho de que a cada momento puede conformarse una cartera dinámica con el activo libre de riesgo y el activo subyacente que reproduzca los cambios que tiene el valor de la opción. A esta cartera se le denomina el portafolio replicativo, y aunque debe rebalancearse permanentemente, permite cubrir por completo las variaciones en el precio de la opción. Lo anterior, naturalmente presupone la existencia de un mercado eficiente en el cual se cotice continuamente el activo subyacente.

Las relaciones entre las variaciones en el precio de la opción, con las variaciones en el precio del subyacente, y que incorporan todos los supuestos anteriores, se expresan en la forma de una ecuación diferencial parcial de tipo estocástico. Después de resolver dicha ecuación, la fórmula encontrada por Black y Scholes para el precio de la opción de compra de una acción que no paga dividendos, es la siguiente:

$$c = S_0 N(d_1) - X e^{-rT} N(d_2) \quad [4]$$

Donde:

$$d_1 = [\ln(S_0/X) + (r + s/2) T] / (s \div \sqrt{T})$$

$$d_2 = [\ln(S_0/X) + (r - s/2) T] / (s \div \sqrt{T})$$

y $N(x)$ es la distribución acumulada para una variable normal estándar.

4 Fundamentos de opciones reales

En un sentido original, la metodología de las opciones reales representa la extensión de la teoría de opciones financieras a los activos reales, en general, y a los proyectos de inversión, en particular. La metodología de opciones reales pretende valorar las opciones estratégicas involucradas en los proyectos, activos, unidades de negocio y empresas.

Uno de los ejemplos clásicos de la opción real es el de una empresa manufacturera que opera en el presente a un volumen de producción determinado por la situación del mercado. Sin embargo, la empresa está en condiciones de expandir su capacidad productiva, realizando una inversión adicional en bienes de capital y capital de trabajo, siempre y cuando las condiciones del mercado indiquen que existe demanda para la producción adicional.

Decimos, entonces, que esta empresa tiene una opción real para expandirse.

Desde el enfoque tradicional de valoración de negocios, es claro que el valor de la empresa será en función del flujo de caja generado por el volumen de producción actual. Sin embargo, cuando se incorpora el enfoque de opción real, resulta natural incluir en el valor de la empresa el valor potencial generado por la posibilidad de expandirse.

En el caso de la IPS que se detalla en este documento, también se presenta una opción real de expansión, consistente en la posibilidad de acondicionar en sus instalaciones tres unidades de servicio adicionales: cirugía, hospitalización y emergencias. La empresa entrará en operación con los servicios básicos odontológicos y médicos. Sin embargo, en un cierto plazo futuro, y dependiendo del desempeño general de la empresa, de su penetración en el mercado, y de la situación del sector salud, la empresa tomará la decisión de incorporar o no las unidades de servicios adicionales.

Se hace necesario entonces, una metodología que permita estimar el valor de las opciones reales incorporados en una empresa, proyecto o línea de negocios. Una respuesta inicial se encuentra resaltando el paralelo entre las opciones financieras y las reales.

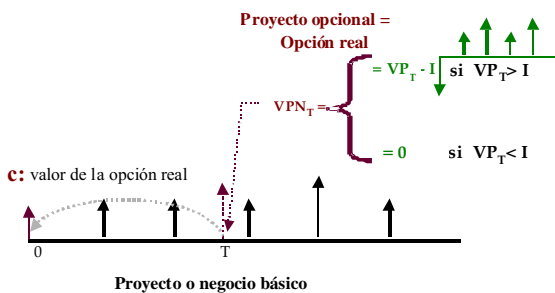
La posibilidad de realizar un proyecto dentro de una línea de negocios establecida ("core business") se asemeja de esta forma a la opción de compra de una acción. Ambos implican el derecho, pero no la obligación, de adquirir un activo en un momento futuro, pagando una cierta suma de dinero en cierto momento. Es conveniente enfatizar el paralelo entre las opciones reales y las financieras de la siguiente manera:

Variabes en la Opción de compra de una acción	Simbología	Variabes en la opción real sobre un proyecto de inversión
Precio de ejercicio	X I	Inversión requerida por el proyecto opcional
Precio actual de la acción	S VP	Valor presente de los flujos de caja generado por el proyecto opcional en el momento actual.
Tiempo al ejercicio	T	Longitud del tiempo que se puede demorar la decisión de inversión
Volatilidad del precio de la acción	s	Volatilidad del valor presente del proyecto opcional
Tasa libre de riesgo	r	Tasa de descuento de la opción
Precio de la acción en el momento del ejercicio (variable aleatoria)	S _T VP _T	Valor presente del proyecto opcional en el momento T.
Utilidad ("Pay-off") (variable aleatoria)	Utilidad VPN	Valor presente neto del proyecto opcional en el momento T
Valor de la opción	c	Valor de la opción real

Es fácil concluir que la ecuación [1] se convierte para el caso de las opciones reales en

$$VPN = \text{Max} [0, VP - I] \quad [5]$$

La decisión de invertir o no en el proyecto opcional, es análoga a la decisión de ejercer o no la opción financiera: se invierte siempre y cuando el VPN (Utilidad) sea mayor que cero, o lo que es lo mismo, siempre y cuando $VP_T > I$ ($S_T > I$). (fig 2)



De manera similar, adaptando la ecuación [2] al caso de la opción real, y empleando un interés compuesto "r", se tiene la expresión del valor de la opción real, como el valor esperado de la utilidad del proyecto descontada a presente.

$$c = E [\text{Max} (0, VP_T - I) / e^{rt}] \quad [6]$$

De esta manera, las opciones reales podrían valorarse de manera similar a la valoración de opciones financieras (fig. 3). De hecho, algunos autores proponen emplear la fórmula de Black y Scholes [4] para valoración de opciones de expansión o de compra.

Sin embargo, en opinión de los autores, la valoración de opciones reales con la fórmula de Black y Scholes implica asumir todo el conjunto de suposiciones que sustentan el modelo, varias de las cuales no son ni fácilmente estimables, ni siempre válidas en la evaluación de opciones reales, como se discute más adelante.

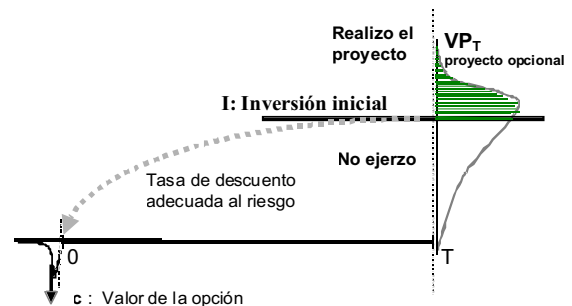


Figura 3 Esquema de valoración de opciones reales con la distribución del VP del proyecto opcional

5 Limitaciones del modelo de Black-Scholes para opciones reales en el caso colombiano:

A efectos de aplicar el modelo de opciones reales al caso colombiano, es la opinión de los autores que es preciso adoptar una técnica más general que el modelo de Black-Scholes debido a los estrictos supuestos técnicos que implica el uso del mismo.

Para empezar, el modelo de Black-Scholes presupone que la distribución del precio del subyacente S_T corresponde a una lognormal (Supuesto 3). Como mencionamos, esto se deriva del modelo en el cual el crecimiento de este precio obedece a un proceso de Wiener. Se ha encontrado que este es un modelo explicativo del comportamiento del precio de los activos que se transan continuamente en mercados eficientes.

Sin embargo, este supuesto no resulta necesariamente válido en el contexto de las opciones reales, en las cuales el subyacente suele ser el valor presente de un proyecto opcional. La evolución futura del valor presente del proyecto opcional no está necesariamente en función del precio de un producto básico, ni de un activo financiero.

Como se presenta en el caso de la IPS, dicho valor presente es función de una serie de factores de mercado y macroeconómicos, que tienen sus propias distribuciones de probabilidad.

El modelo también supone que el valor de ejercicio de la opción financiera, X , es fijo y determinado desde un principio. Dicho valor de ejercicio, corresponde con la inversión necesaria para ejercer el proyecto opcional, en el enfoque de opciones reales, y en un buen número de casos no podrá ser un valor determinado y fijo. Dado que el proyecto se comenzaría en una fecha futura T es muy probable que la inversión necesaria varíe, como consecuencia de efectos inflacionarios, cambios de tecnología, variaciones en el tamaño o complejidad del proyecto, entre otros. Más aún, en las opciones reales derivadas de investigación y desarrollo puede haber, en el momento cero, una incertidumbre sobre el monto a invertir en el momento opcional, comparable a la incertidumbre sobre el valor presente del proyecto.

De otro lado, las opciones reales son comúnmente ejercibles en cualquier momento desde el presente hasta un cierto tiempo “ T ”. A menos que

existan restricciones contractuales, presupuestas o de otra naturaleza, no suele haber impedimentos para que la empresa ejerza sus opciones anticipadamente, esto es, para que se involucre en los proyectos opcionales antes de lo previsto. En ese sentido, las opciones reales suelen ser más frecuentemente del tipo americano que del europeo.

Como mencionamos anteriormente, el modelo de Black y Scholes trae como consecuencia, que la valoración del precio de las opciones financieras se hace en un “mundo indiferente al riesgo” y se comentó como dicho modelo presupone la existencia de un mercado continuo en el que se cotiza el activo subyacente, el cual es necesario para construir el portafolio replicativo de la opción.

En el caso de opciones reales, se ha propuesto que el portafolio replicativo del valor presente del proyecto se construiría con base en acciones perfectamente correlacionadas con el proyecto opcional, o con base en los productos básicos determinantes de su valor. Sin embargo estos mismos autores reconocen la dificultad de que un portafolio conformado así se pueda replicar perfectamente, aún en mercados financieros eficientes.

Por lo anterior, se propone que para el caso colombiano se descarte el supuesto de un “mundo indiferente al riesgo”. No resulta posible encontrar, para la mayoría de proyectos, activos cuyo precio se pueda correlacionar suficientemente con el desempeño del proyecto, por la ineficiencia y poca variedad del mercado accionario colombiano. Este último hecho ha sido reconocido por diversos autores.

En consecuencia, no se reemplazaría m , el ritmo de crecimiento del VP del proyecto, para efectos de estimación del VP_T . Tampoco se descontaría la utilidad de la opción con la tasa libre de riesgo, sino con una tasa apropiada para el nivel de riesgo percibido en la opción. (ecuación [6]). Consecuentemente, será necesario establecer tanto una tasa de descuento adecuada para traer a presente el valor esperado de la utilidad del proyecto, así como la tasa de crecimiento del valor presente del proyecto opcional. Esto último no resulta fácil en la práctica, dado que se trata de una variable estimada en un modelo de valoración, más que del precio de un activo transado en un mercado continuo, y con suficiente información histórica.

Por todo lo anterior, se hace necesario emplear una metodología más general y flexible para la valoración de opciones reales en el medio colombiano. Esta metodología es la simulación financiera, la cual permite una forma flexible, transparente y fácil de entender para la valoración de proyectos bajo riesgo, y también de opciones reales.

6 La simulación financiera, como técnica para la valoración de opciones reales.

La simulación financiera es una metodología que permite resolver un amplio espectro de problemas financieros, en los cuales las variables de entrada presentan una incertidumbre significativa, pero son modelables desde el punto de vista probabilístico.

En términos generales, la simulación financiera parte del modelo lógico o matemático de un sistema o problema de decisión, el cual debe involucrar variables de entrada con su distribución probabilística. La simulación permite experimentar con dicho modelo para determinar los resultados posibles de la(s) variable(s) de salida. Dichos resultados se suelen presentar y analizar, también como distribuciones de probabilidad.

Los pasos generales que comprende el proceso de simulación financiera son los siguientes, y se ilustran en el caso particular de la determinación del valor de una opción real:

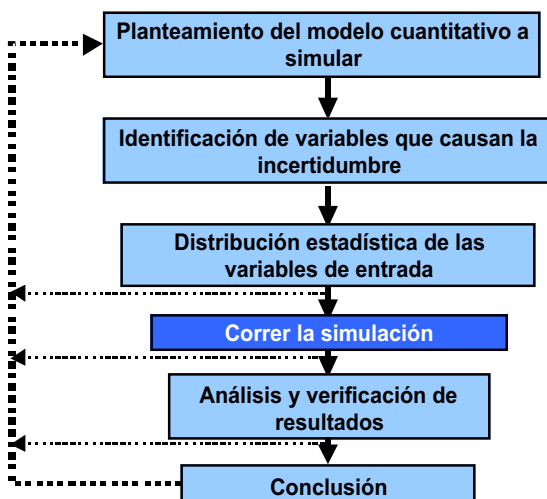


Figura 4 Esquema general de simulación (I)

1. **Se plantea el modelo cuantitativo a simular:** En el caso de la opción real de expansión, será un modelo de estimación del valor de la opción real “c”, el cual a su vez procede del “VPN” del proyecto opcional, (ecuaciones [6] y [7]) con base en los flujos de caja incrementales. Como se presentará en la sección 7.2, este modelo relaciona el VPN con los parámetros financieros del proyecto: ingresos, costos, depreciación, inversión de capital de trabajo, costo de capital, valor de continuidad, entre otros.

2. **Se identifican las variables de entrada determinantes de la variabilidad del modelo:** En el caso de la opción real son variables que afectan el “c” y el “VPN” del proyecto adicional, ya sea vía los flujos de caja, el costo del capital, o la inversión inicial. Como ejemplos de ese tipo de variables tendríamos el incremento de precios, crecimiento del mercado, participación, posibilidad de demandas, variabilidad de tasas de cambio o de interés, entre otros.

3. **El modelo cuantitativo se corre en un programa especializado** (ej, @Risk, Cristal Ball, Arena, etc), que permita realizar un número suficientemente grande de simulaciones, conforme con las distribuciones de probabilidad encontradas. Esto permite obtener muestras representativas del valor de las variables “VPN” y “c” del proyecto. (ver figura 5)

4. **Se analizan las distribuciones encontradas de las variables de salida:** En el caso de la opción real el resultado más importante, de acuerdo con [7], es que la media de distribución de la variable “c”, resulta ser el valor de la opción real (ver figura 3)

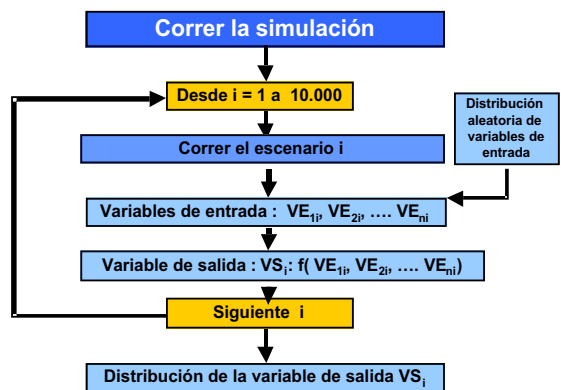


Figura 5 Esquema general de simulación (II)

De esta manera, la simulación financiera permite la flexibilidad requerida para la adaptación del enfoque de opciones reales al medio Colombiano, obviando las limitaciones que impone el modelo de Black y Scholes, por lo siguiente: 1) Permite involucrar distribuciones para el precio del VP_T diferentes a la lognormal; 2) Permite considerar tasas de descuento diferentes a la libre de riesgo, 3) Si se estima directamente la distribución del VP_T obvia el problema de la determinación de m y de s 4) Puede involucrar una inversión inicial no necesariamente fija 5) Permite valorar opciones americanas, si se incluyen arboles de decisión en el modelo.

A continuación se expone un caso de aplicación de simulación financiera en la valoración de las opciones reales de una IPS.

7 Ejemplo de aplicación: opciones reales en una IPS

7.1 Definición del proyecto

Un grupo de médicos y odontólogos planea conformar y consolidar en un futuro cercano una Institución Prestadora de Servicios de Salud en las áreas odontológica y médica.

Con el fin de dar viabilidad financiera al proyecto, los socios de la empresa montarán la IPS odontomédica de primer y segundo nivel de atención a través de la cual planean ofrecer los siguientes servicios: actividades clínicas de odontología complementaria, especializada y subespecializada; actividades clínicas médicas y ayudas diagnósticas, terapéuticas, médicas y odontológicas de apoyo. La construcción de la planta principal, además, generará la posibilidad de incluir en un futuro unidades de negocio en el campo de la Cirugía, Hospitalización y Emergencias, las cuales serán valoradas como opciones reales.

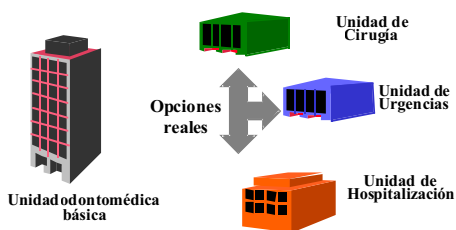


Figura 6 Opciones reales, caso colombiano: IPS

Estas unidades de negocio se tratan como opciones reales debido al alto riesgo del proyecto y por lo tanto la decisión de incluirlas se debe tomar una vez que el negocio principal lleve un tiempo prudencial de funcionamiento y la incertidumbre se disminuya. Se ha definido que el horizonte es de dos años para ejercer la opción real y que la misma tiene la característica de una opción europea.

La venta de los consultorios y locales comerciales, constituye una fuente de financiación importante para el desarrollo de la IPS, como se presentará en la evaluación financiera del proyecto. Adicionalmente la venta de las Opciones Reales se convierte en una posibilidad importante de financiación del proyecto principal.

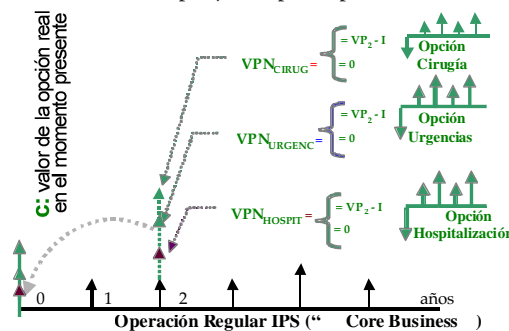


Figura 7 Esquema de las opciones reales en la IPS colombiana

7.2 Evaluación financiera del proyecto básico

La evaluación financiera del proyecto básico incluyó todos los requerimientos en cuanto a: presupuesto de ingresos, inversión fija, inversión en capital de trabajo, presupuesto de costos, flujo de caja del proyecto, estructura de capital, y estimación del valor de continuidad. La tabla resumen de los resultados se presenta dos páginas hacia adelante. Los lectores interesados en conocer más en detalle este estudio, pueden remitirse al informe completo de la investigación reseñado en la bibliografía.

El modelo de estructuración de los flujos de caja del proyecto para la unidad básica de la IPS también fue empleado para valorar las unidades médicas opcionales Cirugía, Hospitalización y Emergencias.

El proyecto se evaluó en un horizonte de cinco años, y de allí en adelante se consideró un período de continuidad. Finalmente la evaluación financiera del proyecto básico entregó los siguientes resultados:

EVALUACIÓN DEL PROYECTO BÁSICO DE INVERSIÓN DE LA IPS

Año	0	1	2	3	4	5
FLUJO DE CAJA LIBRE DEL PROYECTO DE INVERSIÓN	(1,030,172,600)	(262,817,016)	(18,590,060)	183,032,255	306,097,961	376,499,242
VALOR DE CONTINUIDAD						3,005,874,586
TOTAL FLUJO DE CAJA	(1,030,172,600)	(262,817,016)	(18,590,060)	183,032,255	306,097,961	3,382,373,828
TASA INTERNA DE RETORNO						26.60%
VALOR PRESENTE NETO						526,671,581

7.3 Análisis de riesgo en la valoración de la unidad básica.

A efectos de valorar el riesgo del proyecto básico, los autores complementaron el trabajo original de evaluación financiera del proyecto. Para ello se procedió inicialmente a identificar las variables que resultan críticas para el éxito del proyecto. Se escogieron las siguientes: el crecimiento de los ingresos y de la inflación de precios, las necesidades de capital de trabajo, y por último la tasa DTF. Posteriormente se identificaron variables aleatorias que pudieran simular adecuadamente cada una de estas variables, tal como se presenta a continuación:

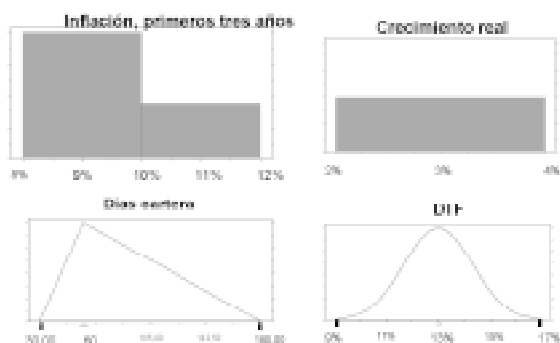


Figura 8 Distribución de probabilidad de las variables de entrada

Crecimiento de Ingresos proyectado.

Como es natural, esta variable tiene un efecto definitivo en el comportamiento de los ingresos futuros. El crecimiento de Ingresos, en términos corrientes se da como un efecto combinado de la inflación y del crecimiento real proyectado del sector:

$$\% \text{ Crecimiento Ingresos} = (1 + \text{Inflación})(1 + \text{Crecimiento real}) - 1.$$

Para modelar el comportamiento de esta variable se estimó que existe una probabilidad del 70% de que la inflación de los tres primeros años esté entre un 8% y un 10%, y un 30% de que esté entre un 10% y un 12%. En los años restantes puede caer entre un 8% y un 10%. Para simular esta variable es preciso considerar, para los primeros tres años, una variable triangular condicionada, y para los años restantes, una distribución uniforme.

Capital de trabajo Neto

Un parámetro que genera una parte importante de la incertidumbre en la gestión de toda IPS es el aspecto de los días promedio de recaudo de cartera. Esta variable tiene un impacto definitivo en el monto de capital de trabajo requerido en el proyecto, y en la necesidad de financiar sus cambios con préstamos de corto plazo. Para modelar esta fuente de incertidumbre, supondremos una distribución para los días promedio de cartera, en una distribución triangular, con un tiempo optimista de 30 días, un valor más probable de 60 días, y un tiempo pesimista de 180 días.

DTF

Esta tasas de referencia del mercado colombiano, afecta de manera determinante el costo de capital del proyecto. Este parámetro será modelado con una distribución normal, con una media del 13% anual, y una probabilidad del 95% de que esté entre 11 y 15%.

EVALUACIÓN FINANCIERA IPS ODONTOMÉDICA FLUJO DE CAJA LIBRE DEL PROYECTO BASICO DE INVERSIÓN

Año	0	1	2	3	4	5	6
INGRESOS		997,920,000	1,521,229,248	2,164,899,374	2,454,129,930	2,743,226,436	3,066,378,510
Menos COSTOS VARIABLES							
COSTO DE INSUMOS		199,584,000	304,245,850	432,979,875	490,825,986	548,645,287	613,275,702
HONORARIOS PROFESIONALES DE SALUD		179,280,000	250,992,000	358,560,000	406,463,616	454,345,030	507,866,874
TOTAL COSTOS VARIABLES		378,864,000	555,237,850	791,539,875	897,289,602	1,002,990,317	1,121,142,576
MARGEN DE CONTRIBUCIÓN		619,056,000	965,991,398	1,373,359,499	1,556,840,328	1,740,236,119	1,945,235,933
Menos COSTOS FIJOS							
SALARIO DEL TALENTO HUMANO		114,000,000	126,540,000	139,194,000	151,721,460	163,859,177	176,967,911
FACTOR PRESTACIONAL Y APORTES PARAFISCALES		62,700,000	69,597,000	76,556,700	83,446,803	90,122,547	97,332,351
HONORARIOS DEL TALENTO HUMANO		321,300,000	356,643,000	392,307,300	427,614,957	461,824,154	498,770,086
DEPRECIACIÓN EDIFICACIÓN		22,821,050	22,821,050	22,821,050	22,821,050	22,821,050	22,821,050
DEPRECIACIÓN EQUIPO MUEBLES Y ENSERES		36,384,210	36,384,210	36,384,210	36,384,210	36,384,210	36,384,210
AMORTIZACIÓN CARGOS DIFERIDOS		20,000,000	20,000,000	20,000,000	20,000,000	20,000,000	20,000,000
OTROS COSTOS FIJOS		200,000,000	222,000,000	244,200,000	266,178,000	287,472,240	310,470,019
TOTAL COSTOS FIJOS		777,205,260	853,985,260	931,463,260	1,008,166,480	1,082,483,378	1,142,745,627
UTILIDAD OPERATIVA		(158,149,260)	112,006,138	441,896,239	548,673,848	657,752,741	802,490,306
IMPUESTOS		(55,352,241)	39,202,148	154,663,684	192,035,847	230,213,459	280,871,607
UTILIDAD OP DESPUÉS DE IMPUESTOS		(102,797,019)	72,803,990	287,232,555	356,638,001	427,539,282	521,618,699
Más DEPRECIACIONES Y AMORTIZACIONES		79,205,260	79,205,260	79,205,260	79,205,260	79,205,260	59,205,260
FLUJO DE CAJA BRUTO		(23,591,759)	152,009,250	366,437,815	435,843,261	506,744,542	580,823,959
Menos INVERSIÓN MARGINAL							
INVERSIÓN FIJA	1,013,540,600	81,542,255	81,542,255	81,542,255	81,542,255	81,542,255	81,542,255
INVERSIÓN KTN0	16,632,000	157,683,002	89,057,055	101,863,305	48,203,045	48,703,044	55,443,650
TOTAL INVERSIÓN MARGINAL		239,225,257	170,599,310	183,405,560	129,745,300	130,245,299	136,985,905
FLUJO DE CAJA LIBRE DEL PROYECTO DE INVERSIÓN	1,030,172,600	(262,817,016)	(18,590,060)	183,032,255	306,097,961	376,499,242	443,838,054
	0						

Resultados de la simulación del VPN Básico

Al implementar el modelo de simulación del VPN del proyecto de la IPS básica, incorporando las variables aleatorias indicadas, y con 5.000 simulaciones, obtenemos la distribución de probabilidad para el VPN del proyecto, como se muestra en la figura 9. Esta distribución presenta un valor esperado de 280 MM, con una desviación estándar de 187 MM, y una probabilidad de 93% de tomar valores positivos.

Variable	Valor Presente Neto
Valor mínimo	0
Valor máximo	207,613,296
Media	52,025,154
Desviación Estándar	45,708,928
Sesgo	0,45
Curtósis	2,14
Moda	0
Probabilidad acumulada	Valor Presente Neto
5%	0
10%	0
15%	11.205.255
35%	219.793.838
40%	243.651.072
45%	271.391.805
50%	296.444.800
55%	320.899.633
60%	342.837.687
65%	368.516.691
85%	479.288.367
90%	514.373.018
95%	562.645.037

Figura 9 Distribución VPN proyecto básico

Al analizar los resultados de la simulación, se puede concluir lo siguiente, de acuerdo con los supuestos del modelo de flujo de caja, y las distribuciones de probabilidad empleadas para las variables:

Se tiene un intervalo de confianza de 80% para el VPN, entre 18.15 MM y 514.3 MM, determinados por el percentil 10% y el percentil 90%. Esto refleja la gran variabilidad del proyecto debida a los múltiples escenarios originados por las variables de entrada. De todos modos la probabilidad de obtener un valor presente neto menor que cero es menor del 10%, y así el proyecto tiene una alta probabilidad de ser rentable.

El coeficiente de variación del proyecto es una medida importante de la variabilidad relativa del proyecto, y se obtiene de dividir la desviación estándar del VPN sobre su media. Para este proyecto es del 25%, lo cual corrobora el alto nivel de riesgo del mismo.

El alto grado de riesgo del proyecto es un argumento que induce a posponer la ejecución de las unidades de negocio adicionales que el proyecto prevé: Urgencias, Cirugía y Hospitalización (opciones reales de expansión). Por el nivel de riesgo del proyecto, resulta sensato esperar un tiempo prudencial para verificar el buen desempeño de la unidad básica, de modo que se aclare al panorama del negocio, antes de tomar la decisión de ejercer o no las opciones reales previstas.

El valor presente neto que se espera que genere el proyecto es de 280 millones. Este valor es inferior al determinado en el modelo original (526 millones), lo cual se explica por el efecto de los escenarios con altos días de cartera (hasta 180 días), que afectan ostensiblemente los requerimientos de capital de trabajo del proyecto. En menor grado, los escenarios con Alto DTF y un crecimiento del sector bajo también hacen disminuir el VPN promedio.

7.4 Análisis de riesgo y valoración de las opciones reales de la IPS

Como se explicó en la sección 6, la simulación financiera genera un alto número de escenarios posibles para la valoración de las unidades opcionales de la IPS, acordes con las distribuciones estipuladas para las variables aleatorias de entrada. De esta manera, la simulación permite valorar de una manera eficiente y clara las opciones reales.

El modelo presentado para la valoración de la IPS básica, es igualmente útil para estudiar los flujos de caja incrementales que se generan en cada una de las unidades opcionales: Cirugía, Hospitalización y Emergencias. Naturalmente involucrarse los valores propios del proyecto específico, tales como ingresos base, estructura de costos e inversión inicial. De otro lado, se conservará la estructura de capital determinada para el proyecto básico, y su tasa de descuento.

Las variables que generan la incertidumbre en el valor de las unidades opcionales, y por ende determinan el precio de la opción real, son las mismas que inducen el riesgo en el proyecto general: el crecimiento de los ingresos, el capital de trabajo y la DTF. De ahí que estas mismas variables servirán para modelar la incertidumbre en el flujo de caja de las unidades opcionales.

Nótese además que el VPN del modelo original descuenta del valor presente de los flujos de caja del proyecto la inversión inicial a realizar, correspondiendo con el modelo básico de valoración de opciones reales (ecuación [6]).

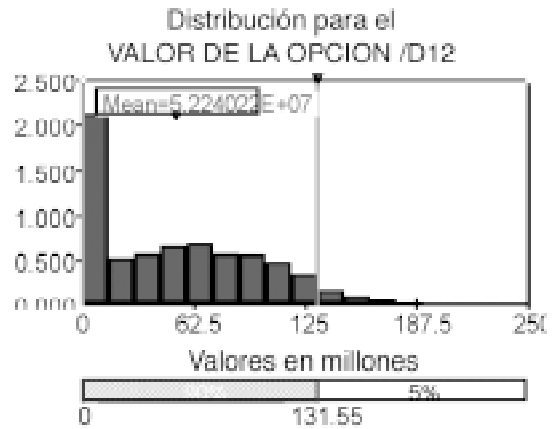
Ahora bien, el VPN hallado para los proyectos opcionales estará ubicado al final del año dos, momento en el cual se tomará la decisión de invertir o no. Por lo tanto, y en concordancia con lo previsto por la ecuación [7] se hace necesario descontar el VPN dos años más para determinar el precio "c" de la opción real. La tasa de interés de descuento escogida es la tasa de capital propio de los accionistas. Es de anotar aquí, que en caso de que se decidiera vender por fuera dichas opciones, dicha tasa de descuento podría ser motivo de negociación con el comprador, el cual tendrá su propia expectativa de rentabilidad para la opción.

Resultados de la valoración de las opciones reales

Las distribuciones encontradas para los valores "c" de cada opción se presentan en las figuras 10 a 12. A continuación se presentan los resultados de la valoración de los datos obtenidos se observa que las opciones de cirugía y urgencia tienen una alta probabilidad de ser ejercidas. En cambio, la de hospitalización es la opción que más riesgo genera. De hecho, el menor valor de la opción de hospitalización está explicado en buena parte por esta probabilidad y por el monto mismo de la inversión inicial en relación con los flujos futuros que se derivarían.

Opción Real	Cirugía	Urgencias	Hospitalización
Valor de la opción ("c")	52,025,154	35,375,883	34,614,050
Probabilidad de que la opción esté dentro del dinero	75%	70%	55%
Inversión inicial	736 MM	1.654 MM	2.412 MM

La totalidad de las 3 opciones reales mencionadas genera un valor económico agregado, esperado hoy de \$ 122'0150187, que es un activo en sí mismo para el propietario del proyecto. Estas opciones pueden preservarse, o venderse, como derecho a futuro para otras entidades.



Variable	Valor "c" de la opción cirugía
Valor mínimo	0
Valor máximo	207,613,296
Media	52,025,154
Desviación Estándar	45,708,928
Sesgo	0,45
Curtosis	2,14
Moda	0
Probabilidad acumulada	
5%	0
10%	0
30%	11.205.255
35%	21.001.922
40%	30.924.232
45%	39.566.368
50%	48.620.336
55%	55.708.648
60%	63.576.584
65%	71.332.384
85%	105.463.952
90%	116.960.408
95%	132.949.328

Figura 10 Distribución VPN proyecto básico

Variable	Valor c de la opción urgencias
Valor mínimo	0
Valor máximo	189,268,496
Media	35,375,883
Desviación Estándar	34,831,412
Sesgo	0,885872337
Curtosis	3,192489683
Moda	0
Probabilidad acumulada	
5%	0
10%	0
15%	0
20%	0
25%	0
30%	5331061.5
50%	27659788
55%	33811408
60%	39512648
65%	45531804
70%	52010888
75%	58660308
90%	84459152
95%	101006432

Figura 11 Distribución VPN proyecto básico

El precio de venta de cada opción real, es un precio base para una negociación sobre la venta de dicha opción, la cual le daría el derecho al comprador de instalar la unidad médica mencionada, en los espacios físicos previstos, y haciendo uso de las facilidades locativas presentes en el edificio. Entre los posibles compradores de una opción de este tipo estarían las EPS y otras IPS. Para un posible comprador, la opción real de instalar una unidad médica adicional, puede tener un valor superior al percibido por la IPS vendedora, debido a economías de escalas, sinergias con negocios existentes etc.

En caso de venderse, la opción real debería tener un límite a partir del cual cesan los derechos (por ejemplo uno o dos años), o en caso contrario, se estaría hablando de una opción americana con un amplio período de ejercicio cuyo valor tendría que ser necesariamente mayor.

Variable	Valor c de la opción hospitalización
Valor mínimo	0
Valor máximo	200,897,712
Media	34,614,050
Desviación Estándar	41,830,321
Sesgo	1.1
Curtosis	3.3
Moda	0
Probabilidad acumulada	
20%	0
25%	0
30%	0
35%	0
40%	0
45%	5,242,843
50%	16,443,946
55%	26,052,326
60%	34,075,744
65%	43,505,000
85%	83,823,608
90%	97,998,328
95%	118,250,760

Figura 12 Distribución VPN proyecto básico

Es importante anotar que puede haber un grado de vinculación entre las opciones, que no está siendo considerado. Estas opciones tienen un grado de dependencia que no está reflejado en el modelo: la generación de servicios de hospitalización puede proceder en gran medida de los clientes de cirugía, y de urgencias. Esto debe ser tenido en cuenta, en el momento de considerar la venta aislada de la opción real de una sola unidad.

8 Conclusiones

El enfoque de opciones reales, involucra el proceso lógico de las opciones financieras en el ámbito de la evaluación de proyectos, finanzas corporativas y valoración de empresas, y rompe el paradigma de la valoración de proyectos. El enfoque tradicional para valorar proyectos en las organizaciones, el de flujos de caja incrementales, hace una analogía entre los proyectos adicionales y un portafolio de bonos. Por su parte, el enfoque de opciones reales, permite adicionar al valor de los proyectos, unidades de negocios o empresas, el valor de las posibilidades de generación de valor que están inmanentes en el negocio, de manera análoga a un portafolio de opciones financieras.

Estas opciones reales pueden considerarse como parte del activo mismo, o incluso, pueden ser ofrecidas en venta. La venta de las opciones reales inclusive podría destinarse a financiar el propio proyecto o unidad de negocio de donde surgen las opciones.

El enfoque de opciones como manera de plantear la estrategia de un negocio existía desde hace mucho tiempo en la gerencia. Pero, hasta el surgimiento de las opciones reales, no se disponía de una herramienta cuantitativa para valorar las opciones generadas por las empresas y unidades de negocios, que facilitara su gestión y administración.

La valoración de opciones reales le puede dar viabilidad a proyectos o negocios que si se analizan con el método tradicional, flujos de caja incrementales, no resulten viables, ya sea por presentar un valor presente neto negativo, o una gran incertidumbre en el mismo. Esto se debe a que esta metodología permite estimar el valor que agregan las posibilidades incorporadas en dichos proyectos y negocios, y que no tiene cabida en la metodología tradicional de valoración.

Para el caso de Colombiano, la simulación financiera es una herramienta más flexible, y más fácil de entender para la valoración de opciones reales, que el modelo de Black y Scholes, como se argumenta en las secciones 6 y 7.

9 Bibliografía

Amram, Martha and Kulatilaka, Nalin. Real Options, Managing Strategic Investment in an Uncertain World. Harvard Business School Press, Boston MA, 1999.

Evans, James R. y Olson David L. Introduction to simulation and risk analysis. Prentice Hall, Upper Saddle River NJ, 1998.

Hull, John C. Options, futures & other derivatives. Prentice Hall, Upper Saddle River NJ, 1998.

Kelton David y otros. Simulation with Arena. Editorial Mc Graw Hill, New York, 1998.

Londoño Martha S. La formulación y evaluación financiera de proyectos de inversión en condiciones de riesgo. Tesis para optar al título de M.B.A. Universidad EAFIT, Medellín, 2001.

Mascareñas Juan. Innovación Financiera. Editorial Mc Graw Hill, Madrid, 1999.

Ross, Sheldon M. Simulación. 2^a ed . Editorial Prentice Hall, México, 1999.

Winston Wayne L. Financial Models Using simulation and optimization. Edited by Palisade Corporation, Newfield, 1998.