Evaluación y valoración financiera de tecnologías de liofilización en Colombia por medio de la metodología de opciones reales[1]

Financial evaluation and financial valuation of the freeze-drying technology in Colombia using the real options methodology

Avaliação e valoração financeira de tecnologias de liofilizaçao na Colômbia por meio da metodologia de opções reais

Jairo Lozada Rodríguez. [2]
Pablo Moreno-Alemay. [3]
Jorge Restrepo Guzmán. [4]

Resumen

El cambio en las tendencias de alimentación de los últimos años ha conllevado a que los consumidores deseen productos de fácil consumo, agradable sabor y aroma, y que mantengan sus propiedades nutricionales por periodos más extensos lo que es posible mediante la tecnología de la liofilización. El alto costo de esta tecnología amerita una evaluación desde el punto de vista económico y financiero que determine su viabilidad y valoración. Tradicionalmente la evaluación de proyectos de inversión se realiza con el Valor Presente Neto y con el cálculo de la Tasa Interna de Retorno de los flujos de caja libre; Sin embargo, el surgimiento de proyectos que involucran nuevas tecnologías, elevadas inversiones en capital y un conocimiento incierto del comportamiento de la demanda, exige que la evaluación se realice considerando los posibles escenarios futuros durante su vida útil.

En este sentido, las Opciones Reales pueden reconocer las oportunidades futuras que un proyecto posee, lo cual posibilita la estructuración de las decisiones durante el umbral del proyecto. El presente documento propone este tipo de valoración para el sector alimentos, a partir de la identificación de requerimientos de tipo técnico necesarios para su implementación y operación, definición de rangos de variables independientes, exógenas y endógenas que afectan el proyecto, y diseño de escenarios e implementación de esta metodología. A partir de las proyecciones y cálculos realizados en este estudio, la valoración realizada por el método de Opciones Reales indica que el proyecto es financieramente inviable. La simulación posteriormente efectuada indica que es necesario un porcentaje de crecimiento de los flujos de caja libre de por lo menos 30% para que se posibilite su ejecución.

Palabras clave: valoración financiera, Opciones Reales, tecnologías de liofilización, Valor Presente Neto, Tasa Interna de Retorno, Betas, Modelo de Valoración de Activos de Capital, Flujos de Caja Libre.

Abstract

The change in eating trends during recent years has lead consumers to request products which are easy to use up, with pleasant taste and aroma and maintain its nutritional features for longer periods, what is possible by the freeze-drying technology. The high cost of this technology deserves an evaluation from the economic and financial point of view, which would determine its viability and

Resumo

A mudança nas tendências de alimentação dos últimos anos tem implicado que os consumidores desejam produtos de fácil consumo, agradáveis sabor e aroma e que mantenham suas propriedades nutricionais por períodos mais extensos, o que é possível mediante a tecnologia da liofilização. O alto custo desta tecnologia merece uma avaliação desde o ponto de vista econômico e financeiro que

Entregado en 25/07/2011 | Aprobado en 05/10/2011.

1. Artículo de investigación elaborado en la Universidad de La Sabana. Forma parte de un proyecto de investigación más amplio del Grupo "Economía y Finanzas".
2. Maestría en "Ingeniería Industrial" Universidad de los Andes. Profesor Asociado Universidad de La Sabana. Grupo de Investigación "Economía y Finanzas" de la Universidad de La Sabana.
3. M. Sc. en "International Management" Université de Rennes I, Francia. Profesor Asistente Universidad de La Sabana. Grupo de Investigación "Economía y Finnanzas" de la Universidad de La Sabana.
4. Maestría en Administración, Universidad del Valle. Profesor Asociado Universidad de La Sabana. Grupo de Investigación "Economía y Finanzas" de la Universidad de La Sabana.

valuation. Traditionally the evaluation of investment projects is carried out by the net present value and by the internal rate of return of free cash flows; nonetheless the emergence of projects of new technologies that suppose high capital investment and uncertain knowledge of demand behavior, requests also be able to assess any possible future scenario during its life.

In this sense, real options might recognize future opportunities that allow the structure of decisions during the threshold of the project. This paper suggests this type of assessment for the food sector, from the identification of technical requests for its implementation and operation. Based on the projection and calculation realized in this study, the project assessed by the real options method, indicates that on the base of the observed results the project should not be exercised. The simulation realized indicates that the rate of growth of free cash flows should be at least 30% in order to enable implementation.

Key Words: Financial Valuation, Real Options, Freeze-drying Technology, Net Present Value, Internal Rate of Return, Betas, Capital Asset Pricing Model, Free Cash Flow.

determine sua viabilidade e valoração. Tradicionalmente, a avaliação de projetos de investimento se realiza com o Valor Presente Líquido e com o cálculo da Taxa Interna de Retorno dos fluxos de caixa livre. Porém, o surgimento de projetos que envolvem novas tecnologias, elevados investimentos em capital e um conhecimento incerto do comportamento da demanda exigem que a avaliação se realize considerando os possíveis cenários futuros durante sua vida útil.

Neste sentido, as opções reais podem reconhecer as oportunidades futuras que um projeto possui, o qual possibilita a estruturação das decisões durante o princípio do projeto. O presente documento propõe este tipo de valoração para o setor alimentos, a partir da identificação de requerimentos do tipo técnico, necessários para sua implantação e operação, definição de faixas de variáveis independentes, exógenas e endógenas que afetam o projeto e desenho de cenários e implantação desta metodologia. A partir das projeções e cálculos realizados neste estudo, a valoração realizada pelo método de opções reais indica se o projeto é financeiramente inviável. A simulação posteriormente efetuada indica que é necessária uma porcentagem de crescimento dos fluxos de caixa livre de pelo menos 30% para que seja possível sua execução.

Palavras-chave: valoração financeira, opções reais, tecnologias de liofilização, valor presente líquido, taxa interna de retorno, betas, modelo de valoração de ativos de capital, fluxos de caixa livre.

Introducción

La tecnología de liofilización (freeze-drying en inglés) supone un proceso de sustracción del agua a partir del congelamiento de substancias sin afectar las propiedades químicas, físicas y biológicas de los productos sometidos a este proceso, generalmente alimentos perecederos, con el fin de lograr un mayor tiempo de conservación. "En la industria alimenticia) es donde tiene mayor aplicación, pues ofrece ventajas tan importantes como la conservación y transporte fácil de los productos, la ausencia de temperaturas altas, la inhibición del crecimiento de microorganismos, ó la recuperación de las propiedades del alimento al añadirle el volumen de agua que en un principio tenía"[1].

La inversión en proyectos que requieren de estas tecnologías demanda previamente una evaluación y valoración económica y financiera que indique la viabilidad de su ejecución, por lo que se hace necesario estimar los flujos de caja libre que se proyecten para el horizonte deseado. Las alternativas más utilizadas para este propósito, son el cálculo del Valor Presente Neto (VPN) y de la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Para la estimación del VPN los flujos de caja libre son descontados a una tasa de interés que corresponde al costo de capital promedio ponderado (WACC por sus siglas en inglés) de las fuentes de financiación del proyecto. La TIR, por su parte, establece la tasa de interés a la cual el Valor Presente de los flujos de caja libre de cada una de las proyecciones anuales, son iguales al valor de la inversión requerida para iniciar el proyecto. La obtención de un VPN positivo y de una TIR superior al WACC permite establecer que el proyecto es financieramente viable.

No obstante, las metodologías del cálculo del VPN y de la TIR a pesar de ser tradicionalmente las más utilizadas, no reconocen las características creadoras de valor de los proyectos, e incluso en algunos casos las pueden considerar como factores negativos por su apariencia de riesgo o contingencia, como suele ser el caso de las tecnologías emergentes. De hecho, los flujos de efectivo descontados asumen la existencia de una inversión estática con caminos de decisión futura prácticamente cerrados.

1. Finol, Hermócrates. "Alimentos. Técnicas y procesos de conservación. Métodos de conservación de alimentos. Deshidratación. Liofilización". Disponible en: http://www.mailxmail.com/curso-alimentos-tecnicas-procesos-conservacion/metodos-conservacion-alimentos-deshidratacion-liofilizacion. Julio, 2009.

Contrario a lo anterior, la metodología de valoración por medio de opciones reales resuelve este inconveniente como lo explica De Neufville: "*Pensar en términos de opciones reales cambia las perspectivas para lidiar con incertidumbre. El marco de referencia de las opciones reales reconoce que la incertidumbre añade valor a los proyectos. En este contexto la incertidumbre es un generador de valor y los sistemas diseñados para responder a ella son proactivos hacia el riesgo. Permiten buscar oportunidades para agregar valor y obligan a tener procesos de recolección de información para asegurar que las opciones puedan ser explotadas favorablemente en el momento justo.*"[2]

La valoración financiera de proyectos relacionados con la tecnología de liofilización se ajusta a los requerimientos señalados por De Neufville por lo que no se considera suficiente adoptar los métodos de valoración tradicionales y se recomienda por lo tanto su valoración y evaluación por medio de la metodología referida de las opciones reales.

Bajo esta visión se conformaron grupos de investigación de carácter interdisciplinario que permitieron establecer los aspectos técnicos de esta tecnología y las proyecciones financieras y económicas necesarias para valorar este proyecto. Los resultados de la dirección de estos trabajos de investigación facilitaron la elaboración del presente estudio.

Fundamentos teóricos

Opciones Financieras

La metodología de las Opciones Reales se desprende del concepto y operación de uno de los principales productos negociados en el mercado de derivados: Las Opciones Financieras. Estas son instrumentos de inversión que otorgan a su poseedor el derecho u opción de comprar o vender un activo financiero en o antes de una fecha denominada "de vencimiento" a un precio especificado al que se le llama "Ejercicio". Si el tenedor de este derecho puede ejercerlo en cualquier momento antes de la fecha de vencimiento se conoce como "Opción Americana" y si solamente puede ejercerlo en la fecha de vencimiento se denomina "Opción Europea". De acuerdo con la operación comercial que respaldan, existen dos clases de opciones: Las de compra, o "call options" en inglés, y las de venta, o "put options" en inglés. La teoría de las opciones reales surge como aplicación de estos conceptos a la valoración de proyectos de inversión.

2. De Neufville, Richard. "Real Options: Dealing with uncertainty in Systems planning and design". Integrated Assessment, Vol. 4, No.1, pp. 26-34.USA. 2003.

Opciones Reales

Una constante preocupación en el ámbito de las finanzas empresariales ha sido el de la valoración de los Activos Reales relacionados no solamente con los frecuentes movimientos de fusiones, adquisiciones y alianzas entre empresas, sino con la determinación del valor que tiene para los posibles inversionistas la ejecución de un proyecto. Esta última actividad ha ocupado como tema central la temática relacionada con los métodos utilizados en la evaluación de proyectos, como el VPN y la TIR anteriormente mencionados.

El inconveniente que presentan estas técnicas consiste en que no toman en cuenta las posibles alternativas en los sucesos que puedan presentarse durante el desarrollo futuro de los proyectos y el hecho cierto de que tales alternativas pueden y deben ser identificadas como opciones, permitiendo entonces adoptar las decisiones relacionadas con ejecutar, posponer, abandonar o ampliar un proyecto de inversión. El método de las opciones reales consiste fundamentalmente en una aplicación de los métodos para valorar opciones financieras en la valoración de las alternativas ya mencionadas de los proyectos de inversión.

De esta forma, la valoración mediante Opciones Reales es una técnica financiera utilizada para evaluar proyectos de inversión bajo condiciones de incertidumbre, particularmente aquellas asociadas con variables del mercado tales como la demanda futura de un producto o el valor futuro de un activo. Debido a que los proyectos de tecnologías de liofilización no tienen certeza en cuanto a la ocurrencia de sus escenarios financieros y económicos, la incertidumbre financiera que se presenta amerita la cuantificación de resultados futuros esperados sometidos a probabilidades de ocurrencia y así establecer umbrales de generación de utilidades y valor agregado para los accionistas.

Basados en la teoría de valuación de opciones de Black, Scholes y Merton y de lo limitado de la evaluación a través del VPN, las Opciones Reales surgen como la única metodología que abarca las circunstancias que se mencionaron anteriormente y se definen como "un derecho, pero no una obligación, de tomar una acción (diferir, abandonar o expandir) a un determinado costo por un período predeterminado"[3]. Es decir, hacen posible una valuación más amplia de las oportunidades que pueden presentarse en un proyecto y determinan el valor que poseen cada una de las posibles oportunidades por las que se puede decidir. Los elementos sin los cuales las Opciones Reales no podrían presentarse son la incertidumbre y la flexibilidad. La

3. Bacchini, Roberto; García, Javier y Márquez, Ezequiel. Evaluación de Inversiones con Opciones Reales. Omicron. 2006. Impreso.

incertidumbre se refiere a las posibles situaciones o escenarios desconocidos en los que puede verse afectado algún proyecto y la flexibilidad que se define como "la propiedad del proyecto de inversión que permite adecuarse a distintos escenarios futuros"[4].

La utilización de las Opciones Reales en el mundo corporativo es cada vez más extendida en la medida que los directivos descubren en ellas sus ventajas en relación a los métodos tradicionales. Copeland y Antikarov[5] describen la utilización del método de las Opciones Reales para modelar y evaluar el proyecto del avión de pasajeros producido por Airbus Industries, el cual les permitió a sus fabricantes la toma de decisiones y su optimización dentro del gran número de variables externas e internas que afectan una tecnología de esta envergadura. Otras experiencias en el sector aeronáutico han sido llevadas a cabo por Air Canadá y Air India, en la industria automotriz por General Motors y Fiat, y demás empresas en la industrial farmacéutica, en las telecomunicaciones y en la industria petrolera[6]. En el escenario colombiano, Fernández y Tamayo recalcan que han sido muy pocos los avances logrados en materia de valoración a través de las Opciones Reales, siendo un tema totalmente nuevo para el sector productivo, pero que desde la academia empieza a consolidarse como pueden reflejarlo los trabajos que en este sentido han empezado a desarrollar universidades como EAFIT, la Universidad del Valle y la Universidad Javeriana[7].

Metodología

Proyección Financiera

Como primer paso de la valoración debe proyectarse la información financiera relativa a la gestión de negocio que pretende medirse, en este caso las tecnologías de liofilización. Debe identificarse por lo tanto el producto sobre el cual aplicar esta tecnología, estimar sus ingresos, costos, activos y mecanismos de financiación, es decir elaborar los presupuestos de producción (relativos a las cuentas del Estado de Resultados) y los financieros (Entradas y Salidas de Efectivo y Balance General). Una vez completados los Estados Financieros Pro-Forma, se elabora el Flujo de Caja Libre para luego aplicar la metodología específica de valoración por medio de opciones reales tal como se detallará más adelante.

Las proyecciones de las variables de carácter macroeconómico y estados financieros utilizados en este estudio se obtuvieron mediante la orientación y dirección en trabajos de grado por parte de los autores de la presente investigación, los cuales se citan oportunamente en este documento. La información de carácter técnico se obtuvo igualmente de trabajos de grado dirigidos por pares investigadores de ingeniería de la Universidad de La Sabana.

Para la proyección de los Estados Financieros, se establecieron los siguientes supuestos[8]: Los datos corresponden a empresa ficticia dedicada a la comercialización de snacks de frutas (manzanas) tratadas a partir de las tecnologías de liofilización. Estos snacks se ofrecerían al público empacados al vacío en paquetitos de 20 gramos a un precio de COP 2.500 la unidad para el primer año[9]. La comercialización del producto terminado se realizará a través de supermercados de cadena a nivel nacional. Se fijó como meta de crecimiento en ventas un incremento anual por volumen correspondiente al 6% con el fin que en el año 10 del proyecto la empresa logre el 100% de utilización de su capacidad instalada.

En cuanto a la inversión necesaria para el proyecto, según los requerimientos técnicos para una producción a mediana escala, se hace necesaria la adquisición de una máquina por valor de COP 3.000.000.000, un cuarto frío por valor de COP 650.000.000 y una empacadora al vacío por valor de COP 100.000.000, activos que se depreciarán por el sistema de vida útil a 10 años. Sumando otros activos fijos de menor valor, las necesidades de capital de trabajo por COP 266.557.351 y demás gastos preoperativos por valor de COP 59.160.000, la inversión inicial asciende a un monto total de COP 4.087.717.351, cifra que se decidió financiar en un 70% con recursos de terceros y en un 30% con recursos propios siguiendo modalidades de inversión comúnmente utilizadas en el escenario colombiano.

Definidos los anteriores supuestos, se aplicaron los indicadores macroeconómicos[10] necesarios para la proyección, tales como el índice de precios al consumidor y al productor, la inflación, la tasa de interés del mercado y participación sectorial de los alimentos en el Producto Interno Bruto con el fin de fijar las políticas de crecimiento anual de los diferentes rubros a proyectar, así como para el cálculo del WACC.

La proyección se realizó con un horizonte a 10 años, destacándose las notorias dificultades para la recuperación de la inversión inicial, debido en gran parte a su elevado monto en comparación al relativamente bajo nivel de producción, teniendo en cuenta que prácticamente más del 90% de la fruta se desperdicia al ser tratada mediante esta tecnología[11]. A partir de esta realidad, para mantener los niveles de liquidez óptimos de la empresa se solicitaron desde el año 2 una serie de créditos rotativos, teniendo en consideración las obligaciones financieras de la empresa en cuanto al pago del préstamo a 8 años que se adquirió para la financiación de la inversión inicial, e igualmente poder suplir las necesidades operativas de la empresa y el mantenimiento mensual de un capital de trabajo que se estableció según el criterio convencional de guardar en caja el equivalente a la sumatoria de la cuenta deudores e inventarios menos el total de las deudas con proveedores.

En cuanto a las utilidades proyectadas en el Estado de Resultados, los primeros 6 años se prevén resultados negativos aunque con pérdidas decrecientes hasta el año 7, a partir del cual se proyectan utilidades crecientes hasta el año 10 como se observa en la siguiente tabla.

AÑO	Proyección Estado de Resultados (Pesos Colombianos $)		
	Ingresos	Utilidad Operacional	Utilidad Neta
1	1.500.000.000,00	- 47.977.174,20	- 555.621.772,00
2	1.661.868.000,00	7.690.386,12	- 531.503.720,00
3	1.841.203.500,00	81.848.380,80	- 488.096.751,00
4	2.039.891.452,00	161.044.901,00	- 442.679.568,00
5	2.260.020.218,00	261.934.586,00	- 285.492.779,00
6	2.503.903.520,00	388.139.996,00	- 263.565.907,00
7	2.774.104.756,00	516.300.930,00	- 56.420.824,40
8	3.073.463.949,00	660.523.447,00	121.508.968,00
9	3.405.127.591,00	822.670.916,00	268.278.153,00
10	3.772.581.719,00	1.004.817.173,00	390.316.145,00

Tabla 1. Proyección de Estado de Resultados. Fuente: cálculo de los autores.

Estimación de los Betas de Empresas Comparables

En la metodología del Valor Presente de los flujos de caja libre se utiliza como tasa de descuento el costo promedio ponderado de capital (WACC por sus siglas en inglés), que incluye la tasa de interés de cada fuente de financiación ponderada por el peso que cada una de estas fuentes representa sobre el total de los activos del proyecto. En cuanto a los aportes de capital y demás subcuentas que conforman el patrimonio, su costo se calculó con base en el Modelo de Valoración de los Activos de Capital (CAPM por sus siglas en inglés). Este incluye la tasa libre de riesgo, el riesgo sistemático (prima de riesgo del mercado) y el riesgo específico de la empresa. Este último riesgo se basa en la estimación del BETA de las acciones de la empresa que corresponde a la pendiente de la recta resultante del análisis de regresión entre la rentabilidad del mercado bursátil y la rentabilidad de la acción. Cuando la empresa no negocia sus acciones en el mercado accionario, como es el caso para la empresa del presente estudio, se hace necesario buscar el Beta de empresas comparables y de las cuales se tenga la suficiente información histórica que permita hacer el análisis de regresión por un período mínimo de 5 años. En razón a que el mercado bursátil colombiano no ofrece la suficiente información para realizar estas estimaciones, se recurre a establecer el Beta de las empresas del mismo subsector en el mercado bursátil de los Estados Unidos que con los ajustes correspondientes de palanca y riesgo país se adecuan a la metodología. Para tal efecto, se seleccionaron 18 empresas del sector de alimentos de los Estados Unidos que tranzan sus acciones en la bolsa de Valores de los Estados Unidos y se establecieron sus betas con base en la información histórica de precios de las acciones desde el año 1998. Para tal fin, se estableció mediante un análisis de regresión el cálculo de la pendiente entre la rentabilidad histórica de cada una de las acciones de las 18 empresas y la rentabilidad histórica del índice bursátil del New York Stock Exchange Composite Index o el Nasdaq, según el mercado donde cotice cada empresa seleccionada. El estudio reveló que el Beta desapalancado de las empresas del sector se coloca en 0,291912 y se apalancó a partir de la relación deuda / patrimonio del proyecto para llegar a un total de 0,7483. Este valor se incluyó en el cálculo del patrimonio y en consecuencia en la estimación del WACC. Dicho costo se mantuvo durante los 10 años de la proyección en un rango que osciló entre un mínimo de 9,82% para el año 0 y un máximo de 21,55% para el año 8. Cambios que se originaron fundamentalmente por las

4. Ibíd., Bacchini.
5. Kodukula, Prasad y Chandra Papudesu. Project Valuation using Real Options, a Practitioner´s Guide: J.Ross, Cap. 9. Real Options in the Real World. J.Ross, 2006. Impreso.
6. Ibíd, Kodokula
7. Calle, Ana y Tamayo, Manuel. "Decisiones de Inversión a través de Opciones Reales". Estudios Gerenciales Universidad ICESI. 2009.
8. Bravo, Tatiana y Basto, Luz. "Valoración financiera de tecnologías de liofilización". Tesis. Universidad de La Sabana, 2010.
9. Espinosa, Elsa; Sandoval, Sandra y Sambrano, Susana. "Plan de Negocios Producto Liofilizados Frut-li". Agosto 2007.
10. Svenson, Erika y Galvis, Ricardo. "Variables macroeconómicas y microeconómicas que intervienen en el proceso de valoración financiera de tecnologías de liofilización". Tesis. Universidad de La Sabana, 2010.
11. Zamudio, Mónica; Domínguez, Natalia y Mojica, Jorge. "Evaluación y Valoración de la técnicas del proceso de liofilización analizando la rentabilidad del proceso en Colombia" Tesis. Universidad de La Sabana, 2008.
12. Beltrán Sebastian y Fuertes Mario. "Cálculo y conversión de los betas de empresas para la evaluación y valoración de las tecnologías de liofilización". Tesis. Universidad de La Sabana. 2010

variaciones en la estructura de capital de la empresa durante los 10 años del horizonte.

Aplicación de la Metodología de las Opciones Reales

El presente documento se apoya en las recomendaciones de la literatura especializada, principalmente en los autores Kodukula13 y Copeland14 quienes utilizan la valuación neutral al riesgo como metodología para calcular el valor de la opción como una esperanza matemática descontada, al establecer un árbol de posibilidades que se abren hacia el futuro permitiendo analizar el o los escenarios más convenientes para ejecutar el proyecto. Los dos autores referidos consideran a este método como el más claro y sencillo en su estructura matemática y fácilmente descriptivo para ilustrar la valoración de las Opciones Reales.

La esperanza matemática se calcula con los posibles valores de flujo de caja neto que puede tomar la opción en el futuro, descontándolas a la tasa de interés libre de riesgo lo que resulta en la obtención de unas probabilidades neutrales al riesgo. Este procedimiento requiere calcular en primera medida las probabilidades de ocurrencia de los posibles valores futuros del activo de tal forma que incorporen el riesgo, para luego calcular los valores esperados del activo con estas nuevas probabilidades. La valoración de la opción real se hace entonces mediante la construcción de un árbol binomial de "n" pasos que representan los posibles valores que pueden tomar las opciones asociadas con el proyecto hacia el futuro.

Variables del Árbol Binomial

La evaluación de un proyecto de inversión por medio de la metodología de las Opciones Reales sigue el procedimiento matemático establecido para valorar las Opciones Financieras. A partir de las proyecciones calculadas por los autores y la obtención del flujo de caja libre de la compañía analizada con los supuestos ya referidos, se presenta en la tabla 2, la equivalencia entre las variables utilizadas en una y otra opción, y con los cuales se realizó la simulación del Árbol Binomial.

Nombre de la variable en las Opciones Financieras	Nombre de la variable en las Opciones Reales	Valor en Millones de COP
Activo Subyacente	Valor Actual de los Flujos de Caja Libres (VA)	1.097,00
Precio de Ejercicio	Inversión en el proyecto	4.088,00
Tiempo de Vencimiento de la Opción	Horizonte de análisis de la inversión	5 años
Tasa de interés libre de riesgo	Tasa de interés libre de riesgo	4.5%

Tabla 2. Correspondencia entre variables de Opciones Financieras y Opciones Reales. Fuente: cálculo de los autores

La característica fundamental del modelo binomial para la valuación de las opciones supone que en cada nodo o punto de vencimiento de la opción real se pueden presentar 2 situaciones: Que el precio del activo suba o que el precio del activo baje al final del período considerado. La metodología utilizada para calcular el valor de la opción real en cada nodo es la descrita para la esperanza matemática antes obtenida, descontado a la tasa libre de riesgo hasta el principio del período. Para el caso este caso específico de adopción de un proyecto de inversión en tecnologías de liofilización, se pretende observar si se debería ejercer o abandonar una opción de compra (Call Option). En este proceso los autores aplicaron el modelo para un horizonte a 5 años, periodo suficiente a pesar que la proyección de los Flujos de Caja Libres se realizaran a 10 años y por lo tanto se calculará en dicho año el valor terminal del proyecto.

13. Kodukula, Prasad y Chandra Papudesu. Project Valuation using Real Options, a Practitioner´s Guide. Cap. 5. Real Options Analysis Calculations, pp. 64-82. J.Ross, 2006. Impreso.

14. Copeland, Tom y Vladimir Antikarov. Real Options, a Practitioner´s Guide. Cap.4 Comparing Net Present Value , decision Trees, and Real Options, pp. 84- 117. Texere, 2001. Impreso.

Resultados obtenidos

FLUJO DE CAJA LIBRE		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EBIT	$ 0	-$ 47,977,174	$ 7,690,386	$81,848,381	$ 161,044,901	$261,934,586	$383,139,996	$ 516,300,930	$ 660,523,447	$822,670,916	$1,004,817,173
DEPRECIACIONES	$ 0	$ 5,100,000	$ 5,100,000	$600,000	$600,000	$600,000	$ 0	$ 0	$ 0	$ 0	$0
AMORTIZACION DIFERIDOS	$ 0	$ 11,832,000	$11,832,000	$11,832,000	$11,832,000	$11,832,000	$ 0	$ 0	$ 0	$ 0	$0
EBITDA	$ 0	-$ 31,045,174	$ 24,622,386	$ 94,280,381	$ 173,476,901	$ 274,366,586	$388,139,996	$ 516,300,930	$ 660,523,447	$822,670,916	$1,004,817,173
INVERSIONES FIJAS	$ 3,762,000,000	$ 0	$ 0	$ 0	$ 0	$ 0	$ 0	$0	$0	$ 0	$0
INVERSIONES EN KDEW	$ 266,557,351	-$ 195,602,120	$ 6,317,707	$ 7,001,816	$ 7,759,989	$ 8,600,244	$9,531,465	$ 10,563,499	$11,707,258	$ 12,974,834	$ 14,379,629
PREOPERATIVOS	$ 59,160,000					$ 0	$ 0	$ 0	$ 0	$ 0	$0
FLUJO DE CAJA											
OPARACIONAL	-$ 4,067,717,351	$ 164,556,945	$18,304,679	$ 87,278,565	$ 165,716,911	$ 265,766,342	$ 378,608,531	$ 505,737,430	$648,816,190	$ 809,696,082	$ 990,437,544
IMPUESTOS		$0									
OPERACION ALES	$ 0		$ 2,537,827	$ 27,009,966	$ 53,144,817	$86,438,413	$ 123,086,199	$ 170,379,307	$217,972,738	$271,431,402	$331,589,667
FLUJO DE CAJA LIBRE	-$ 4,037,717,351	$ 164,556,945	$ 15,766,852	$60,268,599	$ 112,572,094	$ 179,327,929	$ 250,522,332	$335,358,124	$ 430,843,452	$ 533,214,680	$ 658,847,877
VALOR TERMINAL						$0	$0	$0	$0	$0	$0
FLUJO DE CAJA CON VR											
TERMINAL	-$ 4,037,717,351	$ 164,556,945	$ 15,766,852	$60,263,599	$ 112,572,094	$ 179,327,929	$ 250,522,332	$ 335,358,124	$ 430,843,452	$ 538,214,680	$ 658,847,877
WACC	9.9814	10.84%	11.99%	13.34%	14.88%	17.00%	17.49%	19.70%	20.96%	16.76%	13.64%
FACTOR DE DESCUENTO		0.90929697	0.90222400	0.89293941	0.83233362	0.87050282	0.85466339	0.85116633	0.83540433	0.82673069	0.35645003
VPFCL	-4,037,717,351	149,631,131	12,934,960	44,150,254	72,762,539	100,901,010	120,473,539	137,267,749	147,324,313	152,151,413	159,517,257
SUMA VPFCL =VPN	-2,990,602,630										
VALOR ACTUAL	1,097,114,721										
TIR	-5.10%										

Tabla 3. Proyección de Flujos de Caja libres y Cálculo del VPN. Fuente: cálculo de los autores.

En la tabla 3 se observa que la valoración de los Flujos de Caja Libres del proyecto de liofilización para una industria de alimentos presenta un total positivo de COP 1.097.114.721 y el Valor Presente Neto del proyecto arroja un valor negativo de $ 2.990.602.630, y por lo tanto el proyecto no es financieramente viable desde la metodología tradicional.

Posteriormente se corrió el modelo aplicando la metodología de las opciones reales, cuyos resultados se aprecian en la gráfica 1.

Opción de Diferir						
DATOS (a Ingresar por el usuario)						
Tiempo al Vencimiento	Precios del Activo			Precio de Ejercicio	Tasa de Interés	Tasa de Pérdidas
	Inicial	factor alza	factor baja			
5	$ 1,097.11	1.1667	0.8571	$ 4,087.70	4.50%	0.00%

Resultados		
q	1-q	c
0.606888822	0.393111178	$ -

paso no.	0	1	2	3	4	5
t (años)	0	1	2	3	4	5
						$ 2,371.63
					$ 2,032.77	$ -
				$ 1,742.33	$ -	$ 1,742.33
			$ 1,493.38	$ -	$ 1,493.38	$ -
		$ 1,280.00	$ -	$ 1,280.00	$ -	$ 1,280.00
	$ 1,097.11	$ -	$ 1,097.11	$ -	$ 1,097.11	$ -
	$ -	$ 940.36	$ -	$ 940.36	$ -	$ 940.36
		$ -	$ 806.00	$ -	$ 806.00	$ -
			$ -	$ 690.83	$ -	$690.83
				$ -	$ 592.13	$ -
					$ -	$ 507.52
						$ -

Gráfica 1. Árbol Binomial para la evaluación de las Tecnologías de liofilización. Fuente: Plantilla y modelo tomado de: Bacchini, Roberto; García, Javier y Márquez, Ezequiel. Evaluación de Inversiones con Opciones Reales. Omicron. 2006. Datos elaborados por autores.

En la parte superior de la gráfica se establecen los valores de las variables consideradas para desarrollar el Árbol Binomial:

- Tiempo en el que se puede ejecutar el proyecto: 5 años
- Valor Actual (VA) de los Flujos de Caja Libres del proyecto: COP 1.097.11 millones
- Valor de la inversión en el proyecto: COP 4.087.7 millones
- Factor anual de alza en el VA de los Flujos de Caja Libres: se asume un incremento anual del 16.67% que corresponde al crecimiento de los flujos de caja libre durante los años 1 al 10
- Factor anual de baja en el VA de los Flujos de Caja Libres: 0.857 (se calcula como el inverso del crecimiento)
- Tasa de interés libre de riesgo: 4.5% efectiva anual según estadísticas del Banco de la República de abril de 2010

En el cuadro denominado “Resultados” el modelo calcula el valor de la probabilidad neutral al riesgo denominada “q” y su complemento denominado “1-q”.

En la parte inferior del gráfico se presentan los resultados globales del Árbol Binomial mostrando en cada escenario el valor de ejercer la opción que corresponde al Valor Actual Neto de los Flujos de Efectivo en ese momento y el valor de la opción “viva” es decir el valor de no ejercer la opción de diferir en ese momento.

Como puede observarse en el Gráfico 1, la opción real de ejecutar el proyecto de tecnología de liofilización no presenta un valor en el momento cero (0) aunque en ese mismo año el Valor Presente Neto del proyecto sea negativo: (COP 1.097.11 millones - COP 4.087.7 millones = -COP 2.990.59 millones). El valor no positivo de la opción real hoy de COP 0 millones muestra que incluso con los supuestos y variables tenidas en cuenta al aplicar la metodología de las opciones reales, que no es viable la ejecución del proyecto reafirmando así la decisión adoptada con el método del VPN.

A partir de este resultado, se precedió a realizar un análisis de sensibilidad al modelo de opciones reales, y se apreció que la tasa de crecimiento de los flujos de caja libre debería ser como mínimo del 30.30% para que el proyecto fuera financieramente viable pues bajo esas condiciones reflejaría un valor de la opción de COP1.000.000 y por lo tanto podría ser ejercido en el año 5 (casilla resaltada en color azul) tal como se muestra en la gráfica 2.

Opción de Diferir						
DATOS (a Ingresar por el usuario)						
Tiempo al Vencimiento	Precios del Activo			Precio de Ejercicio	Tasa de Interés	Tasa de Pérdidas
	Inicial	factor alza	factor baja			
5	$ 1,097.11	1.3030	0.7674	$ 4,087.70	4.50%	0.00%

Resultados		
q	1-q	c
0.518234889	0.481765111	$ 1.00

paso no.	0	1	2	3	4	5
t (años)	0	1	2	3	4	5
						$ 4.121.04
					$ 3,162.68	$ 33.34
				$ 2,427.20	$ 16.53	$ 2,427.20
			$ 1,862.75	$ 8.20	$ 1,862.75	$ -
		$ 1,429.56	$ 4.07	$ 1,429.56	$ -	$ 1,429.56
	$ 1,097.11	$ 2.02	$ 1,097.11	$ -	$ 1,097.11	$ -
	$ 1.00	$ 841.98	$ -	$ 841.98	$ -	$ 841.98
		$ -	$ 646.17	$ -	$ 646.17	$ -
			$ -	$ 495.91	$ -	$495.91
				$ -	$ 380.58	$ -
					$ -	$ 292.08
						$ -

Gráfica 2. Simulación del Árbol Binomial para la evaluación de las Tecnologías de liofilización. Fuente: Plantilla y modelo tomado de: Bacchini, Roberto; García, Javier y Márquez, Ezequiel. Evaluación de Inversiones con Opciones Reales. Omicron. 2006. Datos elaborados por los autores.

Conclusiones

La teoría de Opciones Reales complementa y enriquece las teorías tradicionales de valuación y evaluación de proyectos tomando en cuenta situaciones que pueden presentarse en el desarrollo del mismo. Para el caso de las inversiones en tecnología es especialmente valiosa en razón a que las condiciones cambiantes de ese mercado dificultan su valuación.

La metodología de las Opciones Reales además de complementar los métodos tradicionales de evaluación financiera con base en el VPN y la TIR permite evidenciar el momento en que un proyecto debe ser ejercido. Para el caso especifico del proyecto valorado según los datos calculados en la proyección financiera y aplicando posteriormente la metodología de las opciones reales se pudo comprobar que el proyecto de tecnología en liofilización para la empresa analizada y con los supuestos referenciados debe ser rechazado por su inviabilidad financiera, requiriendo según se determinó en la simulación realizada que la tasa de crecimiento requerida de los flujos de caja libre debería exceder el 30,30% para que la opción fuese ejercida al final del año 5.

Este caso práctico permite entender la nueva teoría de valuación de proyectos por medio de las Opciones Reales y nos demuestra su pertinencia para tecnologías de innovación pues ofrece una perspectiva mucho más amplia que la obtenida mediante los sistemas tradicionales además de ser gerencialmente dinámica.

Bibliografía

ALMAZÁN, Andrés, Conferencia "Finanzas Corporativas". Bogotá: INALDE, 2007.

BACCHINI, Roberto; García, Javier y Márquez, Ezequiel. Evaluación de Inversiones con Opciones Reales. Omicron. 2006. Impreso.

BELTRÁN, Sebastián y FUERTES, Mario. "Cálculo y conversión de betas de empresas para la evaluación y valoración de las tecnologías de liofilización" Tesis. Universidad de La Sabana, 2010.

BRAVO, Tatiana Y BASTO, Luz. "Valoración financiera de tecnologías de liofilización". Tesis. Universidad de La Sabana, 2010.

BRIGHAM, John y MICHAEL Erhardt. Financial Management: USA. Mc. Graw Hill. 1988. Impreso.

CALLE, Ana y TAMAYO, Manuel. "Decisiones de Inversión a través de Opciones Reales". Estudios Gerenciales Universidad ICESI. 2009.

COPELAND, Tom y ANTIKAROV. Vladimir. Real Options, a Practitioner´s Guide. Texere, 2001. Impreso.

De NEUFVILLE, Richard. "Real Options: Dealing with uncertainty in Systems planning and design". Integrated Assessment, Vol. 4, No.1, pp. 26-34. USA. 2003.

DUMRAUF, Guillermo. Finanzas Corporativas: Grupo Guía, 2002.

ESPINOSA, Elsa; SANDOVAL, Sandra y SAMBRANO, Susana. "Plan de Negocios Producto Liofilizados Frut-li". Agosto 2007.

FINOL, Hermócrates. "Alimentos. Técnicas y procesos de conservación. Métodos de conservación de alimentos. Deshidratación. Liofilización". Disponible en: http://www.mailxmail.com/curso-alimentos-tecnicas-procesos-conservacion/metodos-conservacion-alimentos-deshidratacion-liofilizacion. Julio, 2009.

HULL, John. Options, Futures and Other Derivatives. USA: Prentice Hall, 2006. Impreso.

KODUKULA, Prasad y PAPUDESU, Chandra, Project Valuation using Real Options, a Practitioner´s Guide: J.Ross, 2006. Impreso.

SVENSON, Erika y GALVIS, Ricardo. "Variables macroeconómicas y microeconómicas que intervienen en el proceso de valoración financiera de tecnologías de liofilización". Tesis. Universidad de La Sabana, 2010.

ZAMUDIO, Mónica; DOMÍNGUEZ, Natalia y MOJICA, Jorge. "Evaluación y Valoración de la técnicas del proceso de liofilización analizando la rentabilidad del proceso en Colombia" Tesis. Universidad de La Sabana, 2008.