



Actualidad Contable Faces

ISSN: 1316-8533

ISSN: 2244-8772

actualidadcontable@ula.ve

Universidad de los Andes

Venezuela

De Freitas D., Sandra del C.

Valoración de activos intangibles basados en la metodología
de opciones reales para evaluar inversiones tecnológicas

Actualidad Contable Faces, vol. 24, núm. 42, 2021, Enero-Junio, pp. 36-94

Universidad de los Andes

Merida, Venezuela

DOI: <https://doi.org/10.53766/ACCON/2021.42.02>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=25767348003>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Valoración de activos intangibles basados en la metodología de opciones reales para evaluar inversiones tecnológicas

DOI: <https://doi.org/10.53766/ACCON/2021.42.02>

De Freitas D., Sandra del C.

Recibido: 25-11-20 - Revisado: 10-12-20- Aceptado: 13-01-21

De Freitas D., Sandra del C.
Magister en Ciencias Contables.
Magister en Administración.
Tecnológico de Antioquia. Medellín,
Colombia.
sandradefreitas17@gmail.com

La presente investigación se enfocó en la valoración financiera de un activo intangible, basado en la metodología de opciones reales. El diseño de investigación se apoyó en un “caso de estudio”, con la aplicación del método cualitativo de tipo experimental. Para ello, se seleccionó un proyecto innovador enfocado en la fabricación de un componente tecnológico, que se valoró bajo condiciones de alto riesgo e incertidumbre. De forma tal que para cumplir con los objetivos planteados se sometieron los datos aportados a proyecciones que permitieron efectuar la valoración del proyecto a través de las técnicas de descuento de flujos de caja y las simulaciones bajo la metodología de opciones reales, diseñado bajo árboles binomiales que permitieron determinar el valor real de la opción y la viabilidad del proyecto de inversión. Con los resultados de esta investigación se entregaron aproximaciones reales de la valoración del proyecto, los cuales permitirán a los responsables de la gestión administrativa reducir la incertidumbre presente en las nuevas inversiones y tomar decisiones financieras basadas en herramientas convincentes y certeras.

Palabras clave: Opciones reales; valoración de activos intangibles; inversiones tecnológicas.

RESUMEN

This research is focused on the financial valuation of an intangible asset, based on the Real Options methodology. The design was based on the evaluation of a "case of study", with the application of the qualitative experimental research method. Therefore, a project was selected to develop an intangible asset with a technological base, which for reasons of confidentiality it's not possible to reveal its name. In order to achieve the research objectives, the data provided was useful to make projections that allowed the valuation of the project through cash flow techniques and simulations under the Real Options methodology, designed under binomial trees that permitted to determine the real value of the option and the viability of the investment project. The results of this investigation were intended to demonstrate the implicit benefits that the measurements of the real value of intangible assets bring and that allow those responsible for administrative management to make financial decisions based on convincing and accurate tools.

Keywords: Real options; valuation of intangible assets; technological investments.

ABSTRACT

1. Introducción

En la actualidad, los activos intangibles son reconocidos como activos que generan un gran valor a las organizaciones; ya que su impacto en la concepción de ventaja competitiva y en la creación de valor tangible puede ser comprobada directamente a través de los estados financieros de las empresas; pero aunado a la gran transcendencia que representa estos activos para las organizaciones, surge una gran disyuntiva, representada básicamente en la poca claridad que se tienen de cómo deben ser tratados y de cómo pueden medirse (Mascareñas, 1999).

Si bien los activos intangibles han sido un tema tratado desde hace muchos años con investigaciones profundas sobre la valoración real y resultados adecuados, continúan presentando algunas dificultades específicas a la hora de ser gestionados, y cualquier medida que permita centrarse en valorar su rentabilidad real resulta especialmente complicada. De allí, la necesidad de continuar desarrollando trabajos de investigación en esta área de las finanzas que permitan avanzar hacia la construcción y aplicación de buenas y cada día mejores técnicas y herramientas de valoración de los activos intangibles. Es así, que muchos investigadores han intentado obtener una aproximación real de su medición y han implementado métodos que les ha permitido obtener resultados más claros y precisos sobre el valor real de

estos activos intangibles.

De esta manera, y como resultado de las continuas investigaciones en valoración de activos intangibles, y particularmente sobre valoraciones de proyectos factibles efectuados bajo la herramienta de opciones reales, se tiene un conocimiento amplio sobre la forma de cómo diferentes actores han tratado el tema de la búsqueda de conocimiento real y basamentos teóricos del tema abordado. Usando para ello métodos de evaluación que van más allá de los que tradicionalmente son usados y de los cuales han derivado múltiples investigaciones basados en la implantación del método de opciones reales para valorar de una forma más exacta los activos intangibles.

2. Situación problemática

El término “Opciones reales”, fue usado por Stewar Myers (1977), para hacer mención a la aplicación de la teoría de opciones en la valoración de bienes no financieros; específicamente, en la inversión en activos reales que presentan un componente de flexibilidad, tales como las inversiones en investigación y desarrollo, así como en la expansión de plantas manufactureras (Myers, 1977).

El método de las opciones reales está considerado dentro del área financiera como uno de los métodos para valorar proyectos de inversión más comunes y de mayor eficiencia, el mismo parte de la premisa de que los proyectos de inversión reales pueden asemejarse a las opciones financieras. La metodología se fundamenta en el análisis de la flexibilidad operativa de los proyectos de inversión, así como en el análisis de los derechos implícitos en un activo o empresa. Por ende, también es conocido como un método de valoración que complementa el tradicional método del flujo de caja descontado, del cual, el Valor Actual Neto (VAN), es su máximo representante por la evidente ausencia de flexibilidad que este presenta. Se considera además que uno de los aportes de mayor relevancia sobre la implementación del método de opciones reales, es su capacidad de reducir la incertidumbre en proyectos innovadores mediante la creación de opciones reales, que tiene como activo básico los ingresos generados por el proyecto innovador (Monteiro, 2007).

Así mismo, es importante destacar que los modelos que

se desarrollaban hace algunos años para valorar proyectos de inversión consideraban un entorno estable, lo cual les permitía tener cierta certeza sobre los resultados que obtendrían de la proyección de sus modelos de inversión; sin embargo, nos encontramos en la actualidad ante nuevos e importantes avances tecnológicos, que han hecho que el desarrollo de las industrias y el conocimiento en general, cambien y evolucionen rápidamente, lo que ha conllevado a que el entorno se torne inestable y por ende, que los modelos tradicionales no se adapten fácilmente a esta nueva realidad.

Todo inversionista tiene como fin principal, al momento de efectuar una inversión, maximizar las ganancias y minimizar el riesgo implícito (Kester, 1984). No obstante, se ha sobrevenido una polémica con las técnicas convencionales de valoración y selección de proyectos, pues se afirma que éstas obstaculizan la innovación, productividad y competitividad en algunos casos (Mascareñas, 1999). Históricamente se ha considerado que la única fuente de valor para los proyectos y empresas son los flujos de caja que se generan directamente de las inversiones; visión que puede confinar aspectos estratégicos para la supervivencia de la empresa (Ross, Westerfield, & Jordan, 2000).

A fin de conocer a profundidad la problemática planteada, se establecen ciertas interrogantes a desarrollar que servirán de apoyo y soporte para alcanzar los objetivos propuestos, entre las cuales se encuentran: ¿Cuál es la incidencia que representa la valoración de un proyecto de inversión en el área tecnológica bajo la aplicación y desarrollo del método de opciones reales?; ¿Será totalmente factible que un proyecto de inversión en activo tecnológico inicialmente valorado bajo métodos tradicionales donde arroje resultados de poca o nula probabilidad de inversión, luego de ser evaluado bajo la metodología de opciones reales, represente una garantía de rentabilidad sobre la inversión?

En tal sentido, y con base en los antecedentes de investigaciones sobre la estimación de activos intangibles, el presente estudio se enfoca en la valoración de estos activos, apoyados en la metodología de opciones reales para evaluar inversiones tecnológicas que permitan establecer un valor razonable de los mismos. Específicamente, se intentará construir opciones reales, basadas en la flexibilidad, la incertidumbre y la probabilidad de

variación en un proyecto innovador enfocado en la fabricación de un componente tecnológico que aporte una visión más amplia sobre los rendimientos y beneficios futuros fundados en resultados financieros más cercanos a la realidad. Por razones de confidencialidad no es posible revelar el nombre del proyecto, pero para efectos de esta investigación no resulta ser relevante; ya que lo que se desea es destacar la viabilidad de la implementación de las opciones reales en la evaluación de nuevas tecnologías que pueden presentar oportunidades de negocios, bajo condiciones de alto riesgo e incertidumbre.

Para ello, se definieron también objetivos específicos fundamentados en la descripción de los aportes y teorías que sustentan la valoración de activos intangibles; para posteriormente dar lugar a la identificación de las metodologías de valoración financiera pertinentes; y así, tener una base cierta que permita evaluar proyectos de inversión en el área tecnológica. Por último, se plantea y desarrolla un caso de estudio que permite aportar datos financieros reales que conduzcan a validar la pertinencia o factibilidad del proyecto de inversión en un desarrollo tecnológico, evaluado inicialmente por métodos tradicionales para posteriormente someter esos datos a análisis financieros a través del método de opciones reales.

3. Antecedentes y marco teórico

El desarrollo de los antecedentes y el marco teórico que dan base a la presente investigación se fundamentan sobre revisiones de trabajos científicos que respaldan el abordaje de cada uno de los objetivos planteados que permiten dar respuesta al problema de investigación planteado.

3.1. Antecedentes de la investigación

El estado del arte que se desarrolla en la presente investigación se perfila desde dos perspectivas: La primera de ellas, sobre la valoración de activos intangibles o capital intelectual y la segunda sobre las investigaciones efectuadas en cuanto a la aplicación del método de opciones reales en proyectos y empresas factibles.

La información se ubicó de acuerdo con el uso de los términos: Intellectual capital; Real options; Valuation of intangible assets,

a través de las principales bases de datos: SCOPUS y EBSCO, también en el sistema de Bibliotecas de la Universidad Pontificia Bolivariana de su sede en Medellín - Colombia, tomando como campo de búsqueda desde el año 2008 hasta la presente.

De esta manera, y como resultado de las continuas investigaciones en valoración de activos intangibles, y particularmente sobre valoraciones de proyectos factibles efectuados bajo la herramienta de valoración de opciones reales, se tiene un conocimiento amplio sobre la forma en que diferentes actores han tratado el tema de la búsqueda de conocimiento real y consecución de investigaciones y basamentos teóricos del tema abordado.

Sobre la base de los resultados de investigaciones efectuadas por otros autores y de forma tal de contar con una referencia de investigaciones realizadas con anterioridad, a continuación, se esboza la trayectoria de investigación sobre la valoración de activos intangibles efectuados hasta la fecha, así como algunas aproximaciones logradas a través de investigaciones efectuadas aplicando el método de opciones reales.

3.1.1. Valoración de activos intangibles

Cuando se aborda el tema de los métodos de valoración de activos intangibles, se ubica una gran cantidad de autores que han trabajado y han aportado un marco de referencia para la medición y evaluación de estos activos.

Es así que, durante los primeros años consultados se hallaron investigaciones muy importantes basadas en la construcción de herramientas de medición de activos intangibles como es el caso del método Hoss (2008), donde el autor se plantea presentar y aplicar un modelo de aproximación para la evaluación de los activos intangibles, considerando la aplicación de una fórmula matemática denominada “Valor de los activos intangibles”, basada en la elaboración de una matriz donde agrupa las variables que interfieren en la creación de valor a las organizaciones, clasificándolas en los cuadrantes: a) humano; b) procesos; c) estructural; d) ambiental. Con dicha matriz de clasificación de activos intangibles se crea la interactividad entre los cuadrantes y forma así la Ganancia Intangible Ajustada (LIA), que luego es

utilizada en la fórmula matemática propuesta por el autor para obtener el “Valor de los activos intangibles”. Esta herramienta, ratifica que, con la evaluación de activos intangibles no se puede pretender obtener resultados totalmente exactos, sino construir un modelo que propicia un rango de valor que considere elementos importantes para el conocimiento de los activos intangibles. El autor constató que algunas metodologías han fallado en su intención de medir activos intangibles, por cuanto se basan en premisas incoherentes, tales como la de calcular el valor intangible de una empresa con el resultado de la diferencia entre el valor contable y el valor de mercado (Hoss, 2008).

De la misma manera, se ubicaron los trabajos desarrollados por autores como McCutcheon (2008) a través del cual analiza el valor estimado del capital intelectual, su método lo llamó Estimated Value Via Intellectual Capital Analysis (EVIACATM); aquí el autor considera el capital humano, estructural y relacional en único conjunto, EVIACA, es un modelo de valoración para negocios con activos intelectuales muy amplios, el objetivo de este documento es mostrar a través de dicho modelo, cómo el valor estimado del capital intelectual representa una forma de análisis de los factores humanos, relacionales y estructuras de capital en conjunto con la capacidad de renovación de una empresa; por ello, el autor enfatiza que este método se puede utilizar para obtener una información más precisa del valor futuro de estos activos. Este método puede presentarse dentro de la teoría básica de la evaluación de activos y particularmente dentro de la valoración del capital intelectual como una extensión del método de Valor Presente Neto (VPN) (McCutcheon, 2008).

Por otro lado, encontramos investigaciones como la efectuada por Schiuma (2008); en donde evalúan la importancia del capital intelectual como un recurso estratégico y fuente dinámica que permiten la creación de valor representativo en las regiones italianas. Acogiendo un discernimiento basado en un enfoque táctico; los autores argumentan que los activos del conocimiento representan los componentes más importantes del capital intelectual. El método Regional Intellectual Capital Index (RICI) como lo denominaron aporta una comprensión del capital intelectual basada en el conocimiento. Combinando esta evidencia

con los resultados de las correlaciones lineales, comprobaron que existe un vínculo positivo muy importante entre el capital intelectual y la creación de valor; por ello, argumentaron que la propiedad del capital intelectual y la dinámica de creación de valor están de alguna manera interconectadas (Schiuma, Lerro, & Carlucci, 2008).

Para el año 2009, se presentó el método de valoración de activos denominado IabM (Intellectual Assets-based Management) elaborado por Johanson (2009). El propósito de esta investigación fue el de identificar cómo y por qué algunas pequeñas y medianas empresas tecnológicas de Japón aplican y evalúan la “Gestión basada en activos intelectuales”; la cual, es una directriz para informes de capital intelectual introducidos por el Ministerio de Economía, Comercio e Industria del Japón, basados en gran parte en las directrices Meritum. El informe debe contener: (1) la filosofía de gestión; (2) desarrollo del pasado para el presente; (3) presente para el futuro; (4) indicadores de activos intelectuales (Johanson, Koga, Almqvist, & Skoog, 2009).

Autores como Ramírez (2010) desarrollaron sus estudios enfocados en la gestión del capital intelectual dentro del campo del sector público español. Su objetivo es ofrecer a los gerentes públicos una visión práctica de cómo identificar, medir y gestionar el capital intelectual de las entidades por ellos administradas. Ramírez crea un modelo de gestión de capital intelectual en las organizaciones públicas llamado SICAP (Intellectual Capital Models in Spanish Public Sector), donde esboza los pasos para desarrollarlo y los detalla sugiriendo que el primer paso para aplicar dicho modelo sería llevar a cabo un análisis minucioso de la entidad pública que debe definir sus objetivos estratégicos. Posteriormente, los factores o recursos intangibles, que generalmente se agrupan en tres bloques: Capital humano, capital relacional y capital estructural, y finalmente definir un conjunto de indicadores para cada elemento intangible. El documento muestra la importancia de los enfoques del capital intelectual como instrumentos para enfrentar los nuevos desafíos en el sector público (Ramírez, 2010).

Profundizando en la investigación ubicamos autores como Sveiby (2010), quien tiene importantísimas investigaciones en cuanto a valoración de activos intangibles se refiere, ha hecho

aportes durante muchos años, pero particularmente, para el año 2010 presentó un artículo actualizado sobre sus investigaciones más recientes. El artículo se basa en proporcionar una breve descripción de los enfoques aportados por los investigadores sobre los métodos de medición de activos intangibles. Plantea que en la valoración de activos intangibles se presenta un gran dilema; ya que, en la mayoría de los sistemas de medición no es posible medir los fenómenos con algún indicio al menos de una precisión científica. Todos los sistemas de medición, incluida la contabilidad tradicional, tienen que depender de aproximaciones, lo que crea una inconsistencia importante entre las expectativas de los gerentes, las promesas hechas por desarrolladores de métodos y lo que los sistemas realmente pueden lograr. Esto hace que todos estos sistemas sean muy frágiles y abiertos a la manipulación. Plantea cuatro enfoques para medir activos intangibles. Estos enfoques son una extensión de las clasificaciones de Luthy (1998) y Williams (2000); Método de Capital Intelectual Directo (DIC); Método de Capitalización de Mercado (MCM); Método de Rentabilidad sobre los activos o inversiones (ROA); Métodos de Balance Scorecard (BSC) (Sveiby K., 2010).

Básicamente, la mayoría de los aportes sobre valoración de activos intangibles, nos llevan a revisar las investigaciones realizadas en el campo del capital intelectual, reconocida como una de las piezas fundamentales de los activos intangibles; es así, que Rodríguez, Zarelli (2014) realizan una revisión de los modelos de medición del capital intelectual para la toma de decisiones considerando variables del desempeño. Para alcanzar los objetivos planteados en la investigación los autores aplicaron una metodología basada en un levantamiento bibliográfico que abarca el tema capital intelectual abordando sus objetivos, peculiaridades y definiciones. Las conclusiones de esta investigación indican que, hay varias maneras de medir el capital intelectual, dependiendo de lo que el investigador busca comprobar, el contexto de aplicación, activos considerados y conjunto de indicadores de medición. Aportaron dos sugerencias para futuros trabajos de investigación enfocados en la medición del capital intelectual: a. Elegir un indicador de capital intelectual y comparar el significado de ese valor en relación con el total de capital intelectual de un método

considerado; b. Analizando longitudinalmente los indicadores de un método considerado en contextos público y privado y comparar la evolución, similitudes y diferencias; entre otras (Rodrigues, Zarelli, Barsoles, Tcholaki, & Selig, 2014).

Según se ha visto, la mayoría de las investigaciones apuntan a ubicar el método o modelo de medición más idóneo de acuerdo con el tipo de organización al que se desea aplicar, es así como Sánchez (2015) elaboró un método particular que le permitió justificar la implantación de un marco de capital intelectual en las universidades como una valiosa forma de dar respuesta a los nuevos requisitos de gestión y transparencia. Diseña y presenta, el llamado informe de capital intelectual para universidades (Informe de ICU). Este informe contiene tres partes: (1) la visión de la institución, (2) un resumen de los recursos y actividades intangibles, (3) Sistema de indicadores. De la investigación hallada concretaron que el marco de capital intelectual podría ser especialmente útil para que las universidades aborden de forma transparente las demandas de gestión solicitadas. A pesar de la aceptación total del sistema de indicadores para fines de gestión y la percepción, así como la disposición a divulgar información de capital intelectual en las cuatro instituciones por ellos evaluadas, los autores lograron identificar algunos problemas que requieren una investigación más profunda, basada en una mayor y mejor definición de indicadores, nuevos indicadores de medición de capital intelectual, y también adicionar indicadores sobre la enseñanza (Sánchez, Castrillo, & Pablo, 2015).

De acuerdo con planteamientos hechos por autores como Zarelli (2015); los activos intangibles en los últimos años parecen convertirse en una de las principales fuentes de ventajas competitivas de las empresas, debido a que representan importantes desafíos que deben enfrentar las organizaciones modernas (Zarelli, 2015).

Así, el reconocimiento y la medición de los activos intangibles pueden ser relevantes para la gestión de la empresa, para la evaluación de las estrategias adoptadas por la administración y para la orientación de las decisiones de los proveedores de capital. Zarelli, aborda la investigación del capital intelectual basándose en la importancia que representan las capacidades dinámicas desde la perspectiva del capital intelectual en las organizaciones.

Proponiendo para ello, dos ejes alternativos de exploración que constituyen la fundamentación de la investigación efectuada: El capital intelectual y las capacidades dinámicas, interconectando sus constructos y buscando responder al problema por medio de los objetivos propuestos. Es por lo que, los resultados de la investigación sugirieron que indicadores de capacidades dinámicas bajo la visión del capital intelectual, ejercen influencia en los índices de desempeño financiero a corto plazo (crecimiento de ventas), medio y largo plazo (rentabilidad y retorno de la inversión), en el contexto de las organizaciones en la red participantes de esta investigación.

Por otro lado, cuando se conectaron los métodos de evaluación de activos intangibles y capital intelectual, se encontró trabajos como los efectuados por Osinski, Seling, Matos, & Román, (2017), donde plantean analizar los métodos de evaluación de los activos intangibles y de capital intelectual en el contexto de los negocios y la gestión estratégica. Para ello, identificaron qué método de evaluación de activos intangibles se encuentra más alineado con el contexto de la gestión corporativa, económica y estratégica de las empresas. Los principales resultados de esta investigación resaltan la existencia de métodos de valoración de activos intangibles destinados a industrias específicas, sean estas públicas o privadas, y las cuales se pueden alinear mejor con el contexto de negocio; gestión económica y/o estratégica. Resaltan como resultado de su investigación, que elementos tales como imagen, reputación, tecnologías de la información, cartera de clientes, flexibilidad, dominio del conocimiento, empleados capacitados, marcas, patentes, entre otros, son indispensables en el ambiente organizacional y que adicionalmente justifican el invertir en estos activos intangibles, debido a que las inversiones hechas en capital intelectual se transforman en ingresos después de un año, deduciendo que en el largo plazo las inversiones en capital pueden tener rendimientos bastante significativos. (Osinski, Seling, Matos, & Román, 2017).

Una de las últimas investigaciones relacionadas con la valoración de activos intangibles es la efectuada por Singh (2017), el autor investigó el concepto del capital intelectual y describió los modelos y métodos comúnmente usados para medir el

capital intelectual, sus componentes; así como, las características del capital intelectual presente en las empresas. El autor en su investigación documental desarrolló un análisis muy detallado del marco conceptual que involucra en detalle los modelos de medición de capital intelectual que existen en la actualidad y concluyó que de todos los modelos de medición existentes en la actualidad, hay siete comúnmente utilizados en la valoración de activos intangibles y particularmente en la medición del capital intelectual; los cuales se conocen como las "siete escuelas de pensamiento en el modelado de capital intelectual" Dentro de estos siete modelos se encuentran: Skandia Navigatore (Edvinsson y Malone, 1997); Monitor de activos intangibles (Sveiby 1997); Valor intangible calculado (Stewart y Luthy, 1997); Balance scorecard (Kaplan y Norton, 1996); Agente de tecnología (Brooking, 1996); Coeficiente intelectual de valor agregado, VAIC (Pulic, 1998); Cuadro de indicadores de la cadena de valor (Lev, 2001) (Singh, 2017).

3.1.2. Método de opciones reales

Sobre la base de las investigaciones efectuadas en relación con el uso del método de opciones reales, se pueden resaltar las últimas investigaciones desarrolladas para valorar los activos intangibles aplicando dicha metodología.

En el año 2011 los autores Shiu-Hwei & Shu-Hsien, efectuaron una investigación orientada en proponer un enfoque difuso para la valoración de proyectos de inversión en condiciones y entornos inciertos, desde el aspecto de las opciones reales. Su planteamiento metodológico se fundamentó en desarrollar un enfoque binomial difuso para evaluar un proyecto integrado con opciones reales y así proponer un método adecuado para calcular el Valor Actual Neto (VAN) y explorar el valor de las múltiples opciones existentes en los proyectos. Los autores concluyeron que, las estimaciones del valor de las flexibilidades son sumamente difícil de determinar; y debido a esto, los métodos tradicionales de presupuesto de capital no pueden establecer el valor exacto, ya que entran en juego datos muy subjetivos, como son la de las flexibilidades administrativas que aportan las decisiones humanas dentro de los proyectos de inversión; y, por ende, el resultado de ello sería

una posible sobrevaloración del mismo y un rechazo seguro a la posible inversión. El rechazo de un posible proyecto puede incurrir en sustanciales pérdidas para las personas o empresas que evalúan el proyecto. Sin embargo, una vez que las flexibilidades se consideran a través de los modelos de opciones reales, los valores de estas flexibilidades se vuelven mensurables y el valor total de un proyecto de inversión puede ser revelado. (Shiu-Hwei & Shu-Hsien, 2011).

En este mismo orden de ideas, investigadores como Young-Chan & Seung-Seok, (2011), aborda el tema de investigación sobre la base de mediciones efectuadas a inversiones en nuevas tecnologías, bajo el uso de opciones reales para valorar un RFID (Identificación Por Radiofrecuencia); la cual, es una nueva tecnología que permite guardar información a través de la microplaca y la antena a microescala. El modelo de opciones reales presentado en este estudio tiene una ventaja importante; ya que, permite calcular inversiones de alto riesgo de forma correcta, con los métodos de valoración existentes que efectúan los cálculos usando la flexibilidad de la estrategia de inversión como un valor adicional de acuerdo con la incertidumbre que refleja el riesgo de inversión de las empresas y proporcionando opciones tales como inversión, retraso, abandono, reducción, y expansión, entre otros. Este estudio, presentó un plan para resolver el problema de la existencia de opciones reales asumiendo el valor actual de los costos de proyecto e inversión de un solo valor; específicamente, calculó sus medias y varianzas y presentó un método de cálculo de opciones reales borrosas o difusas a través de ejemplos de valores numéricos de la inversión en RFID asumiendo el valor actual del flujo de caja esperado y los costos de inversión con opciones reales y número borroso trapecioide (Young-Chan & Seung-Seok, 2011).

Se presenta el aporte brindado por Baranova & Muzykob (2015), sobre la valoración de opciones reales compuestas para inversiones en proyectos innovadores de la industria farmacéutica, el problema de investigación se centra en determinar cómo puede un fondo de riesgo o capital de riesgo evaluar una nueva empresa de rápido crecimiento en un mercado floreciente que tiene un alto grado de incertidumbre. La investigación logró comprobar que el valor de la opción real compuesta aumenta el valor general del

proyecto innovador debido al factor de inversión por etapas y la posibilidad de detener el financiamiento en el momento que se considere oportuno; así mismo, la investigación logró comprobar la eficiencia que tiene el uso del método de opciones reales al ser aplicados en la evaluación de la efectividad de proyectos de inversión innovadores efectuados por una empresa de la industria farmacéutica (Baranova & Muzykob, 2015).

Del mismo modo, encontramos investigaciones con métodos de opciones reales donde proponen modelos en el marco de negociación de proyectos arriesgados, que comprende opciones reales difusas, tal es el caso de la investigación desarrollada por Wang, Marc y Keith en el año 2015, donde hacen uso del Promedio Ponderado Ordenado (OWA) y el Modelo Gráfico de Resolución de Conflictos (GMCR), como herramientas para desarrollar un método particular de medición de proyectos de inversión. Este método propuesto, según los autores, forma un marco para la toma de decisiones bajo incertidumbre, debido a que cubre la mayoría de los procesos de toma de decisiones técnicas. Por lo cual, manifiestan que, para ayudar a la toma de decisiones de un solo tomador de decisiones - Decision Makers (DM) en sus siglas en inglés, las opciones reales difusas y OWA se combinan para calcular el valor de un proyecto arriesgado. Los límites borrosos se emplean para extender el modelo de opciones reales borrosas y fortalecer comunicación entre DM. Los resultados se utilizan como entrada en GMCR, que genera equilibrios como sugerencias para la resolución de conflictos de un nuevo desarrollo. El método propuesto puede ayudar a obtener más información sobre todas las áreas y escenarios de la toma de decisiones y para mejorar la sostenibilidad a través de la realización del valor de la flexibilidad gerencial, por ello, facilita la negociación de proyectos riesgosos (Wang, Marc, & Keith, 2015).

Finalmente, Favato, G., & Vecchiato R. (2017) exploran la posibilidad de integrar el análisis de opciones reales en el escenario de planificación y la técnica de matriz de escenarios 2×2 para superar las limitaciones y mejorar los beneficios de ambas técnicas y con ello, profundizar la comprensión de las ventajas del uso combinado de escenarios y opciones reales. La metodología aplicada por los autores en la presente investigación y experiencia

práctica se basó en desarrollar un enfoque innovador en el contexto específico de las decisiones de inversión en I+D (Investigación y Desarrollo) de una empresa de biotecnología, a través de la evaluación de una nueva droga, al cual denominaron proyecto IDEA_001 (desarrollo de un fármaco experimental contra el cáncer). La principal contribución que plantean los autores con la aplicación del método desarrollado por ellos es el de integrar escenarios y opciones reales para superar, o al menos mitigar sus principales limitaciones. Específicamente, el método de pago que se presentó en este documento demostró ser muy eficaz para superar algunas dificultades de aplicación inherentes en los enfoques tradicionales basados en las finanzas para la valoración de opciones reales, por ejemplo, la fórmula Black- Scholes. Finalmente, en el caso de IDEa-001, la combinación de la matriz de escenarios 2×2 y el método de pago representó un marco analítico para un proceso directo que ayudó a los gerentes de la compañía a decidir cuándo y en qué momento invertir en la segunda fase de desarrollo del nuevo medicamento. Como nueva información sobre la clave incertidumbre e impulsores del cambio (por ejemplo, seguridad y eficacia de IDEa-001, número de pacientes, costos operacionales, precio e ingresos) quedó totalmente disponible, para que los gerentes pudieran actualizar rápidamente la valoración de la opción real relacionada con el nuevo medicamento y, por lo tanto, podría identificar el momento adecuado para aplicar esta opción. (Favato & Vecchiato, 2017).

3.2. Marco teórico

En este aparte se introduce el marco conceptual, el cual aborda los referentes teóricos y conceptuales que comprenden los temas sobre los cuales gira la presente investigación, se explica aquí, el significado de los activos intangibles, los métodos de valoración de éstos, así como el método de opciones reales, el cual es el método seleccionado para aplicarlo en la valoración de activos intangibles en proyectos de inversión en el área tecnológica. La literatura se presenta como soporte para alcanzar los objetivos propuestos en la investigación.

3.2.1. Activos intangibles

Los activos intangibles son considerados en la actualidad como una parte importante del valor financiero, contable y de mercado de las organizaciones; en los términos empleados sobre intangibles en los contextos disciplinarios tales como: contabilidad, economía, finanzas y legal- jurídico, una parte importante de los epígrafes de las definiciones coinciden en que los intangibles son fuentes generadoras de posibles beneficios económicos y financieros futuros; así mismo, son carentes de apreciación física y se encuentran registrados por la empresa como resultado de eventos previos o transacciones efectuadas. Los activos intangibles de una empresa, pueden transformarse en una excelente fuente de ventaja competitiva, si los mismos son tratados y medidos adecuadamente (Cañibano, García-Ayuso, & Sanchez, 1999).

3.2.2. Definición de activos intangibles desde diversos enfoques

Para Belkaoui (1992), los activos son el resultado de retribuciones legales y contractuales y que pueden generar beneficios en el futuro; distingue entre dos tipos básicos de activos intangibles: los reconocibles o verdaderamente medibles, como lo son las patentes y aquellos que no son identificables, como es el caso de los fondos de comercio.

Volsselman (1998) define a los intangibles desde un enfoque operativo-contable, identificándolos como gastos corrientes en operaciones intangibles que están disponibles en el período y cuyo uso se puede tratar en el mediano y largo plazo.

Sobre la base de las conceptualizaciones anteriores, se hace importante destacar que en los últimos años es práctica común dentro de las disciplinas contables, administrativas y gerenciales, utilizar de forma indistinta el concepto de activo intangible y el de capital intelectual, para hacer referencia a un mismo significado.

Es por ello que, en la realidad organizacional podemos ubicar otros conceptos de activos intangibles, que indican por ejemplo que los activos intangibles se basan en los conocimientos, habilidades, valores y actitudes de las personas. Por lo tanto, el conocimiento se encuentra netamente asociado a una organización y a una serie de capacidades de los individuos que hacen vida en ella y es lo que se conoce como capital intelectual (Cañibano, García-Ayuso,

& Sánchez, 1999).

Los activos intangibles o capital intelectual, como comúnmente suelen llamarse, pueden entenderse como el conocimiento empleado a fin de generar algún tipo de beneficios financiero o no financiero para la empresa; es decir, puede considerarse como la suma de las ideas, la creatividad, las invenciones, las tecnologías, el software, los procesos, las metodologías y las publicaciones, entre otros intangibles inmersos en el desarrollo organizacional. (Sullivan, 2001).

3.2.3. *Clasificación de los activos intangible*

En cuanto a la clasificación de los activos intangibles, es difícil llegar a un consenso. Algunos autores optan por determinar las categorías en base a las inversiones que se realizan en ellos, mientras que otros lo hacen en base a la relevancia que les dan a determinados intangibles en la generación de valor de la compañía.

Se representa en la presente investigación las dos clasificaciones que más aceptación han tenido en el campo de mediciones de los activos intangible, y ellos son: La clasificación emitida por Sveiby (1997) y la de Kaplan & Norton (2004).

Sveiby (1997) clasifica los activos intangibles en tres categorías:

- **Estructura interna:** Comprende las patentes, conceptos, modelos y sistemas administrativos y tecnológicos. Todos estos elementos son creados por los empleados y son propiedad de la organización. Dentro de esta categoría, también incluye la cultura y los valores de la organización.
- **Estructura externa:** En este apartado se recogen las relaciones con clientes y proveedores; marcas y reputación o imagen de la empresa.
- **Competencia del personal:** Comprende la capacidad de las personas para actuar frente a distintas situaciones e incluye la educación y experiencia de los mismos.

De acuerdo a autores como Kaplan & Norton (2004) los activos intangibles pueden clasificarse desde tres perspectivas o categorías:

- a. **Capital humano:** el cual incluye las habilidades, competencias y conocimientos de los colaboradores que hacen vida en las organizaciones.

- b. **Capital de información:** se reflejan aquí las bases de datos, sistemas de información, redes e infraestructuras tecnológicas.
- c. **Capital organizacional:** comprenden la cultura, el liderazgo, formación de los empleados, trabajo en equipo y gestión del conocimiento.

Es así, que podemos identificar tantos modelos como autores escriban sobre el tema; pero, en cada uno de estos modelos se puede distinguir claramente la presencia de tres elementos fundamentales, los cuales básicamente están conformados por:

- a. **Capital humano:** Recursos intangibles que poseen los miembros de la organización (competencia, actitud y agilidad mental).
- b. **Capital estructural:** Corresponde al “saber cómo” de la organización, cristalizado a través de la forma como efectúan las cosas, su vinculación con el entorno y la capacidad para generar innovaciones.
- c. **Capital relacional:** Está conformado básicamente por el valor que se genera para la empresa, las relaciones que mantiene con el exterior, comprendiendo las relaciones con clientes y proveedores, conocimiento de los canales de distribución, entre otros. Todos derivados o relacionados con el medio ambiente en que se desenvuelve la organización.

Para Lev (2003), los activos intangibles tales como: empleados calificados (conocimientos y habilidades de los empleados), patentes, know-how, software, relaciones con los clientes, marcas, métodos y procedimientos de trabajo y modelos organizacionales únicos, análisis de la cadena de valor, prestigio e imagen de la empresa, entre otros, aportan a las organizaciones una buena parte del crecimiento y desarrollo empresarial y por ende el mayor rendimiento financiero para los accionistas.

3.2.4. Métodos de valoración de activos intangibles

Los activos intangibles siempre han estado inmersos en las organizaciones, el tema en cuanto a su valuación es relativamente incierto hasta tanto las organizaciones no se sometan o efectúen tratamientos contables y financieros que les permitan obtener un valor aproximado de los mismos. Al reconocer el valor de los

intangibles se hace necesario saber cuánto beneficio se puede obtener de ellos, sea solo a título informativo de la empresa o si pretende en algún momento vender o aportar como capital a un emprendimiento o en todo caso tomar una decisión de inversión sobre un activo intangible que podría generar valor o rendimiento adicional a la organización.

Los enfoques para medir los activos intangibles dependen del interés particular de la empresa o de la información resultante a comunicar, y pueden ser orientados a evidenciar el valor de los activos intangibles en el valor actual de los negocios; soportar el objetivo corporativo a fin de aumentar el valor de los accionistas; administrar los activos intangibles con valor y hacerlos crecer en el mediano y largo plazo; así como el generar información más útil para los potenciales inversionistas.

La valoración de activos intangibles y, en particular, de aquellos que han sido producto de amplios procesos de investigación y desarrollo, en los que se destaca el talento humano, el conocimiento, el capital intelectual o activos basados en tecnología, deben y tienen que ser valorados adecuadamente, pues de no hacerlo tienden a generar resultados engañosos afectando de manera directa la elaboración de informes, la administración del negocio y la toma de decisión por parte de los dueños, de un potencial comprador, acreedor u otras partes interesadas (Cañibano, García-Ayuso, & Sánchez, 1999).

3.2.5. Métodos de valoración tradicionales y no tradicionales

Dentro de los métodos de valoración financiera de activos intangibles se plantea la existencia de dos metodologías: la tradicional, en la cual la decisión se toma en el momento cero, y la no tradicional, basada en que la incertidumbre durante el tiempo se convierte en un elemento que permite la flexibilidad en la toma de decisión.

3.2.5.1. Métodos de valoración tradicionales

Los métodos de valoración tradicionales, son aquellos que conocemos comúnmente en la evaluación financieras de las empresas o negocios, tal es el caso del Valor Presente Neto (VAN); Tasa Interna de Retorno (TIR), Tasa Interna de Retorno Modificada

(TIRM) y el Valor Económico Agregado (EVA).

Valor Presente Neto (VAN), es el medio financiero que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. De manera similar, se define el VPN, de un proyecto, o inversión, como la diferencia entre el valor presente, de sus beneficios, y el valor presente de sus costos o gastos (Berk & De Marzo, 2008).

La TIR, se conoce como una medida de rentabilidad que depende únicamente del importe y duración de los flujos de caja del proyecto; por ello, se conoce también como la tasa de descuento que iguala el valor presente de los ingresos del proyecto con el valor presente de los egresos. Es la tasa de interés que, utilizada en el cálculo del VAN, hace que este sea igual a 0. Adicionalmente, se puede indicar que la TIR es la tasa máxima que rinde un proyecto de inversión (Chu Rubio & Agüero Olivos, 2015).

La TIRM, es un método de valoración de inversiones que mide la rentabilidad de una inversión en términos relativos, es decir, en porcentajes. Su principal cualidad es que elimina el problema de la inconsistencia que puede presentarse con la aplicación de la TIR. Con este método se garantiza la existencia de una sola tasa, independientemente de la estructura de los flujos (Berk & De Marzo, 2008).

El EVA, es una herramienta que permite calcular y evaluar el capital generado por la empresa, considerando el nivel de riesgo con el cual se desenvuelve. Por ello, EVA se considera como el importe que queda una vez que la empresa logra cubrir la totalidad de los gastos y la rentabilidad mínima que han proyectado o estimado los responsables de las organizaciones. EVA aporta elementos realmente importantes para la toma de decisiones acertadas (Amat, 2002).

3.2.5.2. Métodos de valoración no tradicionales

Los métodos de valoración no tradicionales, son todas aquellas opciones que tienen como objetivo expandir el conocimiento en cuanto a la toma de decisión en un proyecto de inversión, y para ello se plantea el uso de metodologías que tienen implícitas situaciones para toma de decisiones bajo ambientes de incertidumbre, tales como la de posponer, ampliar, contraer o abandonar cualquier

inversión a un costo determinado. Dentro de los métodos no tradicionales encontramos el método de opciones reales.

La evaluación de proyectos que involucran algún grado de flexibilidad futura no puede llevarse a cabo con las técnicas tradicionales del valor presente neto o tasa interna de retorno. Es así, que el uso exclusivo de estos dos métodos puede llevar a la toma de decisiones incorrectas con respecto al momento óptimo de invertir en un determinado proyecto. Como sabemos la regla tradicional del VPN, establece que se puede llevar a cabo un proyecto si el valor presente neto de los flujos de caja generados por éste es mayor a cero. Esta regla es óptima cuando la oportunidad de inversión es del tipo “ahora o nunca”, o cuando el proyecto de inversión es completamente reversible (Fernández, 1999).

Según Dumrauf (2013), una opción real se encuentra inmersa en un proyecto de inversión cuando se refleja alguna posibilidad futura de efectuar cierto tipo de operación en el momento en el que se efectúa alguna incertidumbre actual.

3.3. Opciones reales

Algunos activos intangibles de gran valor para la empresa como es el caso de las marcas, tecnologías, capital intelectual; entre otros, generan grandes incertidumbres a la hora de decidir sobre si se debe o no invertir en un proyecto determinado, lo que se traduce en una decisión bajo riesgos e indecisiones y lo que en términos financieros se conoce como opciones reales.

Por tal razón, cuando se estudia la decisión de introducir un nuevo producto o ampliar la cobertura de distribución de la empresa; de ser el caso, las opciones reales permiten incorporar el valor que se produce por la flexibilidad en la decisión. Permite tomar decisiones fundamentadas en los resultados de la información que se genera por un evento futuro. Es otras palabras, se cristaliza cuando existe una inversión circunstancial que obliga a esperar por información adicional que permita disipar la incertidumbre asociada a esa inversión. La situación clásica de una opción real es la de continuar o abandonar un proyecto de inversión.

Las opciones reales permiten añadir valor a la empresa, al aumentar las ganancias o reducir las pérdidas. El termino opción se utiliza de forma circunstancial a la hora de identificar estas

oportunidades, por tal razón, se hace referencia a ellas como intangibles más que como opciones de compra o de venta a la hora de efectuar o evaluar propuestas de gran magnitud, estas opciones intangibles son normalmente la clave de la toma de decisiones oportunas (Dixit & Pindyck, 1994).

Cuando se decide efectuar la valoración de activos intangibles a través de las opciones reales, es importante que se tenga claro si dicho método es el más acorde para obtener los resultados esperados del análisis del proyecto; por ello, según Gómez (2004) el análisis de las opciones reales es idóneo cuando están presentes las siguientes situaciones: Cuando hay decisiones de inversión circunstanciales; cuando los niveles de incertidumbre son realmente amplios y es difícil esperar por más información; cuando el valor parece estar detenido en posibilidades para futuras opciones de crecimiento, en lugar de los actuales flujos de efectivo; cuando la incertidumbre es muy amplia para considerar la flexibilidad y cuando se estime o se presente una actualización del proyecto y/o posibles correcciones de estrategias a mitad del proceso. (Gómez, 2004).

3.3.1. Definición de opciones reales

El concepto de opciones reales se basa en la teoría de las opciones financieras, por lo cual, hace indispensable definir una opción como el derecho, mas no la obligación, de efectuar una operación determinada durante un tiempo determinado (Mascareñas, 2018).

Las opciones reales son consideradas opciones financieras que permiten la evaluación o valoración de bienes financieros, especialmente en las inversiones efectuadas en activos reales que permiten componentes de flexibilidad; dentro de estos activos podemos identificar la inversión en investigación y desarrollo, así como en la expansión de plantas de manufactura, entre otros (Myers, 1977).

Una opción real define el derecho a realizar, ampliar o a abandonar una inversión propuesta. Cuando se realiza un análisis con opciones reales se debe evaluar principalmente el valor de la flexibilidad en la toma de decisiones empresariales; es decir, se evaluará la cuantía en permitirse tomar decisiones que modifiquen total o parcialmente el proyecto. Siempre que exista flexibilidad

a la hora de elegir distintas iniciativas, existirán opciones reales, algunas evidentemente con un valor mayor que otras. En el caso de inversiones o proyectos donde no exista esta flexibilidad operativa, no existirán opciones reales y no aportarán valor (Méndez Suárez & Lamothe Fernández, 2013).

Considerando las apreciaciones de Scott Mathews quien es miembro Técnico Asociado en el equipo de finanzas computacionales y modelado estocástico en la división de investigación y desarrollo avanzado de Boeing, Mathews establece que las opciones reales son opciones de compra, basadas en una oportunidad real, lo que permite o da derecho a detenerse, comenzar o modificar un proyecto en una fecha del futuro, cuando así lo dispongan los inversionistas (Berk & De Marzo, 2008).

Las opciones reales son circunstanciales, lo que da lugar que en cualquier momento se efectúen inversiones estratégicas y no tácticas, puesto que permite tomar decisiones en cada etapa de evaluación de los proyectos. Al invertir una cantidad pequeña en cada etapa del proyecto se reúne suficiente información como para tomar decisiones basadas en la posibilidad de efectuar el siguiente paso. Esto permite restringir de alguna manera los niveles de pérdidas implícitos en los proyectos de inversión bajo incertidumbre, pero de igual manera permiten capitalizar las oportunidades que puedan surgir en un futuro. En tal sentido, no conduce a rechazar, ni aprueban el proyecto de forma contundente, sino que se realizan inversiones incrementales en la tecnología o mercado para obtener información veraz y suficiente que permita determinar si la inversión optimiza la estrategia de la compañía y produce rendimientos positivos a largo plazo (Berk & De Marzo, 2008).

La teoría de opciones reales puede ser descrita como un nuevo paradigma de evaluación, administración y toma de decisiones en proyectos de inversión que incorporan elementos de los métodos tradicionales, permitiendo tomar decisiones flexibles bajo incertidumbre. (Trigeorgis, 1996).

La aplicación oportuna de estas opciones podría incrementar el valor del proyecto y en consecuencia el valor real de la empresa.

3.3.2. Tipos de opciones reales

Dentro de los mercados financieros existen dos tipos básicos de opciones reales, las cuales se identifican como las opciones de compra (call de su traducción al inglés) y las opciones de venta (put), cada una de ellas tienen ciertos elementos que la definen, los cuales se pueden relacionar con ítems precisos que contribuyen en la evaluación de un proyecto de inversión (Mascareñas, Universidad Complutense de Madrid, 2018).

Según Méndez & Lamothe (2013), las opciones reales que podemos encontrar en las empresas se pueden clasificar principalmente en tres grupos:

1. **Diferir-Aprender:** Estas opciones permiten al dueño de un proyecto de inversión la posibilidad de prorrogar su ejecución durante un tiempo determinado. Lo que se traduce en la reducción de la incertidumbre asociada al mismo. En algunas ocasiones, a consecuencia del pago de un costo adicional, se puede obtener información sobre un producto o mercado; a ello, se le llama opción de aprendizaje.
2. **Inversión-Crecimiento-Ampliación:** Las opciones de crecimiento ligadas a un proyecto, permiten adquirir una parte adicional al mismo a cambio de una inversión adicional en determinados momentos. Estas opciones pueden ser de escala o de alcance, es decir, nos permite apalancarnos en el proyecto para utilizar recursos en otro mercado relacionado.
3. **Desinvertir-Reducir:** Estas opciones de reducir o desinvertir como comúnmente se le ha llamado, dan oportunidad de flexibilizar la inversión, reducir el tamaño de la misma o abandonarla en cualquier momento de la vida útil de la inversión o proyecto, todo ello a cambio de un bajo costo de desinversión o abandono.

Dentro de esta categorización, encontramos también opciones reales simples, en las que sólo existe una flexibilidad. O en todo caso, opciones reales compuestas, en las que existe más de una fuente de flexibilidad, es decir, es la combinación de varias opciones simples. Y aunque es práctica común analizarlas separadamente, en muchos casos estas opciones están interrelacionadas entre sí que deben analizarse considerando todos sus aspectos. (Méndez

Suárez & Lamothe Fernández, 2013).

3.3.3. Métodos de valoración de opciones reales

Las opciones reales surgieron como respuesta a las inconformidades existentes en la técnica tradicional de flujos de caja descontados, en la cual no se considera el riesgo, la rentabilidad y la flexibilidad asociados a los procesos de inversión. Con el enfoque de opciones reales actualmente una empresa puede considerar algunas alternativas futuras como son: El abandono del negocio si los resultados se alejan de lo proyectado, la expansión si los resultados superan lo esperado, el aplazamiento de la inversión si vale la pena esperar el momento indicado o la suspensión temporal del proyecto con el fin de evitar flujos de caja negativos.

Las opciones reales son un método para valorar proyectos de inversión reales bajo la premisa de que pueden parecerse a las opciones financieras (call y put) y no a una cartera de bonos sin riesgo como el VPN, el cual deja de ser útil cuando se presentan situaciones en las que no necesariamente el proyecto tiene que realizarse inmediatamente; es decir, cumplirse más adelante o de forma fraccionada (Dixit & Pindyck, 1994). En otras palabras, el enfoque de las opciones reales es la extensión de la teoría de opciones financieras a opciones en activos reales no financieros que permiten modificar un proyecto con la intención de incrementar su valor.

En las últimas décadas la teoría de valoración de opciones reales ha experimentado un importante avance, con sus correspondientes modificaciones y desarrollo, todo ello motivado a la evolución que han presentado los distintos activos financieros nacidos en el mercado y con una trayectoria cada vez más compleja. En tal sentido, es evidente que se han producido y desarrollado nuevas necesidades de valoración por las innovaciones implícitas en los mismos, ya que, han pasado de ser un conjunto de métodos confusos a convertirse poco a poco en una herramienta indispensable para valorar activos financieros y reales (Wilmott, 2009).

La metodología de opciones reales busca el valor de los flujos futuros. Sin importar si se encuentra el valor de la opción por alguna de las metodologías usadas como Black-Scholes o árboles binomiales; por lo cual, busca entregar un valor ajustado que

considere la flexibilidad en la toma de decisiones empresariales, razón por la cual existen los diferentes tipos de opciones: abandono/cierre, tiempo de inversión, crecimiento y flexibilidad.

Jaramillo (2010) considera que en los actuales momentos se debe emplear la teoría de las opciones reales como una herramienta fundamental para valorar los activos intangibles de las empresas, así como la eficiente toma de decisiones financieras, particularmente porque contiene las siguientes particularidades:

- La capacidad de valorar activos difícilmente cuantificables por los métodos de valoración tradicionales.
- Permite realizar una buena gestión empresarial al medir las distintas alternativas, es decir, al considerar los niveles de flexibilidad para la toma de decisiones gerenciales.
- La valoración por opciones reales se puede considerar como una buena alternativa adicional al valor presente neto.

La metodología de opciones reales emplea la teoría de opciones financieras para valorar los activos físicos y reales; según Dumrauf (2013) una opción real se hace presente en todo proyecto de inversión cuando se considera una posible actuación a futuro en el momento en que se solventa alguna incertidumbre actual.

Después del modelo inicial de valoración propuesto por Black y Scholes, han surgido otros métodos. Actualmente se pueden encontrar varios modelos para la determinación del valor teórico de una opción. Según Méndez & Lamothe (2013), existen básicamente cuatro métodos de valoración de opciones reales:

3.3.3.1. Método Black Scholes

El modelo de Black-Scholes o ecuación de Black- Scholes (1973), desarrollado por Fisher Black y Myron Scholer; es el modelo más antiguo, pero el más utilizado en las evaluaciones financieras modernas; se fundamenta en una ecuación usada en matemática financiera para establecer el precio de determinados activos financieros; por lo que, permite basarse ampliamente en la teoría de procesos estocásticos y en particular modela variaciones de precios.

Este método se basa en la volatilidad del activo subyacente a la vez que considera que los costos son fijos en el tiempo. Para Black & Scholes (1973) la distribución que sigue el valor del activo

es siempre positivo; es decir, no existe valores negativos en ella. También es conocida como la metodología matriz en la teoría de opciones, debido a que por una parte consigue obtener una fórmula para poder calcular el valor de las opciones, y por la otra, su desarrollo e interpretación permiten comprender las fuentes de valor de las opciones (Méndez Suárez & Lamothe Fernández, 2013).

Este modelo analiza el valor de opciones a partir del precio del activo subyacente a la opción, el cual sigue un proceso continuo estocástico de evolución Gauss-Wiener, con media y varianza instantánea constantes.

El hecho de que esta técnica se centre únicamente en el estudio de la volatilidad explica su sencillez matemática, suponiendo como fijas otras variables como el precio del subyacente, el tipo de interés o el vencimiento.

Este método permite evaluar proyectos de inversión que tengan un gran parecido con una opción de compra. Son las conocidas como opciones de tipo europeo.

3.3.3.2. Método simulación de Montecarlo

La simulación de Montecarlo fue introducida por Boyle (1977) para la evaluación de opciones europeas y presenta variadas ventajas con respecto a los algoritmos tradicionales de valorización.

La simulación Montecarlo es una técnica que implica la selección aleatoria de un resultado para cada variable de interés. Mediante la combinación de estos resultados con cantidades fijas y su respectivo cómputo, se obtiene una corrida en términos de la respuesta deseada. Esto se hace repetidamente hasta conseguir las corridas suficientes para lograr una aproximación cercana a la media, la varianza y la forma de la distribución. La clave principal de la técnica de la simulación Montecarlo es que los resultados de todas las variables de interés sean seleccionados aleatoriamente (Trigeorgis, 1996).

Es otro de los métodos comúnmente usados, ya que permite simular todo el proyecto de inversión partiendo de los datos estimados. La peculiar naturaleza de la simulación de Monte Carlo permite el tratamiento directo de todo tipo de activo, cualquiera que sea el número y el tipo de comportamiento estocástico de

las fuentes de incertidumbre de las que dependen sus resultados futuros.

Este método para la valoración de opciones, es de especial utilidad para opciones reales complejas, ya que permite simular diferentes fuentes de incertidumbre que afectan el valor de una opción real. Una de sus principales ventajas corresponde a la posibilidad de valorizar adecuadamente opciones europeas, independiente del número de variables de estado del problema (Broadie & Glasserman, 1997).

El método de Montecarlo se presta naturalmente a la evaluación de la seguridad. En efecto, este método calcula una integral multidimensional - la esperada. Los precios representados como expectativas.

Básicamente, el enfoque consiste en cumplir los siguientes pasos: primero, se debe simular rutas de muestra de las variables de estado subyacentes (por ejemplo, activo subyacente) precios y tasas de interés) en el horizonte temporal correspondiente; posteriormente, estimular estos de acuerdo con la medida de riesgo neutral; luego evaluar los flujos de efectivo descontados de un valor en cada ruta de muestra, como determinado por la estructura de la seguridad en cuestión y por último, promediar los flujos de efectivo descontados sobre las rutas de muestra.

3.3.3.3. Método Binomial

Este método fue propuesto por Cox, Ross y Rubinstein (1979), es un modelo discreto que considera que la evolución del precio del activo subyacente varía según el proceso binomial multiplicativo; es decir, sólo puede tomar dos valores posibles, uno al alza y otro a la baja, con probabilidades asociadas p y $1-p$. De esta forma, al ampliarse esta distribución de probabilidades a lo largo de un número determinado de períodos se consigue establecer el valor teórico de una opción.

Es un método numérico en tiempo discreto mediante simulación organizada a través de árboles binomiales. Es muy usado en la valoración de opciones reales debido a su versatilidad, simpleza y fácil adaptación a los activos reales. Se basan en trabajar con un modelo discreto en el tiempo a partir de otro modelo continuo en el tiempo. Basándose en ello, abordan el problema mediante una

estrategia de simulación en la que el precio del subyacente puede sufrir solo uno de los dos siguientes cambios: aumentar en una tasa x , o reducirse en una tasa y . Esto es importante porque la aplicabilidad de las opciones reales contribuye a que los directivos y empresarios entiendan perfectamente cómo el método obtiene el valor para poder así confiar en sus resultados.

Se considera al método binomial como el más intuitivo y es conocido como método de opciones de tipo americana. Cox, Ross y Rubinstein desarrollaron este método, con miras en la valoración de opciones sobre acciones, más, sin embargo, consiguieron que el método es perfecto para valorar opciones (Mascareñas, 2018).

El modelo o método Binomial, se percibe mejor todo el trasfondo del problema, lo cual permite al decisor mejorar su información del proceso y por lo tanto tomar decisiones más adecuadas que influyen de manera importante en el desarrollo del proyecto.

3.3.3.4. Método de Longstaff y Schwartz

Uno de los métodos existentes para valorar las opciones americanas es el algoritmo presentado por Longstaff y Schwartz (2001); es un método sencillo, computacionalmente eficiente, que converge al valor real de la opción, utiliza simulaciones, siendo una alternativa a los métodos de las diferencias finitas y los árboles binomiales. Este método tiene la ventaja que se puede aplicar fácilmente cuando el valor de la opción depende de muchos factores y otorga la posibilidad de realizar procesos paralelos.

Para la valoración de opciones americanas, en especial de las opciones de abandono, este sistema junto a los de simulación de Montecarlo resulta ser muy eficaz. La clave de este enfoque es el uso de mínimos cuadrados para estimar el pago condicional esperado por el tenedor de opción continuas, esta hace que el enfoque sea fácilmente aplicable en situaciones multifactoriales y dependientes del camino donde no se pueden utilizar las técnicas tradicionales de diferencia finita y permite minimizar los costos que surgen del algoritmo, con el objetivo de valorar opciones americanas en tiempo real.

El ejercicio de las opciones americanas sigue siendo uno de los problemas más desafiantes en derivados financieros, particularmente cuando más de un factor afecta el valor de

la opción. Esto se debe principalmente a la diferencia finita y binomial. (Longstaff & Schwartz).

Este modelo presentó en sus inicios un nuevo enfoque simple y poderoso para aproximar el valor de las opciones americanas por simulación. Por su naturaleza, la simulación es una alternativa prometedora a la diferencia finita tradicional y técnicas binomiales y tiene muchas ventajas como marco para la valoración, gestión de riesgos, y ejerciendo óptimamente las opciones americanas. Por ejemplo, la simulación se aplica fácilmente cuando el valor de la opción depende de múltiples factores.

La simulación también se puede utilizar para valorar derivados con ambos dependientes de la ruta y características del ejercicio americano. La simulación permite seguir las variables de estado, procesos estocásticos generales. Desde una perspectiva práctica, la simulación es adecuada para el paralelo computación, que permite ganancias significativas en la velocidad computacional y eficiencia. Finalmente, las técnicas de simulación son simples, transparentes y flexibles.

Para comprender la intuición detrás de este enfoque, en cualquier ejercicio de tiempo, el titular de una opción americana compara óptimamente la recompensa de ejercicio inmediato con el pago esperado, y luego verifica si la recompensa inmediata es mayor. Así el ejercicio óptimo, la estrategia está fundamentalmente determinada por la expectativa condicional de la recompensa de seguir manteniendo viva la opción. (Longstaff & Schwartz).

A estos métodos habitualmente usados para la valoración de activos o proyectos, se han ido sumando métodos matemáticos, estadísticos y econométricos sofisticados (incluyendo modelos estocásticos), que tratan de eliminar o disminuir los problemas o limitaciones de los tradicionales. Entre ellos, son muy comunes los métodos y cálculos de sensibilidades de los diferentes parámetros y estimaciones de la incertidumbre, pues las opciones trabajan precisamente sobre estos escenarios (Trigeorgis, 1996).

La elección de cualquiera de los métodos de valoración de opciones reales conocidos dependerá de las características particulares de cada proyecto en el cual se pretenda invertir, dado que existe convergencia de valor cada uno de ellos.

3.4. Aplicación del método de opciones reales en proyectos de inversión en el área tecnológica

Los proyectos de investigación, desarrollo e innovación que involucran patentes poseen las características apropiadas para la aplicación de la teoría de opciones reales, estos proyectos se identifican por la incertidumbre asociada a cada una de las etapas de desarrollo del proyecto, al mismo tiempo que proporciona a los encargados de tomar decisiones la posibilidad de efectuar acciones que tienen como finalidad buscar los mejores resultados en la ejecución de este.

De esta forma, tras cada fase de la investigación puede decidirse continuar o finalizar, en función de las expectativas futuras acerca del valor del proyecto. Todo proyecto de investigación, desarrollo e innovación implica un proceso de aprendizaje tecnológico, que lleva asociado opciones de crecimiento que pueden permitir, en un futuro, penetrar en otras inversiones. En otras palabras, aunque la investigación principal no tenga éxito, se han conseguido unos conocimientos muy importantes que abren las puertas a futuras inversiones.

Otro aspecto a resaltar de los proyectos de investigación, desarrollo e innovación, es que generalmente a partir de estos se forjan conocimientos que puede ser protegidos a través de patentes, la relación entre los procesos de investigación y las patentes es habitualmente estrecha. Es posible identificar diferentes tipos de activos intangibles que proporcionan un valor adicional a la tecnología o proyectos subyacentes.

Trabajar en la gestión de proyectos de investigación y desarrollo bajo la perspectiva de la innovación agrega algunos principios, como la flexibilidad, que cambian el análisis tradicional de gestión de proyectos tecnológicos. Existen muchas formas de evaluar impactos potenciales y resultados de proyectos de desarrollo científico y tecnológico y de innovación.

Para el caso de inversiones en el área de tecnología, por ejemplo, en la inversión de softwares para actualizar los sistemas tecnológicos de las empresas se estará ante una opción de compra, en la que se paga un precio o se efectúa la inversión inicial, para tener derecho a ejercer dicha opción del activo subyacente (uso del

sistema informativo) en el futuro (Lamothe, 1995).

Los proyectos de evaluación de bases tecnológicas se caracterizan por el desarrollo de nuevas tecnologías, contienen flexibilidades pactadas que impactan sobre su valor interior y requieren emplear probabilidades subjetivas generadas sobre la base del conocimiento y su valor está constituido básicamente en activos intangibles como el conocimiento. Para su valoración se requiere aplicar la teoría de opciones reales a fin de capturar y concentrar la flexibilidad estratégica del emprendimiento, tal es el caso, de encontrar la posibilidad de expandir o transferir licencias, derechos y/o patentes. Sobre este particular, el modelo binomial se destaca por su elasticidad y simplicidad para dar respuesta al complejo fenómeno de asignar valor a la flexibilidad estratégica implícita en proyectos de inversión. Por ende, supone un comportamiento normal del proceso estocástico correspondiente a las variables generadoras de riesgo (Milanesi, 2012).

Muñoz (2002) utilizó el enfoque de las opciones reales para evaluar proyectos en Tecnología de Información (TI); concluyó que cuando se utiliza esta teoría la empresa obtiene ventajas muy importantes y tiene una mayor probabilidad de aumentar su desempeño, ya que permite ampliar la posibilidad de analizar cada una de las opciones disponibles (seguir, crecer, salir del negocio, entre otras).

Sobrinho (2005) aplicó la teoría de las opciones reales a un caso real de proyecto de investigación y desarrollo en la industria aeronáutica, demostrando que es una herramienta financiera adecuada para la gestión de proyectos y de actividades de investigación y desarrollo tecnológicos.

4. Materiales y métodos

Se especifican en este aparte los mecanismos utilizados para el análisis de la problemática de investigación, se demuestra los procedimientos metodológicos adoptados, se presenta las técnicas que fundamentan la revisión sistemática de literatura y la clasificación de la investigación de acuerdo con los objetivos y rigor metodológico. Así mismo, muestra el método utilizado para la construcción de indicadores y, por último, expone los métodos estadísticos elegidos como procedimientos metodológicos:

validación de metodología de opciones reales.

La metodología partió en una primera fase por la investigación documental; recogiendo información teórica a través de la revisión exhaustiva de información de diferentes fuentes bibliográficas con base en la recolección, selección y análisis de diferentes fuentes con solido rigor científico que da como resultado un aporte coherente vinculada principalmente con el capital intelectual como el tema central que subyace a los procesos de valoración y, posteriormente, una revisión estructurada de las principales metodologías de valoración de activos intangibles presentadas distintos autores y tomadas de textos, revistas científicas especializadas, estudios críticos, tesis académicas y bases de consultas disponibles en las universidades afiliadas. Luego, se presenta una síntesis de cada una de las metodologías y al final se esbozan unas consideraciones que recogen de manera estructurada los principales métodos de valoración y explica cada uno de los tipos de opciones reales y sus respectivas aplicaciones en los proyectos de inversión y particularmente en proyectos de inversión en el área tecnológica, creando con todo ello una contextualización del tema de investigación.

Como una segunda fase se desarrolla la categorización del proceso investigativo donde se delimita el tipo de investigación, el diseño y área de la misma y los métodos de recolección de información que conllevaran a su adecuación bajo el método de investigación científica. Por tal razón, la presente investigación estará enfocada dentro de la investigación cuantitativa con delineamiento experimental.

La investigación cuantitativa se caracteriza por el empleo de la cuantificación tanto en las modalidades de recolección de informaciones, como en el tratamiento de ellas por medio de técnicas estadísticas; por ello, utiliza la recolección y el análisis de datos a fin de dar respuestas a las preguntas de investigación, así como probar hipótesis previamente definidas, emplea la medición numérica, el conteo y comúnmente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población tendiente a probar teorías (Hernández, Fernández, & Baptista, 2004).

El diseño de la investigación se centra en la Investigación

Experimental; la cual consiste en someter el objeto de estudio a la influencia de ciertas variables, en condiciones controladas y conocidas por el investigador, para observar los resultados que cada variable produce en el objeto (Sabino, 1992).

El área de investigación del presente estudio se ubicará en la evaluación, medición y valoración de un proyecto de inversión que corresponde al área tecnológica. Debido a razones netamente confidenciales no es posible revelar el nombre del proyecto, pero ello no resulta ser imprescindible para la consecución y desarrollo de la presente investigación; ya que lo que se desea es ilustrar la viabilidad de un proyecto de inversión luego de ser evaluadas a través de metodologías tanto tradicionales como no tradicionales.

Para ello, se recopilarán y seleccionarán todos los datos que permitan aplicar los métodos de valoración financieros en el proyecto de estudio seleccionado. Posteriormente, se someterán estos datos a valoraciones tradicionales o estáticos tales como: Retorno de la Inversión (ROA,) Valor Presente Neto (VPN), Flujo de Caja Descontados (FCD) y así en esta primera fase se efectuará el cálculo del valor del proyecto sin ningún tipo de flexibilidad, para luego efectuar la valoración por el método de Opciones Reales donde se incluye la flexibilidad que el proyecto ofrece al inversionista, las cuales puede ejercer en la medida en que la incertidumbre del mismo vaya desapareciendo, este último elaborado bajo procesos de simulación estadísticos.

4.1. Proyección estados financieros

Los estados financieros proyectados se elaboraron partiendo de una realidad histórica del proyecto evaluado para luego adicionar estimaciones que permitieron establecer hipótesis de crecimiento, de gasto en inversión y de ciertas necesidades operativas.

Por tal razón, partiendo de los datos financieros aportados por los responsables del proyecto de inversión y basados obviamente sobre los costos y gastos de implementación del proyecto, se desarrollaron los estados financieros proyectados, utilizando para ello la técnica más habitual denominada porcentaje de ventas, costos y gastos; la cual, consiste en realizar los estados financieros proyectados en función de los efectos que tendrá una variación de las ventas, los costos y los gastos en estos; todos ellos, proyectados

o estimados a cinco años como límite máximo de proyección; basados en la duración del ciclo económico, el cual demora cinco años; y además por tratarse de un activo intangible de base tecnológica. Dichos Estados Financieros Proyectados sirvieron de base para el análisis financiero a futuro y la debida valoración del proyecto. Se proyectaron así, el Estado de Situación Financiera (ESF), Estado de Resultados (ER), y Flujo de Fondos (FF).

Como base para el cálculo y materialización de los estados financieros proyectados, se consideraron indicadores económicos como el Índice de Precios al Consumidor (IPC), Índices de Precios al Productor (IPP), entre otros.

Para una mejor proyección de estados de situación financiera no es aconsejable usar proyecciones de tipo estadístico; por lo cual, se utilizaron datos de entrada reales que se podrán cambiar a voluntad, estas proyecciones se manejaron sobre hojas de cálculo y programas donde se puedan crear varios escenarios y llevar a cabo diversos tipos de análisis de sensibilidad.

4.2. Métodos de evaluación para proyectos de inversión

Una vez elaborados los estados financieros proyectados, se definieron y calcularon los indicadores financieros tales como el ROE, ROA y EBITDA, para proporcionar una visión previa de la situación financiera del proyecto en el año inicial de valoración del proyecto; y así tener una base que permita aproximar el valor de éste y sus perspectivas económicas y financieras a futuro.

Con base en los datos financieros aportados se valora el proyecto, en una primera fase a través de las metodologías tradicionales o estáticas como son: Los Flujos de Caja Descontados (FCD) y el Valor Actual Neto (VAN). Asimismo, se determinaron las tasas financieras: Costo de Capital (K_e) y la TIR.

Al aplicarse este método de Flujos de Caja Descontados (FCD); se considera el proyecto de inversión como una futura organización o empresa generadora de fondos; en consecuencia, debe ser valorado como un activo financiero que posee un valor presente bajo determinadas condiciones. La tasa de descuento o tasa de actualización utilizada, permitió actualizar los flujos de caja proyectados a futuro.

En este aparte se consideró el valor actual de los flujos de

fondos futuros descontándolos a la tasa que refleja el coste de capital; el cual, es derivado del aporte de los dueños del proyecto de inversión; por ende, reflejó el valor del costo en el que incurre los empresarios o inversionistas del proyecto para financiar el proyecto de inversión a través de los recursos financieros propios. Debido a que el proyecto de inversión no contempla deuda financiera no se estimó el valor del Weighted Average Cost of Capital (WACC), solo se consideró el cálculo del costo de capital, siendo esta última utilizada como tasa para descontar los flujos de caja esperados.

El valor actual neto, permitió evaluar la inversión al considerar los valores actualizados de todos los flujos netos de caja esperados del proyecto, deducido el valor de la inversión inicial.

La tasa interna de retorno, proporcionó el valor o indicador de la rentabilidad del proyecto. Utilizándolo, como uno de los criterios relevantes para decidir sobre la aceptación o rechazo del proyecto de inversión, por considerarse un referencial sobre el retorno que esperan obtener los inversores del proyecto evaluado.

4.3. Simulación financiera bajo opciones reales

Los métodos empleados para la evaluación del proyecto de inversión comprenden evidencia implícita, procesos de evaluación y valoración y pruebas de simulaciones financieras basadas en el estudio de caso, para el cual la información estuvo disponible en escenarios reales. En relación con el tratamiento de los datos, se contemplaron elementos cuantitativos con base en la recolección de elementos numéricos conformes a la evaluación financiera. El análisis de resultados entrega una aproximación al valor razonable del proyecto de inversión.

Se utiliza como metodología de valoración de opciones reales, el método Binomial, este modelo permite considerar que la evolución del precio del activo intangible de base tecnológica que se evalúa sólo puede tomar dos valores posibles, uno de alza con probabilidad "q" y uno de baja con probabilidad "(1-q)". (Trigeorgis, 1996). Asimismo, se valúa la opción real de abandonar el proyecto inversión si el entorno económico donde se ubica el mismo así lo requiere.

En primera instancia se valora el proyecto de activo intangible

de base tecnológica mediante flujo de caja descontado, incluyendo los incentivos vigentes para este tipo de inversiones. Y en una segunda consideración se construye un modelo estocástico para la estimación de la volatilidad mediante simulación a través del método binomial.

5. Resultados

A continuación, se presentan los resultados del caso de estudio analizado; el cual se fundamenta sobre la base de la valuación financiera efectuada en la inversión real de un activo intangible fundamentado en la fabricación de un componente tecnológico. En él se analizó el impacto en una primera fase de evaluaciones estáticas a través de la técnica tradicional de flujos de caja descontados y valor presente neto, y posteriormente bajo la metodología de opciones reales valorados con el método binomial; todo ello, enfocado básicamente dentro de una probabilidad de variación del proyecto innovador basado en los beneficios futuros de resultados financieros más cercanos a la realidad, y en la oportunidad de generación de valor para sus inversionistas, permitiendo adicionalmente aportar oportunidades de negocios bajo condiciones de alto riesgo e incertidumbre.

5.1. Cálculos previos basados en métodos tradicionales

Una vez elaborados y proyectados todos los Estados Financieros se llevó a cabo el cálculo de cada uno de los indicadores y tasas que permiten desarrollar la base de cálculos de los flujos de caja y valor actual neto. Por ello, se valoró el proyecto utilizando la metodología de valor actual neto (VAN), hallando el valor actual de los flujos de caja para luego calcular su valor esperado y volatilidad.

5.1.1. Indicadores financieros

Los resultados arrojados por los indicadores financieros básicos, nos indican que aun y cuando el proyecto presenta indicadores relativamente adecuados para un proyecto que inicia sus operaciones, también es cierto que abre un panorama sobre las posibles carencias que en un futuro pueda tener dicho proyecto. En el cuadro 1 se muestra el resultado de la evaluación de los indicadores básico como lo son: ROE, ROA, EBITDA y Margen.

Cuadro 1

Resultados indicadores financieros

EBITDA.

| Indicador | Valoración | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|-----------|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| % ROE | % | 11,87% | 11,82% | 11,01% | 11,97% | 11,05% |
| % ROA | % | 9,96% | 10,43% | 9,81% | 10,55% | 9,86% |
| EBITDA | \$ | \$ 32.516.255 | \$ 32.440.224 | \$ 32.266.444 | \$ 33.909.019 | \$ 33.511.382 |
| Margen | | | | | | |
| EBITDA | % | 9,50% | 9,12% | 8,72% | 8,81% | 8,37% |

Fuente: Elaboración propia.

El ROA, permitió medir la eficacia del proyecto para generar utilidades con relación a sus activos. Es decir, se obtiene aquí un rendimiento sobre la inversión realizada en el proyecto de un estándar que permanece de forma lineal para los años de evaluación del mismo, ubicándose alrededor de 11% en promedio. Se puede mencionar que el resultado de este indicador demuestra un rendimiento adecuado sobre los activos de la empresa; así el proyecto aporta una utilidad con respecto al activo total del mismo, es decir, el activo total del proyecto de inversión tiene capacidad para producir utilidades.

El resultado del ROE indica que la rentabilidad sobre el capital invertido en el proyecto oscila entre 9 y 10%; es decir, el rendimiento que obtienen los inversionistas de este proyecto por la inversión de fondos efectuada estará alrededor de 9 y 10%, lo que se traduce en la baja capacidad que tiene el proyecto para remunerar a sus socios.

Con el resultado obtenido del EBITDA se logró determinar que el flujo neto de efectivo que queda antes de cubrir gastos financieros, impuestos, reposición de capital de trabajo, reposición de activos fijos, pago de la deuda y distribución de utilidades es relativamente adecuado con relación a la capacidad de proyección del proyecto, el mismo se encuentra en el rango de los 33.000.000 de pesos por año. Lo que muestra las ganancias, la utilidad y la capacidad de generar caja por parte del Proyecto de producción del componente tecnológico.

En lo que respecta al margen EBITDA; este indicador de desempeño operacional permite visualizar la eficiencia de los

ingresos sobre las ventas generadas por el proyecto. Por cada unidad adicional o marginal, produce más beneficios operativos en términos relativos. El valor porcentual obtenido en cada año de operación del proyecto aporta información sobre la rentabilidad en las operaciones comerciales, ya que indica qué parte queda de los ingresos percibidos (el dinero recibido por la venta y comercialización del componente tecnológico en términos porcentuales). Es decir, que por cada peso que se vende el inversionista o la empresa se quedan con un margen en promedio entre 8 % y 9% de los ingresos.

5.1.2 Cálculo del Costo de Capital (k_e)

El proyecto de inversión se financió en su totalidad con capital propio de los inversores; por lo cual, se usó como tasa de descuento de los flujos de caja, el valor de la tasa de costo de capital (k_e). Teniendo en cuenta la formula base de cálculo de dicha tasa, que permitió tener el resultado del mismo; quedando así, la tasa de descuento con base al costo de Capital quedó representada por:

$$K_e = 21,20\%$$

En el cuadro 2, se indican los datos que permitieron obtener el resultado antes descrito.

Cuadro 2
Cálculo de la tasa de descuento. Costo de Capital (K_e)

| Nomenclatura | Interpretación | Valor |
|-----------------------------------|--|---------------|
| R_f = | Rentabilidad "libre de Riesgo" del mercado para Colombia (Renta Fija). | 4,78% |
| $(K_m - K_f)$ = | Prima por el Riesgo del Mercado colombiano. | 11,90% |
| β = | Medida de riesgo específico del sector donde se ubica el proyecto de inversión (Industria Farmacéutica). | 1,38 |
| k_e = | Rentabilidad esperada por el inversionista o Costo de Capital | 21,20% |

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3. *Cálculo del valor actual de los Flujos de Caja o Flujo de Caja Descontado (VAFC)*

Se determinan los flujos de caja o anualidades a partir del valor inicial del primer año y considerando que las variables del mercado (ventas, costos y gastos) actúan haciendo que los flujos de caja aumenten año tras año con un incremento de 4% y 5% de acuerdo a las estimaciones de los Índices de precios al consumidor (IPC) y del índice de precios al productor (IPP); se consideran flujos constantes para un escenario moderado. Se halla el valor total de los flujos de caja descontados, quedando así en:

DFC = 54.442.787 \$

El valor estimado del proyecto de inversión es equivalente al valor del activo subyacente, conocido como (S) para la valoración bajo el método de opciones reales. En el siguiente cuadro se exponen los resultados del valor esperado del proyecto, la cual se obtuvo como el cociente de la desviación sobre el valor esperado.

Cuadro 3
Cálculo de los flujos de caja descontados

| FLUJO DE CAJA DESCONTADO CON TASA (Ke) | | | | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Concepto | Años evaluados | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Flujo de Caja | -10.959.897 | 24.508.145 | 24.393.149 | 24.860.105 | 56.444.218 |
| Tasa de descuento (ke) | 21,20% | 21,20% | 21,20% | 21,20% | 21,20% |
| Factor de descuento | 0,825 | 0,681 | 0,562 | 0,463 | 0,382 |
| VP FCF | -9.042.670 | 16.683.642 | 13.700.566 | 11.520.301 | 21.580.948 |
| Valor estimado del proyecto con flujos de caja descontados | 54.442.787 | \$ | | | |

Fuente: Elaboración propia.

5.1.4. *Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)*

Una vez se ha calculado los flujos de caja descontados (VAFC), se procedió a calcular el valor esperado del proyecto (VAN), sumando los flujos de caja descontados y restándoles al total la inversión inicial necesaria para llevar a cabo el proyecto. El valor del VAN arrojó un resultado:

VAN = - 69.098.383 \$

Cuadro 4 Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)

| Valor Actual Neto (VAN) del Proyecto | | |
|--|------------|-------------------|
| Valor estimado del proyecto con flujos de caja descontados | \$ | 54.442.787 |
| (-) Inversión Inicial | -\$ | 123.541.170 |
| VAN | -\$ | 69.098.383 |

Fuente: Elaboración propia.

Así, el valor actual provee un resultado negativo de \$ -69.098.383, lo que indica que bajo el método tradicional no es conveniente realizar la inversión en la fabricación del componente tecnológico.

5.1.5. Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR)

Se calculó de igual manera la TIR a fin de obtener el porcentaje que mide la viabilidad del proyecto, determinando la rentabilidad de los cobros y pagos actualizados generados por la inversión.

La TIR muestra un valor de rendimiento interno de la empresa expresado en términos porcentuales, y comparable a una tasa de interés que se definió como más segura; y la cual esperan los inversionistas recibir como mínimo al comprarlos con otros proyectos de inversión.

Resultado: TIR = -0,85%

El resultado del cálculo de la TIR nos indica un valor negativo; por lo cual, considerando este valor se podría reafirmar que no es viable invertir en el proyecto de inversión evaluado, si el mismo es considerando con otras opciones de inversión de menor riesgo.

5.1.6. Cálculo de volatilidad o riesgo asociado al proyecto (σ) de inversión

Debido a que el proyecto dio como resultado un VAN negativo se decide evaluar las posibilidades que tiene el proyecto para introducir, en el futuro, modificaciones en las inversiones incrementando así el valor del mismo.

Para lo cual se calculó la volatilidad del activo o el riesgo asociado al mismo, como una medida de la frecuencia e intensidad de los cambios del precio del activo o de un tipo definido como la desviación estándar de dicho cambio en un horizonte temporal específico.

Así, el resultado de este indicador nos da:

Volatilidad (σ) = 153%

Cuadro 5
Cálculo de la volatilidad o riesgo asociado al proyecto (σ)

| Concepto | Años evaluados | | | | |
|----------------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Flujo de Caja | \$ (10.959.897) | \$ 24.508.145 | \$ 24.393.149 | \$ 24.860.105 | \$ 56.444.218 |
| Volatilidad (σ) | | 324% | 0% | 2% | 127% |
| Volatilidad (σ) = | | | | | 153% |

Fuente: Elaboración propia.

Se observa una alta volatilidad en la evaluación del proyecto, por cuanto arrojó un resultado del 153%; lo que indica que existe una gran incertidumbre con respecto a los flujos de caja que se obtendrán; por ello, existe una alta posibilidad de cambiar los flujos según la información captada y las decisiones consideradas por los inversores.

Cuando el VAN es negativo y la volatilidad es alta resulta útil e importante realizar un análisis de valoración a través de la metodología de Opciones Reales; por cuanto, al considerarse un riesgo alto asociado al proyecto de inversión, resultará más valiosa la opción sobre la inversión.

Hechas las consideraciones anteriores, se procedió a dar continuidad a la valoración del proyecto a través de la metodología de Opciones Reales, aplicando el método binomial o de árboles binomiales.

5.2. Cálculos basados en métodos no tradicionales (opciones reales)

En este caso de estudio, se pretendió que la valoración de opciones

reales agregue un valor adicional a la toma de decisiones de los inversores, basados primordialmente sobre la decisión de continuar con el proyecto o considerar otras opciones relacionadas con la venta o abandono del proyecto.

Debido a que el VAN es estático, se sometió a una simulación para llevarlo a un VAN probabilístico. Y en base a ese VAN probabilístico se le aplicó la metodología de evaluación de Opciones Reales bajo el método binomial con probabilidad neutral.

En tal sentido, se procedió a efectuar los cálculos detallados de cada una de las variables que influyen en la composición del modelo binomial.

5.2.1. Modelo Binomial o de árboles binomiales

Para llevar a cabo la valoración a través del método binomial se definieron todas y cada una de las variables que son requeridas en el procesamiento de los datos de entrada; quedando representados como lo muestra el cuadro 6.

Cuadro 6
Variables para el cálculo de las opciones reales

| VARIABLES | | IDENTIFICACIÓN | VALOR |
|---------------------------|--------------|--|-------------------|
| Valor del Subyacente = | (S) | VA de los flujos de caja que genere el activo real | \$ 54.442.787,05 |
| Costo de Implementación = | (X) | Costo de la inversión inicial del proyecto | \$ 123.541.169,59 |
| Volatilidad = | (σ) | Volatilidad del VA de los flujos de caja | 153% |
| Tiempo = | (t) | Tiempo para realizar el proyecto de inversión | 5 años |
| Tasa Libre de Riesgo = | (Rf) | Tasa de interés sin riesgo | 4,78% |

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que el modelo binomial considera que la evolución de precio del activo subyacente varía según el proceso binomial multiplicativo. Sólo se pueden considerar dos valores probables. Por ello, se definen previamente un valor al alza (u) y otro a la baja (d), con probabilidades asociadas "q" y "(1- q)". De esta forma,

extendiendo esta distribución de probabilidades a lo largo de un número determinado de períodos se consiguió determinar el valor teórico de la opción.

Después de definir los datos de entrada, es necesario realizar unos cálculos intermedios para construir los árboles binomiales. En primera instancia, se calcularon los coeficientes de ascenso (u) y de descenso (d) del valor medio esperado y posteriormente se calcularon las probabilidades neutrales al riesgo.

En cada intervalo de tiempo el valor del activo aumenta en “u” y disminuye en “d”, factores que dependen de la variabilidad del precio del activo subyacente y del tiempo de expiración.

Finalmente, la metodología requiere traer el valor final al presente a través de los nodos de tiempo.

Para el caso particular del proyecto de inversión en componentes de base tecnológica, los inversionistas deseaban tener dos opciones financieras, bajo las cuales tomar decisiones adecuada sobre la inversión a realizar. Por tal razón, se diseñaron y evaluaron dos alternativas financieras bajo la metodología de opciones reales, aplicando el modelo binomial. La primera de ellas, enfocada en una opción de crecimiento, aumentando la tasa de producción actual del proyecto y considerando desembolsos adicionales para la consecución del mismo (Opción Call) y como segunda alternativa una opción de decrecimiento, venta o abandono del proyecto, a cambio de recibir un valor residual pautado (Opción put).

Para obtener los resultados deseados con base a los requerimientos de los inversores se calcularon los respectivos valores intrínsecos, utilizando las fórmulas de: Call (compra) y Put (venta), detalladas a continuación:

Al tratar una opción call (compra):

$$C = \text{Máx} (0; S - X) \quad (1)$$

Opción de Compra = Max (Valor presente – Inversión inicial; 0)

Al tratar una opción put (venta):

$$P = \text{Máx} (0; X - S) \quad (2)$$

Opción de Venta = Max (Inversión inicial - Valor presente; 0)

Así, al considerar el valor de activo subyacente para un periodo, según el modelo binomial, se debe tener en cuenta que; cuando se trata de una opción de compra, éste sería la cantidad a pagar por el activo subyacente; es decir, por adquirir sus flujos de caja. Cuando se trata de una opción de venta, el precio del ejercicio se entiende como la cantidad que el propietario del activo recibirá por la venta.

Con base en los datos previos del proyecto, se elaboraron los árboles binomiales que permitieron plasmar los posibles escenarios a considerar por parte de los inversionistas.

5.2.1.1. Elaboración del árbol binomial de decisión inicial

Basándose en los planteamientos iniciales del proyecto se tiene que: los inversionistas poseen la oportunidad de invertir hoy $A_0 = 123.541.169,59$ \$. Además, conociéndose previamente el valor actual de los flujos de caja esperados de dicho proyecto, el cual fue de $54.442.787$ \$; y un VAN medio esperado con resultado negativo ($-69.098.383$ \$).

En tal sentido, las opciones se evaluaron efectuando un proceso de valoración sin considerar el riesgo implícito, a través del cual el valor actual de cualquier opción puede ser calculado utilizando sus valores futuros esperados y descontados al tipo libre de riesgo (r_f); además, de aplicar las probabilidades neutrales al riesgo.

Para evaluar la opción real del proyecto se consideró la oscilación medida por la desviación típica previamente calculada, que arrojó un resultado de 153% y por otra parte la tasa libre de riesgo para Colombia, la cual es de 4,78%.

Con el apoyo de los datos iniciales se procedió a valorar los posibles escenarios de acción, aplicando para ello una valoración de opciones reales; se partió del cálculo de los coeficientes de ascenso (u) y descenso (d), así como sus respectivas probabilidades; resultados que se muestran en la cuadro 7; para posteriormente construir cada uno de los árboles binomiales que muestran los resultados proyectados sobre la evaluación total del proyecto.

Cuadro 7
Coefficientes de ascenso y descenso

| Nomenclatura | Interpretación | Valor |
|--------------------------|---|-------|
| $u=$ | Factor del alza del precio del subyacente en un periodo, con una probabilidad asociada de “q” | 4,595 |
| $d=$ | Factor de la baja del precio del subyacente en un periodo, con una probabilidad asociada de (1-q) | 0,218 |
| $Pu =$ | Valor de la opción de venta al vencimiento con un movimiento multiplicativo al alza | 0,190 |
| $Pd =$ | Valor de la opción de venta al vencimiento con un movimiento multiplicativo a la baja | 0,810 |

Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenidos los coeficientes de ascenso y descenso, con las respectivas probabilidades se procedió a elaborar el árbol binomial de decisión inicial.

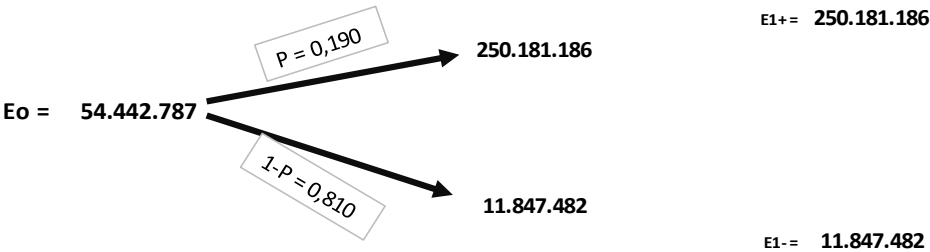


Gráfico 1. Árbol binomial de decisión inicial. Fuente: Elaboración propia.

El árbol binomial elaborado y representado en el gráfico 1, permitió conocer la distribución del valor del negocio durante los próximos 5 años, en relación con su valor actual ($E_0= 54.442.787\$$) aplicando el método binomial; el resultado obtenido fue exactamente el mismo valor que se obtuvo al aplicar la

metodología de flujos de caja descontados. Es decir, considerando la desviación típica del valor actual del negocio se espera que su valor dentro del tiempo de vigencia del proyecto pueda alcanzar uno de los siguientes valores: \$ 250.181.186 como límite máximo en condiciones de ascenso o positivas, o \$ 11.857.482 bajo condiciones adversas o de descenso.

Se encuentra entonces que, $E+1 = \$ 250.181.186$ indica el valor del proyecto, suponiendo neutralidad con respecto al riesgo dentro del periodo de duración del mismo en el caso de que aumenten los precios; y $E-1 = \$ 11.857.482$ sería igualmente el valor del proyecto en caso de que descienda el riesgo.

5.2.1.2. Opción de crecimiento (opción de compra)

Para la opción de crecimiento se consideró la posibilidad que los inversionistas en aras de hacer más rentable el proyecto podrían evaluar una opción de ampliación, aumentando la tasa de producción actual del proyecto y considerando desembolsos adicionales para la consecución del mismo (Opción Call).

Es así que, vinculados a esta alternativa de gestión, los inversionistas indicaron que tenían la oportunidad de incrementar sus niveles de productividad en 50%, al final del primer año del proyecto, siempre y cuando invirtieran la cantidad de \$ 62.220.000 adicionales en la adquisición de nuevas maquinarias y equipos que les permitirían llegar a ese incremento en los niveles de productividad.

Ante la situación planteada por los inversionistas se desarrolló la evaluación del proyecto valorando la inversión con opción de ampliación incorporada, bajo las premisas del modelo binomial y donde la proyección puede ser contemplada como un proyecto de inversión inicial o base (VA) más una opción de compra sobre la inversión futura.

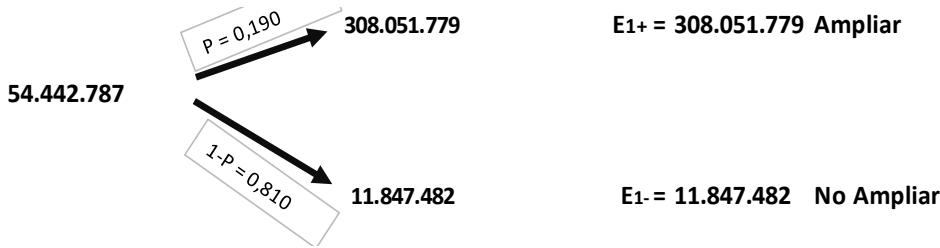


Gráfico 2. Árbol Binomial con opción de ampliación. Fuente: Elaboración propia.

Así, considerando los nuevos datos aportados por los inversionistas se calcularon las nuevas opciones de inversión:

Cuadro 8
Datos: Opción de Crecimiento

| Nomenclatura | Interpretación | Valor |
|---------------|--|----------------------|
| X = | Oportunidad de crecimiento (aumento de tasa de producción) | 50% |
| (AE) = | Desembolso adicional (Compra de maquinaria y equipos) | \$ 67.220.000 |

Fuente: Elaboración propia.

$$E1+ = VA+1 + \text{Max} [X \cdot VA+1 - AE; 0]$$

E1+ = 308.051.779 Ampliar

$$E1- = VA-1 + \text{Max} [X \cdot VA-1 - AE; 0]$$

E1- = 11.847.482 No Ampliar

Luego de calculadas las opciones se logró determinar que, si los inversionistas deciden tomar la opción de ampliar, el proyecto tendría un valor de \$308.051.779, suponiendo neutralidad con respecto al riesgo y con el mismo valor del cálculo inicial, en caso de que descienda el riesgo.

Con base en los resultados anteriores se procedió a calcular el valor total del proyecto (Eo), con la opción de ampliación incorporada. Para ello, se actualizó el valor medio del proyecto en el año 1 (E1), restándole el desembolso inicial necesario para realizar la inversión; el cual fue de \$123.541.170.

Por tal razón, el valor total del proyecto sería de \$ **188.457.898**. Finalmente, se procedió a calcular el valor de la Opción de ampliar el proyecto:

$$\begin{array}{lcl} \text{OPCIÓN DE AMPLIAR} = & \text{VAN TOTAL} - \text{VAN BASICO} = & \\ \text{OPCIÓN DE AMPLIAR} = & \mathbf{257.556.280} & \$ \end{array}$$

Por consiguiente, se consiguió que el valor de la opción de ampliar tendría una cuantía de \$257.556.280; lo cual representó un incremento importante con respecto al valor actual de los flujos de caja del proyecto.

5.2.1.3. Opción de decrecimiento (Venta o abandono)

En la opción de decrecimiento los inversionistas consideraron evaluar la posibilidad de abandonar la consecución del proyecto de inversión a los seis meses de vida de este, motivado a la rapidez con que los productos de base tecnológica pierden vigencia en el tiempo, recibiendo como precio de venta de la maquinaria y otras inversiones efectuadas un valor (VR) de \$136.008.673, el cual es la estimación del valor del mismo luego de aplicársele a la inversión inicial una tasa de oportunidad o costo de capital (k_e) previamente calculada para los seis primeros meses del proyecto. De igual manera, se recalcularon los factores de alza y decrecimiento, así como sus correspondientes probabilidades, a fin de llevar todas las proyecciones a la fecha probable de venta (6 meses). Quedando cada factor como lo muestra el cuadro 9.

Cuadro 9
Datos: Opción de decrecimiento

| Nomenclatura | Interpretación | Valor |
|-----------------------|---|------------------------|
| Io (6 meses) = | Inversión inicial proyectada a 6 meses | -\$ 136.008.673 |
| u= | Factor del alza del precio del subyacente en un periodo, con una probabilidad asociada de “q” | 2,94 |
| d= | Factor de la baja del precio del subyacente en un periodo, con una probabilidad asociada de (1-q) | 0,34 |
| Pu = | Valor de la opción de venta al vencimiento con un movimiento multiplicativo al alza | 29,7% |
| Pd = | Valor de la opción de venta al vencimiento con un movimiento multiplicativo a la baja | 70,3% |

Fuente: Elaboración propia.

Con los nuevos datos calculados para valorar la opción de decrecimiento se elaboró el árbol binomial para conseguir el valor de la opción de abandono.

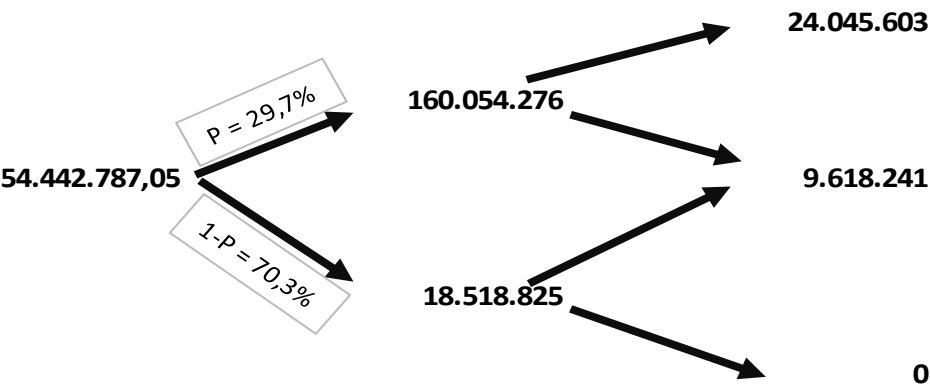


Gráfico 3. Árbol binomial con opción de abandono. Fuente: Elaboración propia.

Ante los resultados anteriores se calculó el valor del proyecto con la opción de abandono incluida, suponiendo que ésta se realizará al finalizar el sexto mes, dando un total de:

$$E_o = 6.419.616 \quad \$$$

Seguidamente se calculó el valor total de abandonar el proyecto a los seis meses de su implementación, sumándole al VAN básico o inicial el monto obtenido de aplicar la opción real de abandono, dando el siguiente resultado:

$$\text{Opción de abandonar} = \text{VAN Total} - \text{VAN Básico}$$

$$\text{Opción de abandonar} = \quad \$ \quad 75.517.998$$

Y, por lo tanto, el valor de la opción de abandonar totalmente el proyecto de inversión es de \$ **75.517.998**.

6. Análisis de resultados

Una vez obtenidos los resultados provenientes de las valoraciones efectuadas a través de las distintas simulaciones, se efectúa el análisis respectivo de los resultados que permitirán suministrar las recomendaciones pertinentes que esperan los inversionistas a la hora de someter el proyecto de inversión basado en la fabricación de un componente de base tecnológica al análisis de los distintos métodos de valoración financieros.

A continuación, se incluye el cuadro 10 de resultados totales de la evaluación financiera efectuada al proyecto de inversión en un componente de base tecnológica.

Cuadro10

Resumen de resultados finales de evaluación del proyecto

| Nomenclatura | Valor |
|--|------------------------|
| Flujo de Caja descontado = | \$ 54.442.787 |
| (A0) Inversión inicial = | -\$ 123.541.170 |
| VAN inicial = | -\$ 69.098.383 |
| TIR = | -0,85% |
| Ke = | 21,20% |
| Volatilidad (σ) = | 153% |
| Modelo Binomial Inicial = | \$ 54.442.787 |
| Van Total con Opción de ampliar = | \$ 257.556.280 |
| Van total con Opción de abandonar = | \$ 75.517.998 |

Fuente: Elaboración propia.

Así, al someter los datos iniciales a la evaluación de los distintos métodos de valoración tradicionales arrojó como resultado un VAN negativo de \$ - 69.098.383, lo que permitió determinar que el proyecto en una primera instancia no parecía ser atractivo, puesto que un VAN negativo proyecta la necesidad de rechazar el proyecto de inversión al no ver la posibilidad de obtener algún tipo de rentabilidad con la inversión que se realiza. Pero este enfoque clásico es netamente financiero, no toma en cuenta las flexibilidades existentes en los proyectos de inversión, no considera el valor de las opciones implícitas y, por ende, son totalmente herméticas, no tienen presente los cambios del mundo exterior, al igual que no valoran las opciones que pueden tener los inversionistas, como lo son la de diferir, expandir o abandonar el proyecto.

Por tal razón, sometiendo estos datos iniciales a las consideraciones de métodos más estratégicos como es el caso de las opciones reales se consiguió tener un abanico importante de alternativas para los inversionistas del proyecto. Ya que al someter el proyecto bajo un análisis de opciones reales adquieren valor en

entornos de alta incertidumbre.

De esta forma, se observa cómo un proyecto con un VAN negativo y alta volatilidad que inicialmente no resulta atractivo de realizar, puede convertirse en una opción interesante. Es así que, en este caso en particular, se tienen en cuenta la opción de optar por una inversión adicional dependiendo del comportamiento del proyecto o abandonar a través de la venta efectiva del mismo.

Basándose en lo planteado, un proyecto de inversión que en un principio parecía poco interesante pasa a serlo si se tienen en cuenta las oportunidades que se pueden presentar en su desarrollo y que no se ven reflejadas en el flujo de caja inicial.

Resulta importante mencionar que la valoración de opciones reales complementa, mas no sustituye el método tradicional de flujos de caja descontados y no debería ser usado solo para cuantificar el valor de una opción, sino para reflexionar sobre los factores que determinan su valor en combinación con el tradicional método de descuento de flujos de caja.

Con los resultados obtenidos una vez aplicada la metodología de opciones reales se brindó una oxigenación al proyecto abriendo nuevas oportunidades de decisión para los inversionistas:

- En primer lugar, al efectuar la valoración de una opción de crecimiento, el VAN total del proyecto con la opción de ampliarlo dio un resultado de \$ 257.556.280. Bajo estas condiciones, el proyecto se convierte en una opción interesante si se tienen en cuenta las oportunidades que se pueden presentar en su desarrollo y que no se ven reflejadas en el flujo de caja.
- Con la evaluación de la opción de vender o abandonar el proyecto, se estimó que el valor total del VAN incluyendo esta opción de abandonarlo dio un valor de \$ 75.517.998, lo que representa una alternativa poco probable debido a que los \$ 136.008.673 del costo de liquidación o de venta superan los \$ 75.517.998 del valor de la opción de abandono, por lo que no resulta interesante la opción de liquidar, por lo menos en los próximos seis meses. Pero, los rápidos cambios tecnológicos que influyen de manera significativa en el entorno de los proyectos de inversión generando incertidumbre podrían ejercer mayor presión

para que los inversionistas consideren esta alternativa. En muchas ocasiones, los inversionistas eligen inversiones que, aun siendo menos rentables que otras, permiten una mayor flexibilidad, como es el hecho de que la inversión contemple la posibilidad de liquidar el proyecto en cualquier momento por un valor superior al que se espera obtener de continuar con la inversión que a la larga pudiesen generar pérdidas.

- La decisión de continuar o abandonar el proyecto en algún momento de la vida del mismo, dependerá del escenario en que se encuentre y de la situación presente en cada uno de los períodos. En aquellos casos donde el valor de abandono excede el valor presente de los flujos de caja futuros resultará más beneficioso la decisión de abandono, aun cuando se está obteniendo un VAN positivo.

Los resultados obtenidos en la evaluación financiera del proyecto de inversión, son un punto de partida para impulsar a los inversores a considerar elementos y valoraciones más allá de los convencionales, como son la valoración de proyectos a través de las opciones reales. Debido a que les permite obtener mejores resultados y un panorama mucho más amplio sobre los futuros escenarios que puedan presentar y, por ende, fortalecerán la posición de los inversionistas al momento de efectuar sus inversiones.

La propuesta finalmente se extiende a los responsables del proyecto a fin considerar la mejor opción para la inversión; es decir, optar por la estrategia que maximice su beneficio al máximo. Gestionando el valor de sus opciones reales a través de influir sobre las variables básicas que influyen en su valoración.

7. Conclusiones

Los activos intangibles son y han sido un recurso sumamente importante para las empresas, y su optima valoración puede considerarse como una fuerte ventaja competitiva para las éstas; por ser, en algunos casos, activos irremplazables que aportan un gran valor al patrimonio de las compañías.

Dadas las limitaciones que presentan los métodos tradicionales de valoración de activos intangibles y específicamente de inversiones en activos de base tecnológicas, y su dificultad

para adaptarse a entornos cambiantes, hace ardua la tarea para que empresas y futuros inversionistas puedan considerar una valoración de este tipo como una base confiable y cierta de datos sobre los cuales tomar decisiones importantes. Por ello, se hace necesario explorar escenarios bajo métodos con capacidades más amplias, como es el caso de la metodología de opciones reales, el cual considera los intangibles y la flexibilidad operativa como elementos que pueden alterar la decisión de realizar una inversión o desarrollar un determinado proyecto.

En la consecución de la investigación, se dio una mirada general a las opciones reales, sus conceptos, modelos, tipología, y presenta al final una aplicación en un caso de estudio para la valoración de un activo intangible de base tecnológica.

Para ello, se ejecutó la valoración de este activo intangible a través de metodologías tanto tradicionales como no tradicionales. Donde inicialmente se efectuó la evaluación a través de métodos como el descuento de flujos de caja y valor actual neto, para posteriormente someter los datos a una evaluación un tanto más riguroso por medio de la metodología de opciones reales; la cual permite ampliar la visión a los inversionistas en ambientes de alta incertidumbre y riesgos, permitiéndoles tomar decisiones de negocio más acertadas, que no podrían tenerlas con la metodología de análisis tradicional del VAN. Así mismo, se utilizó el método binomial en la valoración de las opciones de abandono y crecimiento inicialmente proyectadas y solicitadas por los inversionistas del proyecto.

A través de las indagaciones efectuadas y las metodologías de evaluación financiera aplicadas al caso de estudio, se logró obtener hallazgos importantes y significativos que permitieron presentar a los inversionistas proyecciones reales a futuro sobre los resultados que podrían tener sus inversiones considerando aspectos importantes como la volatilidad, la flexibilidad y los cambios del entorno donde se desarrolla el proyecto.

Se presenta así, el estudio de las opciones reales como una alternativa para la valoración de proyectos de inversión. Es importante destacar que éstas no son una herramienta de valoración separada, sino un complemento a las herramientas tradicionales de valoración de proyectos de inversión, que ayuda a tener una

visión mucha más amplia y estratégica.

Por tal razón, los métodos basados en opciones reales son más adecuados para la valoración de proyectos, dada su flexibilidad e inclusión de elementos intangibles; sin embargo, se debe resaltar que el éxito de la valoración dependerá en gran medida de la buena proyección de los supuestos, así como también de la información disponible para realizarla.

En consecuencia, con lo anterior, una vez efectuado todo el análisis financiero del proyecto de inversión, se puede concluir que el análisis financiero realizado tuvo como función básica convertir los datos aportados inicialmente en información útil, por lo que este análisis es básicamente informativo y demostrativo y ya quedará de parte de los inversionistas del proyecto considerarlos para su uso y aplicación.

8. Referencias

- Amat, O. (2002). *EVA- Valor Económico Agregado. Un nuevo enfoque para optimizar la gestión empresarial*. Bogotá: Grupo Editorial Norma.
- Baranova, A., & Muzykob, E. (2015). Valuation of Compound Real Options for Investments in Innovative Projects in Pharmaceutical Industry. *Procedia Economics and Finance*, 116 – 125.
- Belkaoui, A. (1992). *Accounting theory*. London: Academic Press.
- Berk, J., & De Marzo, P. (2008). *Finanzas Corporativas*. México: Pearson Educación.
- Black, F., & Scholes, M. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *The Journal of Political Economy*, 637-654.
- Boyle, P. (1977). Options: A Monte Carlo Approach. *Journal of Financial Economics*, 323-338.
- Broadie, M., & Glasserman, P. (1997). Monte Carlo Methods for pricing. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 1267-1321. Obtenido de www.thejournalofcomputationalfinance.com
- Cañibano, L., Garcia-Ayuso, M., & Sanchez, P. (1999). La relevancia de los intangibles para la valoración y la gestión de empresas: Revisión de literatura. *Revista Española de Financiación y Contabilidad*, 17-88.
- Chu Rubio, M., & Aguero Olivos, C. (2015). *Matemática para las decisiones financieras*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

- Cox, J., Ross, S., & Rubinstein, M. (1979). Option Pricing: A Simplified Approach. *Journal of Financial Economics*, 229-263.
- Dixit, A., & Pindyck, R. (1994). *Investment under uncertainty*. New Jersey: Princeton University Press.
- Dumrauf, G. (2013). *Finanzas corporativas - un enfoque latinoamericano*. Buenos Aires: Alfaomega.
- Favato, G., & Vecchiato, R. (2017). *Embedding real options in scenario planning: A new methodological approach*. Elsevier, *Edition Technological Forecasting and Social Change*, 124(C), 135-149.
- Fernández, V. (1999). Teoría de Opciones: Una síntesis. *Análisis Económico*, 87-116.
- Gómez, C. (2004). *Un caso de Estudio para Evaluar Alternativas de Inversión usando Opciones Reales*. Trabajo de Grado de la Maestría en Ingeniería no publicado. Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2004). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Hoss, O. (2008). Modelo Hoss de Avaliação de Ativos. *TECAP*, 2(02), 12-18.
- Jaramillo, F. (2010). *Valoración de empresas*. Bogotá: ECOE Ediciones.
- Johanson, U., Koga, C., Almqvist, R., & Skoog, M. (2009). Implementing Intellectual Assets- based. *Journal of Intellectual Capital*, 10(4), 520-538.
- Kaplan, R., & Norton, D. (2004). *Mapas Estratégicos. Convirtiendo los activos intangibles en resultados tangibles*. Barcelona: Gestión 2000.
- Kester, W. (1984). Today's Options for Tomorrow's Growth. *Harvard Business Review*, 153-160.
- Lamothe, P. (1995). *Opciones Financieras. Un enfoque fundamental*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Lev, B. (2003). Remarks on the Measurement, Valuation, and Reporting of Intangible Assets. The Measurement, Valuation, and Reporting of Intangible Assets. *Economic Policy Review*, 17-22.
- Longstaff, F., & Schwartz, E. (2001). Valuing American Options by Simulation: *Financial Studies Spring*. 113-147.
- Mascareñas, J. (1999). *Innovación Financiera. Aplicaciones para la gestión empresarial*. Madrid: McGraw-Hill.
- Mascareñas, J. (2008). Valoración de una inversión en capital-riesgo mediante opciones reales. Estudio de un caso. *Revista*

- Española de Capital-Riesgo*. nº 2. Págs: 3-16.
- McCutcheon, G. (2008). EVVICA, a valuation model for intellectual asset-rich businesses. (E.Q.E. Limited, Edition.) *Measuring Business Excellence*, 12(2), 79-96.
- Méndez, M., & Lamothe, P. (2013). *Opciones Reales: Métodos de Simulación y Valoración*. Madrid: Del Economista.
- Milanesi, G. (2012). Opciones Reales: el método binomial, asimetría y curtosis en la valoración de empresas de base tecnológica. *Revista Española de Capital Riesgo*, 41-55.
- Monteiro, J. (2007). Determinação do valor em risempresas não financeiras – *Estudio de caso de empresgeradora de energia*. Administração da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 42(2), 1-13.
- Muñoz, J. (2002). *Estudio de Modelos de Evaluación de Proyectos de Inversión en TI*. Obtenido de <http://www.inf.udec.cl/~cjimenez/johanaperezDic2002.pdf>
- Myers, S. (1977). Determinants of corporate borrowing. *Journal of Financial Economics*, 145-175.
- Osinski, M., Seling, P., Matos, F., & Román, D. (2017). Methods of evaluation of intangible assets and intellectual capital. *Journal of Intellectual Capital*, 470-485.
- Ramírez, Y. (2010). Intellectual capital models in Spanish public sector. *Journal of Intellectual Capital*, 11(2), 248-264.
- Rodrigues, C., Zarelli, P., Barsoles, V., Tcholaki, A., & Selig, P. (2014). Modelos de mensuracao do capital intelectual para tomada de decisao e variaveis de desempenho. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, 245-260.
- Ross, S., Westerfield, R., & Jordan, B. (2000). *Fundamentals of Corporate Finance*. New York: McGraw-Hill.
- Sabino, C. (1992). *El proceso de investigación*. Caracas: Panapo.
- Sánchez, P., Castrillo, R., & Pablo, S. (2015). *The Icu Report: An Intellectual Capital Proposal for University Strategic Behaviour*. Science Direct, 544-557.
- Schiuma, G., Lerro, A., & Carlucci, D. (2008). The Knoware Tree and the Regional Intellectual Capital. *Journal of Intellectual Capital*, 9(2), 283-300.
- Shiu-Hwei, H., & Shu-Hsien, L. (2011). A Fuzzy real option approach for investment project valuation. *Expert Systems with Applications*, 15296- 15302.
- Singh, S. (2017). Intellectual Capital: an introduction. *International Journal of Social Sciences and Economic*, 5780 - 5791.

- Sobrinho, A. (2005). *Decisão de investimentos em projetos de pesquisa e desenvolvimento usando a teoria das opções reais*. A. Anais do XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Porto Alegre, Brasil.
- Sullivan, P. (2001). *Rentabilizar el capital intelectual. Técnicas para optimizar el valor de la innovación*. Buenos Aires: Paidós.
- Sveiby, K. (1997). *The new organizational wealth*. San Francisco: Berrett-koebler publishers, Inc.
- Sveiby, K. (2010). *Methods for Measuring Intangible Assets*. Disponible en <http://www.sveiby.com/articles/IntangibleMethods.htm> [20 de abril de 2010]
- Trigeorgis, L. (1996). *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*. United States of America: Paperback Shop Uk.
- Vosselman, W. (1998). Initial guidelines for the collection and comparison of data on intangible investment. *Netherlands Central Bureau of Statistics & OECD*, 1-33.
- Wang, Q., Marc, K., & Keith, H. (2015). Facilitating risky project negotiation. An integrated approach using fuzzy real options, multicriteria analysis, and conflict analysis. *Information Sciences*, 544-557.
- Wilmott, P. (2009). *Frequently Asked Questions in Quantitative Finance*. United Kingdom: John Wiley & Sons.
- Young-Chan, L., & Seung-Seok, L. (2011). The valuation of RFID investment using fuzzy real option. *Expert Systems with Applications*, 12195-12201.
- Zarelli, P. (2015). *Framework para avaliação das capacidades dinâmicas sob a perspectiva do capital intelectual*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento.