



**APROXIMACIÓN A UN MODELO DE DECISIÓN DE INVERSIÓN PARA EL
SECTOR INMOBILIARIO UTILIZANDO LA VALORACIÓN POR OPCIONES
REALES**

Camilo Andrés Méndez P.
Oscar Javier Zambrano

**COLEGIO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ADMINISTRACION – CESA
MAESTRIA EN FINANZAS CORPORATIVAS**

Bogotá D.C

2017

**APROXIMACIÓN A UN MODELO DE DECISIÓN DE INVERSIÓN PARA EL
SECTOR INMOBILIARIO UTILIZANDO LA VALORACIÓN POR OPCIONES
REALES**

**Camilo Andrés Méndez P.
Oscar Javier Zambrano**

Director:

Bernardo León Camacho

**COLEGIO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ADMINISTRACION – CESA
MAESTRIA EN FINANZAS COORPORATIVAS**

Bogotá D.C

2017

Abstract

Conforme se profundiza la interrelación entre el mercado de capitales y el mercado inmobiliario en los países emergentes, se revelan nuevos retos para los administradores de portafolios inmobiliarios. Los esquemas de valoración y toma de decisiones para realizar un nuevo proyecto, adquirir un nuevo inmueble generador de renta o vender un activo inmobiliario son algunos de ellos. En este sentido, variables como los costos de inversión, la absorción del mercado, las tarifas de arrendamiento, los términos de renovación de los contratos, las tasas de interés y costos de una construcción, agregan un componente de volatilidad en los flujos de caja futuros que difícilmente es capturado por el VPN calculado por el método tradicional. Lo anterior, implica que las decisiones de inversión que deben ser tomadas por los administradores de portafolios inmobiliarios podrían ser complementadas con la flexibilidad que ofrecen alternativas como las OPCIONES REALES (OR) a partir de la toma adaptativa de decisiones estratégicas en escenarios de incertidumbre. El presente trabajo, tendrá entonces como finalidad implementar la metodología desarrollada por Copeland (2010) y proponer una aplicación a un portafolio de activos inmobiliarios no residenciales en Colombia.

Tabla de contenido

1.	Capítulo 1 Introducción	7
1.1	Importancia del sector inmobiliario global	7
1.2	Importancia y profundización del sector inmobiliario en Colombia	8
1.3	Planteamiento del problema.....	9
2.	Capítulo 2 Flexibilidad de las Opciones reales - Elementos para la toma de decisiones de inversión	14
2.1	Opciones financieras.....	15
2.1.1	Que es una opción financiera y tipos de opciones	15
2.1.2	Modelo de Valoración. Valor de la prima de la opción	17
2.3	Opciones Reales.....	19
2.4	Casos de aplicación de opciones reales en proyectos de inversión	25
3.	Capítulo 3 Aproximación a un modelo de decisión de inversión para el sector inmobiliario: Valoración por opciones reales	26
3.1	Caso de Estudio.....	26
3.1.1	Descripción del caso de estudio.....	26
3.1.2	Supuestos del mercado inmobiliario.....	27
3.2	Metodología para la valoración de un portafolio inmobiliario por opciones reales	28
3.2.1	Paso 1. Valoración por flujo de caja libre tradicional.....	29
3.2.2	Paso 2. Simulación de Montecarlo.....	34
3.2.3	Paso 3. Definir e incorporar flexibilidad del proyecto con opciones reales	38
3.2.4	Paso 4. Calculo del valor de la opción para el caso de estudio.....	41
4.	Capítulo 4 Conclusiones	49
4.1	Flexibilidad en la toma de decisiones y adaptación de la estrategia.....	49
4.2	Impacto en el Valor de la Opción real asociada a la Volatilidad del activo inmobiliario.....	49
4.3	Flexibilidad de la opción real Expandir frente a Contraer	50
5.	Bibliografía	51
6.	Anexos	53
6.1	Anexo 1. EEFF y flujos de caja Proyectados.....	53
6.2	Anexo 2. Determinación del costo de capital	54
6.3	Anexo 3. Salidas de Montecarlo Compartimento 1	56
6.4	Anexo 4. Salidas de Montecarlo Compartimento 2	58
6.5	Anexo 5. Salidas de Montecarlo Compartimento 3.....	60
6.6	Anexo 6. Salidas de Montecarlo Portafolio Inicial.....	62
6.7	Anexo 7. Definiciones de términos inmobiliarios	63

Lista de tablas

Tabla 1. Alternativas de decisión en portafolios inmobiliarios	13
Tabla 2. Tipos de opciones financieras	15
Tabla 3. Comparativo de opciones financieras y opciones reales	19
Tabla 4. Composición inicial del portafolio inmobiliario.....	26
Tabla 5. Rango de valores típicos del mercado inmobiliario.....	27
Tabla 6. Principales variables de proyección.....	29
Tabla 7. Principales parámetros para el cálculo del valor terminal del activo inmobiliario	32
Tabla 8. Flujo de caja esperado del compartimento 1 (Proyección del año 1 al 10)	32
Tabla 9. Flujo de caja esperado del compartimento 2 (Proyección del año 1 al 10)	33
Tabla 10. Flujo de caja esperado del compartimento 3 (Proyección del año 1 al 10)	33
Tabla 11. Resultados de la valoración por FLC.....	34
Tabla 12. Principales variables de incertidumbre	35
Tabla 13. Distribución de probabilidad de variables de incertidumbre	35
Tabla 14. Análisis d tornado y Spider por compartimento	36
Tabla 15. Resultados simulación de Montecarlo	38
Tabla 16. Definición del tipo de opciones reales para el portafolio inmobiliario.....	39
Tabla 17. Parámetros y equivalencias entre las opciones reales y el VPN ajustado por riesgo.....	41

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Ventas promedio mes por sector y ubicación	10
Ilustración 2. Variación en los precios por tipo de inmueble	11
Ilustración 3. Valor de una opción Call (Compra).....	16
Ilustración 4. Asimetría en la distribución de probabilidad incorporando OR	20
Ilustración 5. Representación del cono de incertidumbre por Monte Carlo	22
Ilustración 6. Representación genérica del árbol binomial.....	23
Ilustración 7. División por compartimento	27
Ilustración 8. Pasos para la valoración por opciones reales.....	29
Ilustración 11. Árbol binomial – Opción de Expandir (Compartimento 1).....	42
Ilustración 12. Árbol binomial – Opción de Expandir (Compartimento 2).....	42
Ilustración 13. Árbol binomial – Opción de Expandir (Compartimento 3).....	43
Ilustración 12. Valor de la opción expandir frente al valor presente neto inicial del portafolio.....	43
Ilustración 15. Árbol binomial – Opción de Contraer (Compartimento 1).....	44
Ilustración 16. Árbol binomial – Opción de Contraer (Compartimento 2).....	44
Ilustración 17. Árbol binomial – Opción de Contraer (Compartimento 3).....	44
Ilustración 16. Valor de la opción contraer frente al valor presente neto inicial del portafolio.....	45
Ilustración 17. Análisis de sensibilidad del VOR frente a la Volatilidad	46
Ilustración 18. Análisis de sensibilidad del VOR frente a la Volatilidad	47
Ilustración 19. Análisis de sensibilidad del VOR frente al V_m del activo	48

1. Capítulo 1

Introducción

1.1 Importancia del sector inmobiliario global

La importancia del sector inmobiliario a nivel global es fundamental en los principales mercados desarrollados. Para 2012 el valor total de “Assets Under Management” (AUM) o activos en poder de administradores de fondos inmobiliarios en el mundo superó los 63 Trillones de USD y se estima que para el 2020 llegue a los 101 Trillones de USD; siendo EEUU el principal jugador con cerca del 52% de los activos, seguido de Europa (31%), Asia y Oceanía con el (13%) y Latinoamérica con el (4%) restante. (Price Waterhouse Cooper, 2014)

No solo los fondos inmobiliarios representan la magnitud de estos mercados, sino también es evidente la profundización que han tenido en las principales bolsas de valores como la bolsa de Nueva York (NYSE) desde la incorporación al mercado de los “Real Estate Investment Trusts” (REITs), en los EEUU desde mediados de los años 60. Los REITs americanos, son un vehículo de inversión inmobiliaria que debe distribuir al menos el 90% de las utilidades como dividendos a sus accionistas y obtener al menos el 75% de su ingreso bruto de la renta de propiedades (U.S. Securities and exchange commission, 2012). Estos instrumentos, al igual que los fondos inmobiliarios, han contribuido a la expansión y el fortalecimiento del sector inmobiliario en el mundo, brindando alternativas de inversión, financiamiento y diversificación para cada uno de los actores del sector.

1.2 Importancia y profundización del sector inmobiliario en Colombia

En Latinoamérica, aunque la profundización en el mercado de capitales y de los fondos de inversión inmobiliarios no es comparable con los países desarrollados, donde tan solo representa el 4% del AUM mundial, si se estima que para el año 2020 el monto del AuM de Latinoamérica sea 2.5 veces más alto que lo presentado en el 2012 (Price Waterhouse Cooper, 2014). Por ejemplo, en México se desarrollaron unas estructuras llamadas Fideicomisos de inversión en Bienes Raíces o FIBRAS, las cuales son un instrumento de inversión donde al menos el 70% de los activos que se adquieren y desarrollan deben estar destinados al arrendamiento, las distribuciones deben ser al menos del 95% del resultado fiscal neto y como mínimo estas deberán realizarse una vez al año (Grupo BMV, 2012). Actualmente, en la bolsa mexicana cotizan más de 11 Fibras y representan un valor de mercado cercano a los 13.29 billones de USD a mayo de 2017 (Inmobiliare, 2017).

En Colombia el panorama aunque no tan distante de sus pares en Latinoamérica, es positivo. En 2010 fue introducido al país el primer esquema que emula los REITs de los EEUU a través de un esquema de “títulos participativos” en la Bolsa de Valores de Colombia, no obstante de acuerdo al concepto No 200901811-002 del 26 de Mayo de 2009 de la Superintendencia Financiera los REITs no cuentan con una regulación actual vigente para operar en el país. Actualmente, los fondos de capital privado, los cuales son administrados por profesionales autorizados por la Superintendencia Financiera a través de comisionistas de bolsa, fondos de inversión y gestores profesionales, han suplido al igual

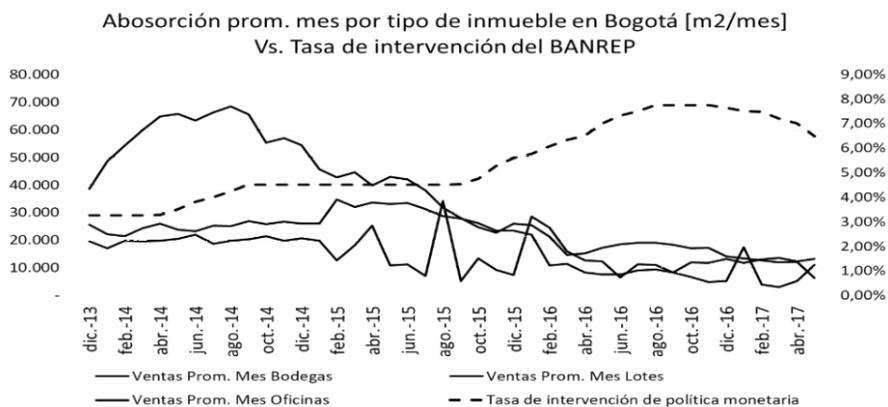
que la banca comercial parte de las necesidades de capital de los desarrolladores inmobiliarios para el apalancamiento de sus proyectos.

Algunos de los fondos más representativos en el país, son el Patrimonio Estrategias Inmobiliarias (PEI) con más de 749.000 metros cuadrados, 1.880 inversionistas e inmuebles valuados en más de \$ 3.66 billones de pesos y el fondo de inversión colectiva Inmoval con 174.127 m² bajo administración y 1.600 inversionistas, cuyo patrimonio de inmuebles asciende a los \$ 1.07 billones de pesos (La republica, 2017). De igual forma, existen otros fondos como el FCP Inmobiliario Colombia, administrado y gestionado por Fiduciaria Bancolombia, el FCP Inverlink Estructuras Inmobiliarias, gestionado por Inverlink, el fondo Pactia (Argos y Concreto) y Blackstone entre otros (Prensa RE, 2016).

1.3 Planteamiento del problema

Más allá de los instrumentos de inversión, en el último año Colombia ha licenciado cerca de 5.988.000 m² para la construcción de nuevos proyectos No residenciales y 18.523.000 m² de activos Residenciales incluyendo VIS y No VIS (DANE, 2017). Por ejemplo, en Bogotá de acuerdo a Galería Inmobiliaria, a Diciembre de 2016 en el mercado se disponen de cerca de 463.532 m² de oficinas, 1.085.817 m² de bodegas y 1.332.888 m² de lotes urbanizados; además, se absorben anualmente cerca de 13.208 m² de oficinas, 22.029 m² de bodegas y 16.513 m² de unidades en centros comerciales, de acuerdo al promedio de los últimos 4 años, como se presenta en la ilustración 1.

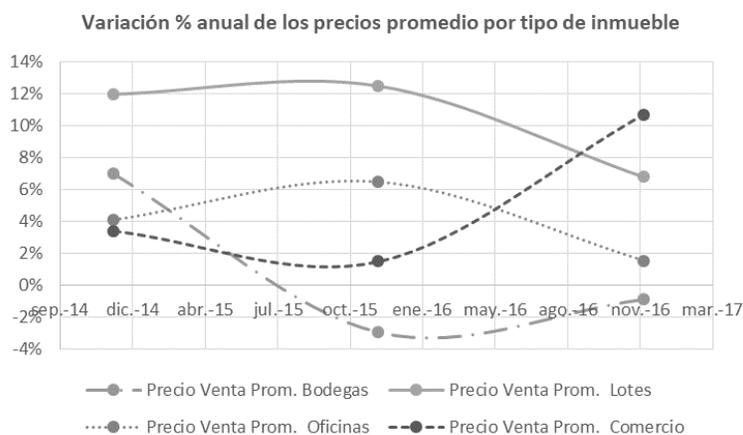
Ilustración 1. Ventas promedio mes por sector y ubicación



Estos desarrollos inmobiliarios, son promovidos por diversos constructores en el país incrementando la oferta. Son demandados por diversas compañías nacionales o extranjeras, personas naturales u otro tipo de entidades que pagan un canon de arrendamiento a cambio del goce de dicho inmueble por un periodo de tiempo determinado. Estos contratos de arrendamiento suelen variar en términos de su duración, canon de arrendamiento e incrementos en el mismo, según el sector y el mercado al cual pertenecen.

Por el lado de los precios como referente del desempeño del mercado, encontramos que han presentado variaciones importantes. Así por ejemplo, para el mercado de oficinas y bodegas se han presentado caídas en los precios promedio del año 2015 a 2016, explicado particularmente por el incremento en la oferta disponible y un retroceso en la actividad económica, como se presenta en la Ilustración 2.

Ilustración 2. Variación en los precios por tipo de inmueble



Elaboración propia, Fuente: Galería Inmobiliaria

Descripción del problema

Uno de los principales factores a los que se enfrentan tanto desarrolladores inmobiliarios, como fondos de inversión o los administradores de portafolios inmobiliarios, tiene que ver con los esquemas de valoración y toma de decisiones para realizar un nuevo proyecto, adquirir un nuevo inmueble generador de renta o vender un activo inmobiliario.

En este sentido, existen diversas metodologías aceptadas para la valoración de activos generadores de renta, entre las que están: (1) la costos, la cual define que un comprador no estaría dispuesto a pagar por un inmueble más allá de lo que costaría su construcción en la ubicación y en las condiciones de mercado vigentes. (2) la valoración por comparables, la cual establece que un comprador no pagaría un valor adicional al de los activos disponibles en el mercado. (3) la valoración por ingresos, que se basa en la premisa que los activos valen por su potencial de generación de ingresos; esta se puede subdividir en dos, la (1) la valoración por capitalización directa, la cual se basa en la relación entre los ingresos

operativos netos de un inmueble o Net Operating Income (NOI) por sus siglas en inglés y su valor de mercado (García Almiral, 2007); y (2) la valoración por flujo de caja libre descontado (FCL), el cual consiste en la estimación de los flujos de caja durante un periodo de inversión y del valor terminal (Anaya, 1997), en este caso del inmueble.

No obstante, para el caso de los fondos inmobiliarios la valoración de los activos inmobiliarios del fondo se encuentra regulada conforme lo establece la Circular Básica Contable y Financiera (Circular Externa 100 de 1995), expedida por la Superintendencia Financiera de Colombia y en la Circular Externa 029 expedida por la misma entidad. A lo largo del presente documento se utilizará la valoración por flujo de caja libre descontado (FCL).

Principales factores de incertidumbre en la valoración de activos inmobiliarios

Valorar un proyecto inmobiliario puede ser complejo, en el sentido que intervienen diversas variables de incertidumbre que afectan el valor presente neto (VPN) de la inversión, tales como: los costos de inversión, la vacancia del inmueble, las tarifas de arrendamiento, las condiciones del mercado, los términos de renovación de los contratos, las tasas de interés o la duración y costos de una construcción.

Dichas variables agregan un componente de volatilidad en los flujos de caja futuros que difícilmente es capturado por el VPN calculado por el método tradicional a partir de variables determinísticas incluidas en los modelos de descuento de los flujos de caja libre generados por el proyecto. Lo anterior, implica que las decisiones de inversión que deben

ser tomadas por los administradores de portafolios inmobiliarios podrían ser complementadas con la flexibilidad que ofrecen alternativas como las OPCIONES REALES (OR) a partir de la toma adaptativa de decisiones estratégicas a las circunstancias que afectan el comportamiento de los flujos de caja.

En este sentido, algunos de los procesos más relevantes para un administrador de portafolios inmobiliarios será evaluar y tomar decisión sobre procesos de adquisición, desarrollo, venta o expansión de uno o varios activos (**Tabla 1**).

Tabla 1. Alternativas de decisión en portafolios inmobiliarios

Alternativas de decisión en portafolios inmobiliarios	Descripción
Adquirir	Cuando se quiere ampliar el portafolio de activos inmobiliarios y a cambio de una inversión se obtienen flujos de caja producto de las rentas inmobiliarias y la valorización del inmueble.
Desarrollar	Cuando se desarrolla un nuevo proyecto que involucra la estructuración, construcción y ocupación del inmueble. Este desarrollo puede ser en una o varias etapas.
Vender	Cuando se dispone o vende uno o varios activos inmobiliarios en el mercado a un precio de intercambio pactado entre el comprador y el vendedor.
Expandir	Cuando se requiere realizar una ampliación de un inmueble existente, incrementando los metros cuadrados del mismo o realizando una inversión adicional que rentabilice las áreas existentes.

Elaboración: Propia, Fuente: Propia

2. Capítulo 2

Flexibilidad de las Opciones reales - Elementos para la toma de decisiones de inversión

El presente capítulo tiene como finalidad la revisión de las bases teóricas sobre las cuales se va implementar el modelo de valoración con opciones reales aplicado al sector inmobiliario. De igual forma, se revisarán algunas investigaciones que han aplicado esta metodología para la valoración de proyectos de inversión en el sector real.

En primera instancia, se realizará una revisión a las opciones financieras, conceptos e investigaciones realizadas, así como los principales modelos para la cuantificación del valor de una opción financiera. Esto nos permitirá comprender los conceptos bajo el cual fue construido el enfoque de opciones reales.

Pasó seguido, se revisará la teoría de opciones reales y su enfoque teórico para la valoración de proyectos de inversión evaluando las opciones financieras y la derivación de las opciones reales. Con ello, se tendrá definidas las bases teóricas con las que se desarrollará el objetivo del trabajo de investigación.

Finalmente, se revisará algunos casos de investigación que han utilizado opciones reales para la valoración de proyectos de inversión identificando su aplicabilidad al caso inmobiliario y otros sectores económicos.

2.1 Opciones financieras

2.1.1 Que es una opción financiera y tipos de opciones

Una opción financiera se puede definir como “un contrato que da derecho a su tenedor a vender o comprar un activo a un precio pactado durante o en un período de tiempo acordado” (Lamothe Fernández & Pérez Somalo, 2003). De este modo, un contrato de opción difiere de otros tipos de productos financieros como el Forward o el futuro donde las dos partes contraen la obligación de comprar o vender el activo (subyacente).

Las opciones financieras se clasifican según su naturaleza, periodo de ejercicio, tipo de subyacente y la relación del precio de ejercicio o Precio Spot. En la tabla 2, se pueden observar las caracterizaciones de las opciones financieras:

Tabla 2. Tipos de opciones financieras

Parámetro de Clasificación	Clasificación de la Opción
Naturaleza de la Opción	<ul style="list-style-type: none"> ✓ De compra o CALL ✓ De Venta o “PUT”
Periodo de Ejercicio	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Europea ✓ Americana
Subyacente	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Acciones ✓ Activos de Renta Fija ✓ Índices Bursátiles ✓ Divisas ✓ Futuros
Relación Precio de Ejercicio (Strike) / Precio Spot	<ul style="list-style-type: none"> ✓ At the Money ✓ Out the Money ✓ In The Money

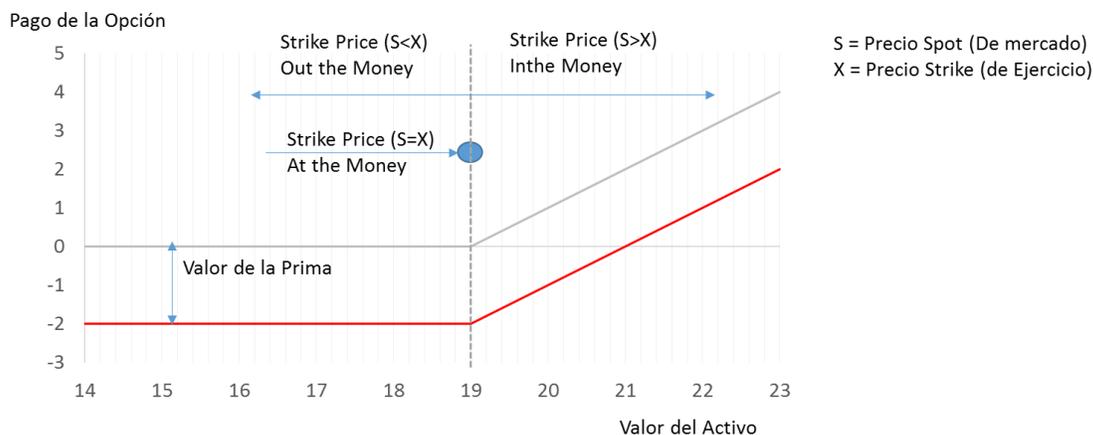
Elaboración: Propia, Adaptada de: (González & Ferrauz, 1994), Fuente: (González & Ferrauz, 1994)

Con relación a la naturaleza de la opción, existen dos tipos: i) la opción Call (Compra), que es cuando el tenedor contrae el derecho a comprar el activo subyacente y ii) la opción Put (Venta), cuando contrae el derecho de venta del activo.

Respecto al periodo para ejercer la opción, esta discriminado igualmente en dos tipos: i) la opción Europea y ii) la opción Americana. Se diferencian en que la primera opción solo se puede ejercer hasta el vencimiento del contrato, para el segundo tipo de opción se ejerce en cualquier momento de la vida del contrato.

En este sentido, el derecho que tiene el tenedor de la opción de ejercer una opción PUT o una Opción Call sobre un subyacente financiero tiene un valor de mercado conocido como la prima de la opción.

Ilustración 3. Valor de una opción Call (Compra)



Fuente: (Gerring, 2009), Elaboración: Propia, Adaptación de (Gerring, 2009)

En la Ilustración 3, se observa un ejemplo de una opción call donde el precio de ejercicio (Strike) del subyacente es \$19 y el valor de la prima es \$2. En este caso, se dice que la

opción esta "*at the money*" si el precio Spot es igual al Precio Strike, si precio Spot es mayor que el precio Strike se dice que esta "*In the money*" y si precio Spot es menor que el precio Strike se dice que está "*Out the money*".

En este sentido, en el ejemplo realizado, la opción es ejercida solo si el precio esta "*In the Money*" (precio Spot es $>$ \$19); de este modo la línea roja de la ilustración ejemplifica la ganancia o pérdida que puede tener el tomador de la opción.

2.1.2 Modelo de Valoración. Valor de la prima de la opción

Los modelos de valoración de opciones están basados en los siguientes parámetros: i) precio de mercado del activo (S), precio de ejercicio (X), tiempo hasta la expiración (t), Rentabilidad (r) y volatilidad del activo (σ).

Este planteamiento fue establecido por los autores Black & Sholes en su investigación "The Pricing of Options and Corporate Liabilities" Dicha investigación fue publicada en 1973 y coincidió con la apertura de las opciones financieras en el mercado regulado de la bolsa de Chicago, hecho que impulso la utilización de esta metodología.

A la fecha, este modelo es el más aceptado y utilizado desde el punto de vista académico y profesional, a tal punto que ha sido base de partida para la creación de nuevos modelos para cuantificar el valor de la opción. De lo anterior, se puede citar algunas investigaciones como el modelo de Black trabajado para un subyacente de contratos a futuro o a plazo o el modelo de Garman y Kohlhagen trabajado para divisas (González & Ferrauz, 1994).

El modelo de Black & Sholes parte de los siguientes supuestos descritos a continuación:

i) Se parte de mercados eficientes en los que no existen costos de información, ni costos de negociación; ii) No se consideran inicialmente los impuestos; iii) los activos financieros son divisibles; iv) las operaciones tienen lugar de forma continua; v) se pueden realizar comprar y ventas a crédito, es decir en descubierto y sin penalizaciones adicionales; vi) los decisores financieros pueden prestar y endeudarse al mismo tanto de interés instantáneo a corto plazo, vii) se supone conocido y fijo el horizonte de planificación y valoración financiera; viii) el activo subyacente, por lo que se refiere a su precio, puede modelizarse dinámicamente con un proceso estocástico continuo del tipo Gauss – Wiener, ix) las opciones son europeas y el subyacente es un contrato a plazo. (González & Ferrauz, 1994, pág. 63).

Bajo estos supuestos se plantea que el valor de una opción call y el valor de una opción Put son cuantificados de acuerdo a la ecuación (1) y (2) descritas a continuación:

$$C = XN(d_1) - e^{-rt} N(d_2) \quad (1)$$

$$P = Ee^{-rt} N(-d_2) - SN(-d_1) \quad (2)$$

Siendo,

$$d_1 = \frac{\left(\text{Log}\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)t\right)}{\sigma\sqrt{t}} \quad ; \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}$$

S: Precio Spot (Mercado) del Activo (Subyacente);

X: Precio Strike (de ejercicio) del activo (Subyacente)

t: Plazo de ejercicio Expresado en Años

r: Tanto instantáneo de capitalización, es decir $\text{Log } e (1+i)$

N: Valor de una función de distribución Normal

2.3 Opciones Reales

Al igual que las opciones financieras, las opciones reales constituyen el derecho más no la obligación de tomar alguna acción, a un costo determinado llamado precio de ejercicio (**X**), por un tiempo determinado (**T**). - Por ejemplo, así como el propietario de una opción Call-Americana, “el inversor en una opción real tendrá entonces el derecho, más no la obligación, de adquirir el valor presente neto de unos flujos de caja esperados futuros, haciendo una inversión ahora o antes de la fecha anticipada en que la oportunidad de inversión dejará de existir” (Trigeorgis, 1996, pág. 124). Para el caso del propietario de una opción Put-Americana, la situación será entonces el derecho, más no la obligación, de vender el valor presente de los flujos de caja esperados ahora o antes de la fecha anticipada cuando la vida de la opción finaliza.

La Tabla 3 representa las equivalencias entre las opciones financieras y las opciones reales.

Tabla 3. Comparativo de opciones financieras y opciones reales

Opción Call (Acciones)		Opción Real (Proyecto)
Valor actual de la acción	S	Valor Presente de los Flujos de Caja esperados
Precio de ejercicio	X	Costo de Inversión
Tiempo de Expiración	T	Tiempo hasta que la oportunidad desaparece
Valor de la acción bajo incertidumbre	σ	Valor de la incertidumbre en el proyecto
Tasa libre de riesgo	r	Tasa libre de riesgo

Fuente: (Trigeorgis, 1996) ; Elaboración: Propia, Adaptada de: (Trigeorgis, 1996, págs. 124-125)

De esta forma, el valor esperado para el proyecto o el portafolio inmobiliario integrando el valor de la opción será mayor y podrá representarse como se presenta en la ecuación (3):

$$\text{Valor Esperado del VPN} = \text{Valor Estático del VPN} + \text{“Valor de la Opción”} \quad (3)$$

Donde:

(i) **Valor Estático del VPN:** Valor presente neto de los flujos de caja esperados por el proyecto o el portafolio de activos de riesgo.

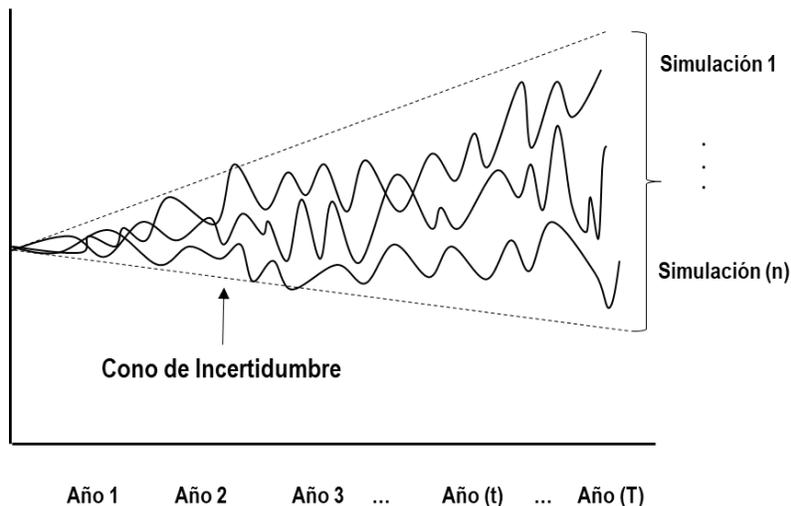
(ii) **Valor de la Opción:** Valor de administrar el portafolio inmobiliario desde una gerencia activa y la interacción de los efectos de la competencia, sinergias e interdependencia entre los proyectos.

En este sentido, la importancia o mayor “**valor de la opción**” podría estar determinado siempre que se cumplan dos condiciones, (1) cuando la incertidumbre es alta y (2) cuando los administradores del activo riesgoso tienen la flexibilidad de responder o tomar acciones frente a dicha incertidumbre (Copeland & Antikarov, 2001, págs. 13-15).

De esta forma, al igual que en las opciones financieras, “la volatilidad podría ser estimada a partir de las desviaciones estándar de los precios históricos o bien a partir estimaciones subjetivas de la volatilidad, basadas en estimaciones de los administradores del activo sobre el cual se ejercería la opción” (Copeland & Antikarov, 2001, págs. 244-245). En el capítulo 3, se abordará la estimación de la volatilidad a partir de simulaciones de Monte Carlo, lo cual permitirá la identificación de múltiples variables de incertidumbre, así como

establecer una única volatilidad e identificar el cono de incertidumbre para el periodo (T) de la opción como se presenta en la Ilustración 5.

Ilustración 5. Representación del cono de incertidumbre por Monte Carlo



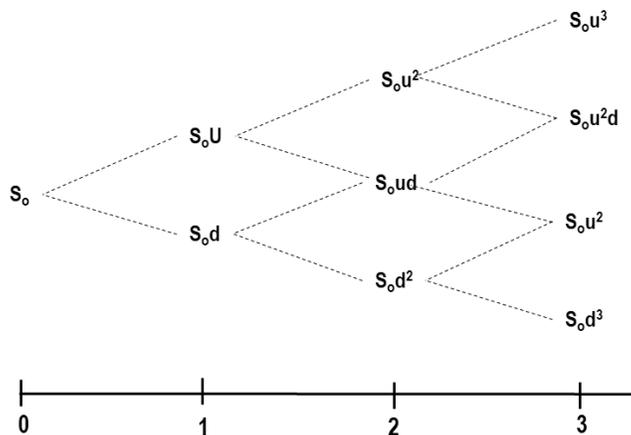
Fuente: (Kodukula & Papudesu, 2006). *Elaboración propia. Adaptada de:* (Kodukula & Papudesu, 2006)

Introducción al Modelo Binomial.

Copeland & Antikarov (2001), utilizaron el modelo binomial para representar la evolución de los posibles valores que puede tomar un activo durante la vida de la opción. En este sentido, el modelo binomial es representado por un retículo¹ binomial o árbol binomial, como se presenta en la ilustración 6, cuyo tamaño estaría definido en función de la vida de la opción. Donde los dos primeros nodos S_{0u} y S_{0d} representan el valor del activo en el periodo (t) y donde los últimos nodos del árbol representan el rango de posibles valores que puede tomar el valor de los activos al final de la vida de la opción (T).

¹ un retículo es una estructura algebraica con dos operaciones binarias, o bien un conjunto parcialmente ordenado con la propiedad fundamental de que toda pareja de elementos tiene un único supremo (o extremo superior) y un único ínfimo (o extremo inferior).

Ilustración 6. Representación genérica del árbol binomial



Fuente: (Cox & Rubinstain, 1985). *Elaboración:* Propia *Adaptada de:* (Cox & Rubinstain, 1985)

El árbol binomial fue introducido Cox & Rubinstain (1985), este implica una metodología que involucra un proceso multiplicativo que inicia con un valor presente neto inicial (S_0) que se mueve “hacia arriba” o “hacia abajo” multiplicando el S_0 por un factor de movimiento (u) donde $u > 1$, o por un factor de movimiento “hacia abajo” (d) donde $d < 1$. (Copeland & Antikarov, 2001, pág. 121)

Cox, Ross, y Rubinstein (1979) derivaron también una relación que permite relacionar los movimientos “hacia arriba” o “hacia abajo” del árbol binomial y las desviaciones estándar (σ) de la TIR de un activo. Donde denominaron (u) los movimientos “hacia arriba” y (d) los movimientos hacia abajo. Donde:

$$u = e^{\sigma\sqrt{T/n}}$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{T/n}}$$

Por su parte, Copeland & Antikarov (2001), presentaron una demostración en la cual dividiendo el periodo de vida del modelo binomial (T) en un numero de pasos (n) cada vez más alto y cuando (n) tiende infinito; en el límite, el modelo binomial se aproxima a el modelo de Black-Scholes.

Adicionalmente, Cox, Ross, y Rubinstein (1979) introdujeron el concepto de probabilidades de riesgo-neutral (o “risk neutral probabilities approach”), el cual establece un método que permite calcular el valor de la opción a partir del descuento de los flujos de caja del árbol binomial con la tasa libre de riesgo. La metodología es utilizada también por (Copeland & Antikarov, 2001), a partir de un enfoque de replicación de portafolios de mercado para la valoración de una opción call. La metodología permiten la derivación de (p) y (q) y refleja las probabilidades que puede tomar la tasa de retorno de un activo en cada periodo donde: $p = \frac{e^{r_f \Delta T} - d}{u - d}$ y $q = 1 - p$.

Finalmente, con el propósito de debatir la aplicabilidad de la valoración por opciones reales (Fernandez, Valoración de opciones reales: Dificultades, problemas y errores, 2008), menciona tres elementos principales: “i) Dificultad en la definición de los parámetros, ii) Dificultad para definir y cuantificar la volatilidad y iii) Dificultad para calibrar la exclusividad de la opción”. En este sentido, es pertinente considerar una adecuada comprensión de los factores que crean incertidumbre para el sector inmobiliario, y por otra parte conocer si el administrador inmobiliario tiene la exclusividad de la opción o bien si tiene la capacidad de ejercerla en cualquier momento.

2.4 Casos de aplicación de opciones reales en proyectos de inversión

Las opciones reales han tenido un amplio marco de aplicación en las finanzas en diversos sectores, como el petrolero, de real estate, aerolíneas, recursos naturales, en procesos de marketing para la introducción de un nuevo producto a un mercado incierto o en etapas de investigación y desarrollo, por diversos autores como Trigeorgis (1996) y Pindyck & Majd (1987).

En el campo del sector inmobiliario o de “Real Estate”, Trigeorgis (1996) adaptó un ejemplo desarrollado por Titman (1985) en el cual realizó una aplicación de las opciones reales utilizando el modelo binomial frente a la decisión de desarrollar tierra urbana vacante en un momento futuro bajo diferentes tipos de construcción, cuando se tiene incertidumbre sobre los precios futuros del mercado inmobiliario.

Así mismo Trigeorgis (1996) realiza una valoración numérica de contratos de arrendamiento vistos como una opción donde su aplicación está en extender, cancelar de forma anticipada o adquirir el activo objeto del contrato de arrendamiento.

Estudios más recientes como el realizado por Geoffrey Gerring (2009) han aplicado las opciones reales a la valoración de proyectos de desarrollo de bienes raíces comerciales, cuantificando el valor que tiene la opción de tomar de decisiones de contraer, expandir o postergar la realización del proyecto.

3. Capítulo 3

Aproximación a un modelo de decisión de inversión para el sector inmobiliario: Valoración por opciones reales

3.1 Caso de Estudio

3.1.1 Descripción del caso de estudio

Con el propósito de aplicar las opciones reales a un caso puntual de estudio, se conformó un portafolio inmobiliario compuesto por inmuebles “tipo” de Bodegas, Oficinas y Call-Center. Dicha composición del portafolio es una representación de un caso real. El nombre de la empresa se omitió por restricciones de confidencialidad. A continuación se detalla la composición del portafolio:

Tabla 4. Composición inicial del portafolio inmobiliario

Tipo de Activo	m2 Inventario	m2 Arrendados (Iniciales)	Vacancia x m2 Inicial (%)	Portafolio por Canon			Portafolio por Valor de Mercado	
				Canon Mensual (\$Mcop)	Vacancia Económica %	% Part	Valor de Mercado Inicial (\$Mcop)	% Part
Bodega	2.000	1.940	3,00%	41,71	3,00%	38,61%	5.000	39,60%
Oficina	1.000	970	3,00%	42,29	3,00%	39,15%	5.000	39,60%
Call Center	350	315	10,00%	24,03	10,0%	22,25%	2.625	20,79%
TOTAL	3.350	3.225	3,73%	108,04	4,65%	100,00%	12.625	100,00%

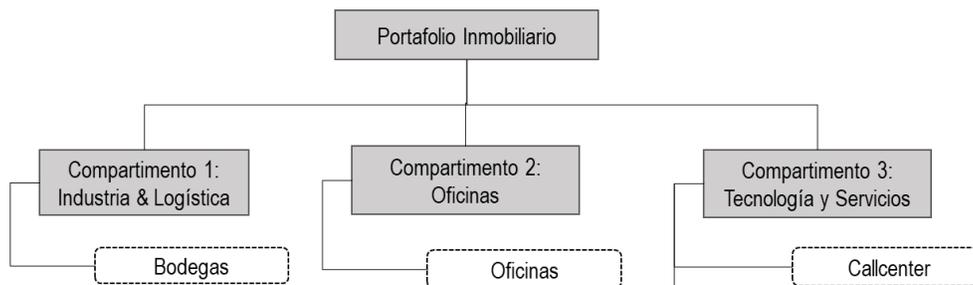
Fuente: Elaboración propia

El portafolio contempla 3.350 m2 de inventario, donde el 38,61% del portafolio según canon de arrendamiento está concentrado en Bodegas, el 39,15% corresponde a oficinas y el 22,25% restante a inmuebles con valor agregado como Callcenter, que integra además del inmueble un componente de tecnología. Así mismo, se contempla una vacancia

económica inicial de 4,65% promedio para el portafolio, donde los Callcenter serían aquellos activos con el mayor índice de vacancia inicial.

Adicionalmente se realizó una división del portafolio por compartimentos según tipo de inmuebles de la siguiente forma:

Ilustración 7. División por compartimento



Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Supuestos del mercado inmobiliario

Para definir los supuestos del modelo, se tomó información del mercado para cada sector, entre los que se encuentran: absorción del mercado, tarifas de arrendamiento, valorización real de los inmuebles y tasas de capitalización promedio del mercado (Caprate). A continuación se presentan los rangos de valores típicos de mercado para cada tipo de inmueble del portafolio:

Tabla 5. Rango de valores típicos del mercado inmobiliario

Composición Inicial del Portafolio	Absorción promedio (meses)	Duración de los contrato (meses)	Tarifa (Arrendamiento) (\$COP / m ²)	% Incremento Anual Tarifa (IPC + Spread)	CapRate (%)	Valorización Real (%)
Bodega	717,5	[12 , 24 , 36 ,48]	21.500	[0% , 1% , 2%]	0,86%	IPC +/- [1% , 2% , 3%]
Oficina	375	[12 , 24 , 36 ,48]	43.600	[0% , 1% , 2%]	0,87%	IPC +/- [1% , 2% , 3%]
Call Center	55	[12 , 24 , 36 ,48]	76.300	[0% , 1% , 2%]	1,02%	IPC +/- [1% , 2% , 3%]

Fuente: Elaboración propia

El IPC, se proyecta de acuerdo a un proxy determinado por la inflación implícita, la cual a partir de información del mercado recoge las expectativas de inflación de los agentes durante el periodo de maduración de los títulos. En este caso, se calcula a partir del “Breakeven inflation (BEI)” la cual se estima comparando el retorno de los TES UVR y los TES Pesos para el periodo comprendido en la valoración del portafolio inmobiliario, se tomó como referencia el trabajo realizado por (Granados, Melo, 2010).

3.2 Metodología para la valoración de un portafolio inmobiliario por opciones reales

La metodología será desarrollada en cuatro grandes pasos adoptados de la metodología expuesta por (Copeland & Antikarov, 2001). Primero, se cuantifica el valor del portafolio inmobiliario y de cada compartimento utilizando la metodología de flujo de caja libre aplicado a un activo inmobiliario. Segundo, se realiza una simulación de Montecarlo sobre el flujo de caja libre planteado para identificar la volatilidad del valor presente neto del portafolio y de cada compartimento. Tercero, se identifica e incorpora la flexibilidad del proyecto por opciones reales. Finalmente, se aplica el método de valoración de opciones reales para las opciones de expansión y contracción a cada uno de los compartimentos planteados para así cuantificar el valor de la opción real. A continuación, se detalla cada uno de los pasos a seguir:

Ilustración 8. Pasos para la valoración por opciones reales



Fuente: Elaboración propia

3.2.1 Paso 1. Valoración por flujo de caja libre tradicional

Proyección de Estados Financieros (EFFF)

Para la proyección de los EFFF del portafolio inmobiliario se consideraron las siguientes variables asociadas a cada tipo de inmueble:

Tabla 6. Principales variables de proyección

	Nombre de la Variable		Compartimento 1	Compartimento 2	Compartimento 3	
1	Absorción promedio	[m ² /mes]	X1	718	375	55
2	Tarifa (Arrendamiento)	[\$COP / m ²]	X2	21.500	43.600	76.300
3	Duración de los contrato	[meses]	X3	36	36	36
4	Incremento Anual Tarifa	[%]	X4	IPC + 0,25%	IPC + 0,25%	IPC + 0,25%
5	Valorización Real	[%]	X5	3%	3%	3%
6	Costos de Mantenimiento	[% Ingresos]	X6	3%	3%	3%
7	Corretaje Arrendamientos	[# de cánones]	X7	2 Cánones	2 Cánones	2 Cánones
8	Corretaje Venta Inmuebles	% Valor Mercado	X8	3,00%	3,00%	3,00%
9	Prediales y pólizas	[% Activos]	X9	1,00%	1,00%	1,00%
10	Costos de Administración	[% Activos]	X10	1,50%	1,50%	1,50%

Fuente: Elaboración propia

Estas variables fueron proyectadas, obteniendo los Flujos de Caja de cada compartimento como se muestra en las tablas 8, 9 y 10. En el **Anexo 1**. Se presentan las proyecciones de los EEFF del portafolio inmobiliario.

Determinación del costo de capital o tasa de descuento del portafolio ($k(p)$)

El costo de capital se determinó a partir de la metodología de CAPM, con un estimado del 11,7%, a continuación se resume el cálculo de la tasa de descuento.

$$K(p) = (1 - Tx)w_D K_D + w_E K_E \quad (1)$$

Es importante mencionar que el flujo de caja se planteó libre de impuestos (Tx) y sin deuda. Por tanto la ecuación (1) queda planteada de la siguiente forma de acuerdo a la metodología del CAPM:

$$K(p) = K_E = Rf + \beta[E(R_m) - Rf] + RP + Dv \quad (2)$$

$$K(p) = 5.18\% + 0,41 \cdot [11.42\% - 5.18\%] + 1,84\% + 2,1\% = 11.7\% \quad (2.1)$$

En el Anexo 2 se detallan los parámetros utilizados para la determinación de la tasa de descuento

Valor de las rentas inmobiliarias, valor de adquisición y valor Terminal

El valor de mercado del activo proviene de tres grandes fuentes: (1) Rentas Inmobiliarias (V_R): Las cuales representan los ingresos provenientes de los arrendamientos menos los gastos asociados a la tenencia u operación del activo (también llamado NOI o Net Operating Income por sus siglas en ingles), los cuales se les resta los gastos administrativos y dichos flujos serán descontados a una tasa $K(p)$. (2) La segunda fuente de valor es el

valor terminal (V_M): el cual representa el valor comercial del activo en el último periodo de proyección descontado al $K(p)$ calculado. Y (3) por el valor de adquisición (V_A): el cuál es el valor al cual es adquirido el inmueble generador de rentas al inicio del periodo de proyección. Entonces, el valor presente neto del portafolio del inmueble estará determinado por:

$$VPN(p) = -V_A + V_R + V_M \quad (3)$$

$$VPN(p) = -V_A + \sum_{t=1}^T \frac{NOI_t - \text{Gastos Administrativos}_t}{(1-K(p)_t)^t} + \frac{V_M}{(1-K(p)_T)^T} \quad (3.1)$$

Donde el valor comercial (V_M) se define en la ecuación (4):

$$V_M = \alpha V_A (1 + v_N)^T + (1 - \alpha) V_A (f) (1 + \pi)^T. \quad (4)$$

Donde (v_N) representa la valorización nominal anual de los activos inmobiliarios dada por la inflación del año t y la valorización esperada anual (v_R). Y donde f representa el factor de descuento ajustado por los años de depreciación de los equipos asociados a cada tipo de inmueble, como se presenta en la ecuación (4.1) y (4.2) respectivamente:

$$\text{Donde:} \quad v_N = (1 + \pi)(1 + v_R) \quad (4.1)$$

$$\text{Y:} \quad f = 1 - \left(\frac{1}{D}\right)^T \quad (4.2)$$

De esta forma, el valor terminal del activo (V_M) será entonces calculado mediante la metodología de valorización anual del inmueble, el cual es ajustado por la pérdida de valor del inmueble resultado de la depreciación que tengan los equipos de acuerdo a su factor de vida útil. A continuación, se detallan los parámetros descritos en la ecuación (4):

Tabla 7. Principales parámetros para el cálculo del valor terminal del activo inmobiliario

	Nombre de la Variable				Compartim ento 1	Compartim ento 2	Compartim ento 3
11	Activos inmobiliarios que se valorizan	[%]	α	X11	100%	100%	70%
12	% Equipos (o activos que no tienen valorización)	[%]	$1 - \alpha$	X12	0%	0%	30%
13	Periodo de proyección	[años]	T	X13	10 años	10 años	10 años
14	Periodo de depreciación	[años]	D	X14	n.a	n.a	12 años

Fuente: Elaboración propia

Con los supuestos anteriores se obtiene el flujo de caja para cada compartimento como se presenta a continuación:

Flujo de Caja Esperado para compartimento 1:

Tabla 8. Flujo de caja esperado del compartimento 1 (Proyección del año 1 al 10)

Flujo de Caja Esperados para el Portafolio Inmobiliario	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	
UTILIDAD OPERACIONAL	(14)=(1)-(4)-(10)-(11)	729	592	792	828	669	906	949	775	1039	350	
Valor de Adquisición	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3956	
Valorización	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5000	
Valor Terminal del Inmueble	(17) = (15)+(16)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8956	
Valor Terminal de los Equipos	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Capex (Inmueble)	19	5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Capex (Equipos y/o Mobiliario)	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Capex Total	21	5000	0									
FCL Rentas Inmobiliarias	(22)=- (20)+(14)+(18)-(3)	0	373	224	414	425	240	448	460	254	485	350
FCL Valorización	(23)=- (19)+(17)	-5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8956
FCL del Compartimento	(24)= (23)+(22)	-5000	373	224	414	425	240	448	460	254	485	9306

Fuente: Elaboración propia

Flujo de Caja Esperado para compartimento 2:**Tabla 9. Flujo de caja esperado del compartimento 2 (Proyección del año 1 al 10)**

Flujo de Caja Esperados para el Portafolio Inmobiliario	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
UTILIDAD OPERACIONAL (14)=(1)-(4)-(10)-(11)		736	597	799	836	675	915	957	781	1049	359
Valor de Adquisición	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3956
Valorización	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5000
Valor Terminal del Inmueble	(17) = (15)+(16)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8956
Valor Terminal de los Equipos	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capex (Inmueble)	19	5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capex (Equipos y/o Mobiliario)	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capex Total	21	5000	0	0							
FCL Rentas Inmobiliarias (22)=- (20)+(14)+(18)-(3)	0	380	230	421	433	246	457	469	261	494	359
FCL Valorización (23)=- (19)+(17)	-5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8956
FCL del Compartimento (24)= (23)+(22)	-5000	380	230	421	433	246	457	469	261	494	9315

Fuente: Elaboración propia

Flujo de Caja Esperados para compartimento 3:**Tabla 10. Flujo de caja esperado del compartimento 3 (Proyección del año 1 al 10)**

Flujo de Caja Esperados para el Portafolio Inmobiliario	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
UTILIDAD OPERACIONAL (14)=(1)-(4)-(10)-(11)		369	224	428	446	253	485	506	527	307	262
Valor de Adquisición	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1454
Valorización	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2625
Valor Terminal del Inmueble	(17) = (15)+(16)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4079
Valor Terminal de los Equipos	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	194
Capex (Inmueble)	19	1838	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capex (Equipos y/o Mobiliario)	20	788	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capex Total	21	2625	0								
FCL Rentas Inmobiliarias (22)=- (20)+(14)+(18)-(3)	-788	238	89	289	298	95	316	326	336	103	456
FCL Valorización (23)=- (19)+(17)	-1838	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4079
FCL del Compartimento (24)= (23)+(22)	-2625	238	89	289	298	95	316	326	336	103	4535

Fuente: Elaboración propia

Resultados de la valoración por método tradicional de FCL

A partir de la evaluación por FCL del modelo del portafolio inmobiliario se obtuvo un VPN de 369 MCOP para el total del portafolio y una rentabilidad del 12,12%. Los resultados para cada uno de los compartimentos evaluados, sin incorporar flexibilidad e incertidumbre es el siguiente:

Tabla 11. Resultados de la valoración por FLC

	Portafolio Inmobiliario	Compartimento 1	Compartimento 2	Compartimento 3
VPN	149	26	68	103
TIR	11.87%	11.77%	11,89%	12,28%
Tasa de Descuento	11,70%	11.70%	11.70%	11.70%

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Paso 2. Simulación de Montecarlo

Con el propósito de incorporar elementos de incertidumbre asociados al mercado inmobiliario se utilizará el método de simulaciones de Monte Carlo (McLeish, 2005). Para ello se identificarán las variables de incertidumbre asociadas a un portafolio de activos inmobiliarios, seguido se realizará un análisis de Tornado utilizando la herramienta **Crystal Ball®**, lo cual permitirá identificar cual es la sensibilidad de dichas variables sobre la rentabilidad del portafolio. Finalmente se calculará el VPN, la TIR, el valor de mercado y la volatilidad. Para esta última salida del modelo se tomará la volatilidad de la tasa interna de retorno obtenida a partir simulaciones de Monte Carlo, utilizada por (Copeland & Antikarov, 2001, págs. 245-246).

Variables de incertidumbre

El siguiente paso en la evaluación del VPN sin la flexibilidad de las opciones reales, consiste en determinar las principales variables bajo incertidumbre. En la tabla 12, se presentan las variables cuyas distribuciones de probabilidad fueron personalizadas y ajustadas al juicio de expertos en el sector.

Tabla 12. Principales variables de incertidumbre

	Nombre de las variables		Yi
1	Absorción promedio	[meses]	Y1
2	Tarifa (Canon Arrendamiento)	[\$COP / m2]	Y2
3	Duración de los contrato	[meses]	Y3
4	Incremento Anual Tarifa	[%]	Y4
5	Valorización Real	[%]	Y5
6	Probabilidad de renovación del contrato	[%]	Y6

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a una valoración realizada a funcionarios de la compañía objeto de estudio y con más de 20 años de experiencia acumulada en el sector inmobiliario se establecieron las siguientes distribuciones de probabilidad personalizadas para cada variable de incertidumbre, donde P (Yi) representa la probabilidad de ocurrencia de la variable Yi:

Tabla 13. Distribución de probabilidad de variables de incertidumbre

Y1:				Y2:			
Compartimento 1	Absorción [m2/mes]	P(Y1)	Probabilidad Acumulada	Compartimento 1	Canon (Y2)	P(Y2)	Probabilidad Acumulada
Optimista	900,00	35%	35%	Optimista	23.000	40%	40%
Más probable	750,00	45%	80%	Más probable	21.000	50%	90%
Pesimista	150,00	20%	100%	Pesimista	19.500	10%	100%
TOTAL		100%		TOTAL		100%	
Compartimento 2	Absorción [m2/mes]	P(Y1)	Probabilidad Acumulada	Compartimento 2	Canon (Y2)	P(Y2)	Probabilidad Acumulada
Optimista	600,00	25%	25%	Optimista	48.000	50%	50%
Más probable	450,00	30%	55%	Más probable	42.000	30%	80%
Pesimista	200,00	45%	100%	Pesimista	35.000	20%	100%
TOTAL		100%		TOTAL		100%	
Compartimento 3	Absorción [m2/mes]	P(Y1)	Probabilidad Acumulada	Compartimento 3	Canon (Y2)	P(Y2)	Probabilidad Acumulada
Optimista	85,00	40%	40%	Optimista	80.000	50%	50%
Más probable	40,00	50%	90%	Más probable	75.000	30%	80%
Pesimista	10,00	10%	100%	Pesimista	69.000	20%	100%
TOTAL		100%		TOTAL		100%	

Y3:

Y4:

Duración de los contratos	Duración de Contratos (Y3)	P(Y3)	Probabilidad Acumulada	Casos Spread	Spread (Y4)	Probabilidad Acumulada	P(Y4)
Opción de contrato 1	12	40%	40%	Spread 0%	0%	80%	80%
Opción de contrato 2	24	35%	75%	Spread 1%	1%	95%	15%
Opción de contrato 3	36	20%	95%	Spread 2%	2%	100%	5%
Opción de contrato 4	60	5%	100%	TOTAL			100%
Opción de contrato 5	84	0%	100%				
Opción de contrato 6	120	0%	100%				

Y5:

Y6:

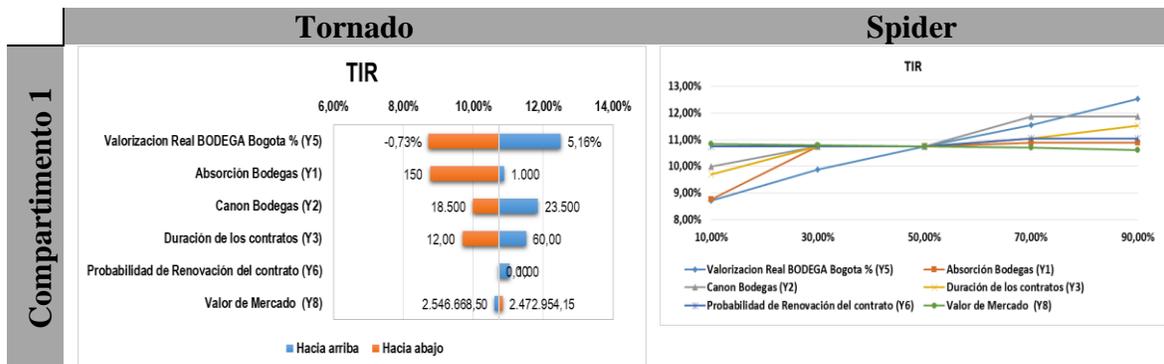
Valorización Real	Y5 (Más probable)	Min	Max	Distribución	Condición de Probabilidad de salida	Condición	P(Y6)	Distribución
Bodega	3,00%	5,00%	7,00%	Beta-pert	Probabilidad de renovación del Contrato	Si: P(Y6) > y	50%	Binomial
Oficina	3,00%	5,00%	7,00%	Beta-pert				
Callcenter	3,00%	5,00%	7,00%	Beta-pert				

Fuente: Elaboración propia

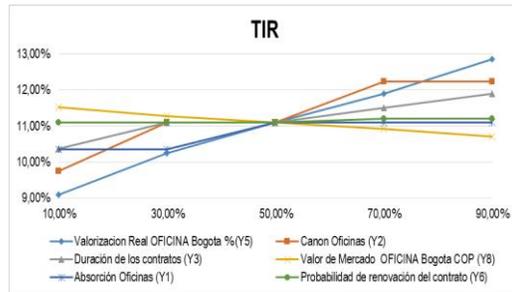
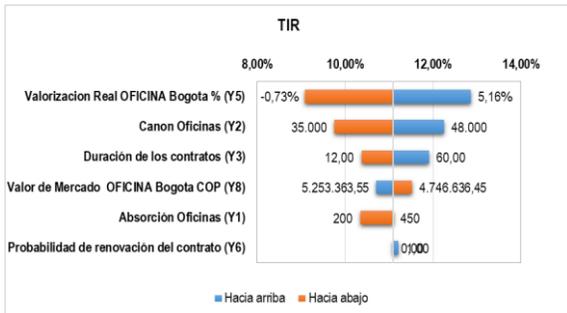
Análisis de sensibilidad del FCL (Análisis de Tornado y Spider)

Posteriormente bajo la metodología de simulaciones de Montecarlo, se realizaron 1.000 simulaciones para el VPN y la rentabilidad de cada compartimento. Así mismo, con el propósito de conocer cuáles son las variables que presentan una mayor incidencia sobre el VPN y la TIR de cada compartimento se realizó un análisis de Tornado y Spider con los siguientes resultados:

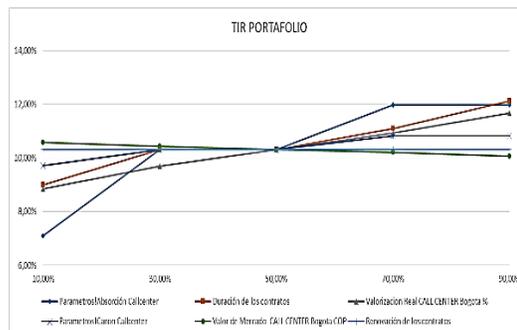
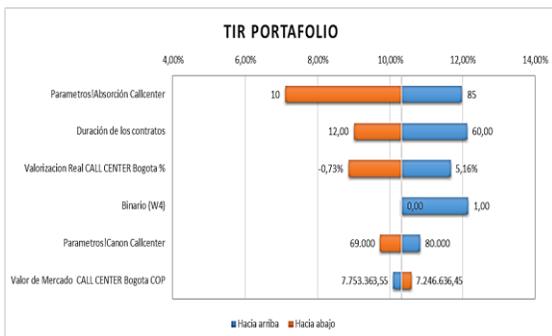
Tabla 14. Análisis d tornado y Spider por compartimento



Compartimento 2



Compartimento 3



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados anteriores es posible evidenciar que la valorización real (v_R) resulta ser la variable que más peso tiene en la valoración del compartimento 1 y 2, en una segunda instancia están las condiciones propias del contrato como el canon de arrendamiento, la duración del contrato y la absorción del mercado. Finalmente, está el valor de adquisición de cada inmueble, lo cual es esperado ya que el mercado establece los precios de los inmuebles por tanto hay una incertidumbre menor en éste componente.

Para el caso del compartimento tres estas variables son diferentes, dado la particularidad del activo, donde su componente tecnológico reduce la valorización del inmueble respecto

al valor de adquisición. En este sentido, la variable que mayor impacto tiene en la volatilidad del compartimento es la absorción del mercado y la duración de los contratos.

De esta forma, se obtiene el valor y la rentabilidad del portafolio inmobiliario para cada compartimento usando simulación de Montecarlo (Anexos 3, 4, 5 y 6), como se presenta en la Tabla15.

Tabla 15. Resultados simulación de Montecarlo

		Portafolio Inmobiliario	Compartimento 1	Compartimento 2	Compartimento 3
Tasa de Descuento	$(R_{(P)})$	11.70%	11.70%	11,70%	11.70%
Volatilidad de la TIR	$(\sigma_{(P)})$	10,67%	16,94%	16,01%	15.96%
TIR	TIR	11.29%	11,06%	11,34%	11.61%
VPN Con Inversión	$(VPN_{(P)})$	-(328)	-(188)	-(97)	-(7)
Valor de Adquisición	(V_A)	12.636	5.020	5.007	2.623
VPN Sin Inversión	$(V_M) - (V_A)$	12.308	4.832	4.910	2.616
Valor terminal	(V_M)	21.140	8.634	8.655	3.939

Fuente: Elaboración propia

3.2.3 Paso 3. Definir e incorporar flexibilidad del proyecto con opciones reales

Hasta el momento se obtuvo un VPN por el método tradicional para cada compartimento, posteriormente se calculó el mismo VPN asumiendo ciertas variables de incertidumbre propias del negocio inmobiliario que agregan volatilidad a los FC proyectados. Ahora queda por incorporar el componente de flexibilidad que agregan las OR a la valoración del portafolio inmobiliario.

En este sentido, para efectos de acotar las opciones que puede tener un administrador de portafolios inmobiliarios a lo largo de la vida del portafolio se pueden identificar dos posibles acciones:

Tabla 16. Definición del tipo de opciones reales para el portafolio inmobiliario

Acción	Descripción	Tipo de Opción	Opción Real
Vender un activo inmobiliario	El administrador tendrá el derecho más no la obligación de vender un activo de su portafolio a un comprador estratégico u ofrecer una participación en el mercado.	Opción Put	Contracción
Adquirir un activo inmobiliario	El administrador tendrá el derecho más no la obligación de adquirir un activo inmobiliario generador de renta que sumará al portafolio bajo administración.	Opción Call	Expansión

Fuente: Elaboración propia

Factores que determinan el valor de una opción real

El VPN, calculado en el paso 1, es un criterio que no incorpora la flexibilidad del administrador del portafolio la cual eventualmente permitiría posponer la adquisición o venta de un activo inmobiliario hasta cuando sea viable. De esta forma, con la adaptación realizada de las opciones reales a un portafolio inmobiliario se pueden caracterizar los tipos de opciones como se presenta en las ecuaciones (5) y (6).

Formulación para la valoración de opciones reales para el portafolio inmobiliario

Opción Expandir

Como se muestra en la tabla 16, en esta opción el administrador tendrá el derecho más no la obligación de adquirir un activo inmobiliario generador de renta que sumará al portafolio bajo administración. Esta opción se comporta como una opción CALL americana y su valor (VOR) podría ser representado de la siguiente forma:

$$VOR_i = \max \left[\%xVPN_p - V_{M_{t=T}}; 0 \right] \quad \forall i \in \text{Compartimentos} \quad (5)$$

En este caso el valor de la opción real de expansión captura la flexibilidad que tiene el administrador del portafolio de decidir si no realiza la adquisición en cuyo caso el $VOR_i = 0$ o de decidir si realiza la adquisición de un nuevo inmueble generador de renta que incremente el valor del portafolio inicial en $(\%x)$ a cambio de una inversión en el nuevo activo por valor de (V_M) . En este caso, el incremento en el valor del portafolio inicial $VPN(i)$ estará dado por la razón entre el valor del portafolio inicial con la nueva adquisición $VPN(A + i)$ y $VPN(i)$ como se presenta en la ecuación (6):

$$\text{Donde: } \%x = \frac{VPN(A+i)_{t=1}}{VPN(i)_{t=1}} \quad (6)$$

Opción de contraer

Para está opción, el administrador tendrá el derecho más no la obligación de vender un activo inmobiliario generador de renta a un valor de mercado dado (V_R) . Esta opción se comporta como una opción PUT americana y su valor podría ser representado de la siguiente forma:

$$VOR_i = \max \left[VPN_p; V_M \right] \quad \forall i \in \text{Compartimentos} \quad (7)$$

$$\text{Donde: } V_M : (\text{Ver ecuación 4}) \quad (8)$$

En este caso, el valor de la opción real de contraer captura la flexibilidad que tiene el administrador del portafolio de decidir si realiza la venta del activo en cuyo caso $VOR_i = V_M$, en el caso contrario se mantendría el valor presente inicial del portafolio sin la venta es decir el $VOR_i = VPN_p$,

3.2.4 Paso 4. Calculo del valor de la opción para el caso de estudio

En la tabla 17, se presenta un cuadro de equivalencias entre las variables requeridas para aplicar las opciones reales y las variables obtenidas en el Paso 2.

Tabla 17. Parámetros y equivalencias entre las opciones reales y el VPN ajustado por riesgo

	Equivalencias Opciones Reales y VPN tradicional			Opción de Expansión			Opción de Contracción		
	Opciones Reales	Opción de Expansión	Opción de Contracción	C1	C2	C3	C1	C2	C3
17	r_f	K(p)	K(p)	11,70%	11,70%	11,70%	11,70%	11,70%	11,70%
18	S	$VPN(p) - V_A$	$VPN(p) - V_A$	4.832	4.910	2.616	4.832	4.910	2.616
19	X	V_M	V_M	8.634	8.655	5.627	8.634	8.655	3.939
20	σ	σ_{TIR}	σ_{TIR}	16.94%	16.01%	15.96%	16.94%	16.01%	15.96%
21	T	Periodo Valoración	Periodo Valoración	10 años	10 años	10 años	10 años	10 años	10 años
22	n	No. de pasos	No. de pasos	10	10	10	10	10	10
23	ΔT	T/n	T/n	1	1	1	1	1	1
24	$factor\ 1$	$e^{-r_f \Delta T}$	$e^{-r_f \Delta T}$	0.889	0.889	0.889	0.88	0.889	0.889
25	$factor\ 2$	$e^{r_f \Delta T}$	$e^{r_f \Delta T}$	1.124	1.124	1.124	1.12	1.124	1.124
26	u	$e^{\sigma \sqrt{\Delta T}}$	$e^{\sigma \sqrt{\Delta T}}$	1.18	1.17	1.17	1.18	1.17	1.17
27	d	$1/u$	$1/u$	0.84	0.85	0.85	0.84	0.85	0.85
28	P	$\frac{factor\ 2 - d}{u - d}$	$\frac{factor\ 2 - d}{u - d}$	0.822	0.846	0.847	0.822	0.846	0.847
29	Q	$\frac{u - d}{1 - P}$	$\frac{u - d}{1 - P}$	0.177	0.154	0.152	0.17	0.154	0.152

Fuente: Elaboración propia

Valor del portafolio con opciones reales

Opción de Expandir

Ilustración 9. Árbol binomial – Opción de Expandir (Compartimento 1)

		Opción de Expandir - Compartimento 1										
		Hoy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VPNp (i)												26.291,9
											22.194,9	43.895,4
										18.736,3	36.663,1	18.736,3
									15.816,6	30.601,1	15.816,6	28.799,7
								13.351,9	25.522,3	13.351,9	23.919,8	13.351,9
							11.271,3	21.269,1	11.271,3	19.843,6	11.271,3	18.042,2
						9.514,9	17.709,2	9.514,9	16.441,1	9.514,9	14.838,6	9.514,9
					8.032,2	14.731,2	8.032,2	13.603,1	8.032,2	12.177,5	8.032,2	10.376,1
			6.780,6	12.241,5	6.780,6	11.237,9	6.780,6	9.969,6	6.780,6	8.367,1	6.780,6	
		5.724,0	10.161,4	5.724,0	9.269,0	5.724,0	8.141,1	5.724,0	6.714,5	5.724,0	4.913,1	
VPNp (i)	4.832,000	8.424,8	4.832,0	7.631,8	4.832,0	6.630,4	4.832,0	5.364,8	4.832,0	3.755,4	4.832,0	
VPN + VOR	6.976,418	4.079,0	6.272,5	4.079,0	5.385,5	4.079,0	4.269,5	4.079,0	2.865,2	4.079,0	1.020,0	
		5.145,7	3.443,4	4.362,7	3.443,4	3.385,6	3.443,4	2.182,3	3.443,4	746,2	3.443,4	
			3.524,8	2.906,8	2.675,9	2.906,8	1.659,6	2.906,8	545,9	2.906,8	-	
				2.108,6	2.453,9	1.260,2	2.453,9	399,3	2.453,9	-	2.453,9	
					955,7	2.071,5	292,1	2.071,5	-	2.071,5	-	
						213,7	1.748,7	-	1.748,7	-	1.748,7	
							-	1.476,2	-	1.476,2	-	
								-	1.246,2	-	1.246,2	
VOR	2.144,418											
Va	5.020,000									1.052,0		
VPN(P)	1.956,418										888,0	

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 10. Árbol binomial – Opción de Expandir (Compartimento 2)

		Opción de Expandir - Compartimento 2										
		Hoy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VPNp (i)												24.343,7
											20.742,3	39.764,7
										17.673,6	33.557,1	17.673,6
									15.059,0	28.303,7	15.059,0	26.497,9
								12.831,1	23.859,3	12.831,1	22.253,0	12.831,1
							10.932,9	20.100,9	10.932,9	18.671,9	10.932,9	16.866,1
						9.315,4	16.923,8	9.315,4	15.652,5	9.315,4	14.046,1	9.315,4
					7.937,3	14.239,1	7.937,3	13.108,2	7.937,3	11.679,2	7.937,3	9.873,4
				6.763,0	11.971,6	6.763,0	10.965,6	6.763,0	9.694,3	6.763,0	8.088,0	6.763,0
			5.762,5	10.057,5	5.762,5	9.162,7	5.762,5	8.032,0	5.762,5	6.602,5	5.762,5	4.796,7
VPNp (i)	4.910,000	8.442,5	4.910,0	7.646,9	4.910,0	6.642,1	4.910,0	5.372,7	4.910,0	3.762,3	4.910,0	
VPN + VOR	7.080,649	4.183,6	6.373,8	4.183,6	5.482,1	4.183,6	4.359,1	4.183,6	2.946,1	4.183,6	1.111,0	
		5.305,5	3.564,7	4.515,9	3.564,7	3.527,1	3.564,7	2.303,5	3.564,7	836,2	3.564,7	
			3.712,7	3.037,3	2.846,7	3.037,3	1.798,6	3.037,3	629,3	3.037,3	-	
				2.292,1	2.588,0	1.402,5	2.588,0	473,6	2.588,0	-	2.588,0	
					1.092,3	2.205,1	356,5	2.205,1	-	2.205,1	-	
						268,3	1.878,9	-	1.878,9	-	1.878,9	
							-	1.600,9	-	1.600,9	-	
								-	1.364,1	-	1.364,1	
VOR	2.170,649											
Va	5.007,0											990,3
VPN(P)	2.073,649											-

Fuente: Elaboración propia

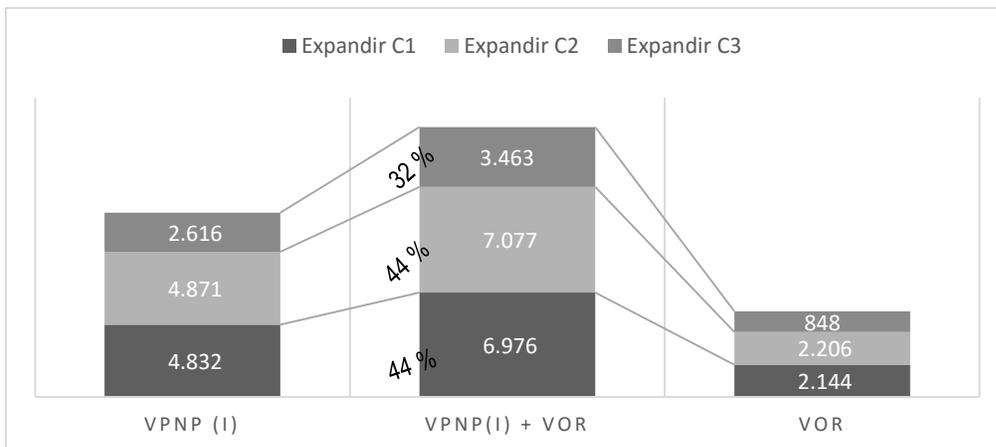
Ilustración 11. Árbol binomial – Opción de Expandir (Compartimento 3)

	Hoy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VPNP (i)											12.905,4
VPNP (i) + OR	2.616,0	4.147,2	4.960,1	3.068,7	4.379,2	3.068,7	3.646,1	3.068,7	2.721,0	3.068,7	1.539,2
	3.463,6	2.230,1	3.006,6	2.230,1	2.434,2	2.230,1	1.725,2	2.230,1	874,6	2.230,1	-
		2.485,0	1.901,1	1.981,8	1.901,1	1.368,0	1.901,1	659,3	1.901,1	-	1.901,1
			1.609,9	1.620,7	1.082,1	1.620,7	497,0	1.620,7	-	1.620,7	-
				854,0	1.381,6	374,7	1.381,6	-	1.381,6	-	1.381,6
					282,4	1.177,8	-	1.177,8	-	1.177,8	-
						-	1.004,1	-	1.004,1	-	1.004,1
							-	855,9	-	855,9	-
								-	729,7	-	729,7
VOR	848										
Va	2.623										
VPN (P)	841										

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la ilustración 12, el valor de la opción real de expandir es de 5.720 MCOP, lo que implica un incremento de 46.44% respecto al valor presente inicial sin opciones reales. Es decir, el componente de flexibilidad al momento de adquirir un nuevo inmueble para el portafolio podría incrementar en un 44% para la opción de expandir en el compartimento 1 – 2 respectivamente y 32% para el compartimento 3.

Ilustración 12. Valor de la opción expandir frente al valor presente neto inicial del portafolio



Fuente: Elaboración propia

Opción de Contraer

Ilustración 13. Árbol binomial – Opción de Contraer (Compartimento 1)

		Opción de Contraer - Compartimento 1										
		Hoy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VPNp (i)											22.194,9	26.291,9
										18.736,3	18.736,3	18.736,3
									15.816,6	15.816,6	15.816,6	15.816,6
								13.351,9	13.351,9	13.351,9	13.351,9	13.351,9
						9.514,9	11.271,3	11.271,3	11.271,3	11.271,3	11.271,3	11.271,3
					8.032,2	8.032,2	8.032,2	8.032,2	8.032,2	8.032,2	8.032,2	8.032,2
				6.780,6	6.780,6	6.780,6	6.780,6	6.780,6	6.780,6	6.780,6	6.780,6	6.780,6
			5.724,0	6.813,3	5.724,0	6.859,2	5.724,0	6.976,3	5.724,0	7.304,1	5.724,0	6.834,0
		4.832,000	5.771,0	4.832,0	5.836,0	4.832,0	5.997,9	4.832,0	6.423,1	4.832,0	7.680,7	4.832,0
	VPNp(i) + VOR	4.894,639	4.079,0	4.978,1	4.079,0	5.177,1	4.079,0	5.659,4	4.079,0	6.832,6	4.079,0	8.634,0
VOR			4.257,8	3.443,4	4.484,9	3.443,4	4.994,6	3.443,4	6.078,2	3.443,4	7.680,7	3.443,4
				3.898,1	2.906,8	4.414,0	2.906,8	5.407,1	2.906,8	6.832,6	2.906,8	8.634,0
					3.905,3	2.453,9	4.810,1	2.453,9	6.078,2	2.453,9	7.680,7	2.453,9
						4.279,0	2.071,5	5.407,1	2.071,5	6.832,6	2.071,5	8.634,0
							4.810,1	1.748,7	6.078,2	1.748,7	7.680,7	1.748,7
								5.407,1	1.476,2	6.832,6	1.476,2	8.634,0
									6.078,2	1.246,2	7.680,7	1.246,2
										6.832,6	1.052,0	8.634,0
											7.680,7	888,0
												8.634,0
VOR	62,639											
Va	5.020,000											
VPN (P)	- 125,361											

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 14. Árbol binomial – Opción de Contraer (Compartimento 2)

		Opción de Contraer - Compartimento 2										
		Hoy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VPNp (i)											20.742,3	24.343,7
										17.673,6	17.673,6	17.673,6
									15.059,0	15.059,0	15.059,0	15.059,0
								12.831,1	12.831,1	12.831,1	12.831,1	12.831,1
						9.315,4	10.932,9	10.932,9	10.932,9	10.932,9	10.932,9	10.932,9
					7.937,3	9.322,0	7.937,3	9.331,4	7.937,3	9.350,9	7.937,3	9.315,4
				6.763,0	7.949,6	6.763,0	7.970,0	6.763,0	8.027,1	6.763,0	8.196,4	6.763,0
			5.762,5	6.782,9	5.762,5	6.816,8	5.762,5	6.914,4	5.762,5	7.223,3	5.762,5	8.655,0
		4.910,0	5.791,4	4.910,0	5.839,9	4.910,0	5.975,3	4.910,0	6.374,5	4.910,0	7.699,4	4.910,0
	VPNp(i) + VOR	4.949,0	4.183,6	5.011,9	4.183,6	5.179,4	4.183,6	5.632,1	4.183,6	6.849,2	4.183,6	8.655,0
VOR			4.309,4	3.564,7	4.502,1	3.564,7	4.981,2	3.564,7	6.093,0	3.564,7	7.699,4	3.564,7
				3.923,4	3.037,3	4.409,4	3.037,3	5.420,2	3.037,3	6.849,2	3.037,3	8.655,0
					3.906,1	2.588,0	4.821,8	2.588,0	6.093,0	2.588,0	7.699,4	2.588,0
						4.289,4	2.205,1	5.420,2	2.205,1	6.849,2	2.205,1	8.655,0
							4.821,8	1.878,9	6.093,0	1.878,9	7.699,4	1.878,9
								5.420,2	1.600,9	6.849,2	1.600,9	8.655,0
									6.093,0	1.364,1	7.699,4	1.364,1
										6.849,2	1.162,3	8.655,0
											7.699,4	990,3
												8.655,0
VOR	39,0											
Va	5.007,0											
VPN (P)	- 58,0											

Fuente: Elaboración propia

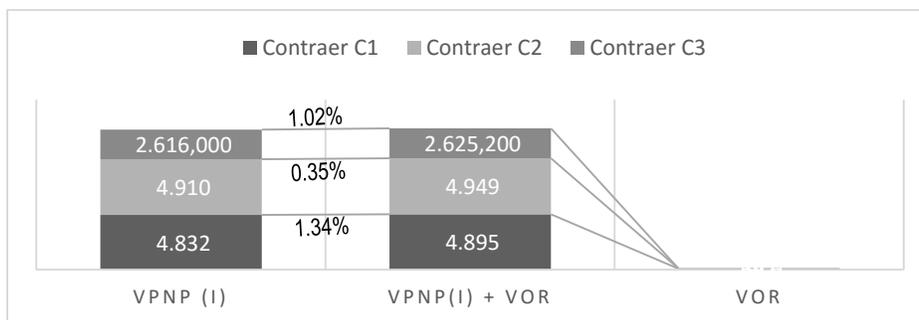
Ilustración 15. Árbol binomial – Opción de Contraer (Compartimento 3)

	Hoy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
VPNp (i) VPNp (i) + OR											12.905,4	
										11.001,7	12.905,4	
									9.378,7	11.001,7	9.378,7	
								6.815,8	7.995,2	9.378,7	7.995,2	6.815,8
						4.953,3	5.810,4	6.815,9	5.810,4	6.815,8	5.810,4	6.815,8
					4.222,6	4.954,5	4.222,6	4.956,3	4.222,6	4.959,5	4.222,6	4.953,3
			3.599,7	3.604,0	3.068,7	3.611,2	3.068,7	3.631,7	3.068,7	3.693,5	3.068,7	3.599,7
		2.616,0	3.075,2	2.616,0	3.086,2	2.616,0	3.117,0	2.616,0	3.207,5	2.616,0	3.504,1	2.616,0
		2.625,2	2.230,1	2.640,3	2.230,1	2.681,1	2.230,1	2.794,3	2.230,1	3.117,2	2.230,1	3.939,0
			2.261,4	1.901,1	2.311,4	1.901,1	2.441,3	1.901,1	2.773,0	1.901,1	3.504,1	1.901,1
			1.997,2	1.620,7	2.138,2	1.620,7	2.466,8	1.620,7	3.117,2	1.620,7	3.939,0	
				1.876,9	1.381,6	2.194,4	1.381,6	2.773,0	1.381,6	3.504,1	1.381,6	
					1.952,1	1.177,8	2.466,8	1.177,8	3.117,2	1.177,8	3.939,0	
						2.194,4	1.004,1	2.773,0	1.004,1	3.504,1	1.004,1	
							2.466,8	855,9	3.117,2	855,9	3.939,0	
								2.773,0	729,7	3.504,1	729,7	
VOR									3.117,2	622,0	3.939,0	
Va										3.504,1	530,3	
VPN (P)											3.939,0	

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la ilustración 16 el valor de la opción real de contraer es de 9.2 MCOP, lo que implica un incremento de 1.02% respecto al valor presente inicial sin opciones reales. Es decir, el componente de flexibilidad al momento de adquirir un nuevo inmueble para el portafolio podría incrementar en un 1.07% para la opción de expandir en el compartimento 1 y en un 1.34% y 0.35% para el compartimento 2 y 3 respectivamente.

Ilustración 16. Valor de la opción contraer frente al valor presente neto inicial del portafolio

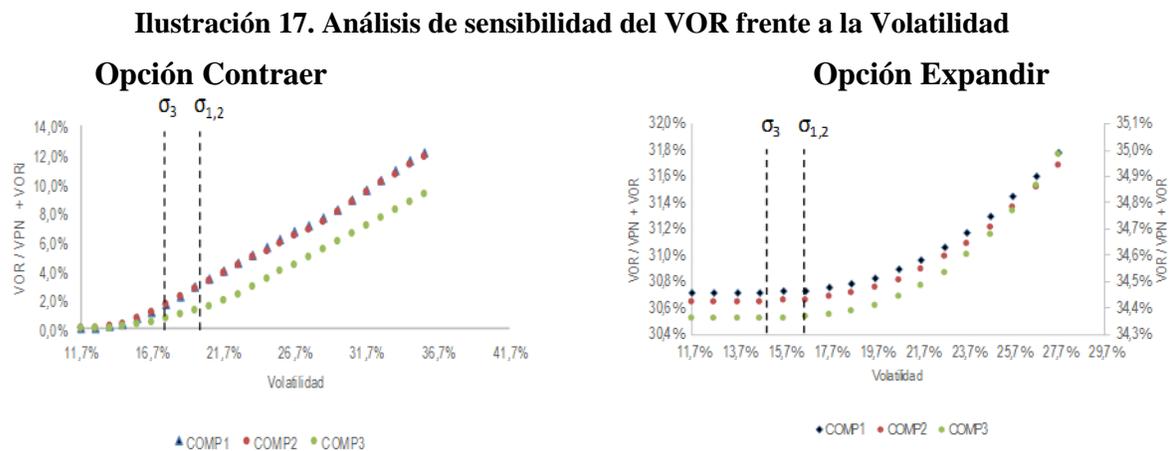


Fuente: Elaboración propia

Sensibilidad sobre opciones reales

Para contar con un mejor entendimiento de que tan sensible es el valor de las flexibilidad a los diferentes factores, se tomó como referencia el ejemplo desarrollado por (Trigeorgis, 1996. P.360-361), con el propósito de evaluar el valor de la opción real cambiando de la volatilidad (σ), la tasa interés $K(p)$ y el valor de mercado de los activos (V_A) a continuación se detalla el análisis realizado para cada una de las variables.

En la ilustración 17 se aprecia que para la opción contraer y expandir, la variable de volatilidad tiene un efecto directo en el valor de la opción. En este sentido, a mayor volatilidad más representativo es el valor de la opción real sobre el valor de cada uno de los compartimentos.

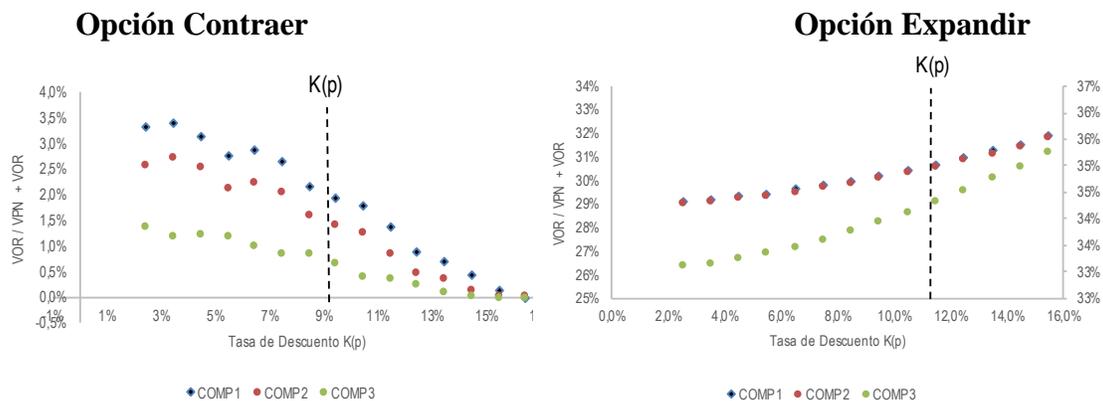


Fuente: Elaboración propia

Respecto a la variable $K(p)$ la ilustración 18 nos muestra que para la opción contraer hay una relación indirecta entre estas dos variables. En este sentido, conforme se incrementa la tasa de descuento el valor de la opción será menor. Efecto que no se replica para el caso de

la opción expandir dado que dicha relación entre variables es directa, por lo cual ante tasas de descuento más altas más bajo será el valor de la opción. Como lo señala (Fernandez, Valoración de opciones reales: Dificultades, problemas y errores, 2008, pág. 14), “una tasa de descuento alta reduce el valor de la opción, no obstante el efecto se compensa gracias a que esta misma tasa reduce también el precio de ejercicio de la opción”. Lo anterior se puede ejemplificar en la Ilustración 18, para el caso de la opción Contraer, el mayor el efecto del $K(p)$ sobre el precio de ejercicio que sobre el valor terminal y en el caso de expandir el $K(p)$ sobre el precio de ejercicio es menor que sobre el valor de adquisición.

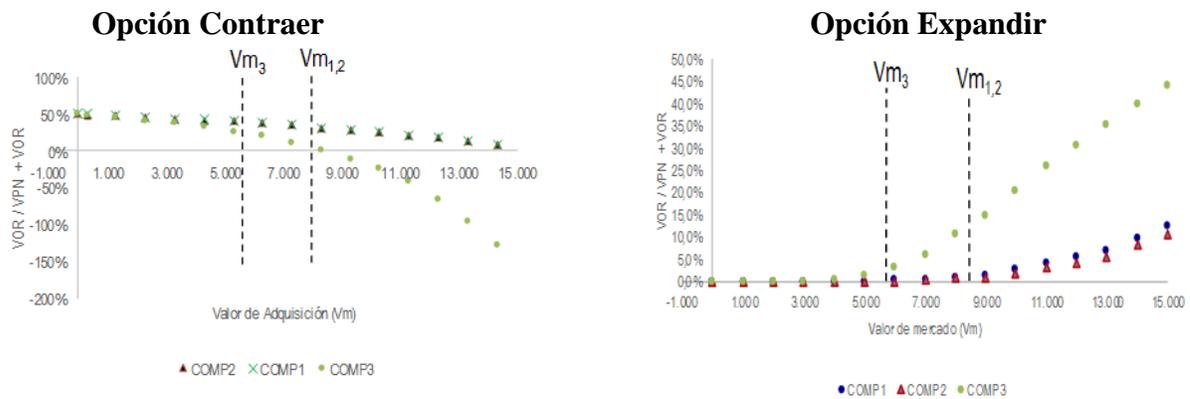
Ilustración 18. Análisis de sensibilidad del VOR frente a la Volatilidad



Fuente: Elaboración propia

Finalmente para la variable valor de mercado en el caso contraer la relación es indirecta con lo cual ante mayor valor de mercado de la futura adquisición menor será el valor de la opción real. Para el caso de la opción expandir la relación es directa entre mayor sea el valor de mercado mayor será el valor de la opción real.

Ilustración 19. Análisis de sensibilidad del VOR frente al V_m del activo



Fuente: Elaboración propia

Al evaluar la sensibilidad de los inmuebles tipo de cada compartimento encontramos que para el caso del compartimento 3 dado que su valor de mercado tiene un componente de tecnología implica que tendrá una mayor incidencia en el VOR para el caso de la opción expandir y menor incidencia para el caso de contraer comparativamente frente a los compartimentos 1 y 2.

4. Capítulo 4 Conclusiones

De acuerdo al modelo de decisión de inversión aplicado al portafolio inmobiliario objeto de estudio bajo la valoración por opciones reales fue posible concluir lo siguiente:

4.1 Flexibilidad en la toma de decisiones y adaptación de la estrategia.

Con la incorporación de las OR como complemento del VPN tradicional se integró un componente de flexibilidad a las alternativas de decisión de los departamentos inmobiliarios. Donde se ve incrementado el valor del portafolio al tomar la opción de expandir (Adquirir) y/o contraer (Vender) un inmueble. Dicho lo anterior, el mayor grado de flexibilidad para adaptarse y la posibilidad de revisar la estrategia operativa originalmente prevista, mejora el VPN esperado según se reduce la incertidumbre en los flujos de caja esperados.

4.2 Impacto en el Valor de la Opción real asociada a la Volatilidad del activo inmobiliario

La volatilidad del activo inmobiliario asociada a las variables de incertidumbre como la valorización de los inmuebles, la absorción del mercado y el canon de arrendamiento, introduce un incentivo a que el administrador del portafolio inmobiliario opte por tomar la opción de expandir el portafolio, toda vez que un mayor nivel de riesgo incrementa el valor de la opción real. Por lo cual, hay que tener en consideración que el administrador del portafolio debe evaluar apropiadamente las condiciones del mercado inmobiliario al cual incursiona, aportando elementos de decisión adicionales. Esto se puede evidenciar en el

caso de estudio, donde el valor de la opción del compartimento 3 presenta una menor variación (32%) respecto a los compartimentos 1 y 2 (44%) dada su menor volatilidad.

4.3 Flexibilidad de la opción real Expandir frente a Contraer

La opción de contraer, no representa un incremento significativo en el VPN obtenido por el método tradicional, lo anterior se explica porque el portafolio presenta un $VPN < 0$, la tasa de descuento es alta para el caso de Colombia, la volatilidad es moderada comparada con otro tipo de activos y el precio de ejercicio estaría dado por el valor de mercado del inmueble el cual podría sufrir valorizaciones o desvalorizaciones al momento de la venta.

En contraste el VOR de expansión, se ve aumentado en mayor medida conforme se cuenta con un valor de inversión que en condiciones de mercado favorables permite acceder a unos flujos de caja y a una valorización del inmueble que incrementan el tamaño del portafolio.

5. Bibliografía

- Amram, M., & Kulatilaka, N. (1998). *Real Options: Managing Strategic Investment in an Uncertain World (Financial Management Association Survey and Synthesis)*. Oxford University Press.
- Anaya, H. O. (1997). *Flujo de caja y proyecciones financieras*. Bogota: Grupo Editorial 87.
- Black, F., & Sholes, M. (May - Jun de 1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Chicaho Journal*, págs. 637-654.
- Copeland, T., & Antikarov, V. (2001). *Real Options a practitioner's guide*. New York: TEXERE.
- Cox, J. C., & Rubinstain, M. (1985). *Option Markets*. Englewood Cliffs: Prentice Hall .
- DANE. (2017). *Boletín técnico - Licencias de construcción*. Bogota.
- Deloitte. (2017). *Link'n Learn: Property Funds, Private Equity*.
- Fernandez, P. (1996). *Opciones, futuros e instrumentos derivados*. Barcelona: Ediciones Deusto S.A.
- Fernandez, P. (2008). *Valoración de opciones reales: Dificultades, problemas y errores*. Barcelona: IESE Business School.
- Galeria Inmobiliaria. (2017). *Mercado de oficinas (bodegas) nuevas en Bogota*. Bogota: La galeria inmobiliaria LTDA.
- Garcia Almira, M. (2007). *Introducción a la valoración inmobiliaria*. Barcelona: Centre de Política de Sol y Valoracions. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/17393/report.pdf>
- Gerring, G. (2009). *A Practical Application of Real Option Valuation to Large-Scale Commercial Real Estate Development Projects – A Case Study Example Utilizing Binomial Trees*. Stockholm: Dept of Real Estate and Construction Management.
- González, J., & Ferrauz, L. (1994). *Aspectos contables y financieros de las opciones*. Barcelona: Ediciones gestion 2000 S.A.
- Grupo BMV. (27 de 12 de 2012). www.bmv.com.mx. Obtenido de Fideicomisos de infraestructura y bienes raíces: https://www.bmv.com.mx/docs-pub/MI_EMPRESA_EN_BOLSA/CTEN_MINGE/Fibras.pdf
- Inmobiliare. (09 de 10 de 2017). *Inmobiliare*. Obtenido de <http://inmobiliare.com/fibras-en-mexico-tienen-un-valor-de-capitalizacion-de-248-mil-549-6-mdp/>
- Kodukula, P., & Papudesu, C. (2006). *Project Valuation Using Real Options: A Practitioner's Guide*. J Ross Pub Inc.
- La republica. (2017). PEI e Inmoval, entre las opciones de inversión inmobiliaria del mercado. *La republica*.
- Lamothe Fernández, P., & Pérez Somalo, M. (2003). *Opciones financieras y productos estructurados*. Marid: Mc Graw Hill.
- McLeish, D. L. (2005). *Montecarlo Simulation & Finance*. Hoboken, NJ: Wiley Finance.
- Melo Velandia, L. F., & Granados Castro, J. C. (2010). *Expectativas y prima por riesgo inflacionario bajo una medida de compensacion a la inflacion*. Bogotá.

- Pindyck, R., & Majd, S. (1987). *Time to build, option value and investment decisions*. North-Holland: Journal of Financial Economics.
- Prensa RE. (21 de 06 de 2016). *Prensa RE*. Obtenido de <http://prensarealestate.com/historia-fondos-inmobiliarios-colombia/>
- Price Waterhouse Cooper. (2014). *Asset Management 2020 A Brave New World*. Editorial Board.
- Sharpe, W. F. (1964). Capital Asset Prices: A theory of market equilibrium Under conditions of Risk. *Journal of Finance*.
- Trigeorgis, L. (1996). Evaluating leases with complex operating options. *European Journal of operation Research*, págs. 315-329.
- Trigeorgis, L. (1999). *Real Options Managerial Flexibility Strategy in Resource Allocation*. London, England: The MIT Press.
- U.S. Securities and exchange commission. (17 de Junio de 2012). *www.sec.gov*. Obtenido de Real Estate Investment Trust (REITS): <https://www.sec.gov/fast-answers/answersreitshtm.html>

6. Anexos

6.1 Anexo 1. EEFF y flujos de caja Proyectados

Flujo de Caja Esperados para el Portafolio Inmobiliario	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
INGRESOS (1) = (2)+(3)		2139	1847	2362	2473	2103	2711	2839	2642	2905	1555
Arrendamientos	2	1296	977	1467	1518	1086	1627	1684	1409	1591	1555
Valorización	3	843	870	895	954	1017	1084	1156	1232	1314	0
COSTOS DE OPERACIÓN (4)=(5)+(6)+(7)+(8)		40	153	45	46	170	50	52	159	86	39
Costos de Mantenimiento	5	40	30	45	46	33	50	52	43	49	48
Corretaje Ventas	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-9
Corretaje Arriendos	7	0	123	0	0	136	0	0	115	37	0
Administración DC	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Copropiedad	9	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
IMPUESTOS Y POLIZAS 10		56	58	60	62	64	66	69	71	74	0
GASTOS DE ADM Y VENTAS (11)=(12)+(13)		209	224	238	254	271	289	308	328	350	26
Costos de Administración	12	190	203	217	231	246	263	280	298	318	23
Costos de Adm. Fiduciaria	13	19	20	22	23	25	26	28	30	32	2
UTILIDAD OPERACIONAL (14)=(1)-(4)-(10)-(11)		1835	1413	2019	2110	1598	2306	2411	2083	2396	1490
Valor de Adquisición	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9366
Valorización	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12625
Valor Terminal del Inmueble	(17) = (15)+(16)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21991
Valor Terminal de los Equipos	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	194
Capex (Inmueble)	19	11838	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capex (Equipos y/o Mobiliario)	20	788	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capex Total 21		12625	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FCL Rentas Inmobiliarias (22)=- (20)+(14)+(18)-(3)	-788	992	543	1124	1156	581	1222	1255	851	1082	1685
FCL Valorización (23)=- (19)+(17)	-11838	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21991
FCL del Compartimento (24)= (23)+(22)	-12625	992	543	1124	1156	581	1222	1255	851	1082	23675

	Portafolio	Renta Inmobiliaria	Valorización
VPN	369	4.934	-4.565
Inversion	12.625	788	11.838
VPN (Sin inversion Inicial)	12.994	5.721	7.273
TIR	12,12%		
WACC	11,70%	11,70%	11,70%

Tabla y. Flujos de caja esperados por el fondo inmobiliario del año 1 al 10.

6.2 Anexo 2. Determinación del costo de capital

El costo de capital se determinó a partir de la metodología de CAPM (Modigliani Miller). La forma apropiada para calcular la tasa de descuento corresponde a la propuesta del Capital Asset Pricing Model – CAPM (Sharpe, 1964).

A partir del método anterior, el WACC para determinar el costo de oportunidad para un fondo inmobiliario es de 11.7%. Dicho cálculo es constante para todos los periodos de evaluación del proyecto dado que se parte del supuesto que la estructura de capital es 100% Equity.

En este sentido:

$$Wacc = Ke * \frac{D}{D + E} + Kd * \frac{E}{D + E}$$

Donde, D: Deuda, E: Equity, Ke: Costo del Capital, Kd: Costo de la Deuda

Dado que se parte del supuesto que el proyecto es una estructura de capital 100% Equity entonces

$$Wacc = Ke$$

Donde al aplicar la metodología CAPM para el caso de un proyecto inmobiliario en Colombia libre de impuestos tenemos,

$$Ke = Rf + \beta * (Rf - Rm) + Riesgo Pais + Devaluacion$$

Donde, Rf: Tasa libre de Riesgo, Rm: Riesgo de Mercado, β : Beta

Resultado, $Ke = WACC = 11.7\%$

A continuación se detalla los cálculos realizados:

Devaluación: $(1 + \text{IPC Col}) * (1 + \text{IPC Usa}) - 1$

IPC COLOMBIA	3,87%	SEPTIEMBRE 2017 (12 MESES)
IPC US	1,73%	Septiembre 2017 (12 meses)
DEVALUACIÓN (D)	2,10%	$(1 + \text{IPC Colombia}) / (1 + \text{IPC us}) - 1$

Riesgo País: Embi Colombia

RIESGO PAÍS (RP)	1,84%	EMBI COLOMBIA (30 - SEP 2017)
-------------------------	--------------	--------------------------------------

Beta (β): Sector R.E.I.T

SECTOR	R.E.I.T.	
β (DESEPALANCADO)	0,41	US Companies, Damodaran (Enero 2017)
CASH FLOW	1,61%	US Companies, Damodaran (Enero 2017)
β CORREJEDO CASH FLOW)	0,41	$\square\square\square\square(1 - \text{Cash Flow})$
β APALANCADO)	0,41	$\square 1 * (1 + *(D/E*(1-TX))$

Tasa libre de Riesgo (Rf)

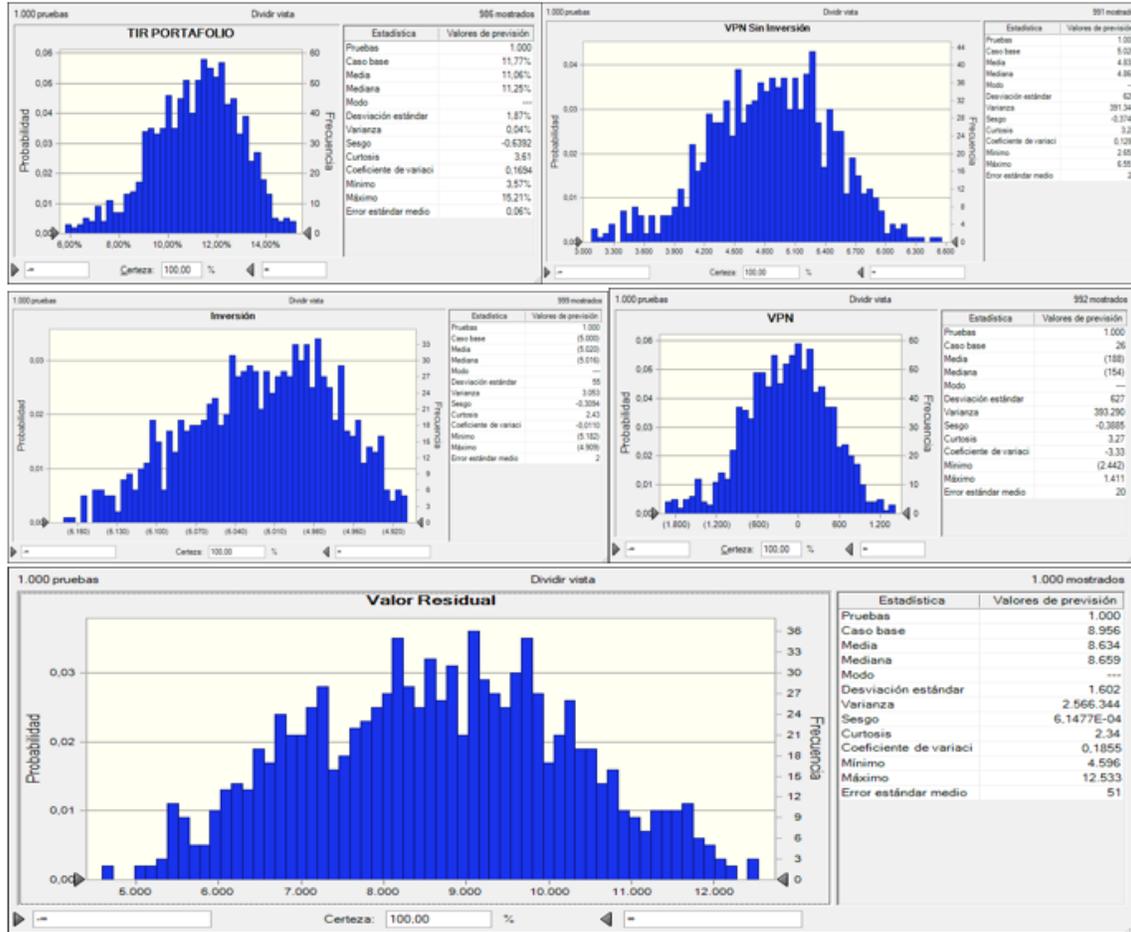
RF1	5,18%	PROMEDIO ARITMÉTICO ÚLTIMOS 1928 A 2016 10-YEAR T. BOND (DAMODARAN)
RF	5,18%	$Rf 1 * (1 - Tx)$

Retorno del Mercado (Rm)

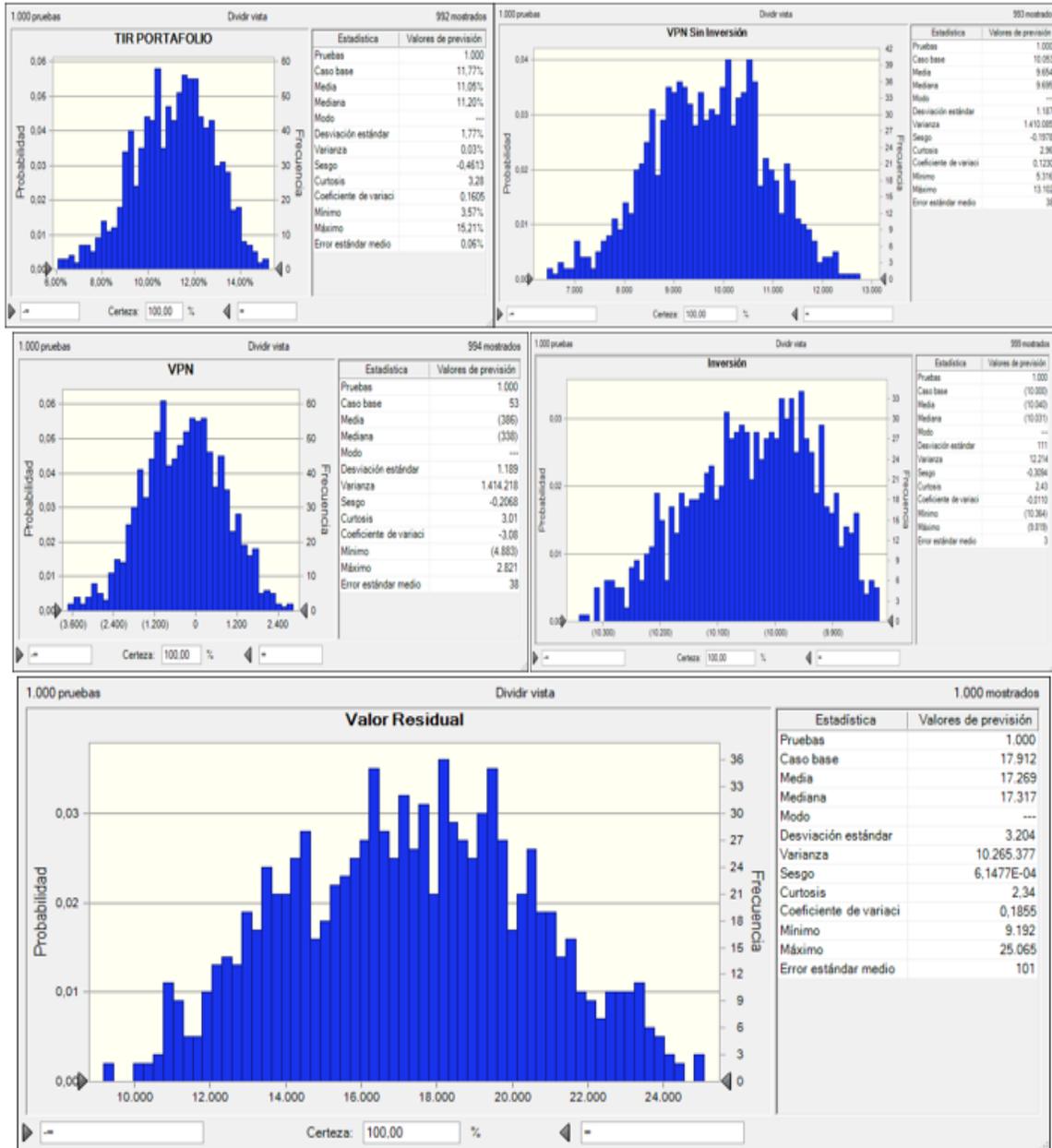
RM	11,42%	PROMEDIO ARITMÉTICO ÚLTIMOS 1928 A 2016 S&P 500 (DAMODARAN)
-----------	---------------	--

6.3 Anexo 3. Salidas de Montecarlo Compartimento 1

Para una Bodega Tipo:

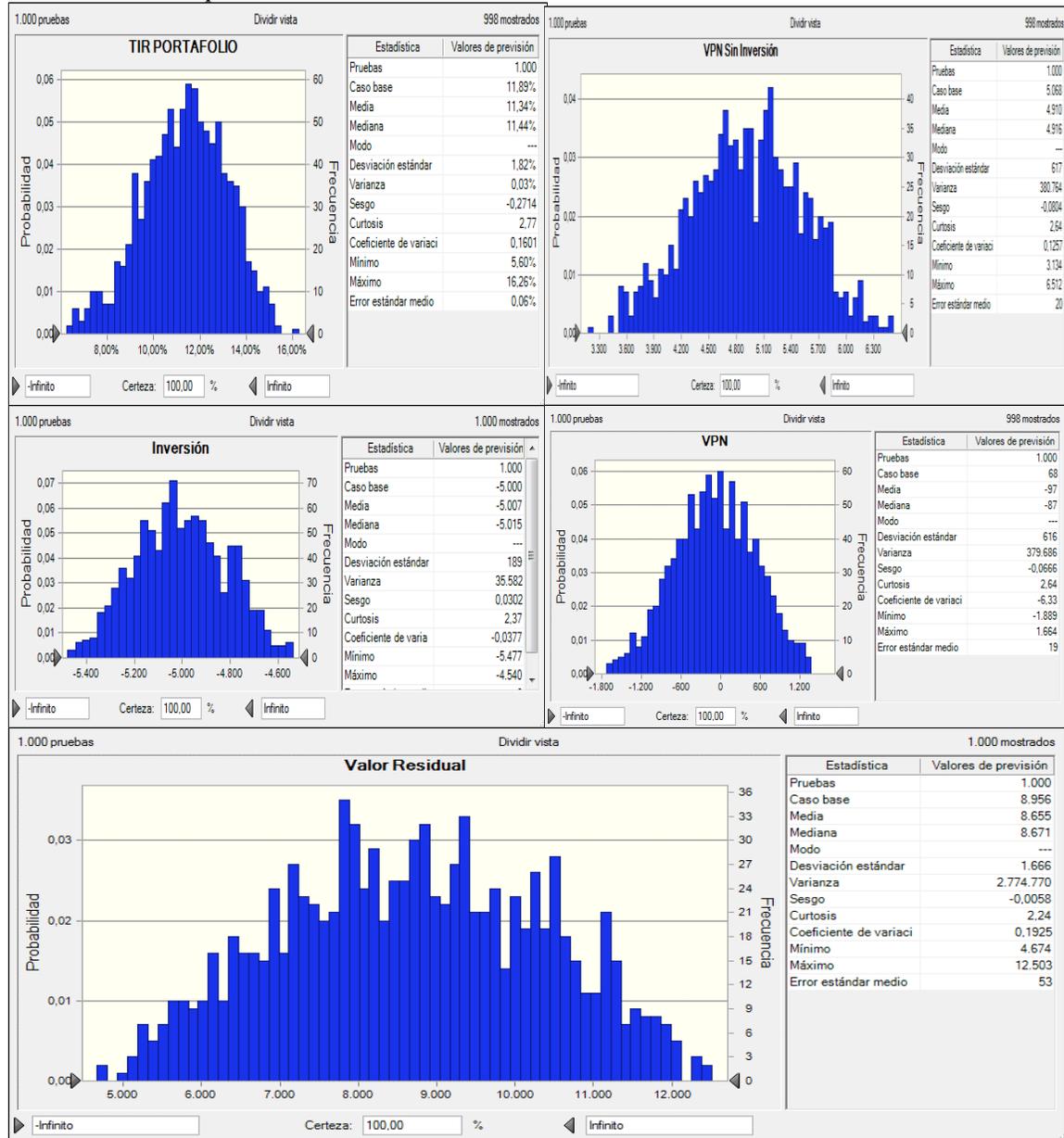


Para dos activos Tipo:

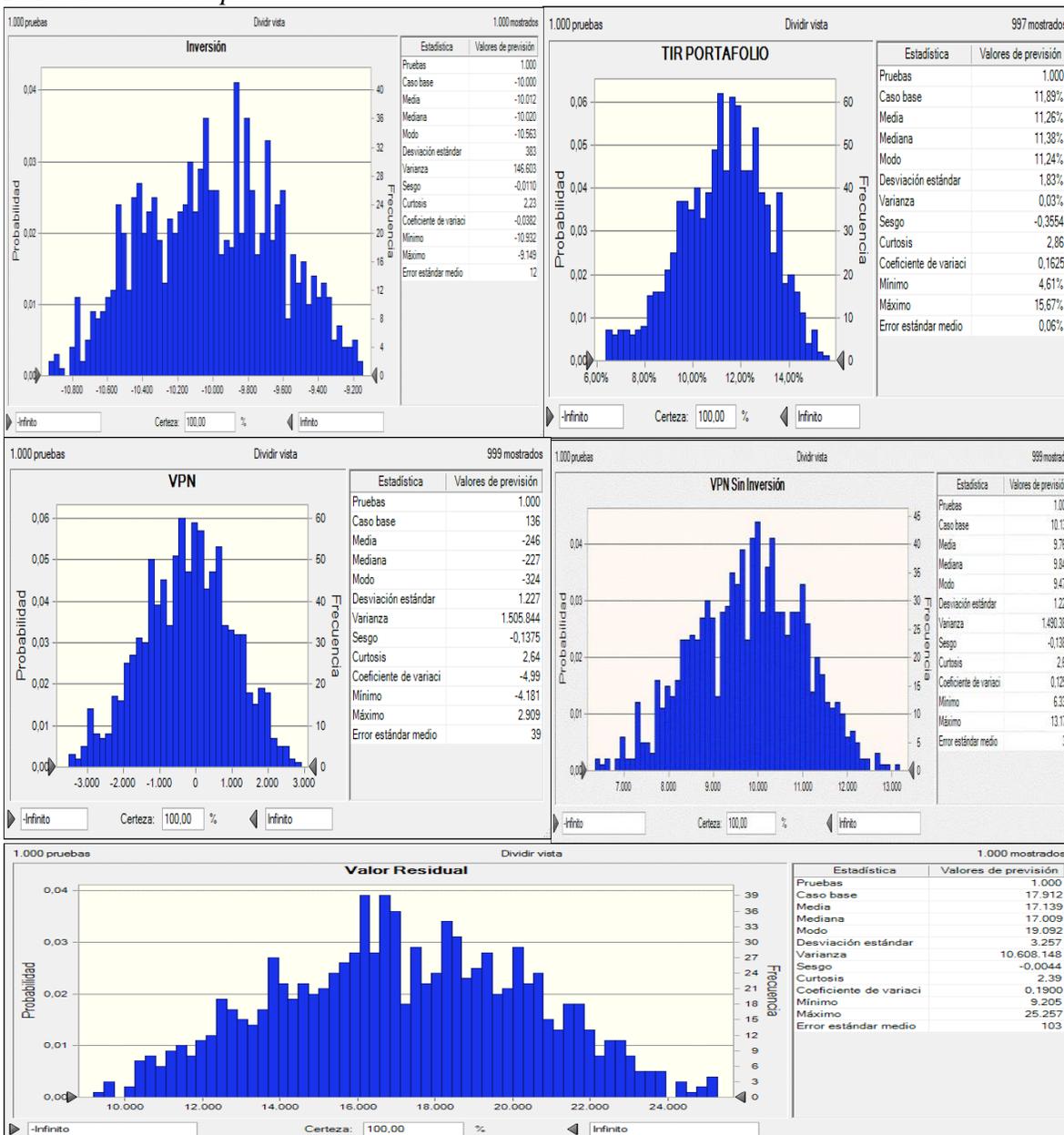


6.4 Anexo 4. Salidas de Montecarlo Compartimento 2

Para un activo tipo

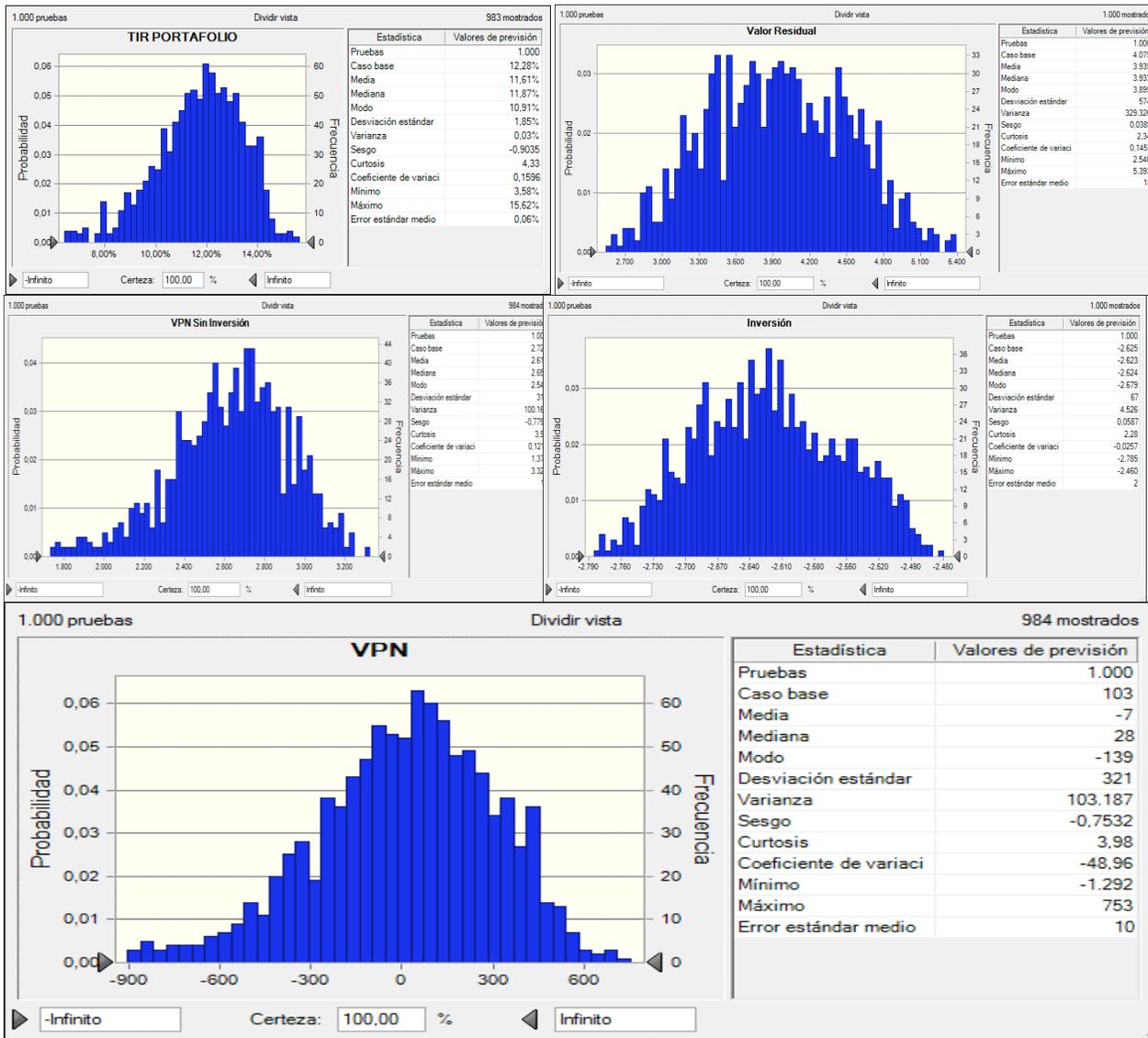


Para dos activos tipo:

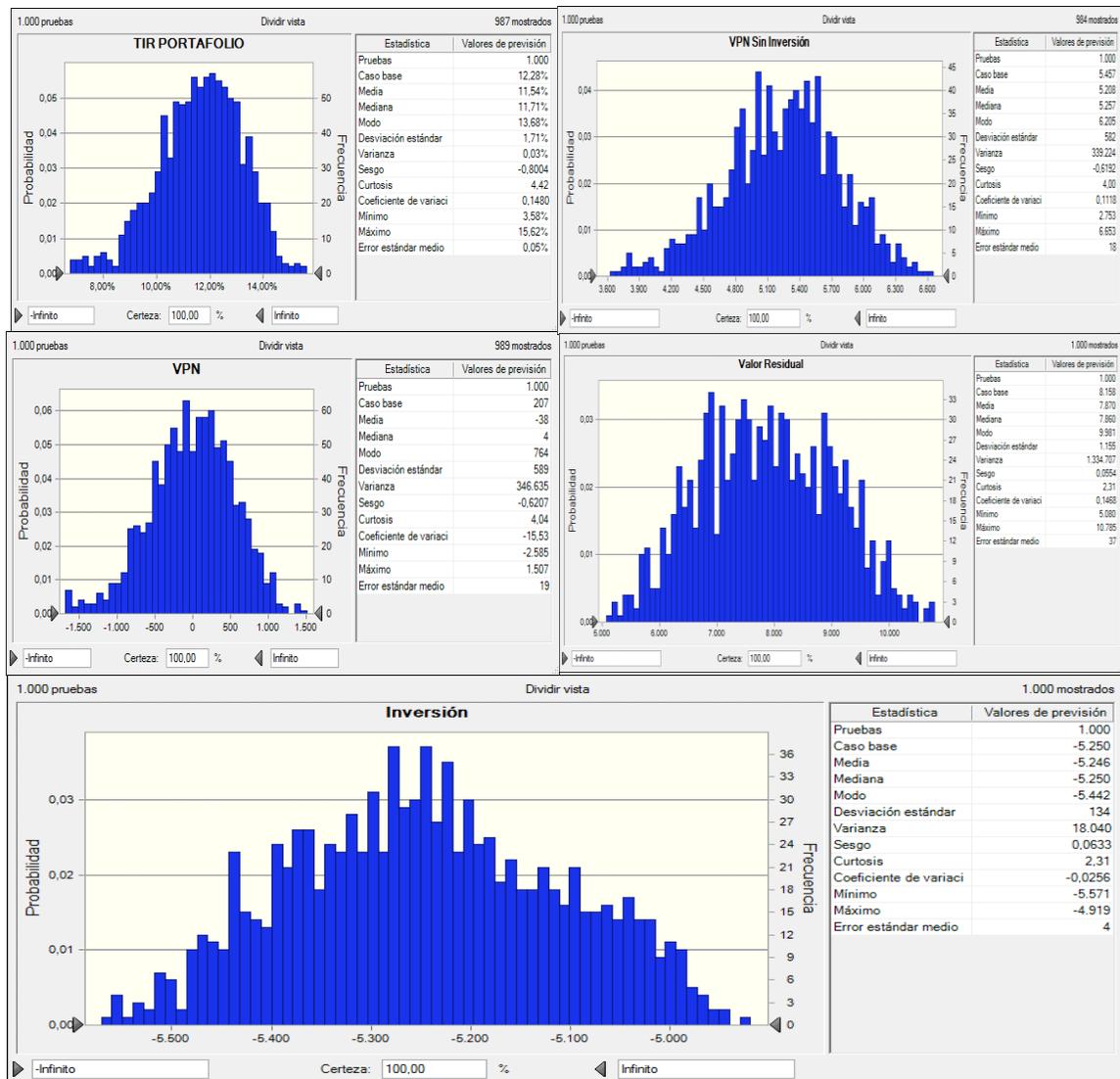


6.5 Anexo 5. Salidas de Montecarlo Compartimento 3.

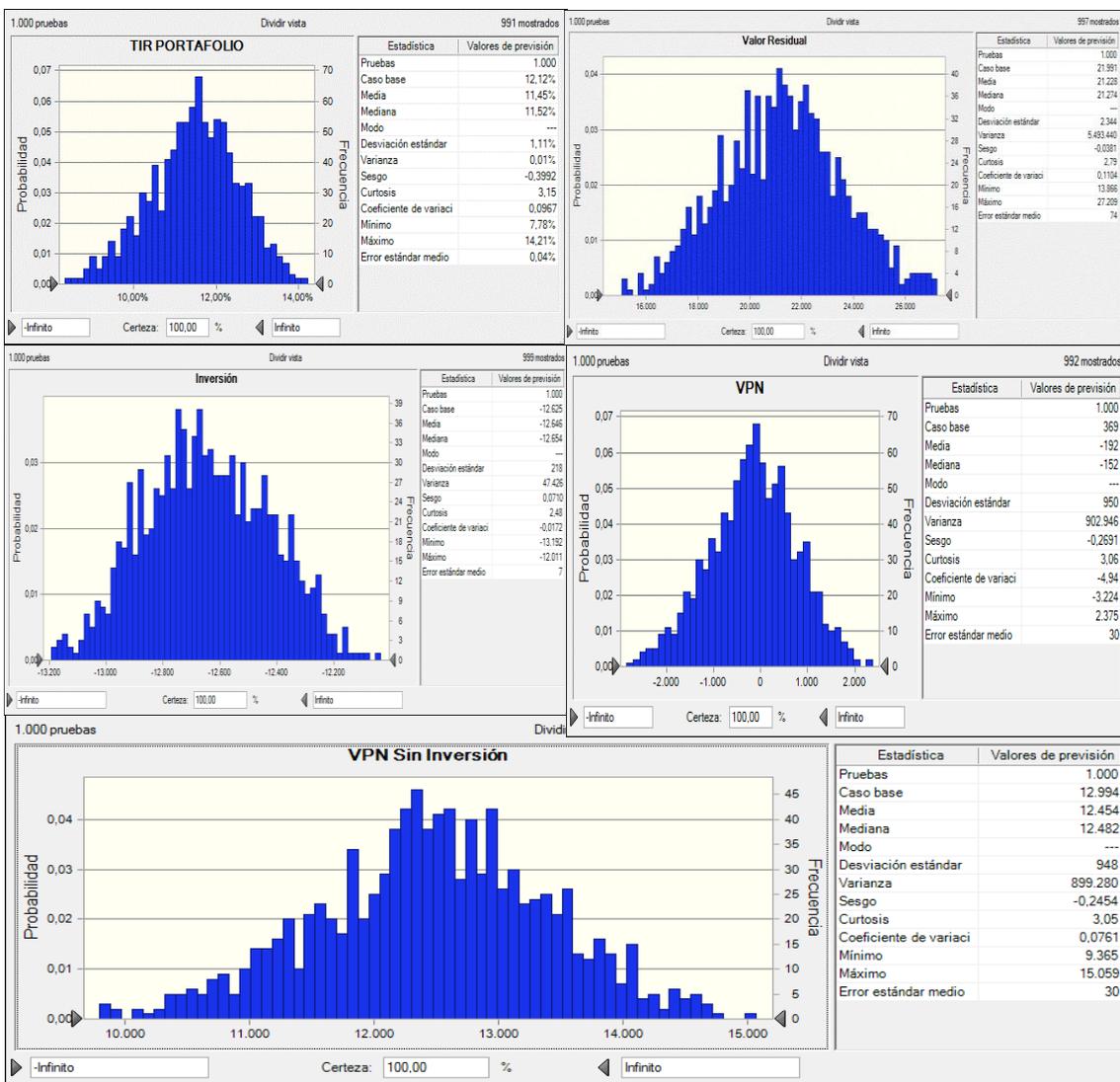
Para un activo tipo



Para dos activo tipo



6.6 Anexo 6. Salidas de Montecarlo Portafolio Inicial.



6.7 Anexo 7. Definiciones de términos inmobiliarios

- **Valorización Real.** Representa el “spread” o valor porcentual adicional sobre el Índice de precios al consumidor, sobre el cual un inmueble se valoriza o incrementa su valor anual.
- **CapRate.** Corresponde a la tasa de capitalización de un inmueble. Se define como la Tarifa de arrendamiento dividida por el valor de mercado del inmueble.
- **Absorción del mercado.** Se define como el valor promedio de metros cuadrados que son vendidos o arrendados en un mercado específico.
- **Spread.** Tasa de crecimiento anual de los contratos sin tener en cuenta la inflación.
- **Vacancia.** Corresponde al porcentaje de metros cuadrados que no se encuentran ocupados y generan ingresos por arrendamiento.
- **Área arrendada.** Corresponde al área efectivamente usada en un contrato de arrendamiento, que es expresada en metros cuadrados (m²).
- **Tarifa de Arrendamiento.** Corresponde al canon de arrendamiento pactado entre el arrendador y el arrendatario a través de un contrato de arrendamiento para un área definida.
- **Bodega.** Tipo de inmueble usado para el desarrollo de una actividad industrial o logística.
- **Oficina.** Tipo de inmueble usado para el desarrollo de una actividad empresarial.
- **Callcenter.** Tipo de inmueble usado para el desarrollo de actividades de BPO (Business Process Outsourcing) entre ellas actividades de centros de llamadas o “Callcenter” que incorporan cierto tipo de tecnología en los inmuebles.